

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y TEXTIL



**“MEJORAS TECNOLÓGICAS EN LA LÍNEA DE
TRATAMIENTO DE AGUA DEL CIRCUITO EMS Y DE LA
PLANTA DE ÓSMOSIS INVERSA EN LA COLADA
CONTINUA DE UNA EMPRESA SIDERÚRGICA”**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO QUÍMICO**

POR LA MODALIDAD DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

**PRESENTADO POR:
ROEL FERNANDO DEXTRE SAJAMI**

**LIMA – PERÚ
2014**

AGRADECIMIENTO

A Dios por guiar mis pasos e iluminar mi mente.

A mis padres Roel y Wilma por sus consejos y apoyo.

A Karina Vargas, mi enamorada, por su apoyo constante.

A mi asesor el Ing. Huapaya por el tiempo invertido en su orientación.

A la EMPRESA SIDERURGICA DEL PERÚ S.A.A por haberme dado la oportunidad de desarrollarme profesionalmente.

RESUMEN

El presente informe tiene la finalidad de dar a conocer el funcionamiento de una planta de Osmosis inversa desde el filtro multimedia hasta los desmineralizadores en la colada continua de una empresa Siderúrgica así como las mejoras tecnológicas y de gestión del circuito EMS que tiene por función brindar agua de enfriamiento a los agitadores electromagnéticos que son los que aseguran la calidad del producto final (tocho) en la colada continua.

Se hace mención a una serie de problemas experimentados en planta tanto de operación como de calidad y las soluciones ejecutadas.

Se presentan algunas recomendaciones adicionales de tal manera que la planta de Osmosis y el Circuito EMS se vuelvan más independientes.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN	7
1.1	Importancia de SIDERPERU S.A.A para el país	7
1.2	Actividades profesionales que se desarrollan en SIDERPERU S.A.A.....	11
II.	EL ÓRGANO EMPRESARIAL	13
2.1	Datos profesionales de la empresa	13
2.2	Ubicación.....	14
2.3	Estructura Orgánica.....	16
2.4	Líneas de producción de SIDERPERU S.A.A.....	18
2.5	Diagrama de las líneas de producción.....	20
2.5.1	Descripción de la línea de producción de la planta de acero via horno eléctrico.....	22
2.5.1.1	Patio Chatarra.....	22
2.5.1.2	Patio de Preparación de Cestas (PPC).....	24
2.5.1.3	Horno de Arco Eléctrico (HEA).....	26
2.5.1.4	Horno Cuchara (HC) - Metalurgia Secundaria.....	30
2.5.1.5	Colada Continua.....	33
III.	RELACIÓN PROFESIONAL CON EL EMPLEADOR.....	38
3.1	Condición de la relación laboral	38
3.2	Documentos probatorios.....	38
IV.	TRABAJO PROFESIONAL DESARROLLADO	43
V.	MEJORAS TECNOLÓGICAS EN LA LÍNEA DE TRATAMIENTO DE AGUA DEL CIRCUITO EMS Y DE LA PLANTA DE ÓSMOSIS INVERSA EN LA COLADA CONTINUA DE UNA EMPRESA SIDERÚRGICA.....	45
5.1	Descripción del proyecto	46
5.1.1.	Objetivo General	49
5.1.2.	Objetivo Específico.....	50
5.1.3.	Metas	50
5.2	Descripción de los agitadores electromagnéticos (EMS)	50
5.2.1.	Principio de los EMS	52

5.2.2.	Importancia del buen funcionamiento de los EMS	53
5.3	Descripción en las tecnologías de tratamiento de agua	54
5.3.1.	Ósmosis Natural	54
5.3.2.	Ósmosis Inversa	55
5.3.3.	Desmineralización del agua (Deionización)	58
5.3.4.	Electrodialisis	61
5.3.5.	Electrodesionización Continua.....	62
5.4.	Funcionamiento de la planta de ósmosis inversa.....	67
5.4.1.	El filtro multimedia	68
5.4.2.	El ablandador:	75
5.4.3.	La lámpara ultravioleta	80
5.4.4.	El equipo de ósmosis inversa y membranas.....	81
5.4.5.	Los desmineralizadores	89
5.5.	Descripción breve del circuito EMS antes de las mejoras:	94
5.6.	Problemas Actuales del Proceso	98
5.6.1.	Falta de control de los parámetros en la planta de ósmosis y del circuito de EMS:	98
5.6.2.	Falta de mantenimiento preventivo programado de los equipos de la planta de ósmosis inversa.	100
5.6.3.	Falta de medición de la presión al ingreso de los EMS principales.	102
5.6.4.	Fuga de agua en el circuito EMS	103
5.7.	Mejoras tecnológicas en la línea de tratamiento de agua de EMS	106
5.7.1.	Instalación de una válvula reductora de presión, válvulas de globo y de manómetros al ingreso de cada línea de los EMS.	106
5.7.2.	Instalación de un mini-controlador de pH y válvula neumática de agua de emergencia	107
5.7.3.	Implementación de un plan de mantenimiento preventivo	108
5.7.4.	Cambio de acoples de mangueras del circuito EMS	110
5.7.5.	Implementación de un programa de capacitación.....	112
5.8	Evaluación Económica de las mejoras en la planta de ósmosis inversa y el circuito EMS	112
6.1.	Conclusiones.....	116
6.2	Recomendaciones.....	116

VII. BIBLIOGRAFÍA.....	118
VIII. APÉNDICE	120
8.1 Glosario	120
IX. ANEXOS.....	124

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Importancia de SIDERPERU S.A.A para el país

Perfil de SIDERPERU

SIDERPERU es la primera empresa del acero en el Perú. Posee un Complejo Industrial ubicado en la ciudad de Chimbote, instalado en un extenso terreno de aproximadamente 600 hectáreas y cuenta con una capacidad de producción superior a las 650 mil toneladas de acero. Produce y comercializa productos de acero de alta calidad, destinados a los sectores de construcción, mineros e industriales, tanto en el mercado local como extranjero. Cuenta con la certificación ISO 9001-2008.

La compañía forma parte de Gerdau desde el año 2006, líder en la producción de aceros largos en el Continente Americano y una de las principales proveedoras de aceros largos especiales del mundo.

Historia

Los años cincuenta en el Perú estuvieron marcados por un periodo de crecimiento y estabilidad económica. La guerra de Corea elevó la demanda mundial por minerales como el cobre y el hierro. Asimismo, la industrialización del país fue uno de los objetivos del gobierno del presidente Manuel A. Odría, quien fundó varias empresas industriales estatales. En ese contexto, el Perú decide emprender el establecimiento de la primera empresa productora de acero del país, dando el primer paso el 9 de mayo de 1956, con la creación de la Sociedad de Gestión de la Planta Siderúrgica de Chimbote y de la Central Hidroeléctrica del Cañón del Pato (SOGESA). Posteriormente, en abril de 1958, el presidente Manuel Prado Ugarteche inauguró la Planta Productora de Acero de Chimbote, conectando la llave que encendió el horno de la planta de hierro para ponerlo en operación.

Por muchos años SIDERPERU operó como una empresa estatal, y luego de superadas las crisis económicas sucesivas de los años ochenta, el Perú

emprendió una agresiva estrategia de privatización de las empresas que el Estado mantenía bajo su control. En el año 1996, el Estado peruano decide otorgar la buena pro al consorcio ACERCO S.A., que después se constituiría como Sider Corp. sin embargo, unos años más tarde, el Estado sometió a la empresa a un nuevo proceso de privatización.

SIDERPERU EMPRESA DE GERDAU

El 28 de junio de 2006, GERDAU S.A. se convirtió en accionista mayoritario de SIDERPERU (50% más una acción), y en noviembre del mismo año adquirió un paquete adicional de acciones con el que consolidó una participación de 83.28% en el Capital Social al 2008 y actualmente posee el 86.66%, es decir, es el operador y el accionista mayoritario.

De esta manera, dos historias se encuentran para caminar juntas y aportar lo mejor de su experiencia y capacidades.

Los premios y Reconocimientos a SIDERPERU son:

- Certificación ISO 9001:2008
- Certificación ISO 9001:2000
- Socio de la Cámara de Comercio de Lima
- Reconocimiento de la Asociación de Buenos Empleadores
- Miembro de Perú Green Building Council

Perfil de GERDAU

Gerdau es líder en la producción de aceros largos en el Continente Americano y una de las principales proveedoras de aceros largos especiales del mundo. Cuenta con más de 45 mil colaboradores y operaciones industriales en 14 países - en los continentes americanos, europeo y asiático- las que suman una capacidad instalada superior a 25 millones de toneladas de acero. Es la más grande recicladora de Latinoamérica, y transforma anualmente millones de toneladas de chatarra en acero. Con cerca de 140 mil accionistas, Gerdau está listada en las bolsas de valores de São Paulo, Nueva York y Madrid.

Con una amplia línea de productos, comercializados para los cinco continentes, Gerdau atiende a los sectores de la construcción civil, industria y agropecuario. Además, es líder mundial en el suministro de aceros largos especiales para la industria automotriz. El acero está presente en el cotidiano de las personas. En Brasil, por ejemplo, el acero Gerdau forma parte de la construcción y modernización de ocho estadios de fútbol para la Copa del Mundo de 2014 y de importantes obras de infraestructura para el País, como ferrocarriles, plantas eólicas y puertos.

PRODUCTOS Y SERVICIOS

SIDERPERU, empresa de Gerdau, dispone de una amplia línea de productos para los sectores de la construcción civil, industria y minería. También ofrece, asociados a los productos, servicios que hacen a sus clientes más competitivos.

Línea de Productos

- 1) Productos Largos
 - Alambrón de Construcción
 - Barras de Construcción
 - Barras de Molino
 - Perfiles Laminados
 - Perfiles Plegados
- 2) Productos Planos
 - Bobinas y Planchas Laminadas en Caliente (LAC)
 - Bobinas y Planchas Laminadas en Frío (LAF)
 - Bobinas y Planchas Zincadas lisas (Galvanizada)
 - Calamina
 - Planchas Estriadas
 - Planchas Gruesas

- 3) Productos Tubulares
 - Tubos LAC (tubo laminado en caliente)
 - Tubos LAC ISO
 - Tubos LAF (tubos laminados en frio)
- 4) Productos Viales
 - Alcantarillas
 - Guardavías
 - Reservorios

Productos por aplicación

Los productos de Gerdau son utilizados en diversos sectores de la economía. Su actuación se extiende de sectores de base, como construcción civil, industria, agropecuaria y minería, hasta las áreas médica y alimentaria. Gerdau es, además, la principal proveedora de aceros especiales para la cadena automotriz internacional. Sus productos están presentes en motores, cajas de cambios y sistemas de dirección, componentes que exigen elevados estándares de calidad y seguridad.



Figura N° 1.1: Vista del ingreso a SIDERPERU por la Av. Antúnez de Mayolo.

1.2 Actividades profesionales que se desarrollan en SIDERPERU S.A.A.

En SIDERPERÚ se encuentran trabajando profesionales y personal de mando medio.

Actualmente la empresa consta con más de 1100 colaboradores entre empleados y operarios teniendo como áreas de desempeño profesional: Asuntos Institucionales y comunicación Corporativa, Auditoría, Contabilidad, Energía, Finanzas y relaciones con inversores, Gestión de personas y Desarrollo Organizacional, Industrial, Jurídico, logística, Marketing y ventas, Metálicos, Planificación Operativa (SOP), Planificación y Desarrollo de Negocio, Responsabilidad Social, Salud y Seguridad del Trabajo, Suministros, Tecnología de Gestión y Tecnología de Información.

Presencia Global

En los últimos años, Gerdau viene aumentando rápidamente el alcance geográfico de su actuación. Hoy posee operaciones en Argentina, Brasil, Canadá, Chile, Colombia, España, Estados Unidos, Guatemala, India, México, Perú, República Dominicana, Uruguay y Venezuela. Además, exporta sus productos para los cinco continentes.

Esa presencia global ofrece a los profesionales de la compañía un intercambio constante de prácticas, experiencias y conocimientos. Al reunir lo que cada operación de negocio tiene de mejor, Gerdau logra maximizar sus resultados globales.

Para mantener sus unidades actuando de modo alineado e integrado, es necesario superar barreras de idiomas, hábitos y costumbres, preservando la diversidad de cada región, al mismo tiempo que todos comparten la cultura y los valores corporativos únicos.

Capacitación y Desarrollo

Existe un programa de capacitación y en el desarrollo de los profesionales. Para cada área de actuación, sea técnica, administrativa o ejecutiva, hay

metodologías, entrenamientos y contenidos específicos. Hay, además, programas estructurados para la capacitación industrial y comercial.

En Gerdau y Siderperu, el desarrollo profesional contempla tres dimensiones personales: Desafíos, Capacitación y Coaching. Desafíos son acciones que hacen posibles prácticas como el aumento del desempeño, nuevas tareas interfuncionales, la participación en grupos de trabajo e investigación de nuevos temas.

Capacitación es la incorporación de técnicas y conceptos adecuados, visando la mejoría del desempeño. Eso garantiza la calificación del conocimiento, de las actitudes y de las habilidades de los profesionales. El Coaching es el proceso de evolución proporcionado e incentivado por los liderazgos, en el día a día. Son los colaboradores, en conjunto con los gerentes, que identifican el mejor camino para desarrollar sus competencias y sus talentos.

II. EL ÓRGANO EMPRESARIAL

2.1 Datos profesionales de la empresa

Nombre de la empresa: SIDERPERU

Razón Social: EMPRESA SIDERURGICA DEL PERU S.A.A

Dirección:

Oficina en Lima:

- Av. Juan de Arona 187, Torre B, 5to. piso - San Isidro. Teléf.: 51-1-618-6868 x 3277
- Av. Los Rosales 245 – Santa Anita. Teléf: 51-1-618-6868.



Figura N° 2.1: Vista de oficinas de SIDERPERU en San Isidro-Lima.

Planta Chimbote:

Av. Santiago Antúnez de Mayolo s/n. Teléf.: 51-43-483000

2.2 Ubicación

El complejo industrial de SIDERPERU que está compuesto principalmente por la planta de hierro, la planta de acero, la planta de laminación largos, la planta de tubos y vales se encuentran ubicados en la ciudad de Chimbote, provincia del Santa, departamento de Ancash a 431 km de la ciudad de Lima. El complejo tiene 2 vías de acceso:

- Av. Antúnez de Mayolo s/n por donde ingresan los trabajadores y contratistas.
- Av. Panamericana Norte por donde ingresan los camiones plataforma que traen chatarra que servirá de carga al Horno Eléctrico de la planta de acero.



Figura N° 2.2: Vista de la planta de tratamiento de humos y de la planta de acero.



Figura N° 2.3: Vista satelital de la Planta de Acero y de la planta de ósmosis dentro de SIDERPERU.

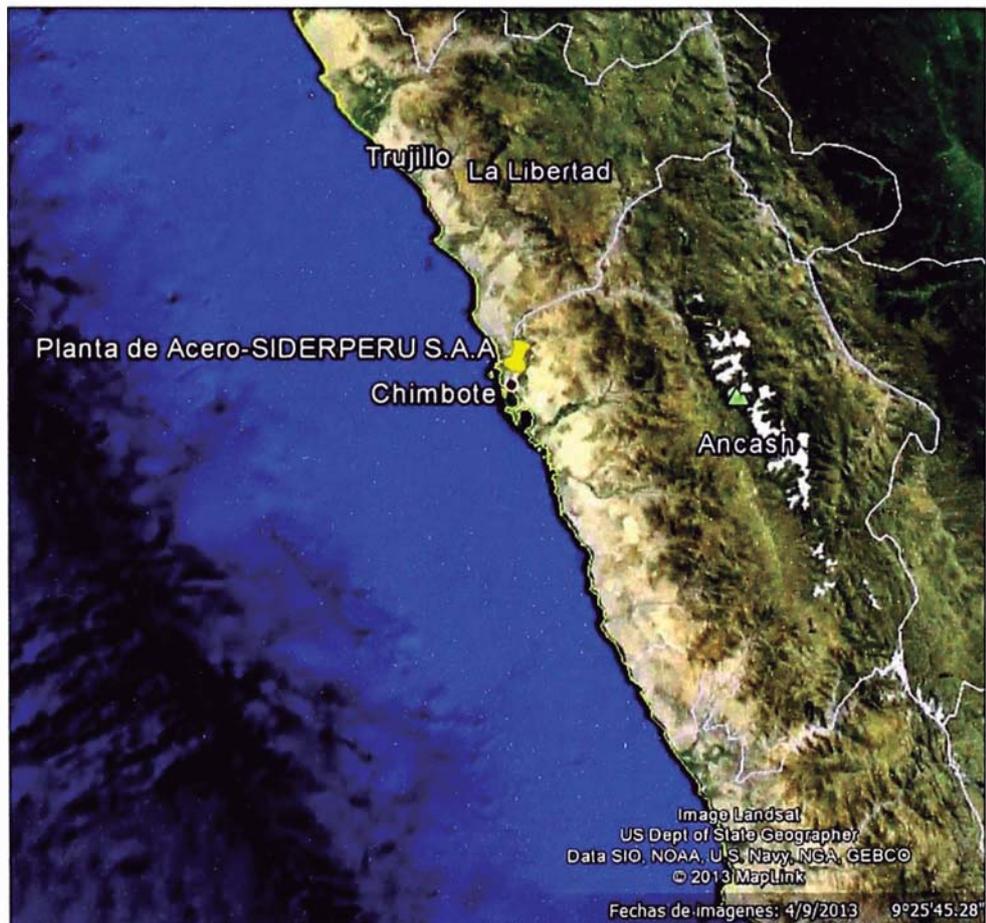


Figura N° 2.4: Ubicación de la Planta de Acero en Chimbote-Ancash.



Figura N° 2.5: Ubicación de la Planta de Acero en Perú.

2.3 Estructura Orgánica

En la Figura N° 2.6 se muestra el organigrama de la empresa SIDERPERÚ. Dicha organización está compuesta por la Gerencia General, las respectivas gerencias de las plantas y oficinas administrativas; y como subordinadas a estas sus respectivas jefaturas.

ORGANIGRAMA GENERAL DE SIDERPERÚ

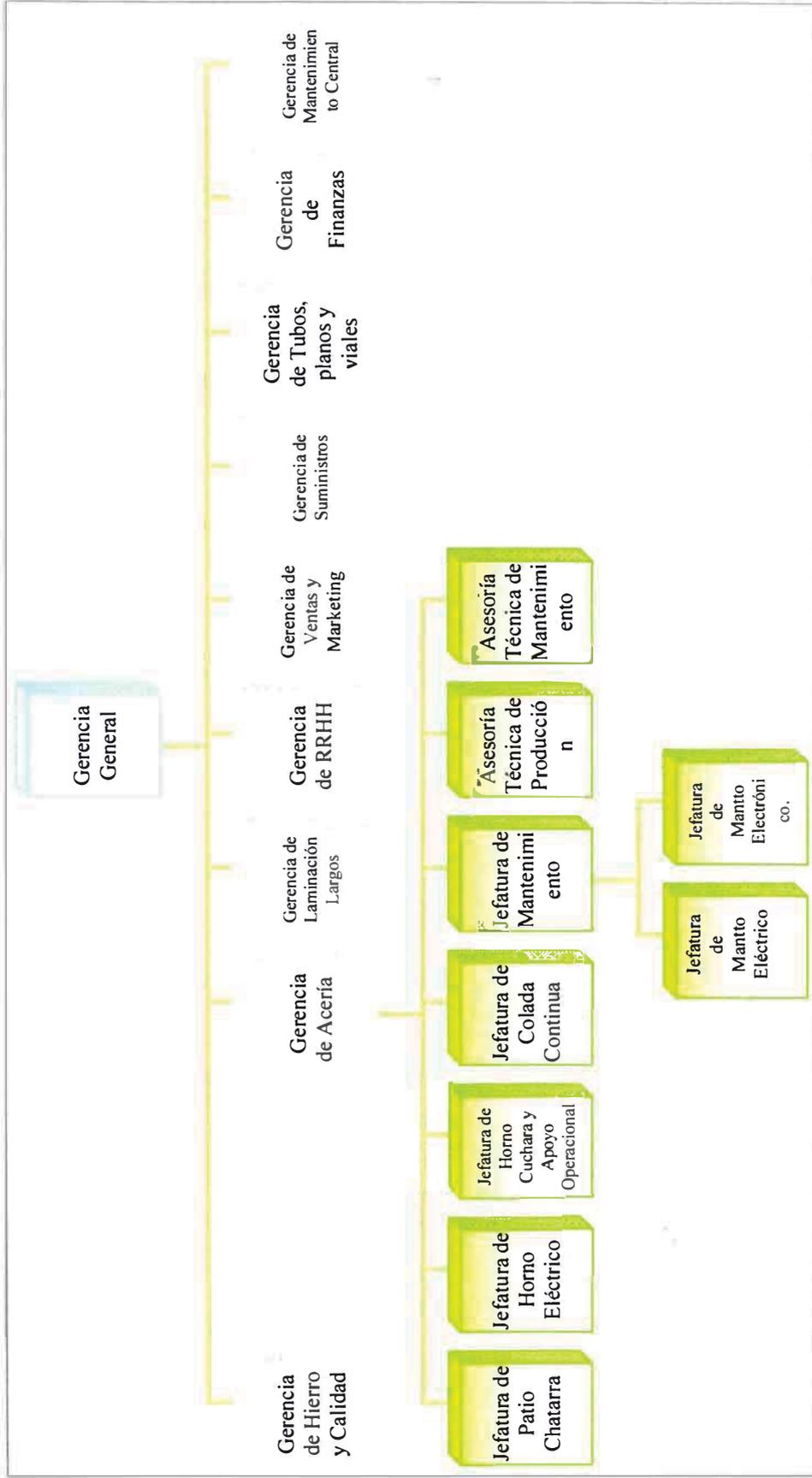


Figura N° 2.6: Organigrama de EMPRESA SIDERURGICA DEL PERÚ S.A.A.

Descripción de dos áreas del organigrama de SIDERPERU

La Gerencia de Acería: Área formada por el gerente de la planta cuya funciones principales son:

- Velar por la seguridad industrial de la planta de acero.
- Gestionar el proceso de producción para la fabricación de palanquillas y tochos desde la adquisición de la chatarra hasta el envío del producto de la colada continua hasta la planta de la laminación de largos.
- Gestionar el cumplimiento de los objetivos y metas propuestas por la compañía así como el buen desenvolvimiento de los indicadores.
- Asegurar la buena calidad de los productos (tochos y palanquillas) en coordinación con la Gerencia de Calidad.
- Gestionar el presupuesto de área de acuerdo a las necesidades.
- Coordinar con el área de ingeniería la ejecución de nuevos proyectos y mejoras para la planta.
- Velar por el buen ambiente laboral de la planta y desarrollo profesional de los colaboradores.

Asesoría Técnica: Área formada por un Ing. Senior Metalurgista, un Ing. Junior y un Aprendiz. Las funciones principales del área son:

- Ejecutar lo estudios, diagnósticos y/o evaluaciones solicitados por la gerencia.
- Brindar asesoría a las diferentes jefaturas de la planta de acero en la toma de decisiones.

2.4 Líneas de producción de SIDERPERU S.A.A.

El proceso siderúrgico en SIDERPERU S.A.A se puede dividir en etapas y procesos que a continuación se detalla:

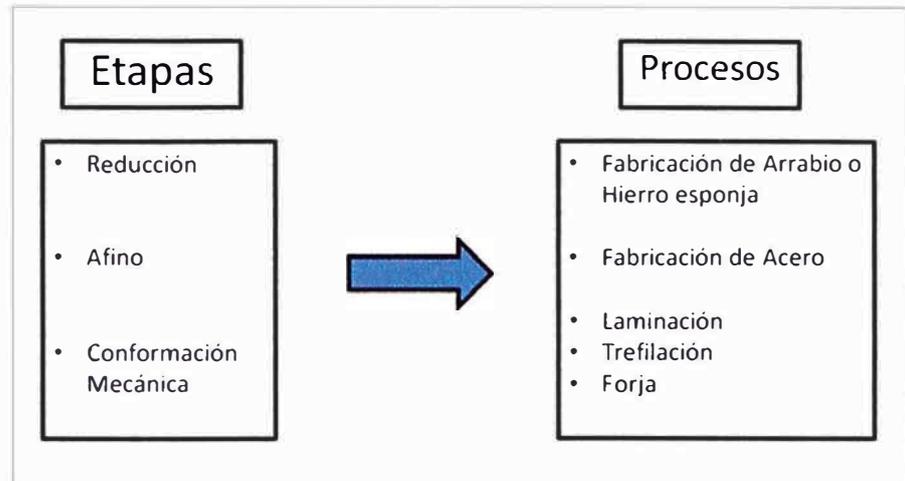


Figura N° 2.7 Etapas principales del proceso Siderúrgico

Clasificación de las Siderurgias en cuanto al grado de Integración:

- **Integradas (Vía Alto Horno):** El proceso está constituido por las etapas de Reducción, Afino y Conformación. Se parte de mineral de hierro para producir acero.
- **Semi-Integradas (Vía Horno Eléctrico):** El proceso está constituido de las etapas de Afino y Conformación. Se parte de chatarra y/o hierro esponja/ arrabio para producir acero.

Actualmente SIDERPERU cuenta con esta vía de fabricación operativa para la fabricación de tochos y palanquillas.

- **No Integradas:** El proceso está constituido por una sola etapa. Ej: Reducción o Conformación.

2.5 Diagrama de las líneas de producción

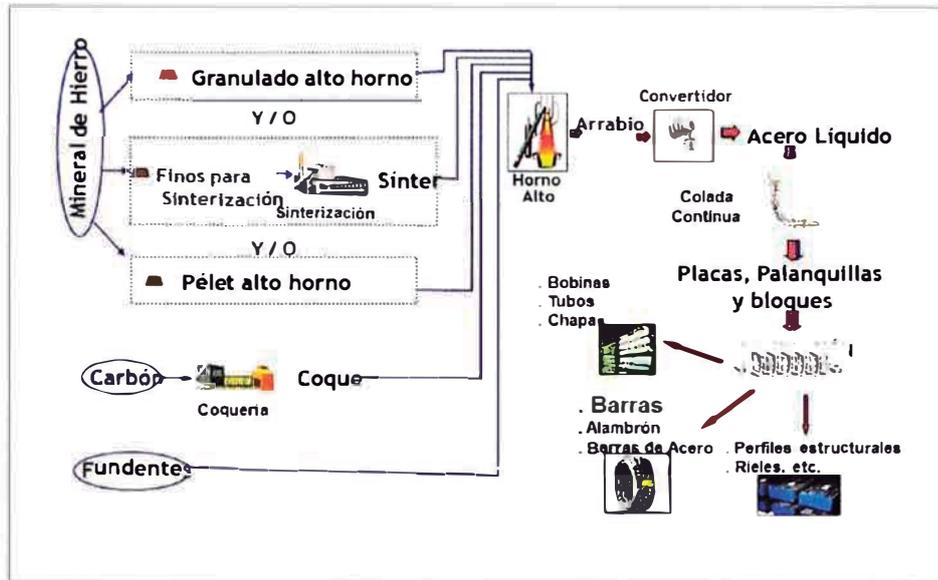


Figura N°2.8:-Planta Integrada (Vía Alto Horno)



Figura N° 2.9: Planta Integrada de Gerdau (Vía Alto Horno)



Figura N° 2.10: Alto Horno de SIDERPERÚ

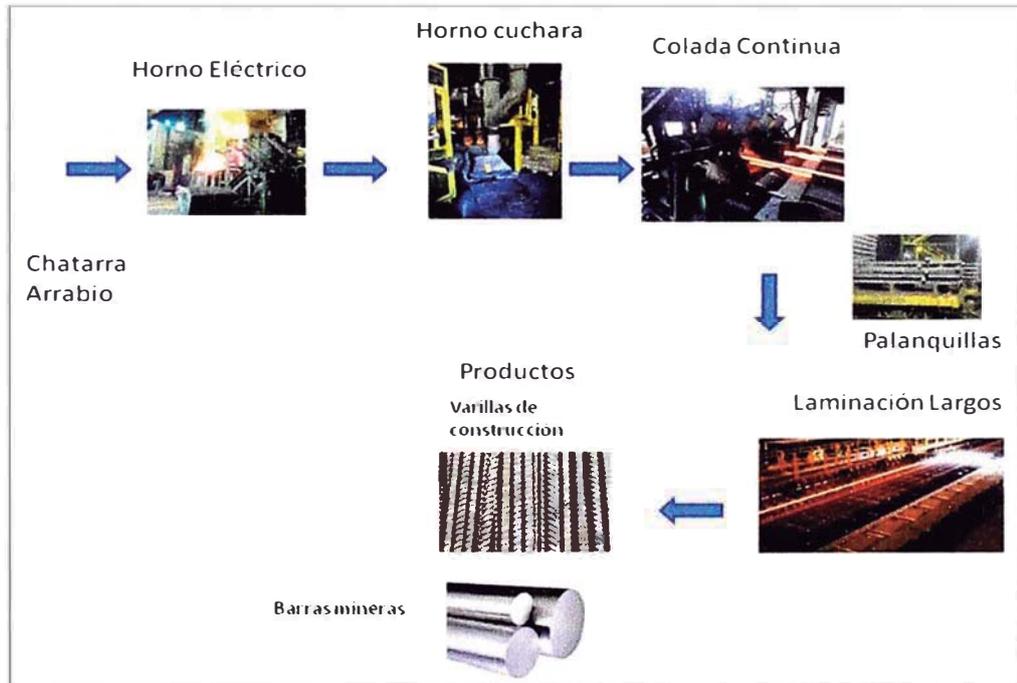


Figura N° 2.11: Planta Semi-integrada (Via horno eléctrico)

2.5.1 Descripción de la línea de producción de la planta de acero via horno eléctrico

La línea de producción vía horno eléctrico está conformada por las siguientes cinco áreas:

2.5.1.1. Patio Chatarra

En las plantas semi-integradas el proceso siderúrgico inicia con la selección de chatarra ferrosa e industrialización de la misma. Como materia prima se utiliza principalmente: Chatarra y arrabio.

Los objetivos del patio de Chatarra son:

- Separación de los contaminantes.
- Separación de los diferentes tipos de chatarra.
- Adecuación del tamaño y remoción de impurezas.
- Aumentar la densidad aparente.

Los contaminantes considerados en la chatarra son : Cobre (Cu), Cromo (CD), Níquel (Ni), Molibdeno (Mo), Estaño (Sn), Fósforo (P), Azufre (S), Silicio (Si), Arsénico (As), Plomo(Pb). Llamamos impurezas: Madera, plásticos, neumáticos, vidrio, cemento, tierra, papel, cartón, espuma, lana de vidrio.

Influencia de las impurezas en el consumo de energía

- 1 tonelada de chatarra limpia consume 380 kwh.
- 1 tonelada de tierra consume 570 kwh.

Se tendrá un consumo de energía adicional para fundir algo que no se incorpora al acero.

La tierra tiene consumo de energía más alto que el propio acero.

Cuando se tiene tierra en exceso, se necesita colocar cal adicional, para neutralizar la acción de erosión de la tierra sobre los refractarios del horno.

La cal tiene un consumo más elevado que la propia tierra (800 kwh/t).

El tipo y tamaño de la chatarra es un factor importante en la productividad de los hornos, siendo el objetivo utilizar chatarras más limpias y más densas.

El Procesamiento de la chatarra se da en:

- Prensas
- Fragmentadores
- Cizallas
- Corte: Puede ser por oxi-acetileno o por tijeras
- Equipo de selección y limpieza

La Industrialización de la chatarra

Tiene por función reducir los espacios vacíos existentes entre los componentes de una carga de chatarra.

Hipotéticamente, si consiguiésemos eliminar todos los espacios vacíos de una carga de chatarra, la densidad aparente sería igual a la densidad real.

Esta función, de reducir los espacios vacíos, será realizada con los equipos de industrialización de chatarra.

SIDERPERÚ cuenta con una planta de beneficiamiento o procesamiento de escoria a cargo de la empresa HARSCO cuya función es separar la chatarra metálica de la escoria y clasificarla según tamaño y limpieza.



Figura N° 2.12 : Cizalla Vezzanni

2.5.1.2. Patio de Preparación de Cestas (PPC)

Cuando observamos la composición de la carga metálica de determinado horno, muchas veces llegamos a la conclusión de que los resultados operacionales de costos, calidad y producción obtenidos pueden ser iguales, debido a que las cargas sean iguales en su composición.

Esta observación está completamente equivocada, pues así mismo con composiciones iguales, cargas metálicas presentan un desempeño diferente en el horno, en función de su preparación.

Preparar cargas metálicas para hornos eléctricos significa colocarlas en determinadas posiciones, teniendo como objetivo:

- Altas velocidades de fusión
- Reproducción de resultados
- Bajas pérdidas metálicas

Estos objetivos se alcanzan siempre y cuando la carga se prepare de modo que facilite:

1. El paso de los gases, generados en el horno por la inyección de oxígeno.
2. Ocupar el máximo del volumen interno del horno, permitiendo que todo el calor generado en el horno alcance la chatarra, aprovechando al máximo la energía que es introducida en el horno.
3. Trabajar con el menor número de cargas posible, ya que, en cada abertura de la bóveda, para recibir las cargas, existen pérdidas de energía.
4. Evitar la formación de aglomerados de materiales no fundidos junto a las paredes internas del horno que, al caer en el baño líquido, pueden provocar reacciones instantáneas, con proyección de acero hacia afuera del horno.
5. Proporcionar una velocidad de bajada igual en los 3 electrodos, evitándose con eso, la formación de agujeros en el “suelo refractario del horno”.
6. Apuntar a la reducción de las roturas de electrodos por aislamiento.
7. Reducir el impacto de piezas pesadas en el fondo del horno, al ser ejecutada la primera carga. Piezas pesadas dañan los refractarios.

Por todo eso, la preparación de la carga en la cesta es importante. La forma de alcanzar estos objetivos es empleando el método de estratificación de chatarra en la cesta.



Figura N° 2.13: Tipos de Chatarra

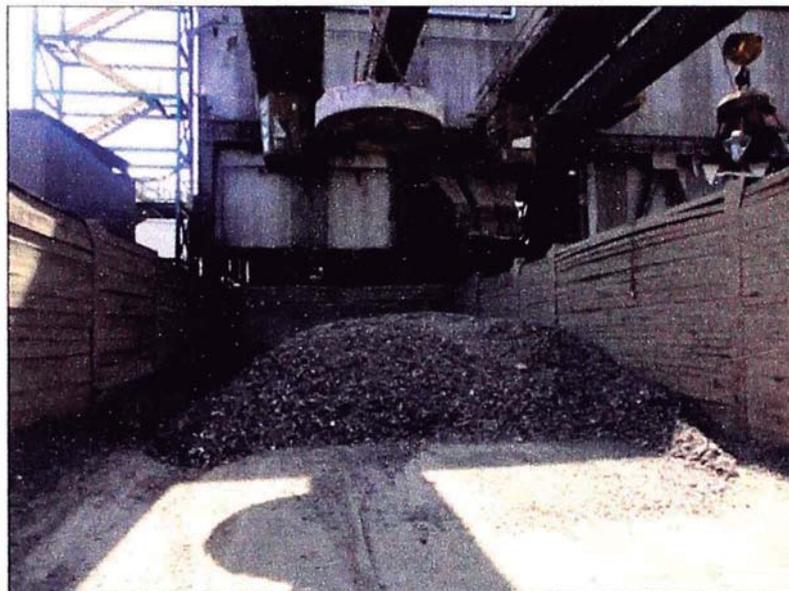


Figura N° 2.14: Box de Patio de Preparación de Cestas.

2.5.1.3. Horno de Arco Eléctrico (HEA)

La energía eléctrica es la principal fuente de energía para la fusión. El arco eléctrico es establecido entre los electrodos y la chatarra.

Objetivos:

- Fusión de la carga metálica
- Descarburación (quema de carbono)

- Elevación de la temperatura del baño metálico
- Desfosforación

Las principales etapas de una colada en el HEA son:

1. **Carga:** La chatarra es adicionada al horno a través de cestas preparadas en el PPC; normalmente, se utilizan 2 o más cestas por colada de acero.

La chatarra liviana se adicionará al fondo de la cesta mientras la chatarra pesada debe ser colocada en posición intermedia para evitar bajadas de carga.

Se pueden cargar fundentes y algunas ferroaleaciones desde silos.

2. **Fusión:** Después de cargar la primera cesta se inicia la fusión, se bajan los electrodos para que toquen levemente la chatarra liviana de la parte superior y abran el arco. Cuando la chatarra está suficientemente fundida, se adiciona la segunda cesta.

Generalmente la fusión es acompañada de inyección de O₂ para aumentar la energía calorífica, se forman cantidades importantes de FeO auxiliando el afino oxidante.

El tiempo de fusión depende de: La potencia del transformador, del tipo de carga, y de la utilización de otras fuentes de calor.

Durante el proceso de fusión se adiciona oxígeno y carbono por medio del sistema automático.

3. **Afino Oxidante:** Se inicia después de la última etapa de fusión.

Tiene una función de disminuir el contenido de carbono (descarburación) y de fósforo (desfosforación) del baño líquido.

Para esto se adiciona oxígeno y carbono a través de lanza manual o por sistema automatizado.

El oxígeno reacciona con diversos elementos formando la escoria del horno.

Se inyecta oxígeno con carbón para formar CO en la escoria dando lugar a la llamada escoria espumosa.

La espuma formada favorece la fusión, pudiendo aumentar la eficiencia térmica en más de un 20%. La espuma protege al refractario del horno del desgaste excesivo, reduce considerablemente el ruido provocado por el arco eléctrico y disminuye la pérdida del calor por las paredes del horno.

- 4. Retiro de escoria y Vaciado (Sangrado):** Después de alcanzar el % de Carbono, oxígeno, temperatura deseada y remoción de escoria, se realiza el vaciado del acero en la cuchara.

En el fondo de la cuchara o durante el vaciado se adicionan ferroaleaciones de Si y Mn o incluso Al dando inicio a la desoxidación.

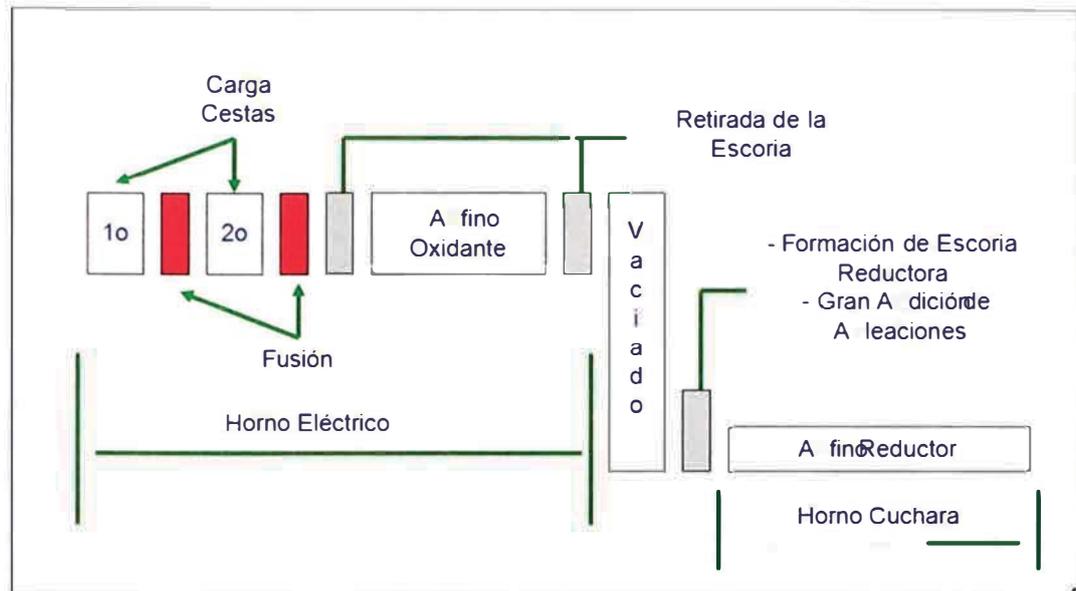


Figura N° 2.15: Descripción del proceso en Horno a Arco



Figura N° 2.16: Carga de Chatarra al Horno Eléctrico



Figura N° 2.17: Etapa de Fusión de Horno Eléctrico.

2.5.1.4. Horno Cuchara (HC) - Metalurgia Secundaria

Metalurgia Secundaria es un conjunto de sistemas de afino del acero en la cuchara de colada, fuera ya del convertidor o del horno eléctrico en su caso.

La motivación de estos tratamientos de metalurgia secundaria es que las especificaciones de los distintos clientes son cada vez más exigentes, de forma que el acero tal cual se obtiene del convertidor u horno no posee la calidad necesaria para satisfacer los requerimientos.

Las principales cuestiones que se debe corregir son el elevado contenido de azufre, y la presencia de inclusiones no metálicas (como óxido y sulfuros) en el seno del acero.

Las inclusiones metálicas son menos perjudiciales, por ser generalmente compatibles con las propiedades mecánicas (maleabilidad, dureza, etc.) del acero final, además de inferiores en proporción.

También es de destacar el elevado contenido en gases (oxígeno, nitrógeno e hidrógeno, fundamentalmente).

Por otro lado, los procesos de metalurgia secundaria mejoran las propiedades mecánicas del material.

Objetivos del proceso en el HC:

- Colocar el acero líquido a la temperatura objetivo.
- Ajuste de la composición química del acero.
- Reducir el contenido de azufre final.
- Conseguir homogeneidad química y térmica en el baño de acero.
- Conseguir un acero de calidad “acero limpio”.

El horno cuchara consiste en una instalación dotada de una bóveda y tres electrodos que se acoplan a la parte superior de la cuchara, con lo que se convierte a la misma en un pequeño horno adecuado para calentar el acero.

Los principios fundamentales de funcionamiento son:

1. Calentamiento por medio de un arco trifásico con tres electrodos.
2. Inyección de argón (o nitrógeno en su defecto) a través de un tapón poroso situado en el fondo de la cuchara.
3. Creación de una atmósfera no oxidante.

La secuencia de operaciones es:

1. Calentamiento del acero y homogenización de la temperatura del baño.
2. Desoxidación
3. Desulfuración
4. Adición y afino de los elementos de aleación
5. Remoción de inclusiones

La instalación de calentamiento es igual que la de un horno eléctrico de arco, con la diferencia de que el horno es ahora sustituido por la cuchara, con lo que los transformadores de potencia son más pequeños. Para un horno cuchara de 30 t como el de SIDERPERU se requiere un transformador de 12 MVA.

La instalación se ve completada con un sistema de tolvas de ferroaleaciones y un sistema manual para la toma de temperatura y muestra. De este modo y por conexiones con los sistemas de análisis químicos, se consiguen ajustes de composición en tiempos de 3 a 4 min aprox.

Con estos procesos se consigue una excelente homogeneización y control de la composición y la temperatura; también llegan a contenidos muy bajos en azufre y en gases, muy bien desoxidados y limpios de inclusiones. Con las adiciones necesarias se llega a controlar la morfología de las inclusiones.

Se consigue así mismo un ahorro en el consumo de ferroaleaciones, evitándose la necesidad de llevar a cabo el afino reductor en el horno eléctrico.



Figura N° 2.18: Adición de Ferroaleaciones en horno cuchara.

2.5.1.5. Colada Continua

El acero se cuela directamente en un molde con las formas de las que luego se va a partir para obtener productos transformados largos como tochos o palanquillas. Los tochos son destinados a la fabricación de barras mineras y las palanquillas están destinadas a la fabricación de varillas de construcción.

Esta operación de colada como su propio nombre lo indica se lleva a cabo de formar continua sin interrumpir el flujo de acero líquido de la cuchara final o tundish (distribuidor) al molde de colada continua.

Con respecto a las instalaciones de la colada continua consta de las siguientes partes:

- Zona de recepción de cucharas (Conocido en SIDERPERU como “nivel 4”).

Es el primer elemento de instalación en el sentido de la llegada de acero a la misma. Es en ella donde se colocan las cucharas

procedentes del horno cuchara y consta de dos carros porta cucharas conocidos como “carro lado norte y “carro lado sur”.

- Tundish

Se llama tundish o artesa distribuidora (o simplemente artesa) al recipiente que recibe el acero líquido de la cuchara que se encuentra en la zona de recepción de cucharas y lo pasa por medio de la buzas a las 2 o 3 líneas de colada que suelen funcionar según se esté fabricando tocho o palanquilla. Su función es de hacer de acumulador de forma que la colada fluya continuamente sin que el molde note el intervalo que se tarda en cambiar de cuchara de colada.

Adicionalmente se consigue también en el tundish una limpieza superior del acero, con parte de sus inclusiones (como refractario y óxidos) pasando a la superficie con lo que acero quedará más limpio.

El tundish está constituido por una chapa de fundición recubierta interiormente por refractario; en ella, el paso del acero al molde se controla por medio un sistema de cierre neumático de buzas deslizantes.

El tundish va dispuesto sobre un carro dotado de los movimientos de traslación y elevación, con lo que puede ser trasladado desde la zona de calentamiento hasta la de colada, por debajo de la zona de recepción de cucharas y por encima del tundish.

- Molde:

El molde es un conducto de cobre de muy elevada pureza (y alta conductividad) con un pequeño contenido de otros elementos como cromo, níquel o plata que hace a sus paredes interiores más resistentes a la abrasión.

Es en esta parte de la instalación donde comienza la solidificación superficial del acero, formándose la piel que

sigue creciendo a lo largo del proceso de colada, desde fuera hacia adentro. Es el molde quien da la forma y dimensiones al lingote de acero obtenido en la colada continua. Las secciones que se maneja en SIDERPERU son de los siguientes valores nominales: 100 mm x 100 mm, 130 mm x130 mm, 180 mmx180 mm y 240 mm x240 mm siendo más usados la primera y última medida respectivamente. Los moldes están rodeados de una camisa de acero pasando agua de refrigeración (refrigeración primaria) a través de una corona circular.

- Rodillos –Guía:

Llega un momento en que el lingote de acero abandona el molde; en ese instante, la piel está solidificada hasta un cierto espesor, existiendo en el interior (corazón), una masa de acero aún en estado líquido que somete a la piel exterior a una presión.

A la salida del molde es necesario que la piel soporte la presión, además de mantener la forma dada por el mismo. La colada continua cuenta 3 cuenta con rodillos de pie a la salida del molde, rodillos que sirven de apoyo a lo largo del radio de curvatura diseñado para el perfil.

- Falsa Barra

Consiste en una cabeza de arrastre sujeta a una cadena por su parte delantera. Su función es impedir la salida del acero por la parte inferior del molde al comienzo de la colada, sirviendo también de guía del lingote hasta que éste llegue a la parte baja de la máquina. La falsa barra ha de extraerse a la velocidad justa por ser el quien tira de la masa de acero que se va colando en el molde.

- Refrigeración secundaria

Considerando el molde como la zona de refrigeración primaria, la refrigeración secundaria es aquella que da comienzo tan pronto como el lingote sale del mismo.

En esta fase la barra se enfría directamente por proyección (rociado) de agua sobre su superficie. Para ello se disponen varios chorros de agua que rocían todas las caras de la barra de acero, a lo largo de una longitud que depende básicamente del tamaño del producto. El enfriamiento de la refrigeración secundaria es continuar el enfriamiento del tocho o palanquilla cuando este ya ha abandonado el molde, hasta conseguir la solidificación del mismo.

- Oxicorte

Se trata de un sistema de corte del lingote a su salida de la falsa barra para darle las dimensiones deseadas sea para laminar según sea palanquilla o tocho o bien para toma de muestras. Dicha instalación se trata sencillamente de un bastidor con los sopletes accionados por propano y oxígeno.

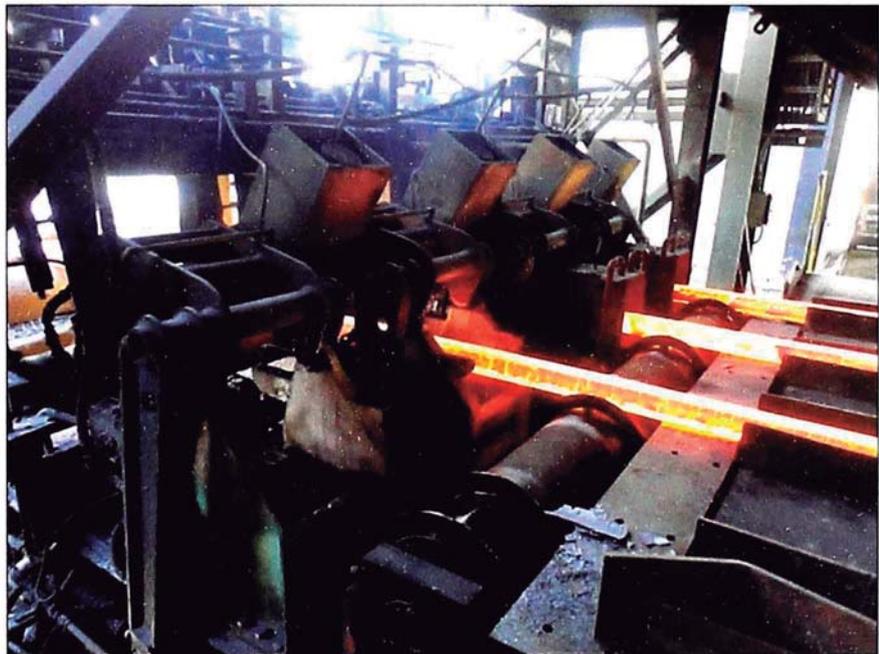


Figura N° 2.19: Fabricación de palanquillas

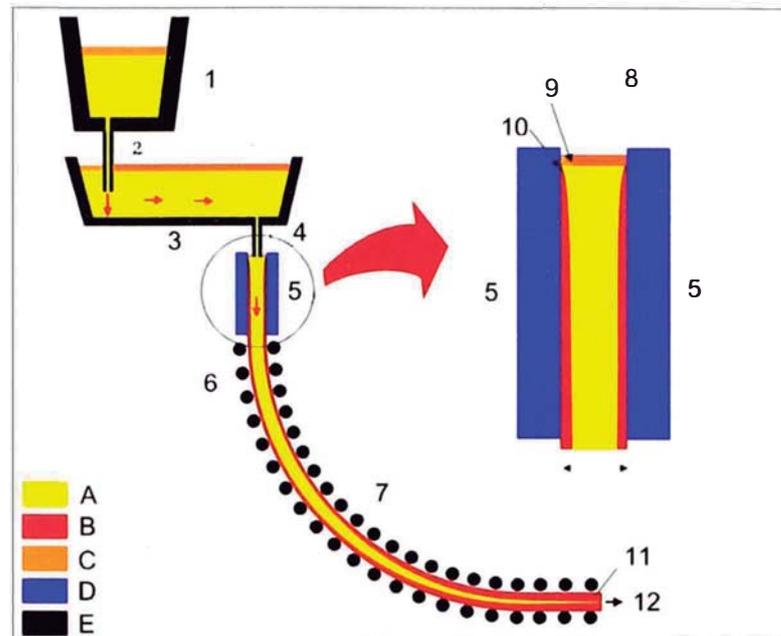


Figura N° 2.20: 1. Cuchara; 2. Tubo cerámico; 3. Tundish (distribuidor); 4. Protector de Chorro; 5. Molde; 6. Rodillos de pie; 7. Rodillos de extracción; 8. Molde desdoblado; 9. Nivel del molde; 10. Menisco; 11. Rodillo enderezador; 12. Acero laminado; A. Acero líquido; B. Acero solidificado; C. Escoria; D. Agua de refrigeración de molde. E. Material refractario.



Figura N° 2.21: Instalación de Protector de Chorro en la mesa de colada

III. RELACIÓN PROFESIONAL CON EL EMPLEADOR

3.1 Condición de la relación laboral

La relación laboral que se tiene con SIDERPERÚ S.A.A inició el 04/2011

EMPRESA SIDERURGICA DEL PERÚ S.A.A: Por contrato determinado

CARGO : Ingeniero Trainee de la Planta de Acero

PERIODO : 12/04/2012- 30/04/2013

TECNOLOGÍA TOTAL S.A.C: Por Contrato determinado

CARGO : Asistente Comercial

PERIODO : 19/07/2011- 31/03/2012

CARGO : Ingeniero de Campo

PERIODO : 19/04/2010- 18/07/2010

ALICORP S.A.A: Por contrato determinado

CARGO : Asistente de Desarrollo

PERIODO : 18/08/2009-17/02/2010

3.2 Documentos probatorios

- Certificado de trabajo SIDERPERÚ S.A.A.
- Certificado de trabajo TECNOLOGÍA TOTAL S.A.C.
- Certificado de trabajo ALICORP S.A.A.

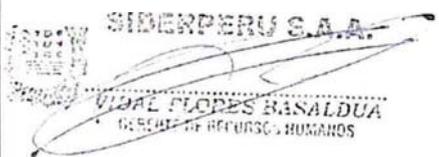
 GERDAU	 SIDERPERU
<h2>CERTIFICADO DE TRABAJO</h2>	
FICHA: 53856	
Por el presente certificamos que el señor:	
ROEL FERNANDO DEXTRE SAJAMI	DNI: 40729176
<p>Trabajó en nuestra Empresa desde el 12 de Abril de 2011 hasta el 30 de Abril del 2013, desempeñó el cargo de TRAINEE en el área de ACERÍA.</p>	
<p>Se expide el presente documento a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.</p>	
<p>Chimbote, 30 de Abril del 2013.</p>	
	
<p>EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A. Av. Juan de Arona 187, Torre B, 5to piso, San Isidro / Av. Los Rosales 245, Santa Anita - Lima. Teléfono 51-1-618-6868, Fax 51-1-618-6873 Av. Santiago Antúnez de Mayolo s/n - Chimbote. Telf. 51-43-883-000, Fax 51-43-324-702, www.sider.com.pe</p>	

Figura N° 3.1: Certificado de Trabajo emitido por la EMPRESA SIDERÚRGICA DEL PERÚ S.A.A

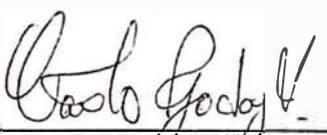
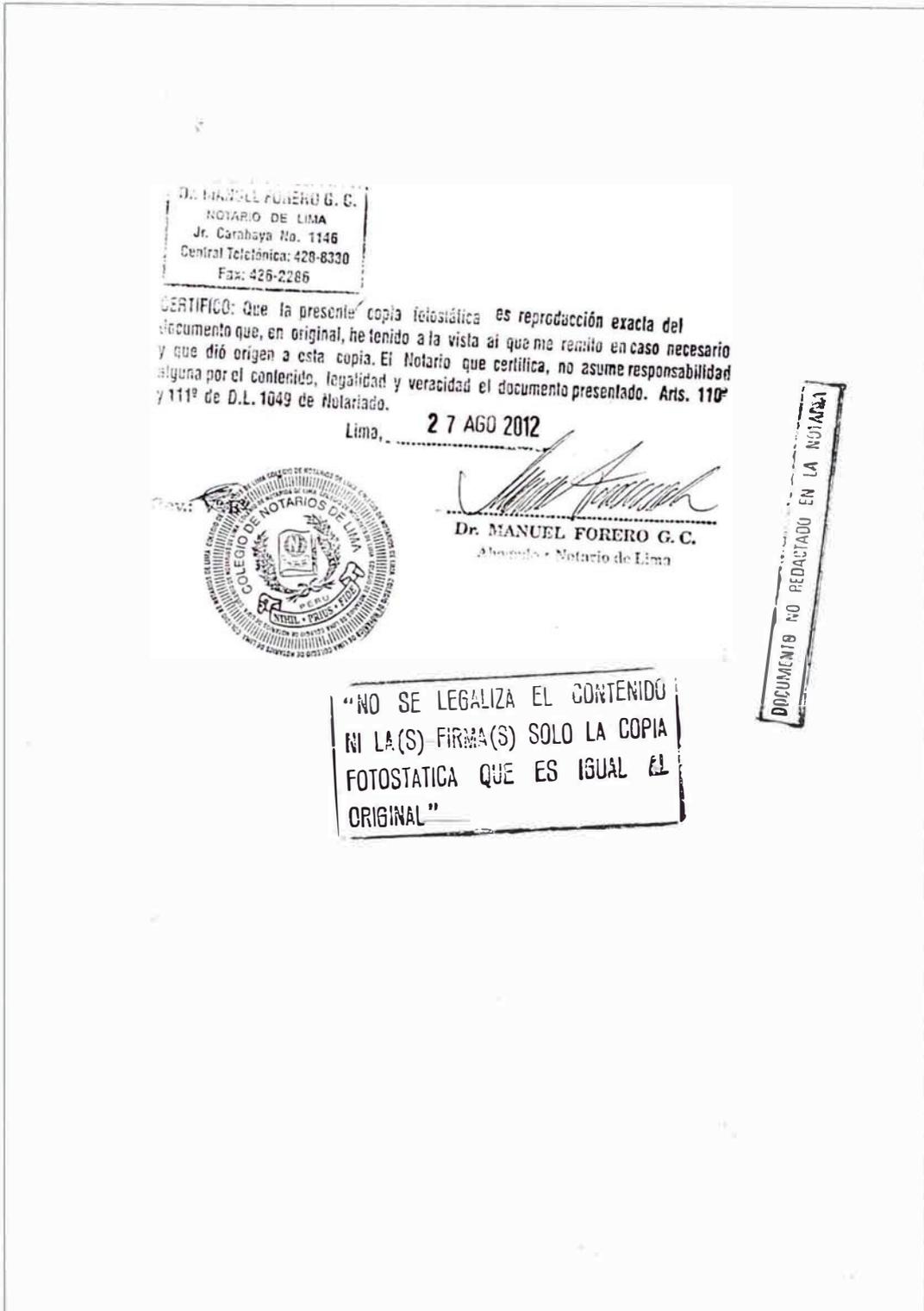
	DR. MANUEL FORERO G.C. NOTARIO DE LIMA Jr. Carabaya 1146 1er. Piso - Lima Central Telefónica 428-8330 Fax: 426-2285	TECNOLOGÍA TOTAL S.A.C – RUC. 20507520546 Calle Miguel Dasso 117 – Segundo piso. San Isidro - Lima Perú. Tel. (511) 421 - 2578, Fax. (511) 422 – 6353 www.tecnologiaatotal.net - tts@tecnologiaatotal.net
TECNOLOGÍA TOTAL CONTROL INTEGRAL DE CORROSIÓN		
CERTIFICADO DE TRABAJO CT-0043-TTS		
Lima, 01 de Abril del 2011		
<u>A QUIEN CORRESPONDA</u>		
<p>Con el presente documento certificamos que el Sr. ROEL FERNANDO DEXTRE SAJAMI, Identificado con DNI N° 40729176, prestó servicios laborales a nuestra compañía dentro del periodo de 19 de abril del 2010 al 18 de julio del 2010 y del 19 de julio del 2010 al 31 de marzo del 2011, desempeñándose en los cargos de Ingeniero de Campo y Asistente Comercial respectivamente.</p>		
<p>El Sr. ROEL FERNANDO DEXTRE SAJAMI durante el tiempo de su permanencia en la empresa demostró eficiencia, honestidad y responsabilidad en las labores encomendadas.</p>		
<p>La presente certificación se expide a solicitud del trabajador el 01 de Abril del 2011.</p>		
<p>Cordialmente,</p>		
		
Ing. Camilo Godoy Vargas Gerente de Operaciones cgodoy@tecnologiaatotal.net		
TECNOLOGÍA TOTAL		
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> LEGALIZACION AL DOORSO → </div>		

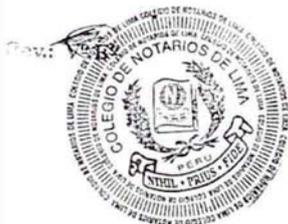
Figura N° 3.2: Certificado de Trabajo emitido por TECNOLOGÍA TOTAL S.A.C
(Anverso).



Dr. MANUEL FORERO G. C.
NOTARIO DE LIMA
Jr. Carabaya No. 1146
Central Telefónica: 428-8330
Fax: 426-2286

CERTIFICO: Que la presente copia fotostática es reproducción exacta del documento que, en original, he tenido a la vista al que me remito en caso necesario y que dió origen a esta copia. El Notario que certifica, no asume responsabilidad alguna por el contenido, legalidad y veracidad el documento presentado. Arts. 110° y 111° de D.L. 1049 de Notariado.

Lima, 27 AGO 2012



[Handwritten Signature]
Dr. MANUEL FORERO G. C.
Abogado - Notario de Lima

DOCUMENTO NO REDACTADO EN LA NOTARÍA

“NO SE LEGALIZA EL CONTENIDO NI LA(S) FIRMA(S) SOLO LA COPIA FOTOSTATICA QUE ES IGUAL EL ORIGINAL”

Figura N° 3.3: Certificado de trabajo emitido por TECNOLOGÍA TOTAL S.A.C (Reverso).

alicorp

Alicorp SAA
Av. Argentina 4793
Carmen de la Legua
Reynoso - Callao
T (511) 315 0800
F (511) 315 0850

DR. MANUEL FORERO G.C.
NOTARIO DE LIMA
Jr. Carabaya 1146 1er. Piso - Lima
Central Telefónica 428-8330
Fax: 426-2286

Callao, 17 de Febrero de 2010

CERTIFICADO DE TRABAJO

Se deja constancia que el Sr. **ROEL FERNANDO DEXTRE SAJAMI**, de nacionalidad peruana, identificado con DNI N° 40729176, ha trabajado en nuestra compañía del 18 de Agosto de 2009 al 17 de Febrero de 2010, desempeñándose al momento de su retiro como **ASISTENTE DE DESARROLLO** en nuestra área de **CENTRO DE DESARROLLO PANADERO**, con una remuneración mensual de **S/2,200.00**.

Durante el tiempo que laboró en nuestra empresa el Sr. **DEXTRE** ha demostrado dedicación al trabajo y un desempeño satisfactorio, gozando de nuestro mayor aprecio y confianza, retirándose en forma voluntaria.

p.p. alicorp S.A.A.



ROBERTO CAMINO SOLÍS
Gerente de Administración
de Recursos Humanos

**LEGALIZACION
AL
DORSO**

Figura N° 3.4: Certificado de trabajo emitido por ALICORP S.A.A.

IV. TRABAJO PROFESIONAL DESARROLLADO

EMPRESA SIDERURGICA DEL PERU S.A.A

Cargo : **Ingeniero Trainee del Área de Producción de la
Planta de Acero – Metalurgia Física**

Tiempo de prestación: 12 Abr 2011- 30 Abr 2013

Funciones:

- Supervisión y seguimiento a la producción de pruebas de aceros de alto carbono.
- Desarrollo de Proyectos de Mejora y estudios: Diagnóstico de la calidad de información para el cálculo de rendimiento metálico en la planta de Acero, Estudio de recuperación ferrosa entre la planta de acero y Harsco, Evaluación de viabilidad de proyecto de cierre de circuitos de agua de refrigeración de la colada continua entre otros. Evaluación del efecto del EMS (Agitadores Electromagnéticos) en la calidad del producto, Evaluación de defectos de dimensión y forma de palanquillas (producto final de la planta de acero) entre otros. Coordinador del proyecto de aumento de rendimiento metálico y reducción del power off (tiempo en que el HE no está operando).
- Estandarización de Procesos en el área de colada continua (Revisión de estándares, elaboración de procedimientos, estándares de operación y capacitación).
- Supervisión de la calidad de agua de la planta de ósmosis, del circuito del agua del EMS y del circuito de agua de Molde. Ejecución de proyecto de mejora en el circuito del EMS y levantamiento de plano.
- Capacitación a ejecutivos, personal operativo de acería y nuevos practicantes en Proceso de Producción de Acero y Tratamiento de Aguas Industriales.

TECNOLOGIA TOTAL S.A.C-Control Integral de Corrosión –Venta de suministros y prestadora de servicios.

Cargo : **Asistente Comercial**

Tiempo de prestación : 19 Jul 2010 – 31 Mar 2011

Funciones:

Compra y venta de suministros en el Perú y en el extranjero, seguimiento a cartera de Clientes (empresas petroleras, eléctricas, mineras etc.), elaboración de cotizaciones, órdenes de Compra, búsqueda de proyectos y potenciales clientes.

Cargo : **Ingeniero de campo**

Tiempo de prestación : 19 Abr - 18 Jul 2010

Funciones:

Experiencia en inspecciones indirectas en el gasoducto de Lima Metropolitana-Calidda. Uso de PCM y GPS.

ALICORP S.A.A

Cargo : **Asistente de Desarrollo de Negocios de Productos Industriales**

Fecha : 18 Ago 2009-17 Feb 2010

Funciones:

- Supervisión de producción en el área de panificación. planificación de producción Manejo de almacén y stock en SAP. Elaboración de procedimientos, manual de funciones, instrucciones y formatos. Manejo de personal.
- Administración, implementación y supervisión del proyecto: Remodelación del laboratorio de calidad, y de la zona de producción del Centro de Innovación y Gastronomía en Alicorp. Control de gastos y presupuesto asignado. Administración en el área de ventas de productos (Showroom).

V. MEJORAS TECNOLÓGICAS EN LA LÍNEA DE TRATAMIENTO DE AGUA DEL CIRCUITO EMS Y DE LA PLANTA DE ÓSMOSIS INVERSA EN LA COLADA CONTINUA DE UNA EMPRESA SIDERÚRGICA

El complejo Siderúrgico tiene múltiples circuitos de agua de enfriamiento en cada una de las diferentes plantas del complejo.

La fuente principal del agua de todos los circuitos del complejo es de pozo. En agua es obtenida del sub-suelo y bombeada por 4 bombas hacia la represa. Luego es distribuida a los 2 reservorios del distrito de Coishco que tienen una capacidad de 1500 m³c/u. El agua llega a SIDERPERU desde los reservorios por una caída de 100 m a través de una tubería de 600 mm a 800 mm de diámetro.

En SIDERPERU, el agua pasa por los ablandadores con resina de intercambio iónico y luego es almacenada en 2 pozas de 100 m³c/u del “circuito A”. Desde dichas pozas, el agua es bombeada y usada como reposición a los diferentes circuitos de las plantas de: Acería, Laminación Largos, Planos y Viales.

El circuito EMS utiliza esta agua como fuente que tiene una dureza total aproximada de 350 ppm antes de llegar a los tanques ablandadores (Ver ANEXO 9.1 AGUA FUENTE DE POZO).

El proyecto es necesario para el área de la colada continua de la planta de acería porque le asegura la calidad de agua exigida para garantizar el tiempo de vida de los EMS (agitadores electromagnéticos), buenas condiciones de operación del equipo, buenas prácticas en el uso y mantenimiento, y el buen funcionamiento de estos para que no se tengan problemas de calidad en los productos semi-terminados (Tochos).

Entre otras ventajas se pueden señalar:

- Mejorar el buen funcionamiento de la planta de acería además de la colada continua, Horno Cuchara y Horno Eléctrico ya que un daño fuerte por incrustación y/o corrosión en las bobinas de cobre del EMS obligaría a la renovación total del mismo traduciéndose en un costo de (US\$ 5875 por cambio de bobina). En caso extremo se podría generar una parada de planta

que se traduce en menor producción, un aumento en el power off, disminución en el rendimiento metálico y un aumento en el costo de la tonelada de acero, además del costo de mantenimiento correctivo de los EMS.

- El área de mantenimiento de la planta de acero mejora su rendimiento en vista que no tiene que alterar sus planes para atender esta situación en coordinación con el área de Mantenimiento Central.

El área de mantenimiento Central que brinda un servicio de mantenimiento correctivo de los EMS genera un ingreso económico a su área por las ordenes de trabajo que recibe, pero por otro lado les perjudica ya que hacen modificaciones en su plan de trabajo para atender una emergencia como es el caso de mantenimiento de los EMS (prioridad uno) y desplazan otros pendientes que tienen con otras plantas (Planta de Laminación Largos, Planta de tubos, planos y viales).

5.1 Descripción del proyecto

Antes de Abril del 2010, no se tenía este sistema de tratamiento de agua en la colada continua 3 y en esta solo se producía palanquillas, que tenían fuerte demanda, y ocasionalmente tochos como prueba. Es a partir de Abril de ese mismo año en que se frena la producción de palanquillas en la colada continua 2 y se continúa la producción en la colada continua 3 en vista que la colada continua 2 no cumplía las condiciones de operación para producir tochos, según lo exigido por la empresa Moly-Cop ADESUR SA y Moly-Cop CHILE S.A. Los tochos, productos semiterminados de la empresa Siderúrgica, finalmente son transformados en barras mineras en la planta de laminación de productos largos. Actualmente la colada continua 3 está operando en lugar de la colada continua 2.

Esta última entrará en un proceso de revamping en el 2014 ya que a partir de 2015 se montará una nueva línea de producción de acero. La colada continua 3 producía en su época solo palanquillas, productos semiterminados, que se convertirían en varillas de construcción en la planta de laminación largos. Actualmente la colada continua 3 produce tanto

tochos como palanquillas. Tochos en las medidas de 240x240 mm, 180x180 mm y palanquillas de 130x130 mm y de 100x100 mm de sección transversal.

Al inicio de las operaciones en la colada continua 3 el sistema de refrigeración de los EMS no tenía mayor tratamiento previo. Consistía en una línea de enfriamiento donde el agua recirculaba en circuito cerrado. El agua utilizada en un inicio para dicho tratamiento era destilada que se traía de la planta de Hierro (Alto Horno), después se pasó a usar agua de mesa comprada a la empresa embotelladora Enrique Cassinelli e Hijos S.A.C cuya planta se encuentra en la Ciudad de Trujillo. El agua era adicionada a un tanque de fibra de vidrio que formaba parte de la línea de enfriamiento de los EMS. Dicho circuito se llamará “circuito EMS”.

Ya en Abril del 2010 se instaló la planta de tratamiento de agua de ósmosis inversa con los siguientes equipos:

- Un (1) tanque de filtro multimedia
- Dos (2) tanques ablandadores de resina de intercambio iónico
- Un (1) sistema de ósmosis inversa (Membranas y bomba)
- Una (1) lámpara ultravioleta
- Dos (2) filtros de sedimentos

También se incluyen instrumentos de medición como rotámetros, termocuplas y manómetros.

A lo largo del 2012 se realizaron adquisiciones e instalaciones nuevas a raíz de los problemas mecánicos y químicos que tuvieron con los antiguos y nuevos EMS.

El proyecto: Mejoras tecnológicas en la línea de tratamiento de agua del circuito EMS y de la planta de ósmosis inversa de la colada continua en la Industria Siderúrgica consiste en la instalación de los siguientes equipos:

- Dos (2) tanques desmineralizadores con sus respectivas resinas de lecho mixto.
- Un (1) reductor de presión de agua al ingreso de los equipos de EMS (De 5 bar a 2.4 bar) y cuatro manómetros al ingreso de cada EMS con sus respectivas válvulas de globo.

En Marzo del 2013 se instaló:

- Una (1) electrobomba de $\frac{3}{4}$ HP con sus respectivas conexiones en acero inoxidable.
- Un (1) tablero eléctrico que comanda la electrobomba adicional, así como el funcionamiento del equipo de ósmosis y el sensor de nivel de alta.
- Una (1) bomba dosificadora de inhibidor de corrosión cerca al tanque de fibra de vidrio (Sala de Bombas) con su propio tablero que está instalado en la sala de bombas.
- Un (1) electrodo de pH y de la válvula de inyección, sensor de nivel para el aditivo químico, válvula de pie y la válvula de succión.

Así mismo se realizaron cambios:

- Un (1) filtro de sedimento de 2.5" x 20" (antes de ingresar al filtro multimedia).
- Un (1) filtro de sedimento de 2.5" x 10" (antes de ingresar a las membranas de alto rechazo)
- Tres (3) membranas de alto rechazo 2.5" x 40"
- Un (1) balastro, una (1) lámpara UV y mantenimiento preventivo del equipo UV.
- Un (1) swich de baja presión Mercoid, encontrándose quemados los contactos por un cortocircuito.
- 28 l de resinas mixtas de los 2 tanques desmineralizadores.
- Tubería de cuarzo S5Q-PA/2.

- Niples de mangueras flexibles para la planta de ósmosis.

Programas de Capacitación y otros:

- Capacitación del personal en el uso y mantenimiento de la planta para que tenga mayor conciencia de la importancia de los equipos.
- Actualización del plano del circuito cerrado del agua de EMS y del bosquejo de la planta de tratamiento de agua de ósmosis inversa.
- Elaboración de un EO (Estándar de Operación)

La instalación del reductor de presión, la capacitación del personal, la elaboración de los planos, la instalación de manómetros y flujo lo realiza el personal de la planta de acero, el resto de actividades lo ejecuta la empresa MERINSA PERÚ S.A.C, especialista en tratamiento de agua industrial, bajo la supervisión de un representante de la planta de Acero. Todo este trabajo se realiza en coordinación con el personal de Utilidades. Los nuevos equipos de EMS obedecen nuevas exigencias en tema de calidad de agua y condiciones de operación por lo que es necesario realizar algunos cambios y modificaciones.

MERINSA PERÚ S.A.C o Mercantil Interamericana S.A.C es una compañía privada, constituida hace 15 años, como una empresa dedicada a la venta, distribución de equipos y componentes de purificación y tratamiento del agua .Así mismo presta servicios de mantenimiento, soporte y diseño de equipos y sistemas potables.

El monto estimado por la instalación de la planta de ósmosis inversa es de US\$ 200,000. El costo inversión, gastos de operación y ahorro de la nueva unidad de tratamiento y de las mejoras en el circuito EMS se dará con mayor detalle en la evaluación económica (Capítulo 5.8).

5.1.1. Objetivo General

Instalar una unidad de tratamiento que ayude asegurar una buena calidad de agua de la planta de ósmosis inversa y ejecutar mejoras

(capítulo 5.8) en el circuito EMS para que optimice el funcionamiento de estos.

5.1.2. Objetivo Específico

- Evaluar las recomendaciones dadas por la empresa CONCAST y MERINSAC PERÚ S.A.C en lo que refiere a la calidad de agua y parámetros de operación para un buen funcionamiento de los EMS principales.
- Hacer seguimiento a los ensayos de calidad de agua de la planta de ósmosis inversa y del circuito EMS realizados por la empresa General Electric de tal manera que podamos asegurar que este dentro de los parámetros óptimos.
- Preparar un Estándar de Operación y Calidad de Agua de EMS principal (Ver ANEXO 9.2) y ponerlo a conocimiento del personal de la Colada Continua y Utilidades.
- Capacitar al personal de la Colada Continua y Utilidades sobre el uso correcto, operación y mantenimiento de la planta de tratamiento de agua de EMS principales (Uso de check list).

5.1.3. Metas

Reducir el mantenimiento correctivo de los equipos de 2 a 0 veces al año.

5.2 Descripción de los agitadores electromagnéticos (EMS)

La agitación electromagnética está ampliamente usada en la colada continua de una acería con el fin de mejorar la homogeneidad en la estructura de los tochos. La experiencia industrial ha demostrado que las condiciones de diseño y operación del agitador tiene una fuerte influencia en la calidad metalúrgica del tocho. Las variables que influyen principalmente en la calidad del producto final son: La corriente y la frecuencia del campo del EMS.

En los últimos años los productores de acero han reconocido que el control del flujo del acero en el molde y el fenómeno de la mezcla que se da dentro de este en la colada continua es necesario para mejorar la calidad de tochos. En los EMS para tochos, los agitadores son ubicados en el molde, debajo del molde o en la zona final de solidificación dependiendo de los objetivos metalúrgicos.

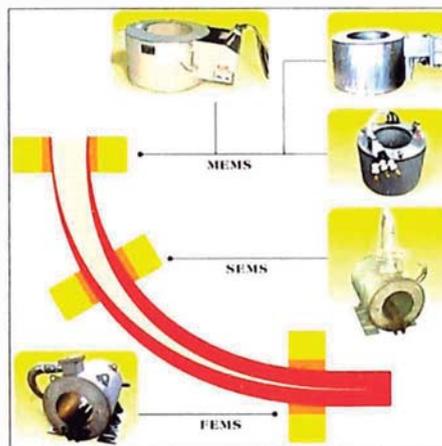


Figura N° 5.1: Tipos de EMS a lo largo de una línea de la colada continua.

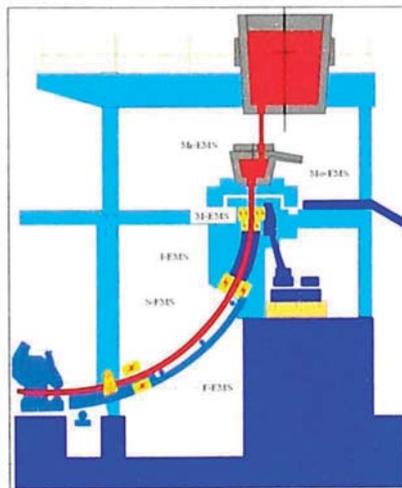


Figura N° 5.2: Vista de perfil de la colada continua y la ubicación de los EMS iniciales, intermedios y finales

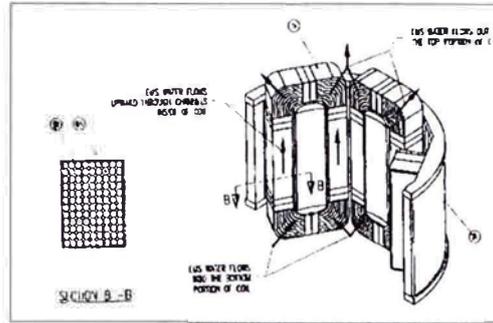


Figura N° 5.3: Vista interna de EMS Inicial.

5.2.1. Principio de los EMS

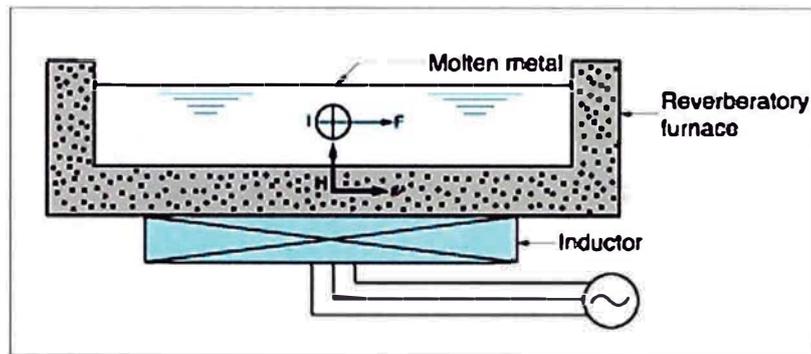


Figura N° 5.4: Agitador Electromagnético

El sistema de agitación electromagnética utiliza el principio de un motor lineal y difiere de un agitador mecánico convencional ya que el primero no tiene contacto con el acero líquido. Como se muestra en el diagrama, una bobina instalada en el fondo de un horno genera un campo magnético en movimiento (H) si un voltaje de corriente alterna trifásica se aplica a esta bobina (Inductor). Una fuerza eléctrica se genera en el acero líquido debido a las acciones del campo magnético (flujo magnético) y causa un flujo de corriente inducida (I) (Regla de la mano derecha). Esta corriente luego actúa con el campo magnético del inductor o bobina para inducir una fuerza electromagnética en el acero líquido de acuerdo a la regla de la mano izquierda. Como esta fuerza se mueve en la dirección del campo magnético en movimiento, el acero líquido también se mueve

.En otras palabras se da la agitación .Además como esta fuerza tiene componentes en la dirección horizontal y en la dirección vertical, el metal fundido fluye en diagonal hacia arriba y da como resultado una temperatura uniforme en todo el volumen del acero.

5.2.2. Importancia del buen funcionamiento de los EMS

El Agitador Electromagnético de SIDERPERU está formado por bobinas de cobre electrolítico cubiertas externamente con una película aislante y transparente de goma. Esta película sirve como medio aislante entre la bobina y el agua de refrigeración. La función del EMS es quebrar las dendritas de la zona columnar y aumentar la zona equiaxial.

Su uso ha sido apreciado además para reducir el fenómeno de segregación, durante la solidificación, el flujo de acero podría jugar un papel clave en la eliminación de inclusiones, sopladuras y porosidad central.

Los principales beneficios que brinda son:

- Mejorar la calidad superficial e interna del acero.
- Retirar más energía.



Figura N° 5.5: Sección transversal de tocho

5.3 Descripción en las tecnologías de tratamiento de agua

Otro fenómeno importante que ocurre en las soluciones acuosas y está relacionado con materiales disueltos (solutos) más que con el agua (disolvente) es la presión osmótica. Si dos soluciones acuosas están separadas por una membrana, el agua pasará de más diluida a la más concentrada.

5.3.1. Ósmosis Natural

Se denomina ósmosis al paso espontáneo de moléculas de agua de una solución diluida a una solución concentrada a través de una membrana semipermeable que permite el paso del agua, pero no de las sales disueltas. Si colocamos a un lado de una membrana semipermeable agua pura y al otro lado una disolución de agua y sacarosa, pasará agua hacia el lado con sacarosa para tratar de igualar las concentraciones.

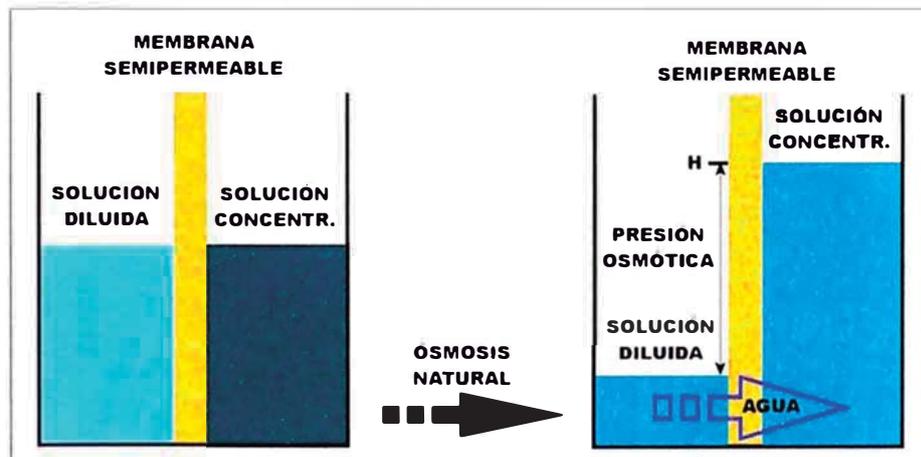


Figura N° 5.6: Ósmosis Natural

A medida que el agua va pasando al lado de mayor concentración, éste se va diluyendo, y al mismo tiempo va aumentando la presión dentro de él. Llega un momento que la diferencia de concentraciones no es suficiente para seguir arrastrando más agua y el proceso osmótico se detiene. Se denomina presión osmótica a la diferencia de

presión hidrostática entre el comportamiento concentrado y el diluido.

Este importante proceso controla la actuación de todas las células vivas; explica también la efectividad de la preservación de los alimentos mediante su salado; la sal crea una solución concentrada, separando las células de los organismos que pueden provocar la descomposición de los alimentos, cuando el agua dentro de sus cuerpos los abandona tratando de diluir la solución salina externa.

En las celdas de membranas diseñadas especialmente, el flujo osmótico del agua a través de la membrana puede invertirse aplicando una presión lo bastante alta a la solución más concentrada. Este proceso de “ósmosis inversa” resulta muy práctico para la desalinización del agua.

5.3.2. Ósmosis Inversa

Aplicando a la solución concentrada una presión superior a la osmótica el proceso se invierte. Este fenómeno se conoce como “ósmosis inversa”.

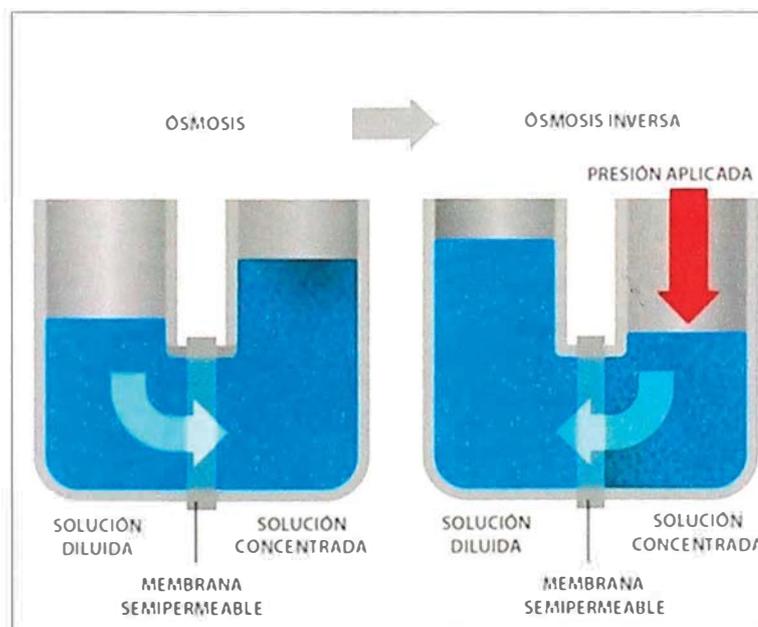


Figura N° 5.7: Ósmosis Inversa

La ósmosis inversa está basada en la búsqueda fundamental del equilibrio. Si dos fluidos que contienen diferentes concentración de sólidos disueltos son puestos en contacto, esos se mezclarán hasta que la concentración se uniformice.

En términos simples, ósmosis inversa es la filtración bajo presión a través de una membrana cuyos poros son pequeños. La membrana de ósmosis está diseñada de manera que impide el paso de sales inorgánicas, bacterias, virus, compuestos orgánicos, obteniéndose un agua de una excelente calidad para el consumo.

Aplicaciones de la Ósmosis Inversa:

A nivel doméstico:

Obtención de agua para bebida, con un nivel de calidad superior al agua embotellada.

A nivel Industrial

- Desalinización de aguas de mar a bajo coste.
- Fabricación de agua ultrapura para aplicaciones en la industria. farmacéutica, y laboratorios en general.
- Purificación y desmineralización del agua de calderas.
- Concentración de jugos y leche.



Figura N° 5.8: Equipo de Ósmosis Inversa.

El pre-tratamiento del agua de abastecimiento para las instalaciones de nanofiltración y de ósmosis inversa influye mucho en la eficacia de la instalación; la forma de pre-tratamiento requerida depende en la calidad de agua entrante.

El propósito del pretratamiento es reducir el contenido en materia orgánica y la cantidad de bacterias deben ser tan bajas como sea posible para prevenir la llamada biobstrucción de membranas.

La aplicación de un pre-tratamiento tiene varios beneficios:

- Las membranas tienen mayor límite de vida cuando se realizan pre-tratamientos.
- Se extiende el tiempo de producción de la instalación.
- Las tareas de mantenimiento se simplifican.
- Los costes de empleo son menores.

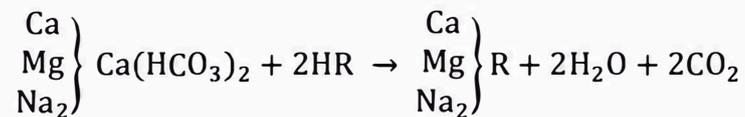
Además del pre-tratamiento se pueden añadir una dosis química (ácido, anti-escamante), para prevenir la descamación y precipitación de sólidos insolubles, tales como carbonato de calcio y sulfato de bario en la superficie de la membrana. Los ácidos aplicados son ácidos clorhídricos (HCl) y ácido sulfúrico (H₂SO₄).

El ácido sulfúrico es el producto químico más usado para este fin. Sin embargo, el ácido hidrolórico se aplica cada vez más porque el ácido sulfúrico puede influir negativamente en la velocidad de obstrucción de la membrana.

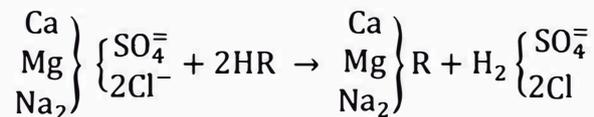
Cuando el agua entrante contiene grandes cantidades de iones sulfato, el ácido hidrolórico reemplaza al ácido sulfúrico. En este caso la dosis de ácido sulfúrico aumentará las posibilidades de formación de costras por iones sulfuro en las membranas. (Baker, 2000).

5.3.3. Desmineralización del agua (Deionización)

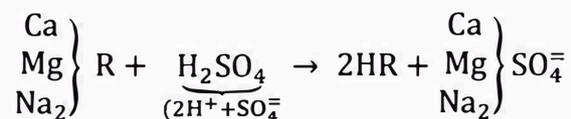
El proceso de INTERCAMBIO CATIÓNICO CON HIDRÓGENO se parece mucho al procedimiento con catión de sodio, excepto en que las resinas intercambiadores contienen un ion hidrógeno intercambiable y en que pueden emplearse para eliminar todos los cationes. El símbolo R representa el radical complejo para el intercambiador de catión hidrógeno en las siguientes reacciones para intercambios con bicarbonatos.



Las reacciones con sulfatos y cloruros, cuando se emplea el símbolo R, para representar el radical orgánico del intercambiador, pueden indicarse como siguen:



La regeneración con ácido sulfúrico, es el método más usado y el más económico entre los métodos de regeneración. Las reacciones, en forma condensada, pueden indicarse como siguen:



El agua ácida no es deseable en la mayor parte de los propósitos, por lo que el efluente del tratamiento de intercambio con catión de hidrógeno debe ser neutralizado o mezclado con agua tratada con

zeolita de sodio. Si se requiere desmineralización, se pasa a través de un mineral intercambiador de aniones.

Los intercambiadores aniónicos son de dos tipos de resinas, las fuertemente básicas o las débilmente básicas.

Ambos tipos eliminan ácidos fuertemente ionizados, como sulfúricos, el clorhídrico o el nítrico, pero sólo los intercambiadores aniónicos fuertemente básicos eliminan tanto los ácidos débilmente ionizados como el silícico y el carbónico. Las reacciones que siguen representan el intercambio aniónico de un ácido fuertemente ionizado, en donde R_4N , representa el radical complejo de intercambio aniónico (algunas de R pueden ser hidrógeno).

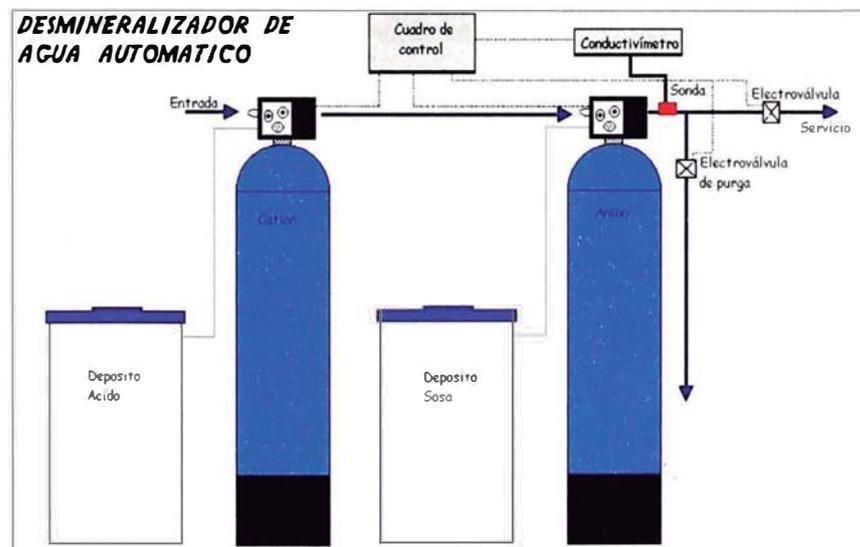
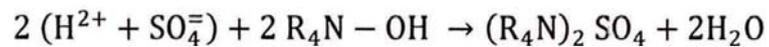
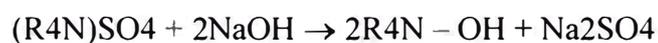


Figura N° 5.9: Equipo Industrial Desmineralizador de agua

Regeneración



Los intercambiadores aniónicos fuertemente básicos se regeneran con soda cáustica; los intercambiadores débilmente básicos se regeneran con carbonato de sodio, soda cáustica y en ocasiones con hidróxido

Los pulidores de lecho mixto se utilizan para pulir el permeado de un sistema de ósmosis inversa o pulir el destilado de un evaporador, para poder cumplir con los requerimientos de calidad de agua de repuesto en calderas de media o alta presión. En los equipos pulidores de lecho mixto a base de resinas de intercambio iónico, después de un cierto tiempo en servicio (que normalmente es de varios días y hasta semanas) el pulidor agotará su provisión de iones H^+ y OH^- , perdiendo temporalmente su capacidad para pulir el lecho mixto. Para restaurar esa capacidad se suspende el servicio, se retrolavan el lecho de resina y luego se hacen pasar soluciones de salmuera, o de ácido y/o de sosa por las resinas catiónicas y aniónicas en su caso, respectivamente.

Con esto las resinas quedan regeneradas y listas para volver a pulir otro lote de lecho mixto.

Con el lecho mixto final se consiguen calidades de agua con conductividades inferiores a $1 \mu S/cm$, y concentraciones de sílice entre 0,001 y 0,005 ppm.

Las ventajas de los sistemas de lecho mixto son las que siguen:

- El agua obtenida es de muy alta pureza y su calidad permanece constante a lo largo del ciclo,
- Los requerimientos de aclarado con agua son muy bajos.

Las desventajas del sistema de lecho mixto:

- Menor capacidad de intercambio.
- Procedimiento de operación más complicado debido a los pasos de separación y mezcla que tienen que llevarse a cabo.

Aplicaciones típicas:

- En producción de agua ultrapura.
- Desmineralización
- Pulidor de condensado (agua de alimentación de calderas)
- Limpieza de partes de microelectrónica.
- Farmacia

5.3.4. Electrodialisis

La electrodialisis (ED) es una técnica que procesa los iones de sales disueltas a través de membranas semipermeables, dejando atrás el agua purificada. El movimiento del ion es inducido por un campo eléctrico de corriente continua. El electrodo negativo (cátodo) atrae cationes y el electrodo positivo (ánodo) atrae aniones. El sistema está conformado por un compartimiento de pilas formadas por un conjunto de membranas de permeabilidad selectiva tanto catiónicas y aniónicas alternadas entre sí. Estos compartimientos alternados llevan el concentrado y el permeado ya filtrado. Normalmente, el 40 a 60 % de los iones disueltos son removidos o rechazados. Una mejora adicional en la calidad de agua es obtenida mediante la *estadificación* (operación de pilas en serie). El proceso de ED no remueve partículas contaminantes o contaminantes débilmente ionizados tales como sílice.

Electrodialisis inversa (EDR) opera bajo los mismos principios que el ED; sin embargo, el funcionamiento EDR invierte la polaridad de los electrodos (típicamente 3-4 veces por hora). Este sistema detiene la acumulación de soluciones concentradas en la membrana y por lo tanto reduce la acumulación de depósitos inorgánicos y orgánicos en la superficie de la membrana. Los sistemas EDR son similares a los sistemas ED, diseñado con un área de cámara

adecuada para recoger tanto agua permeada del sistema como el concentrado.

El sistema ED produce agua de la misma calidad que el sistema EDR.

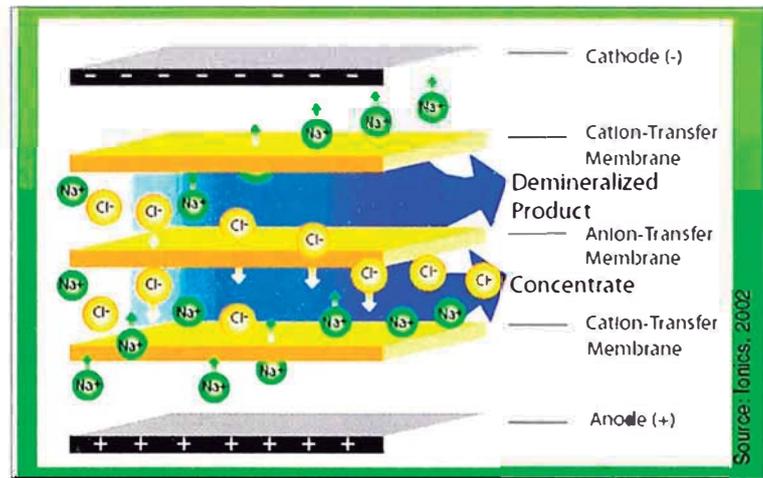


Figura N° 5.10: Proceso de Electrodiálisis

5.3.5. Electrodesionización Continua

La electrodesionización en continuo (CEDI) es un proceso que emplea una combinación de membranas de intercambio iónico, resinas de intercambio iónico y un campo eléctrico de corriente continua para desionizar el agua. Los diseños estándar para obtener agua purificada, agua para inyectables y agua de alta pureza emplean una combinación de ósmosis inversa y electrodesionización en continuo. Con este diseño el proceso CEDI puede producir agua con concentraciones de iones específicos cercanas o inferiores a los límites de detección. El proceso CEDI está en la actualidad, ampliamente aceptado para la producción de agua de alta pureza en la industria farmacéutica, microelectrónica, producción de energía, agua de calderos de alta presión, semiconductores, bebidas, alimentos; y control de la presencia de NO_x.

El CEDI utiliza una regeneración de resinas libre de químicos. Por lo tanto el trabajo es más seguro ya que no es necesario manipular, almacenar ni trabajar con químicos peligrosos. Por este mismo punto tampoco es necesaria la utilización de etapas de neutralización del agua utilizada para regenerar.

El CEDI es un proceso continuo que se regenera automáticamente mediante el campo eléctrico generado por la corriente eléctrica utilizada para su operación. A diferencia del intercambio iónico que necesita detener su operación para las regeneraciones de sus resinas. Al tener regeneración continua, la calidad del agua es constante y no hay disminución de la calidad del agua a medida que la resina del tratamiento convencional se va saturando.

El campo eléctrico provee también un ambiente bacteriológicamente estable dentro de la celda de CEDI, inhibiendo el crecimiento de bacterias y otros microorganismos.

El sistema CEDI tiene un costo operativo significativamente inferior al intercambio iónico convencional. Solamente se utiliza una pequeña cantidad de energía eléctrica para obtener agua de alta pureza. La falta de ácido o soda cáustica para regeneración significa menor dependencia y atención del operador de la planta minimizando de esta manera los costos debido a mano de obra asociada a la operación del equipo. El costo de inversión del CEDI es similar al costo de inversión del sistema tradicional de intercambio iónico (no hay necesidad de almacenamiento de químicos, impulsión de químicos, equipos y sistemas de neutralización, etc.).

No es necesario duplicar los equipos de CEDI, al ser de construcción modular, uno de ellos puede ser retirado para su mantenimiento y continuar operando con el resto de los módulos.

El área (footprint) de un equipo de CEDI es menor al requerido por un sistema de tratamiento convencional.

Los sistemas CEDI son altamente recomendables ante los siguientes ítems:

- Se utiliza desionización por resina de intercambio iónico.
- Segundo paso de ósmosis inversa.

¿Cómo funciona el CEDI?

Si se ve el agua desde el punto de vista molecular: El agua contiene cationes con cargas positivas, representados con el signo (+) y aniones con cargas negativas, representado con el signo menos.

Si insertamos un par de electrodos y aplicamos corriente eléctrica, el campo eléctrico impulsará a los cationes en dirección del cátodo y al mismo tiempo, los aniones en la dirección opuesta hacia el ánodo.

Cuando insertamos una membrana de intercambio aniónico fabricada con resina catiónica, esta bloqueará el flujo de aniones y moléculas del agua y solamente los cationes serán capaces de pasar al otro lado de la membrana.

Cuando insertamos otra membrana de intercambio, pero esta vez fabricada con resina aniónica, esta bloqueará el flujo de cationes y moléculas de agua. Solo los aniones podrán pasar al otro lado de la membrana.

Esta configuración de membrana y electrodos constituyen un módulo de CEDI.

Sin embargo, este proceso está limitado por la baja velocidad a la cual los iones se mueven en el agua. En efecto, la baja conductividad del agua impide la remoción de los iones es decir, conforme el comportamiento de producto se vuelve más y más puro, la resistencia eléctrica del agua se incrementa más y más hasta contrarrestar el efecto del campo eléctrico.

La tecnología CEDI resuelve este problema añadiendo una mezcla de resinas catiónicas y aniónicas entre las membranas.

La extensa área superficial ofrecida por las camas de resina elimina efectivamente la resistencia a la difusión iónica y permite que los iones se muevan libremente aún en agua ultrapura. Las superficies de las camas de las resinas actúan como una vía conductiva actuando eficientemente como un puente que acelera el movimiento de los iones hacia la superficie de la membrana, más que si se encontraran solamente en agua.

Si separamos los electrodos y añadimos entre ellos más pares de membranas catiónica y aniónica con resina; crearemos una serie de compartimientos de purificación de agua alternando con compartimientos en donde los iones se concentran.

Conforme el agua es alimentada al sistema, el flujo es desviado en compartimientos separados: compartimiento de concentrado y compartimiento de producto o diluido. Estas corrientes de agua permanecen separadas durante todo el proceso porque solo los iones pueden pasar por las membranas.

Los iones migran y se acumulan en los compartimientos de concentrado, de donde son eliminados en la corriente de rechazo.

El agua proveniente de este compartimiento contiene una concentración de iones 10 a 20 veces mayor que la alimentación original. Este flujo de agua puede ser drenado, recirculado o almacenado para tratamiento posterior.

En la parte superior de los compartimientos, la concentración de iones se encuentra en su máximo valor. La cama de resina actúa como una ruta conductiva, moviéndose eficientemente los iones hacia la membrana.

En la parte inferior de los compartimientos, donde la concentración de los iones ha sido reducida al nivel de “partes por trillón”, el campo eléctrico entonces se concentra entre las camas de resina y el agua circundante.

Cuando el potencial de este voltaje localizado excede aproximadamente .8 V, ocurre una reacción electroquímica y las moléculas de agua se separan en iones hidrógeno e hidroxilo, que esencialmente son ácidos y base.

El ácido y la base generados en el módulo, regeneran las camas de resina intercambiándose por los iones remanentes. El intercambio de los iones hidrógeno e hidroxilo ocurre exactamente de la misma manera cuando se regeneran las camas de resina con ácido y sosa en el desionizador convencional.

Como resultado, los sistemas de CEDI no necesitan químicos para regenerarse, el potencial químico realiza el trabajo. Esencialmente hay un removedor primario y un pulidor combinado en la misma unidad que constantemente se regeneran.

Esta tecnología remueve sólidos disueltos tales como: sales, ácidos y bases así como materiales iónicamente débiles como orgánicos, sílice. Se recupera el 97% del agua.

Este proceso de regeneración constante también elimina el choque de pH extendiendo así la expectativa de vida de las resinas.

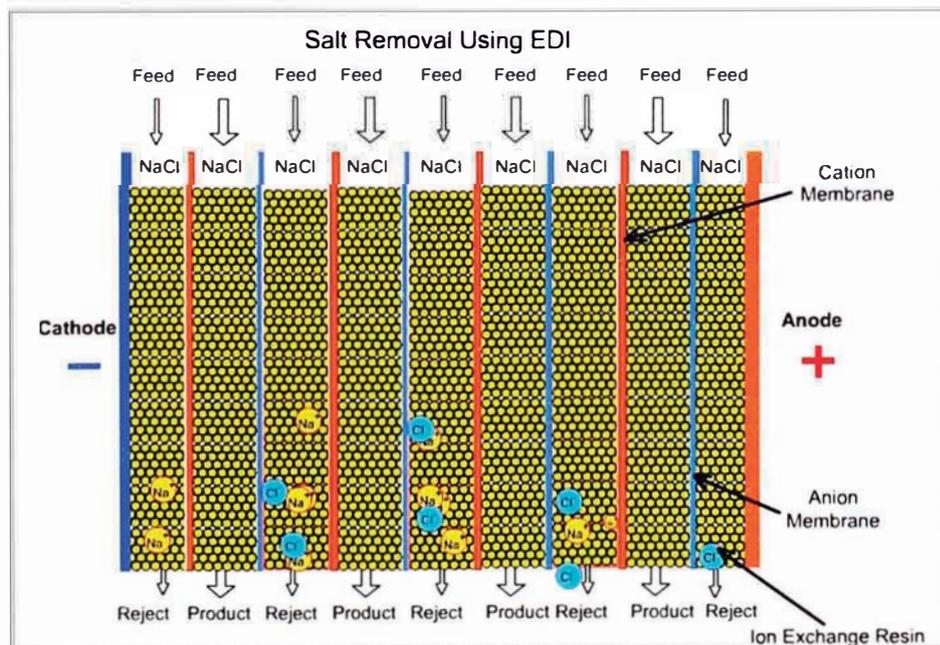


Figura N° 5.11: Proceso de electrodesionización

5.4. **Funcionamiento de la planta de ósmosis inversa**

En una planta Siderúrgica existen muchos circuitos de agua. Se tiene circuitos de agua de enfriamiento dentro de la planta de acero tanto para el horno eléctrico, el horno cuchara y la colada continua. En el caso de la Colada Continua se tiene 3 circuitos de agua:

- Circuito EMS
- Circuito de Agua de Molde
- Circuito de Agua de Spray

En la colada continua además se tiene una pequeña planta de Ósmosis Inversa

La planta de ósmosis de una empresa Siderúrgica ubicado en la colada continua comprende los siguientes equipos:

- a. Un (1) filtro multimedia.
- b. Dos (2) ablandadores de agua conteniendo resina de intercambio iónico.
- c. Un (1) filtro de sedimentos.
- d. Una (1) lámpara ultravioleta.
- e. Un (1) equipo de ósmosis inversa
- f. Dos (2) tanques desmineralizadores de lecho mixto.

El agua proveniente de pozo llega por la tubería troncal de 31.5 pulgadas de diámetro. Antes de ingresar a la pozas de almacenamiento del circuito "A" existe una derivación de una tubería de 2 pulgadas hacia la planta de ósmosis. La presión a al inicio de esta derivación es entre 4 kgf/cm^2 a 4.7 kgf/cm^2 (3.92 bar a 4.6 bar o 56.89 psig a 66.84 psig).

El recorrido desde la derivación hasta la planta de ósmosis en el "Primer Nivel" (5 m de altura) es por una tubería de acero. La distancia desde la derivación del circuito "A" hasta el ingreso de la planta de ósmosis es de 100 m. A los 80 m de recorrido existe un reductor de 1 ½ pulg y una

válvula que regula la presión del agua a 3.5 bar aproximadamente y de allí hasta el ingreso a la válvula del filtro multimedia. Después pasar por 5 codos 1 ½ pulg se tiene una presión de ingreso de 3.5 kgf/cm² a 4.2 kgf/cm² (3.43 bar a 4.1 bar o 49.78 psig a 59.73 psig) según lo que registra el manómetro. Dentro de la planta de ósmosis inversa, la tubería es de ¾ pulg de PVC con mangueras de conexión de permeado, concentrado (3/8 pulg) y del tanque de salmuera (1/2 pulg).

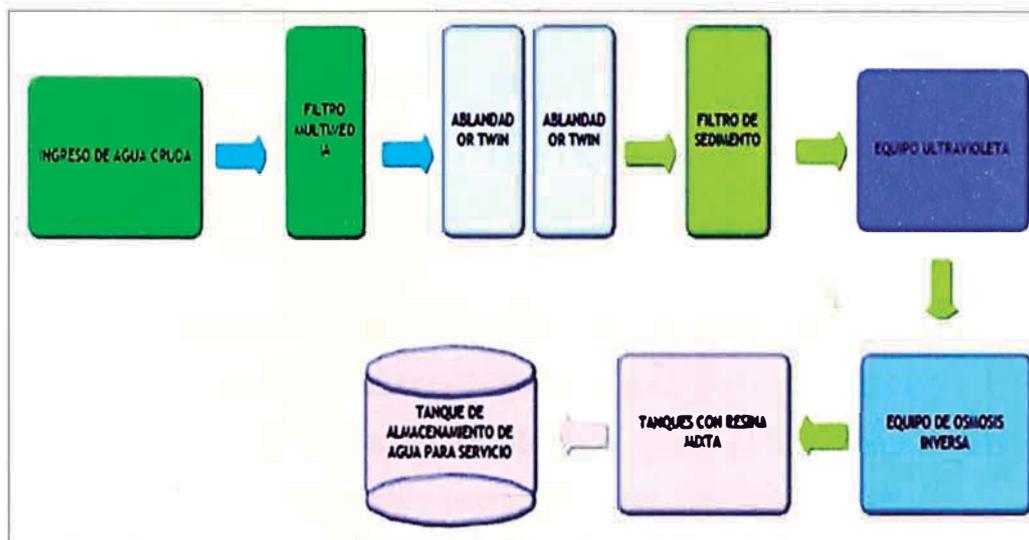


Figura N° 5.12: Diagrama de bloques de planta ósmosis

5.4.1. El filtro multimedia

El agua de alimentación antes de ingresar al filtro multimedia registra las siguientes condiciones de operación:

- Flujo de ingreso: 6 gal/min (22.7 litros/minuto)
- Presión: 40 psig a 60 psig

El volumen del tanque del filtro multimedia es de 1.5 ft³ (42.4 litros) en un tanque de FRP (Fiberglass Reinforced Plastic)

Dimensiones:

- Alto: 54 pulg
- Ancho: 10 pulg

El tanque lleno (60 %) y espacio vacío (40%).

Velocidad de flujo: 5 gpm/ft²

Tiempo de duración de ciclos C1 a C8: 1 h a 1.5 h

Capacidad del tanque: 1 ft³ = 4 gpm de alimentación.

Δp (caída de presión) = 5 psig

Caudal de retrolavado: 3 gpm

Análisis de agua Fuente de pozo : Marzo 2012

- TDS (ppm TDS) : 654.8
- Conductividad (uS/cm) : 1306.62
- pH : 8.1
- Dureza Total (ppm CaCO₃) : 326.6

El tanque de filtro multimedia tiene las siguientes operaciones:

- **Servicio o tratamiento del Agua:**

El agua sin tratar es ablandada como su flujo a través del lecho de resina mixta y hacia arriba por la tubería vertical.

- **Retrolavado (agua arriba)- Ciclo C1:**

El flujo es reversible por la válvula de control, directamente hacia debajo de la tubería vertical, a través del lecho de resina y enviado al drenaje. El lecho se expande y la tubería se limpia con un chorro de agua al drenaje.

- **Inyección de Regenerante (aguas abajo)-Ciclo C2^(a) :**

El agua pasa a través del inyector y el regenerante es inyectado del tanque regenerante. El regenerante es dirigido al lecho de la resina. Los iones duros son removidos por los iones sodio. La inyección del regenerante se completa cuando la check de aire se cierra.

- **Enjuague lento (Aguas abajo) – Ciclo C3^(a)**

El flujo de agua mueve el regenerante a través de la resina. El agua de enjuague va al drenaje. La resina es regenerada.

- **Represurización- Ciclo C4**

La presión es balanceada en la válvula antes de continuar la regeneración.

- **Enjuague rápido (aguas abajo) - Ciclo C5**

El flujo de agua pasa a través del lecho de resina y hacia arriba por la tubería vertical. Todo el regenerante remanente residual es enjuagado del lecho de la resina.

- **Recarga de Regenerante – Ciclo C8**

El agua es dirigida al tanque regenerante para crear regenerante para la próxima regeneración.

El árbol de levas no cambia de posición entre los ciclos C2^(a) y C3^(a). C3 no es mostrado

Las etapas nombradas anteriormente están definidas por las posiciones del árbol de leva de la válvula.

El filtro multimedia está compuesto por los siguientes medios filtrantes de arriba hacia abajo:

- Arena
- Antracita
- Grava
- Garnet

La distribución, peso y granulometría se muestra en la tabla siguiente:

Tabla N° 5.1: Medios filtrantes

N°	Medios filtrantes	Peso (kg)	Granulometría (mm)
1	Arena	14.3	0.5
2	Arena	14.3	1
3	Antracita	12.3	1
4	Grava	14.3	5
5	Garnet	7.7	0.35
6	Garnet	8.3	1.5

El Agua Resultante después el filtro multimedia tiene las siguientes características químicas:

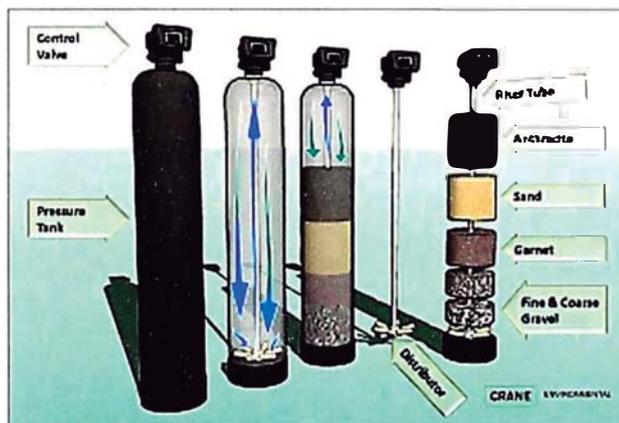


Figura N° 5.13: Filtro multimedia



Figura N° 5.14: Válvula de filtro multimedia

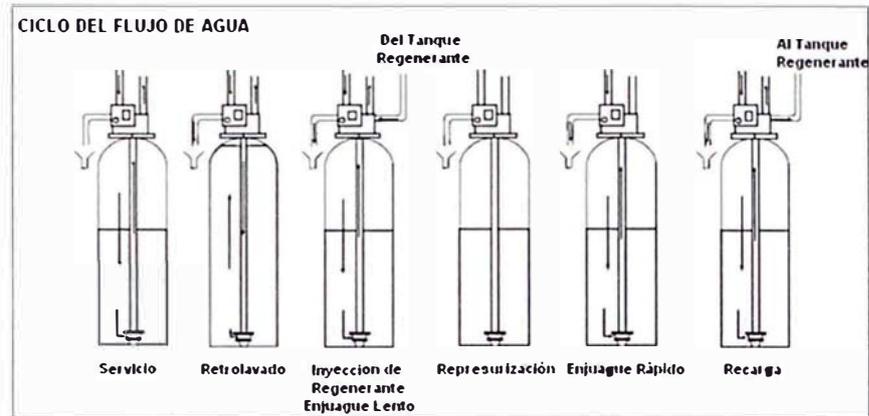


Figura N° 5.15 :Ciclos del Flujo de Agua del Filtro multimedia.

Posiciones del ciclo del árbol de levas: El árbol de levas tiene un indicador de copa. La copa tiene posiciones en la vista externa y el número de ciclos en la cara interna. El número en la cima indica la actual posición del ciclo de la actual válvula de control. Las correspondientes posiciones por los números es posicionado por el sensor óptico, el cual rota aproximadamente 90 grados fuera de cara. El Indicador de ciclo:

- 0 = Agua tratada
- 1 = Ciclo de retrolavado
- 2 = Ciclo de Inyección de Regenerante
- 3 = Ciclo de enjuague lento
- 4 = Sistema en Pausa
- 5 = Ciclo de Enjuague rápido
- 8 = Recarga del Regenerante.

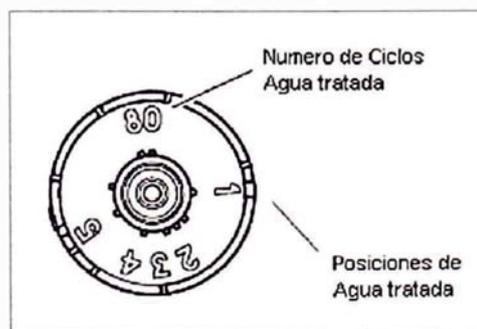


Figura N° 5.16: Posiciones del Ciclo

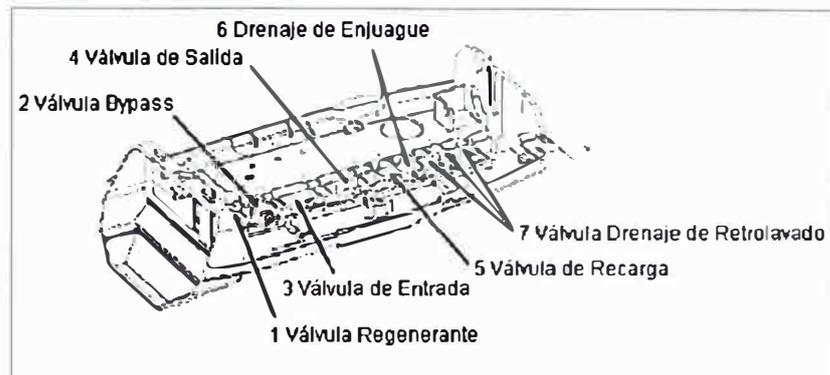


Figura N° 5.17: Válvula de Control

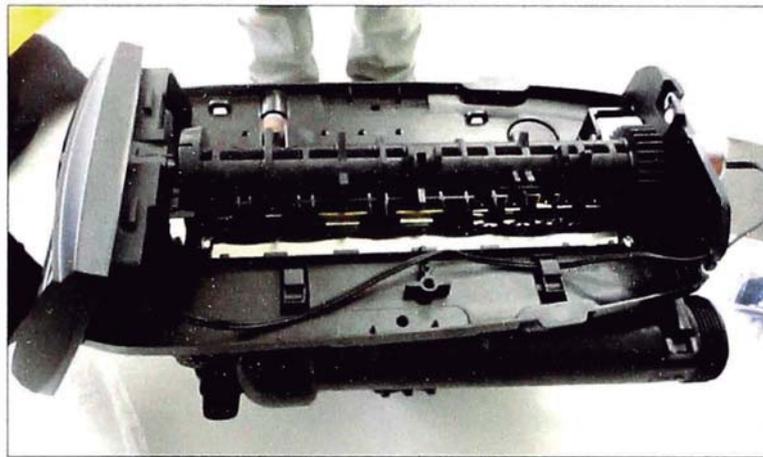


Figura N° 5.18: Vista frontal de la válvula

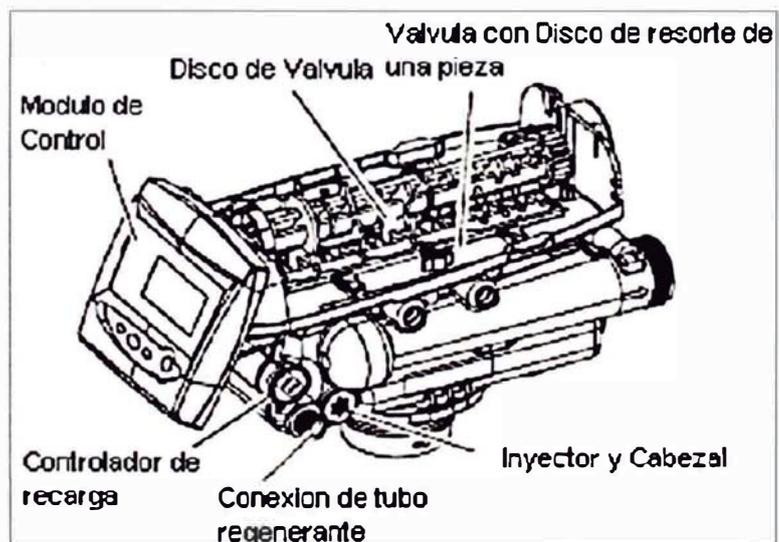


Figura N° 5.19: Vista frontal de la válvula

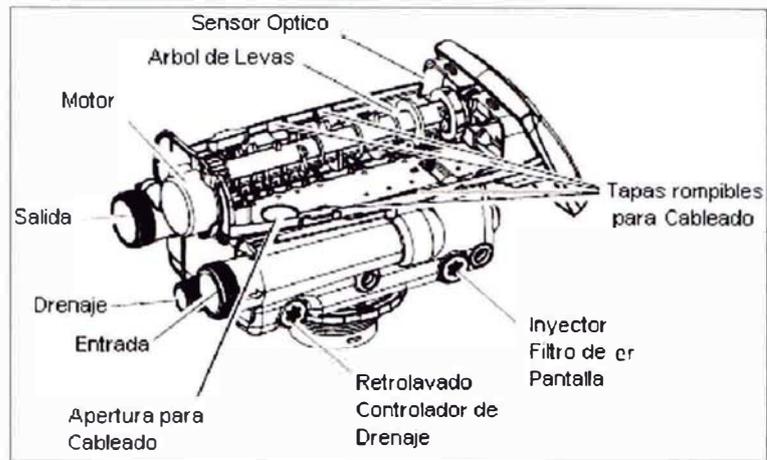


Figura N° 5.20: Vista posterior de la válvula



Figura N° 5.21: Vista posterior de la válvula



Figura N° 5.22: Vista frontal de la válvula

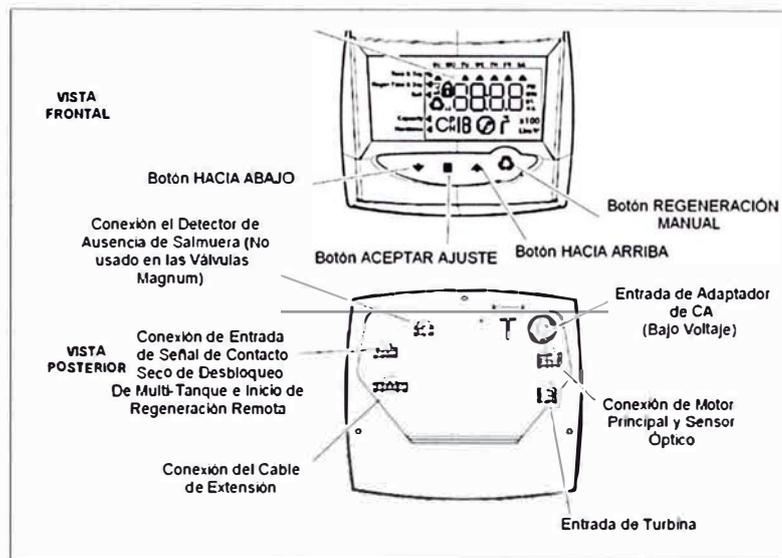


Figura N° 5.23: Controlador de la válvula

5.4.2. El ablandador:

Se tiene 2 ablandadores Twin que funcionan en paralelo. Cuando el ablandador 1 entra en las etapas de regeneración, retrolavado y enjuague, el ablandador 2 lo reemplaza y cuando este último entra a las etapas nombradas anteriormente, el ablandador 1 lo reemplaza. Ambos tanques están hechos de FRP (Fiberglass Reinforced Plastic).

El agua después de pasar por el filtro multimedia ingresa al ablandador.

Se registra las siguientes condiciones de operación:

- Temperatura ambiental : 1°C a 49 °C
- Temperatura de agua : 1°C a 38 °C
- Flujo de agua de ingreso : 6 gal/min (22.7 litros/minuto)
- Presión: 20 psig a 120 psig (1.38 bar a 8.27 bar)

El ablandador está conformado por:

Por resina catiónica de un volumen de 1.5 ft³ (42.4 litros).

La operación del sistema de tratamiento del agua es en las siguientes etapas:

- **Servicio o tratamiento del Agua:**

El agua no tratada se dirige hacia la cama de resina. Se ablanda el agua mientras pasa a través de la cama de la resina.

- **Retrolavado - Ciclo C1:**

El sentido del flujo del agua es invertido, ingresa por la válvula de control y se dirige hacia abajo a través de la tubería y sube a través de la cama de la resina. Durante el ciclo de retrolavado, se limpia la cama de la resina con un chorro de agua que es eliminado por el drenaje.

- **Regenerante - Ciclo C2^(a):**

El agua y la solución salmuera pasa a través del inyector. El regenerante es direccionado para la cama de la resina. Los iones de la dureza son intercambiados por iones Sodio.

- **Enjuague lento (Aguas abajo) – Ciclo C3^(a)**

El flujo del agua mueve el regenerante a través de la resina a una velocidad específica y la enjuaga hacia el drenaje. La resina es regenerada.

- **Represurización- Ciclo C4**

La presión es balanceada en la válvula antes de continuar la regeneración.

- **Enjuague rápido - Ciclo C5**

El agua pasa a través de la cama de la resina y sale para el drenaje. Todo el regenerante residual es removido de la cama de la resina.

- **2º Retrolavado - Ciclo C6**

El flujo es idéntico al C1

- **2º Enjuague - Ciclo C7**

El flujo es idéntico a C5

- **Reposición de agua para tanque salmuera – Ciclo C8**

El flujo de agua es direccionada hacia el tanque regenerante, para que esté preparada para la siguiente regeneración.

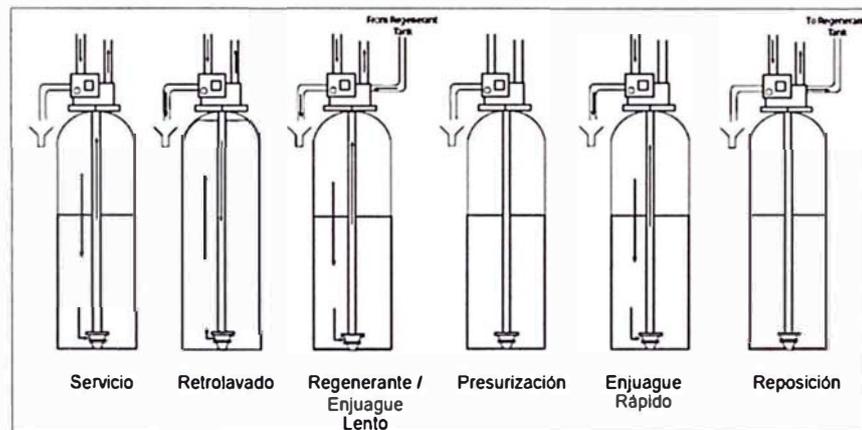


Figura N° 5.24: Ciclos del flujo de agua del ablandador.

Posiciones del ciclo del árbol de levas

El funcionamiento del árbol de levas del ablandador es bastante similar al del filtro multimedia.

En la parte delantera del árbol de levas se tiene un indicador. El indicador tiene ranuras en el borde exterior y el número del ciclo en la parte interior.

Indicador de ciclo:

- 0 = Agua tratada
- 1 = Ciclo de retrolavado
- 2 = Ciclo de Inyección de Regenerante
- 3 = Ciclo de enjuague lento
- 4 = Sistema en Pausa
- 5 = Ciclo de Enjuague rápido
- 6 = 2° Retrolavado
- 7 = 2° Enjuague rápido
- 8 = Recarga del Regenerante

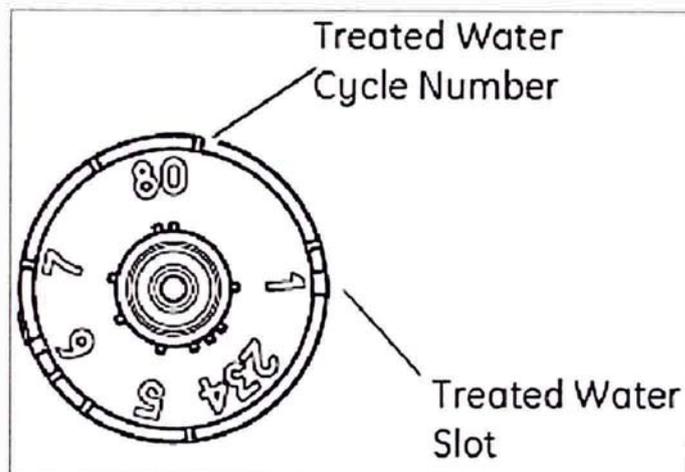


Figura N° 5.25: Posiciones del ciclo

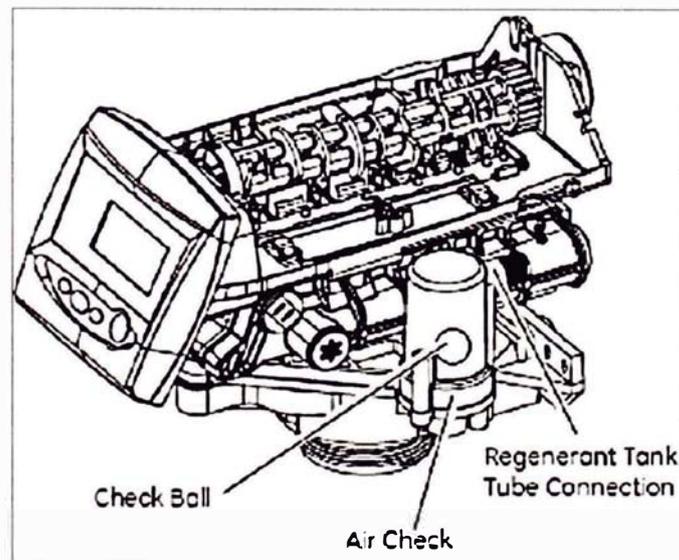


Figura N° 5.26: 1ª vista lateral de válvula de control

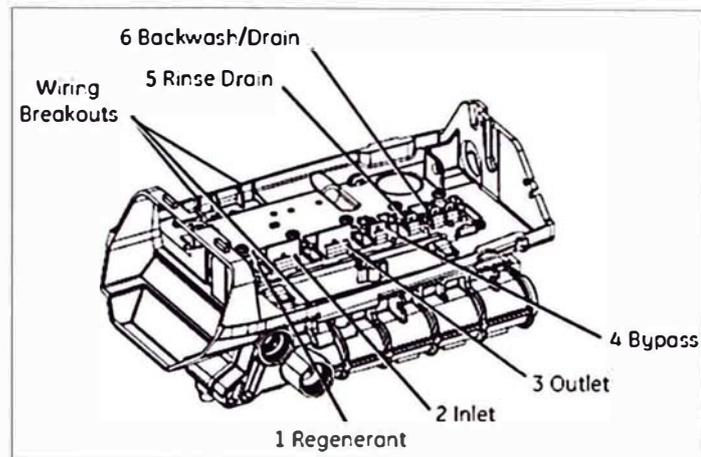


Figura N° 5.27: 2ª vista lateral de válvula de control

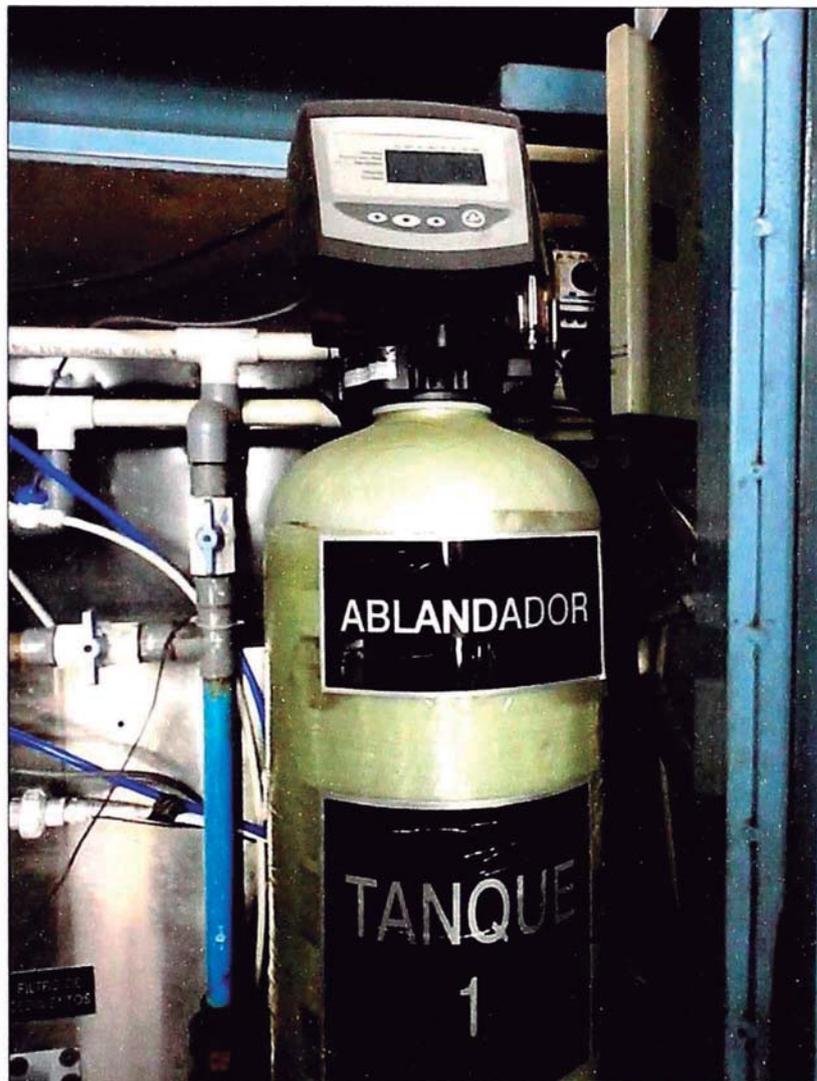


Figura N° 5.28: Tanque ablandador
CI: 30 000 granos/galón alimentación

Cada ablandador está compuesto de arriba hacia abajo:

- 42 l de resina catiónica. Con una conversión, según fabricante de: 28.3 l/ft³
- 8 kg de grava de 5 mm. Con una conversión, según fabricante de 4 kg/ft³

Δp (caída de presión) = 5 psig

Caudal de retrolavado = 3 gpm

Capacidad del tanque ablandador: 1 ft³ = 2 gpm a 4 gpm de alimentación.

Análisis de agua a la salida del ablandador : Mar 4 de Dic 2012

- TDS (ppm TDS) : 568.5
- Conductividad (uS/cm) : 1152
- pH : 7.73
- Dureza Total (ppm CaCO₃) : 2

5.4.3. La lámpara ultravioleta

El agua de alimentación que ingresa a la lámpara ultravioleta presenta las siguientes condiciones de operación:

- Flujo de agua de ingreso: 3 gal/min a 6 gal/min (7.57 litros/minuto a 22.7 litros/minuto).
- Presión min : 20 psig (1.38 bar)
- Δp (caída de presión) = 3 psig

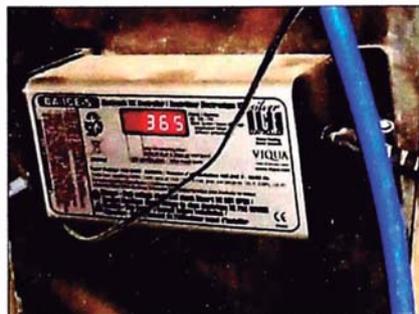


Figura N° 5.29: Balastro de la lámpara UV

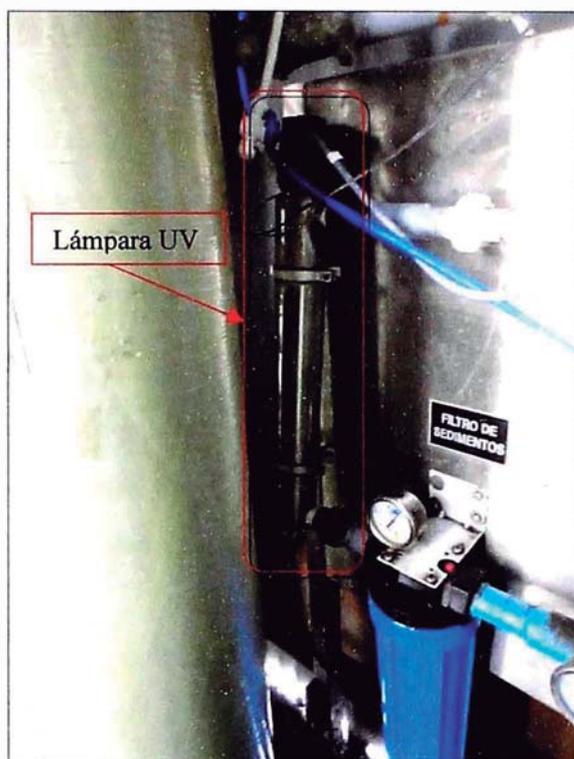


Figura N° 5.30: Lámpara UV y filtro de sedimentos de 5 micras

5.4.4. El equipo de ósmosis inversa y membranas

El agua de alimentación antes de ingresar al equipo de ósmosis inversa presenta los siguientes requisitos:

- Temperatura: 10 °C a 29 °C
- Presión: 30 psig – 60 psig (2.1 bar a 4.1 bar)
- Flujo de agua de ingreso : 3 gal/min a 6 gal/min (7.57 litros/minuto a 22.7 litros/minuto)
- Cloro: .1 ppm
- pH: 5.5 – 8.5
- SDI \leq 5

La alimentación pasa a través de un filtro cartucho reemplazable de 5 micras que remueve los sólidos suspendidos. El agua filtrada llega a la válvula de entrada que es una válvula solenoide que abre

el ingreso del agua cuando el equipo este encendido. Cuando la máquina se apaga la válvula cerrará el paso del agua, previniendo de esta manera que exista siempre un flujo turbulento dentro de la membrana y no permita que se depositen partículas en la superficie de la membrana que acortan el tiempo de vida.

La bomba alimenta el agua a las membranas que pueden ser arregladas en serie y/o paralelo, la dirección del flujo de agua es indicada por una flecha en cada porta membrana. El agua es separada por la membrana existiendo en los extremos dos caudales uno de permeado y otro de concentrado.

El concentrado y permeado son monitoreados por los instrumentos de control (flujómetros), en este punto la válvula de reciclo predetermina la cantidad de concentrado que ingresa nuevamente a la bomba del equipo esto hace más eficiente el sistema por que mantiene una adecuada turbulencia a través de la membrana.

La válvula de concentrado permite regular el flujo de concentrado y la presión final. Además está válvula tiene tres funciones:

- Controla el caudal del concentrado al drenaje.
- Controla la presión en las membranas.
- Ayuda al control del sistema de recuperación.

Nomenclatura del equipo

Los equipos de la serie M2 son numerados de tal manera que se indica el caudal del permeado y la calidad del equipo.

Ejemplo: M2-2250-B13PF

M2: Indica la serie de equipo

2250 : Indica el caudal permeado en galones

B13PF: Indica Bomba de acero, Indica Bomba de acero, Controlador CM-230, Housing inoxidable y estructura de Fierro.

Este modelo tiene todas las características necesarias para producir agua de alta pureza en una forma segura y continua. Para esto se asume una buena calidad de agua de entrada, adecuado pre-tratamiento y un seguimiento de la operación en cada turno o diario. Se tiene un 33% a 50% de recuperación.

El equipo tiene los siguientes accesorios:

- Dos (2) bombas de alta presión de bronce, 260 gph, Fluid Tech.
- Dos (2) motores eléctricos ¾ hp, 220 V, GE.
- Un (1) tablero Eléctrico de control de 220VAC - 60 Hz.
- Una (1) válvula solenoide ½ pulg 220 VAC, Modelo 2W-160-15 NC.
- Un (1) switch de baja presión, Mercoid.
- Un (1) filtro 2.5 pulg x 10 pulg de 5 micras, GE.
- Un (1) portafiltro de 2.5 pulg x 10 pulg con conexión ½ pulg.
- Un (1) manómetro 0 psi a 300 psi c/glicerina dial de 2.5 pulg con conexión ¼ pulg NPT (National Pipe Thread)
- Dos (2) flujómetros de concentrado y permeado.
- Tres (3) portamembranas PVC 2.5 pulg x 40 pulg, conexión 3/8 pulg FNPT (Female Pipe Thread).
- Tres (3) membranas AG2540TF, GE.
- Dos (2) válvulas tipo aguja de ¼ pulg de reciclado y concentrado.
- Un (1) medidor de conductividad.
- Una (1) estructura metálica de Fierro.

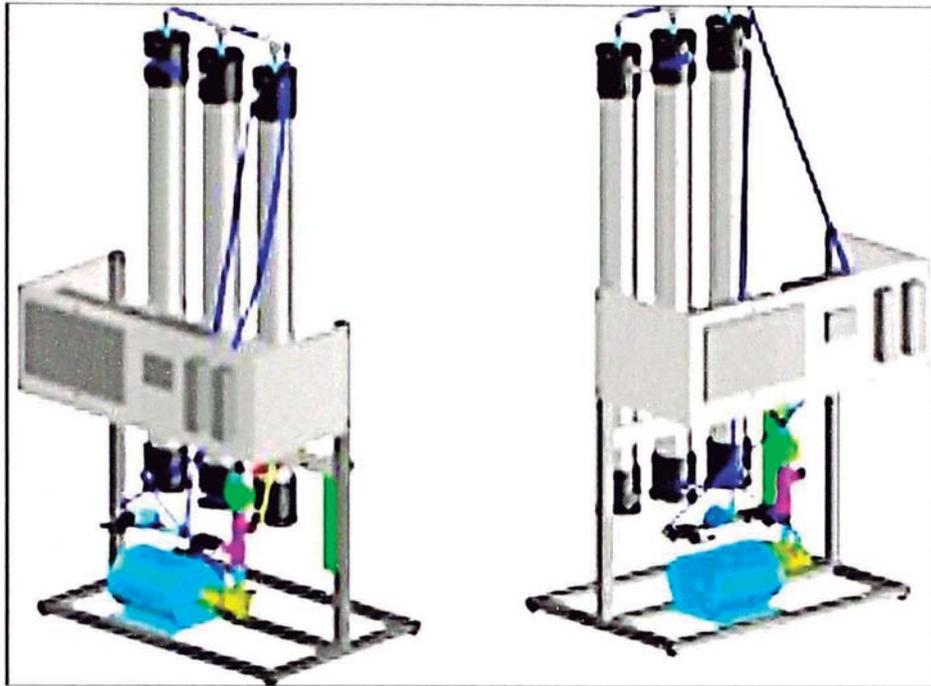


Figura N° 5.31: Equipo de ósmosis inversa

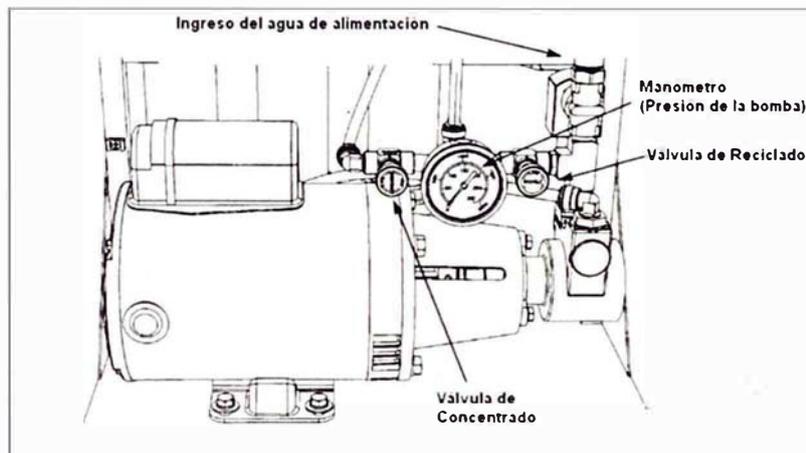


Figura N° 5.32: Funcionamiento de bomba



Figura N° 5.33: Instalación de tablero eléctrico

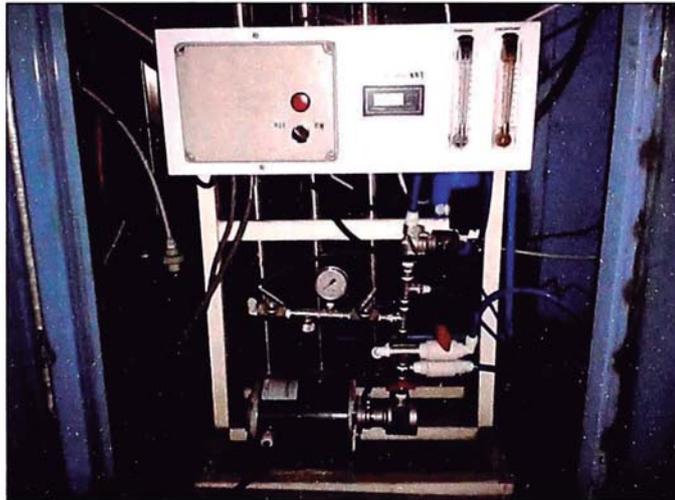


Figura N° 5.34: Instalación de equipo de ósmosis inversa.

Con el equipo trabajando con una recuperación (50%) se tiene la siguiente información:

- F alimentación = 3.13 gpm
- F permeado = 1.56 gpm
- F rechazo = 1.56 gpm

Rango de buen funcionamiento de la bomba: 150 psig a 200 psig.

Tabla N° 5.2: Parámetros de calidad del agua del sistema de ósmosis inversa sin desmineralizador

		 GE Water & Process Technologies																
		 Información	 Gráficos	 Resumen														
CLIENTE:	SIDERPERU- GERDAU SERVICEENGINEER	MARIBEL VERA																
SHIP TO:	4000072081 ACCOUNTMANAGER:	ENRIQUE FEAT																
CONTRATO N°:	147003366																	
CIUDAD:	CHIMBOTE-PERU																	
Reporte Análisis Físicoquímicos																		
PARAMETROS	UNIDADE	FRECUENCIA	MIN.	MAX.	09/09/11	12/09/11	13/09/11	19/09/11	22/09/11	26/09/11	29/09/11	03/10/11	04/10/11	14/10/11	19/10/11	24/10/11	25/10/11	02/11/11
pH		3 veces/sem	5	6	6.97	6.63	6.58	6.85	6.93	6.87	6.56	6.47	6.77	6.00	6.46	6.90	6.89	6.65
Ca	ppm \pm CaCO3	3 veces/sem	0	40	20.00	15.00	17.00	25.00	33.00	20.00	16.00	17.00	17.00	12.00	20.00	19.00	19.00	15.00
Mg	ppm \pm CaCO3	3 veces/sem	0	0.5	0.20	0.20	0.20	0.80	1.00	0.60	0.60	0.50	0.50	0.30	1.20	1.20	1.00	0.80
Dureza Total	ppm \pm CaCO3	3 veces/sem	0	0.5	0.10	0.10	0.10	0.60	0.50	0.40	0.40	0.50	0.30	0.10	1.30	1.00	1.00	0.40
Sólidos Totales Disueltos	ppm TDS	3 veces/sem	0	1	0.30	0.30	0.30	1.40	1.50	1.00	1.00	1.00	0.80	0.40	2.50	2.20	2.00	1.20
Conductividad	umhos \pm 25°C	3 veces/sem	0	15	41.55	22.93	21.95	47.14	65.84	35.42	15.55	16.09	15.53	4.31	36.55	35.86	35.93	17.20
Silica Total	ppm \pm SiO2	0.1 vez/sem	0	30	88.41	49.11	47.03	100.10	139.50	75.49	33.32	34.49	33.26	9.31	77.88	76.55	76.60	36.79
Cloruros	ppm \pm Cl	1 veces/sem	0	1	10.65	7.10	7.10	12.07	14.20	11.36	7.10	7.10	7.10	7.10	11.36	12.78	12.78	0.00
Sulfato	ppm \pm SO4	0.1 vez/sem	0	1	0.1	0.10	0.00	0.12	0.10	0.00	2.00	2.00	2.00	0.90	0.00	4.00	0.07	0.00
Hierro Total	ppm \pm Fe	1 veces/sem	0	0.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sólidos totales suspendidos	ppm TSS	0.1 vez/sem	0	5	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cobre Total	ppm \pm Cu	0.1 vez/sem	0	0.1	0.03	0.03	0.06	0.04	0.04	0.05	0.05	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
LSI (60 °C)					-3.65	-4.08	-4.08	-3.08	-2.80	-3.26	-3.63	-3.78	-3.48	-4.56	-3.37	-2.95	-3.04	-3.45

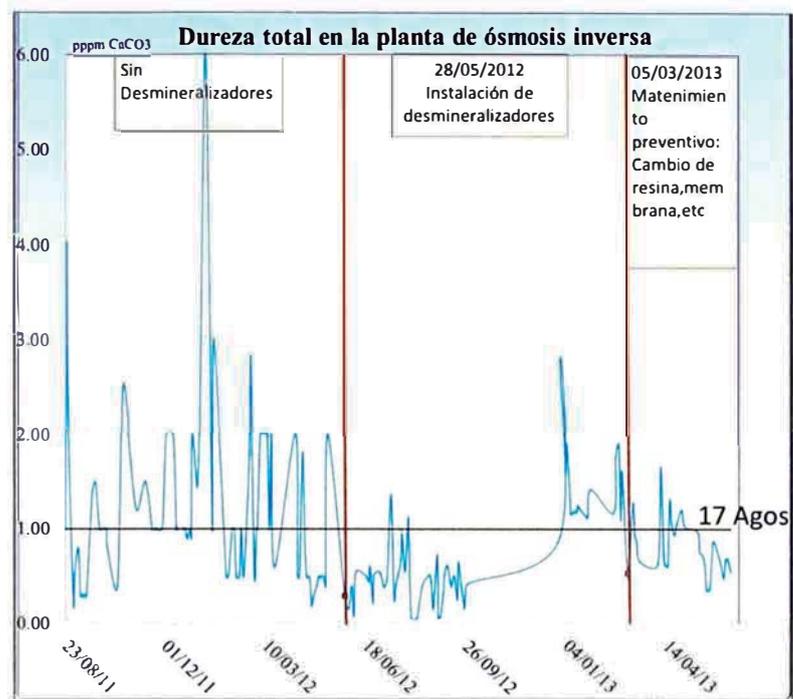


Figura N° 5.35: Dureza total de la planta de ósmosis inversa antes y después de la instalación de los desmineralizadores.

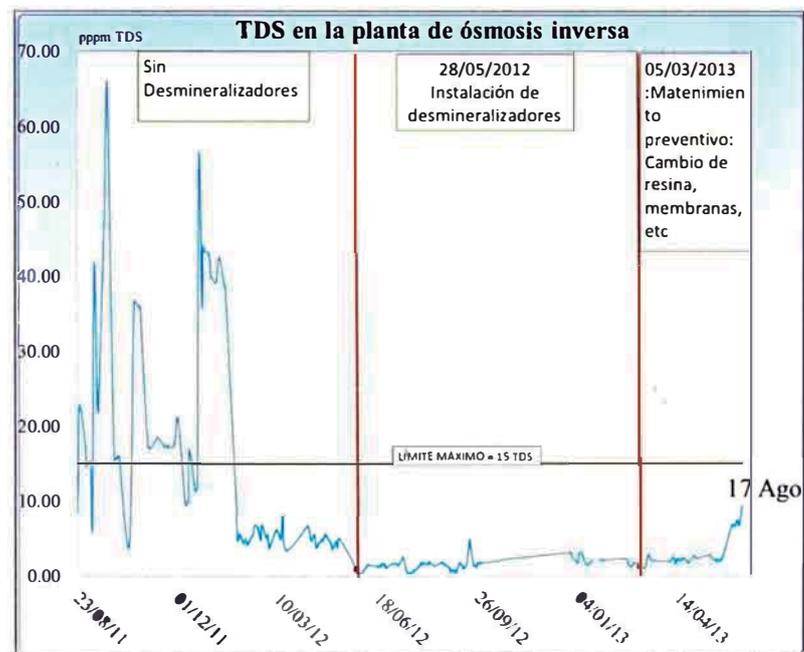


Figura N° 5.36 : TDS en la planta de ósmosis inversa antes y después de la instalación de los desmineralizadores.

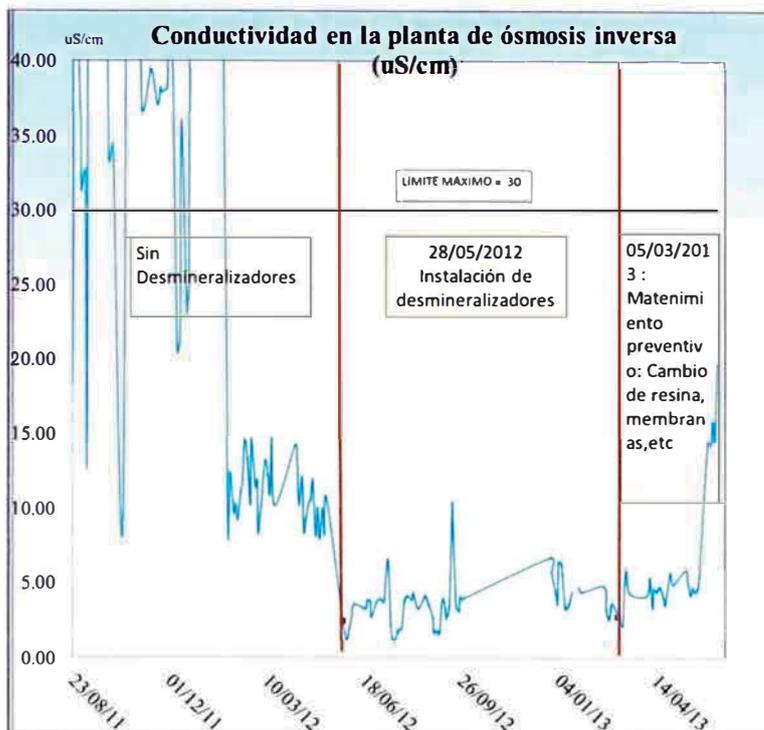


Figura N° 5.37 : Conductividad de agua almacenada en tanques de PVC a la salida de la planta de ósmosis inversa.

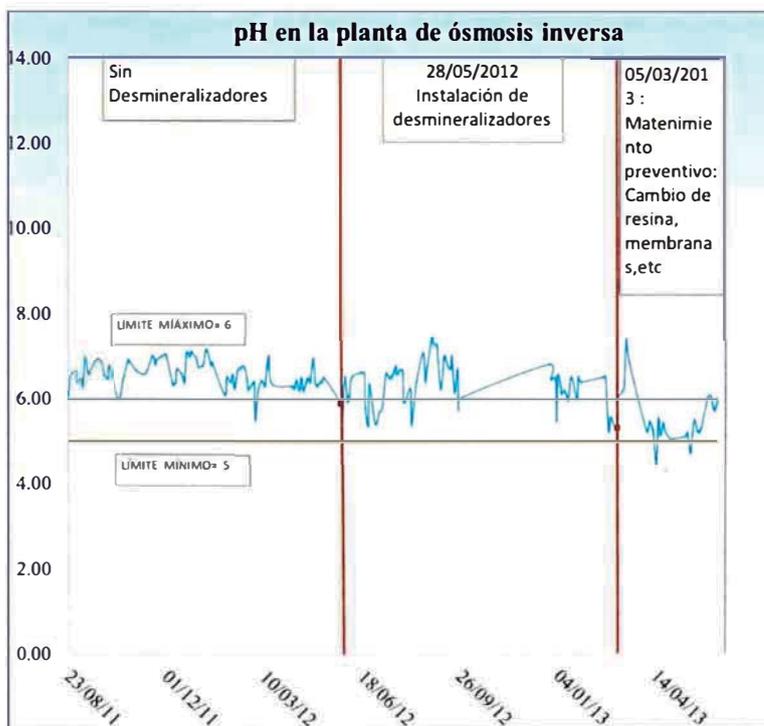


Figura N° 5.38: pH de agua almacenada en tanques de PVC a la salida de la planta de ósmosis inversa.

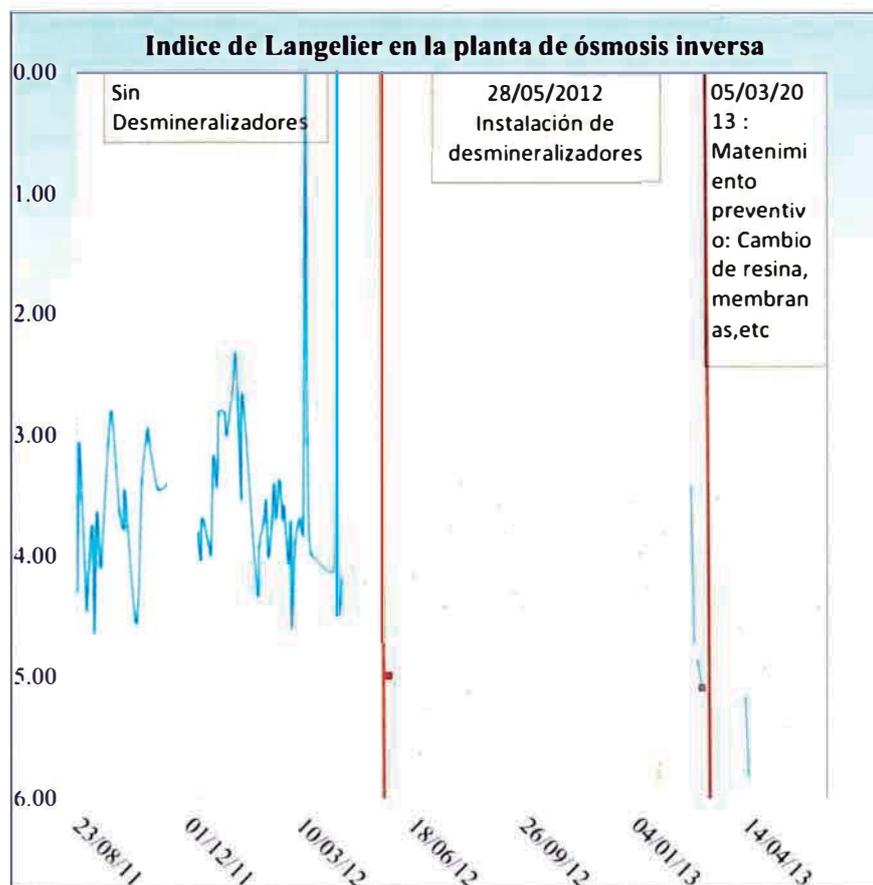


Figura N° 5.39: Indice de Langelier de agua almacenada de PVC a la salida de la planta de ósmosis inversa.

Análisis de agua a la salida del ósmosis inversa: 30 de Nov 2012 (antes del mantenimiento preventivo).

- TDS (ppm TDS) : 5.19
- Conductividad(uS/cm) : 11.05
- pH : 6.59
- Dureza total (ppm CaCO_3) : 2

5.4.5. Los desmineralizadores

Se tiene 2 tanques FRP (Fiberglass Reinforced Plastic):

- **Marca:** Wave Cyber

- **Modelo:** 7 pulg x 35 pulg con una abertura de 2.5 pulg provistos de resinas. Poseen tapas y toberas superior e inferior más un tubo distribuidor.

Ambos tanques están instalados en serie con un by pass.

En interior de cada tanque se ha agregado como medio filtrante 0.75 ft³ de resina mixta:

- **Marca:** Bayer
- **Modelo:** Resina Mixta Ionac NM 60

La cama mixta de resina de intercambio iónico en la forma regenerada tipo 1 corresponde a una mezcla 1:1 de resina aniónica de base fuerte y catión de ácido fuerte. El alto grado de estas resinas asegura que el agua procesada sea de hecho de la más alta calidad (0.55 uS/cm).

Capacidad máxima de las resinas = 2gpm de alimentación/ ft³ de resina.

% Eficiencia: 90 en TDS.

No es necesario usar ácido y base. La regeneración de las mismas se manda a realizar con la empresa MERINSA PERÚ S.A.C

Las resinas mixtas están listas para ser usadas sin regeneración y es especialmente adecuado:

- Procesos Industriales
- Industrias electrónica
- En camas mixtas como pulido de condensados
- En pequeñas industrias (como recargas de baterías y circuitos refrigerantes).
- En sistemas de desmineralización

Tabla N° 5.3: Descripción general y propiedades de la resina.

General Description			
Ionic form as shipped		H ⁺ /OH	
Functional group		sulfonic acid/quat. amine type I	
Matrix		crosslinked polystyrene	
Structure		gel type beads	
Appearance		dark brown - black, translucent	
Physical and Chemical Properties			
		metric units	
Operating capacity*	breakthrough point 1 megohm*cm	min. eq/l	0.40
Fines*	< 0.315 mm	max. vol. %	2
Coarse beads*	> 1.25 mm	max. vol. %	5
Bulk density	(+/- 5 %)	g/l	688
Density		approx. g/ml	1.1
Water retention		wt. %	50 - 60
Volume change	H ⁺ /OH ⁻ ->Ca, Mg/Cl, SO ₄	max. vol. %	-20
Stability	at pH-range		0 - 14
Storability	of the product	max. years	2
Storability	temperature range	°C	4 - 24

* Specification values subjected to continuous monitoring.

Tabla N° 5.4: Condiciones de Operaciones recomendadas.

Recommended Operating Conditions*			
		metric units	
Operating temperature		max. °C	60
Operating pH-range			0 - 14
Bed depth		min. mm	600
Specific pressure drop	(15 °C)	approx. kPa*h/m ²	1.5
Pressure drop		max. kPa	200
Linear velocity	operation	max. m/h	60

* The recommended operating conditions refer to the use of the product under normal operating conditions. It is based on tests in pilot plants and data obtained from industrial applications. However, additional data are needed to calculate the resin volumes required for ion exchange units. These data are to be found in our Technical Information Sheets.



Figura N° 5.40: Resinas mixtas húmedas



Figura N° 5.41: Instalación de tablero y bomba de stand by.

Tabla N° 5.5: Parámetros de calidad del agua del sistema de ósmosis inversa con desmineralizador

		Información	Gráficos	Resumen																						
CLIENTE: SIDERPERU- GERDAU SERVICE ENGINEER. MARIBEL VERA SHIP TO: 4000072081 ACCOUNT MANAGER. ENRIQUE REAT CONTRATO N°: 147003366 CIUDAD: CHIMBOTE-PERU					PARÁMETROS	UNIDADE	FRECUENCIA	MÍN.	MÁX.	28/05/12	30/05/12	01/06/12	04/06/12	08/06/12	18/06/12	21/06/12	22/06/12	25/06/12	26/06/12	02/07/12	06/07/12	09/07/12	13/07/12	16/07/12	18/07/12	20/07/12
	pH				3 veces/sem		5	6	5,90	5,60	6,54	5,95	6,10	6,50	6,62	6,60	5,80	5,38	6,35	5,43	5,68	5,78	6,60	6,50	6,51	6,58
	m-alk				3 veces/sem		0	40	7,00	0,10	0,14	8,00	0,07	0,52	5,00	0,40	0,52	5,00	0,42	5,00	0,46	0,41	1,18	0,26	0,41	0,47
	Ca				3 veces/sem		0	0,5	0,20	0,10	0,02	0,38	0,01	0,03	0,14	0,05	0,09	0,01	0,10	0,09	0,03	0,06	0,18	0,00	0,02	0,05
	Mg				3 veces/sem		0	0,5	0,10	0,10	0,02	0,02	0,01	0,03	0,14	0,05	0,09	0,01	0,10	0,09	0,03	0,06	0,18	0,00	0,02	0,05
	Dureza Total				3 veces/sem		0	1	0,30	0,20	0,16	0,40	0,08	0,55	0,51	0,45	0,61	0,23	0,52	0,55	0,39	0,47	1,36	0,26	0,43	0,52
	Sólidos Totales Disueltos				3 veces/sem		0	15	1,16	0,79	0,55	0,97	1,32	1,68	1,49	1,56	1,79	1,76	1,30	1,83	1,81	1,73	2,57	1,01	0,53	0,53
	Conductividad				3 veces/sem		0	30	2,51	1,70	1,20	2,12	2,83	3,62	3,37	3,37	3,88	3,81	2,77	3,84	3,93	3,75	6,60	2,22	1,20	1,18
	Silica Total				01 vez/sem		0	1	0,09	0,00		0,20			0,13			0,20		0,17			0,09			
	Cloruros				1 veces/sem		0	20	2,10			4,37			3,55			3,55		3,55				3,55		
	Sulfato				01 vez/sem		0	1		0,00			0,00			0,00			0,00						0,50	
	Hierro Total				1 veces/sem		0	0,1		0,02			0,01			0,02			0,05						0,09	
	Sólidos totales suspendidos				01 vez/sem		0	5		0,00			0,00			0,00			0,00						0,00	
	Cobre Total				01 vez/sem		0	0,1	0,00			0,02			0,01			0,01		0,02					0,01	
	LSI (60 C)								-5,00			-4,61			-4,16			-5,63		-5,26				-4,42		

Reporte Análisis Físicoquímicos

MAX LUP CIRCUITO
EMS

**Análisis de agua a la salida del Desmineralizador : 25 de Feb
2013 (antes del mantenimiento preventivo)**

- TDS (ppm TDS) : 1.18
- Conductividad(uS/cm) : 2.56
- pH : 5.26
- Dureza Total(ppm CaCO_3) : 1.89

5.5. Descripción breve del circuito EMS antes de las mejoras:

El circuito de EMS se alimenta con el agua desmineralizada proveniente de la planta de ósmosis inversa por medio de dos tuberías de PVC de 1 pulg y 3 pulg instaladas en paralelo hacia el tanque de fibra de vidrio que tiene una capacidad de 5000 litros. El tanque de fibra de vidrio tiene una línea de 2 pulg en caso de rebalse y otra línea de 2 pulg que va dirigido al drenaje, el agua es regulada químicamente por la adición de un inhibidor de corrosión Gengard GN 7114 de la marca GE que aumenta el pH hasta 8.5. La cantidad adicionada puede variar desde 0 kg/día a 2 kg/día generando una variación de costos desde US\$ 0/día a US\$11.2/ día. Dicha adición es por medio de una bomba dosificadora. El agua del tanque fluye a razón de 700 a 800 gpm a través de una tubería de 6 pulg de diámetro de acero y es impulsada por una bomba centrífuga de 75 HP. El flujo de agua continúa su recorrido hasta llegar a un filtro y posterior pasa por un intercambiador que tiene como agua flujo refrigerante a 900 gpm aprox y a una temperatura entre 23 °C a 25 °C. (Ver Anexo 9.3, 9.4 y 9.5)

La tubería troncal continua con un diámetro de 6 pulg hasta que se abre en 2 ramales para:

- Los EMS principales y
- Los EMS finales

El ramal de los EMS principales: El agua se dirige a cada uno de los EMS principales por una tubería de 2 ½ pulg de acero. La presión de

trabajo antes de las mejoras era de 5 bar y el flujo de las líneas es aproximadamente de 80 gal/min a 90 gal/min.

El agua de enfriamiento sale de cada EMS principal en una tubería de 2 ½ pulg de acero. A lo largo de esta tubería se encuentra ubicado un medidor de flujo y una válvula reguladora. Las 4 tuberías a la salida de cada EMS se conectan a la tubería troncal de 6 pulg de acero.

El ramal de los EMS finales: La tubería troncal de 6 pulg pasa por un reductor de 4 pulg. De la nueva tubería de 4 pulg salen 6 derivaciones de 2 pulg c/u. 4 de las 6 derivaciones pasa por una válvula de globo y esta pasa por una válvula neumática y luego a una válvula de mariposa del mismo diámetro que se dirigen a un conector y manguera flexible de 2 ½ pulg para terminar en el EMS final. Del EMS final sale una manguera flexible de 2 ½ pulg para conectarse nuevamente con una tubería rígida de acero de 2 pulg de diámetro de allí a un medidor de flujo que marca aproximadamente entre 80 gal/min a 90 gal/min y a una válvula reguladora para finalmente conectarse a la tubería principal de 6 pulg. Las otras 2 de las 6 derivaciones se dirigen a la sala eléctrica para regresar a través de una tubería de 2 pulg, un medidor de flujo y una válvula reguladora. De aquí se conectan a la tubería troncal de 6 pulg.

La tubería troncal de 6 pulg pasa por una válvula neumática y una válvula mariposa respectivamente para nuevamente llegar al tanque de fibra de vidrio.

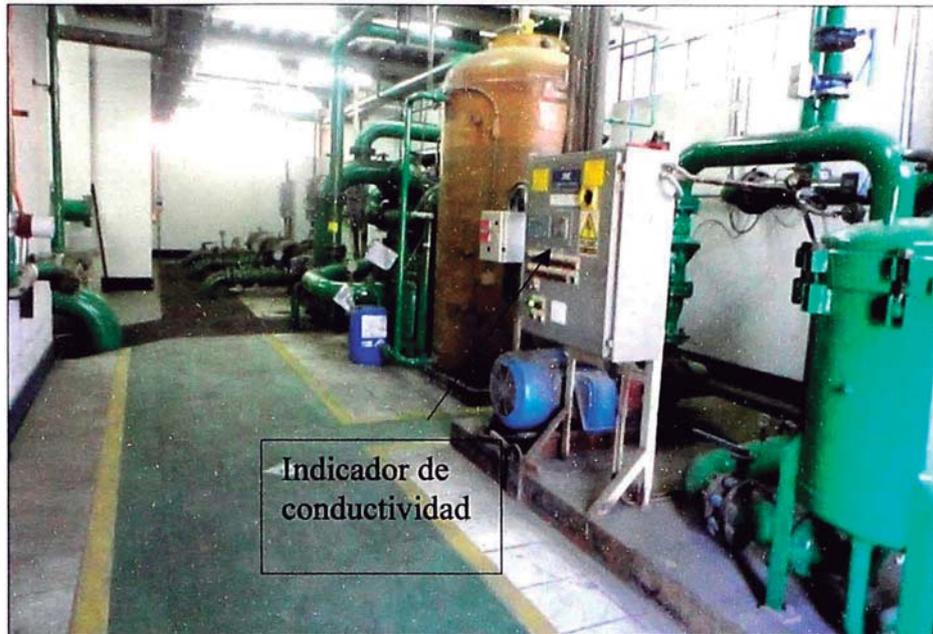


Figura N° 5.42: Circuito de EMS en la sala de bombas.



Figura N° 5.43: Circuito de EMS en la sala de Bombas. Al frente se ve el filtro (color verde) y al fondo el intercambiador de calor de placas.



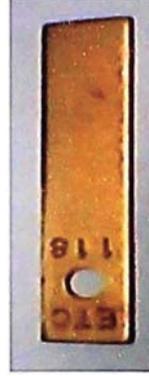
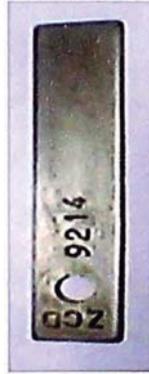
GE

Water & Process Technologies

3.5 Medición de la tasa de corrosión e Incrustación en los Sistemas Cerrados:

Sistema EMS:

Fecha	Nº Cuponera	Código placa	Peso inicial, gr	Peso limpio, gr	Peso c/depos, gr	Área, pulg2	Días expos.	Rango de control	Tc	Td
Inicio: 04/03/2013	1 ACERO	ZCD9214	9,2278	9,194	9,2332	3,3794	22	<6,0mpy/mpd	1,28984	0,52726
Término: 26/03/2013	2 COBRE	ETC118	9,988	9,9864	9,9884	2,4871	22		0,08296	0,03655



Cupones de Acero
Cupones de Cobre

Cupón expuesto al medio corrosivo e incrustante

Figura N° 5.44: Cupones de circuito EMS.

5.6. Problemas Actuales del Proceso

5.6.1. Falta de control de los parámetros en la planta de ósmosis y del circuito de EMS:

A finales de Enero 2012 se realizó un mantenimiento de rutina a los antiguos EMS. Después de realizar una medición de la resistencia óhmica y de aislamiento se notó que estaban fuera de parámetros establecidos. Se destaparon los EMS y se pudo notar depósitos de CuSO_4 .

Después de realizar reuniones con el personal de Utilidades, de la planta de acero y de General Electric se pudo concluir que el agua del circuito EMS tenía alta presencia TDS especialmente sulfatos así mismo la conductividad sobrepasó los 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ lo que generó que la fina capa aislante que separaba la bobina de cobre con el agua de enfriamiento se desprendiera y ponga en exposición a la bobina de cobre con los iones sulfato generándose depósitos de sulfato de cobre. No se seguía de manera estricta los parámetros de calidad para los EMS (Ver ANEXO 9.6)

El agua que se acumulaba en los tanques de PVC de la planta de ósmosis era la mezcla del agua blanda con agua de ósmosis con un resultado de TDS por encima 50 ppm, dureza por encima de 7 ppm CaCO_3 . Esta calidad de agua era la que alimentaba al circuito EMS.

Como parte del plan de acción a raíz de este evento se encargó el control de los parámetros químicos a la empresa GE con la supervisión de un encargado de la planta de acero y un técnico del personal de Utilidades.



Figura N° 5.45: EMS con depósito de CuSO_4 .



Figura N° 5.46: EMS con signos de incrustación de CuSO_4 .

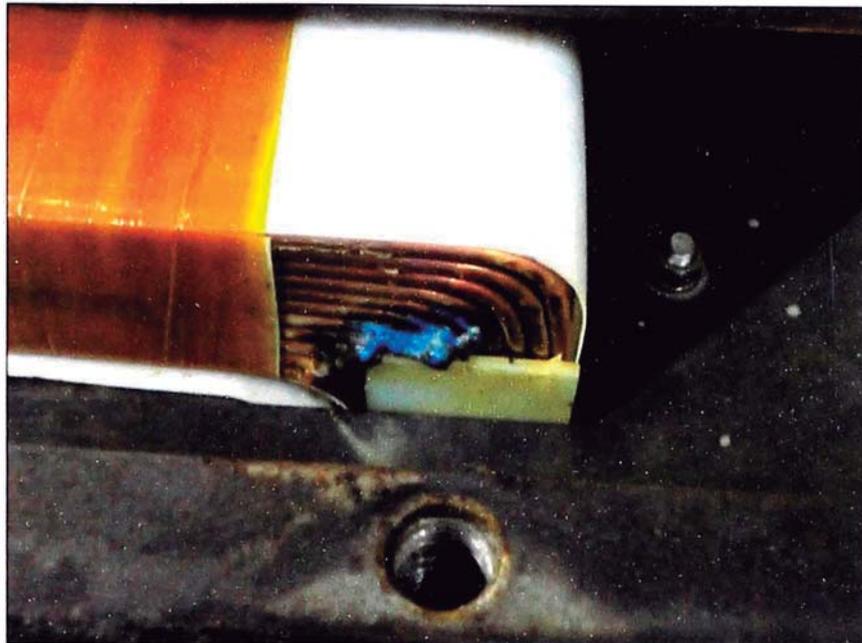


Figura N° 5.47: Presencia de CuSO_4 .

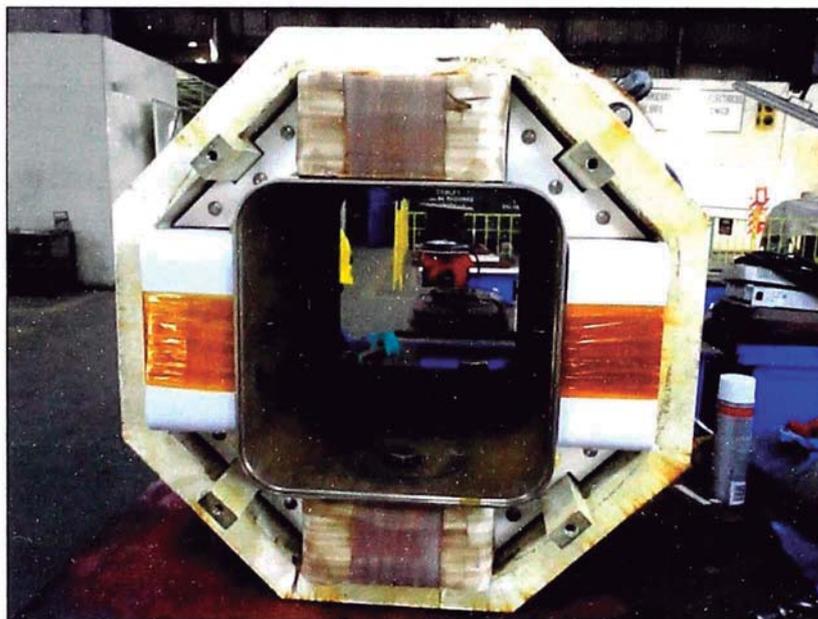


Figura N° 5.48: EMS reparado.

5.6.2. Falta de mantenimiento preventivo programado de los equipos de la planta de ósmosis inversa.

Actualmente no se tiene un plan de mantenimiento preventivo de la planta de ósmosis inversa. Las acciones que se toman son reactivas, es decir se esperan a que se origine el problema para realizar las

adquisiciones y tomar acciones. Como ejemplo se puede mencionar el cambio de la válvula del filtro multimedia por defectos en esta. Esto se pudo haber evitado si se hubiera tenido un plan de mantenimiento preventivo e inspección de los equipos. Cuando la empresa MERINSA PERÚ S.A.C realizó el mantenimiento preventivo encontró los filtros de sedimentos, la lámpara ultravioleta y la membrana de alto rechazo con coloración naranja lo que indica que tiene presencia de Fe.



Figura N° 5.49: Filtro de sedimento saturado.



Figura N° 5.50: Lámpara UV.



Figura N° 5.51: Membrana de alto rechazo.

5.6.3. Falta de medición de la presión al ingreso de los EMS principales.

No se tiene una medición de la presión de ingreso a los EMS, por lo que no se puede controlar este parámetro.

Dado que en su momento no se realizó el seguimiento respectivo a la presión de ingreso de estos equipos, se tuvo como consecuencia que las tapas que forman la carcasa de uno de los EMS se comenzó a desprender por los esfuerzos mecánicos debido al exceso de presión recomendada (Máximo 2.5 bar). Este y otros parámetros de operación se pude visualizar en la ficha técnica (Ver ANEXO 9.7)



Figura N° 5.52: Tapa interior desprendida de EMS.

5.6.4. Fuga de agua en el circuito EMS

Actualmente se tiene pérdidas de agua en la unión de los acoples de la manguera. Se cuantificó las pérdidas de agua por fugas más evaporación y se tiene una razón de 30 l/h a 40 l/h aproximadamente de 720 l/día a 960 l/día.

Como se puede apreciar en la foto, estas fugas eran de flujo constante y se iniciaban cuando se pasaba de producir palanquillas a tochos (cambio de formato). Los acoplamientos con las respectivas mangueras no se hacían de manera adecuada ya que no se tenían los acoples originales y muchas veces se improvisaban con acoples hechizos.



Figura N° 5.53: Fuga de agua en unión de acoples de mangueras del EMS principal.



Figura N° 5.54: Fuga de agua en válvulas.



Figura N° 5.55: Fuga de agua a la salida del filtro del circuito EMS

Hora	Altura (m)
8:30:00	1.74
9:00:00	1.74
9:30:00	1.72
10:00:00	1.71
10:30:00	1.7
11:00:00	1.69
11:30:00	1.69
12:00:00	1.67
13:00:00	1.65

Altura(m)	Tiempo(h)
0.09	4.50

v(t)	167.64
Variación en tanque de fibra de vidrio (l/h)	37.25

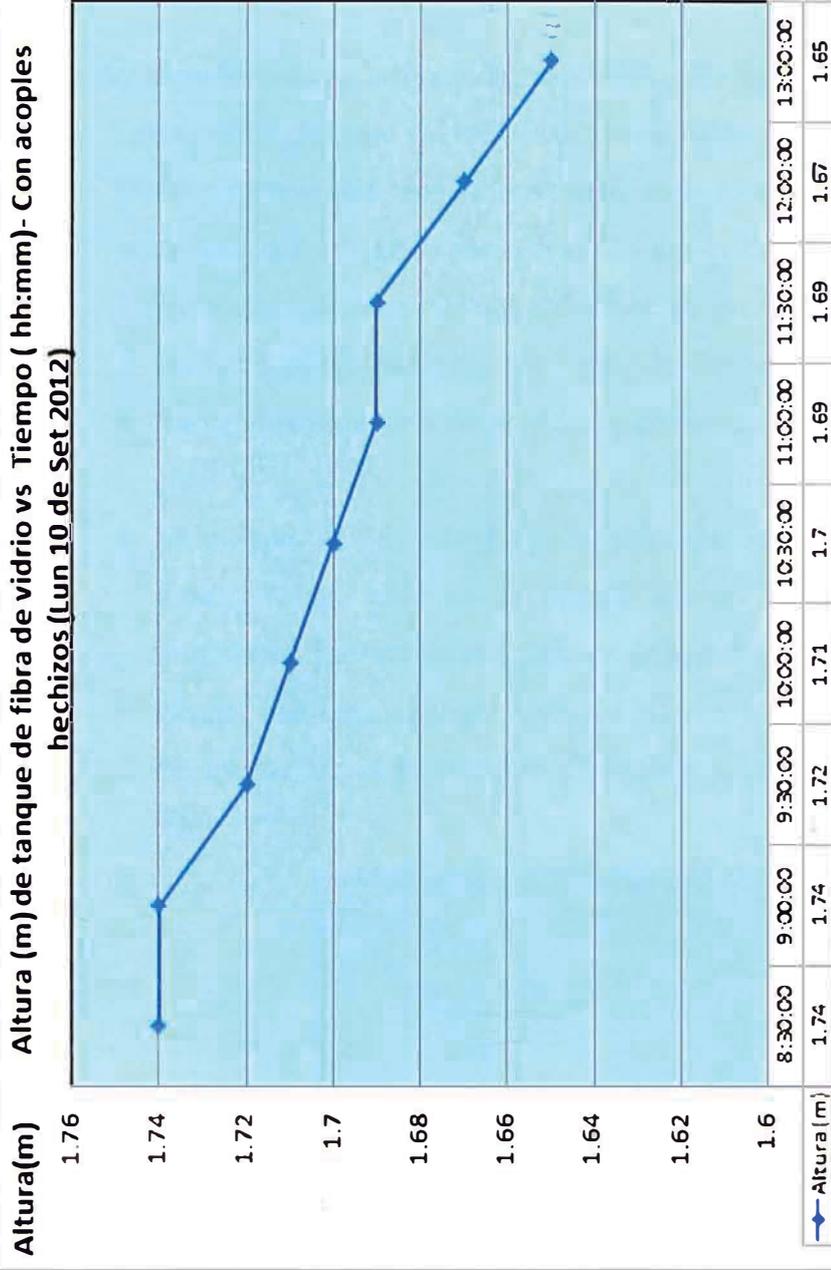


Figura N° 5.64: Pérdida de agua por fugas en circuito EMS

5.7. Mejoras tecnológicas en la línea de tratamiento de agua de EMS

5.7.1. Instalación de una válvula reductora de presión, válvulas de globo y de manómetros al ingreso de cada línea de los EMS.

- A raíz del evento mencionado líneas arriba se procedió a la instalación de una válvula reductora de presión de 5 bar a 2.4 bar (72.5 psig a 34.8 psig) de 4 pulg de diámetro.
- La válvula reductora de presión se encuentra instalada como by pass.
- El cuerpo de la válvula principal está formado por hierro fundido. Las tuberías y demás accesorios son de acero inoxidable. La válvula instalada es de la marca VAG.
- Cuenta con recubrimiento epóxico interior y exterior. El campo de aplicación: Instalación en cámaras y plantas (Ver ANEXO 9.8)



Figura N° 5.65: Válvula reductora de presión de (5 bar a 2.4 bar).



Figura N° 5.66: Presión a la salida del reductor de Presión(2.4 bar)

5.7.2. Instalación de un mini-controlador de pH y válvula neumática de agua de emergencia

En el tanque de fibra de vidrio que se encuentra en la sala de bombas se instaló una bomba dosificadora enlazada con un indicador y controlador seateado a pH=8.3;

En un inicio se tenía una válvula mariposa de apertura manual, pero después se instaló una válvula neumática de actuador giratorio llamada válvula de emergencia debido a que se tenía la necesidad de tener un flujo de agua inmediato para enfriar los EMS en caso de corte de energía eléctrica. La bomba se apaga en caso de corte de suministro eléctrico y es entonces donde la válvula neumática (Ver ANEXO 9.9) se abre, ubicada en la sala de bombas, y deja ingresar el agua de emergencia que cae por gravedad desde unos tanques que se encuentran a 30 m sobre el nivel del piso. El agua que se tiene en estos tanques es suficiente para enfriar los EMS por 5 minutos aproximadamente y evitar que estos se quemem. Durante estos minutos, el agua extrae todo el calor del tocho que se encuentra como acero líquido en el molde evitando así la pérdida de los EMS. El tocho atrapado en el molde es ahorcado con cadenas, levantado con la grúa y cortado con soplete para poder ser retirado de la mesa de colada.



Figura N°5.67: Indicador- Minicontrolador de pH



Figura N° 5.68: Válvula neumática



Figura N° 5.69: Bomba dosificadora de inhibidor de corrosión.

5.7.3. Implementación de un plan de mantenimiento preventivo

Se seleccionó los principales repuestos críticos de la planta de ósmosis en coordinación MERINSA PERÚ S.A.C, el personal de Utilidades y el área de mantenimiento de la planta de acero. En reunión con la Jefatura de Utilidades se estableció la frecuencia de inspección y cambio de los repuestos tomando en cuenta las sugerencias del proveedor (MERINSA PERÚ S.A.C).

Tabla N° 5.6: Descripción del mantenimiento preventivo de la planta de ósmosis inversa.

N°	Descripción de operación (max. 40 caract)	Durac.	Und	Paquete (Frec de ejec)	Area Responsable
1	Megado de los 2 Motores de la planta de Osmosis	30	min	Mensual	Acería
2	Lectura de corriente de fase de las bombas de Osmosis	10	min	Semanal	Acería
3	Simulacro de corte de energía para verificación de las 3 electroválvulas de la sala de bombas	30	min	Semanal	Acería
4	Cambio de media filtrante de filtro ablandador	-	min	2 años	Merinsa
5	Cambio de media filtrante del filtro multimedia	-	min	5 años	Merinsa
6	Cambio de sello mecánico de las bombas de Osmosis	-	min	Anual	Merinsa
7	Cambio de rodamientos de las bombas de Osmosis	-	min	Anual	Merinsa
8	Cambio de sellos y espaciadores de filtro multimedia	-	min	Anual	Merinsa
9	Cambio de kit de pistón de filtro multimedia	-	min	Anual	Merinsa
10	Desinfección de media filtrante	-	min	Anual	Merinsa
11	Regeneración de medio filtrante del filtro ablandador	-	min	2 semanas	Utilidades
12	Inspección de válvula automática de filtro ablandador	-	min	Mensual	Utilidades
13	Cambio de sellos de lámpara Ultravioleta	-	min	Anual	Merinsa
14	Cambio de lámpara Ultravioleta	-	min	Anual	Merinsa
15	Inspección de balastro de lámpara Ultravioleta	10	min	Mensual	Acería
16	Cambio de KopK it de bomba dosificadora	-	min	Anual	Merinsa
17	Inspección y cambio de o'ring de conectores de presostato de baja	-	min	Anual	Merinsa
18	Cambio de sensor PH	-	min	Anual	Merinsa
19	Calibración de bomba dosificadora	-	min	Mensual	Merinsa
20	Lubricación de sellos y espaciadores de filtro multimedia	-	min	Semestral	Merinsa
21	Inspección de inyector de Bomba dosificadora	-	min	Semestral	Merinsa
22	Inspección de válvula de pie de bomba dosificadora	-	min	Semestral	Merinsa
23	Revisión y/o cambio de cartucho cada 100hr o diferencia de presión de 8 psi (0.6 bar)	-	min	Mensual	Utilidades
24	Inspección de electroválvula de ingreso	-	min	Semestral	Merinsa
25	Prueba de baja de presostato de baja	-	min	Semestral	Merinsa
26	Calibración del sensor de conductividad	-	min	Semestral	Merinsa
27	Calibración del sensor de PH	-	min	Semestral	Merinsa
28	Limpieza de cabezal y diafragma de bomba dosificadora	-	min	Trimestral	Merinsa
29	Inspección/limpieza del electrodo de PH	-	min	Mensual	GE
30	Limpieza de membrana	-	min	Trimestral	Merinsa
31	Ajuste y limpieza de borneras de tablero de control	60	min	Semestral	Acería

5.7.4. Cambio de acoples de mangueras del circuito EMS

El problema de las fugas de agua en el circuito EMS se debió principalmente a que los acoples no hermetizaban bien ya que el acople rápido NPT camlock Macho-Hembra 2 ½ pulg tipo “D” original no hermetizaba bien con los acople niple de 2 ½ pulg (hechizo) ya que este último no era original. Se trataba de minimizar las fugas envolviendo los hilos de niple con cinta de teflón o se llevaba el niple a los talleres de maquinado para poder hacer un mejor acople lo que llevaba a perder horas-hombre, incrementar las fugas de agua y alterar la calidad del agua del circuito de EMS. En algunos casos se tenía éxito y en otros no. Se buscó el acople niple NPT adecuado siendo el correcto, el acople rápido NPT Camlock niple 2 ½ pulg tipo “F” original. En coordinación con el área de suministros y después de consultar al área de asesoría de mantenimiento, revisar fichas técnicas se exigió al proveedor el acople original según el nuevo N° de parte y ya no el hechizo.

Con estos cambios, la reposición de agua de la planta de ósmosis inversa al tanque de fibra de vidrio (circuito EMS) disminuyó.



Figura N° 5.70: Acople rápido NPT originales

Hora	Altura (m)
10:00	1.43
10:30	1.43
11:00	1.42
11:30	1.41
12:00	1.4
12:30	1.4
13:00	1.39
13:30	1.39
14:13	1.38
14:42	1.37
15:06	1.37
15:38	1.36
16:08	1.35
16:38	1.34
17:08	1.33
17:38	1.33
18:08	1.31
18:38	1.31

Altura(m)	Tiempo(h)
0.12	8.63

v(l)	223.52
Variación en tanque de fibra de vidrio (l/b)	25.89

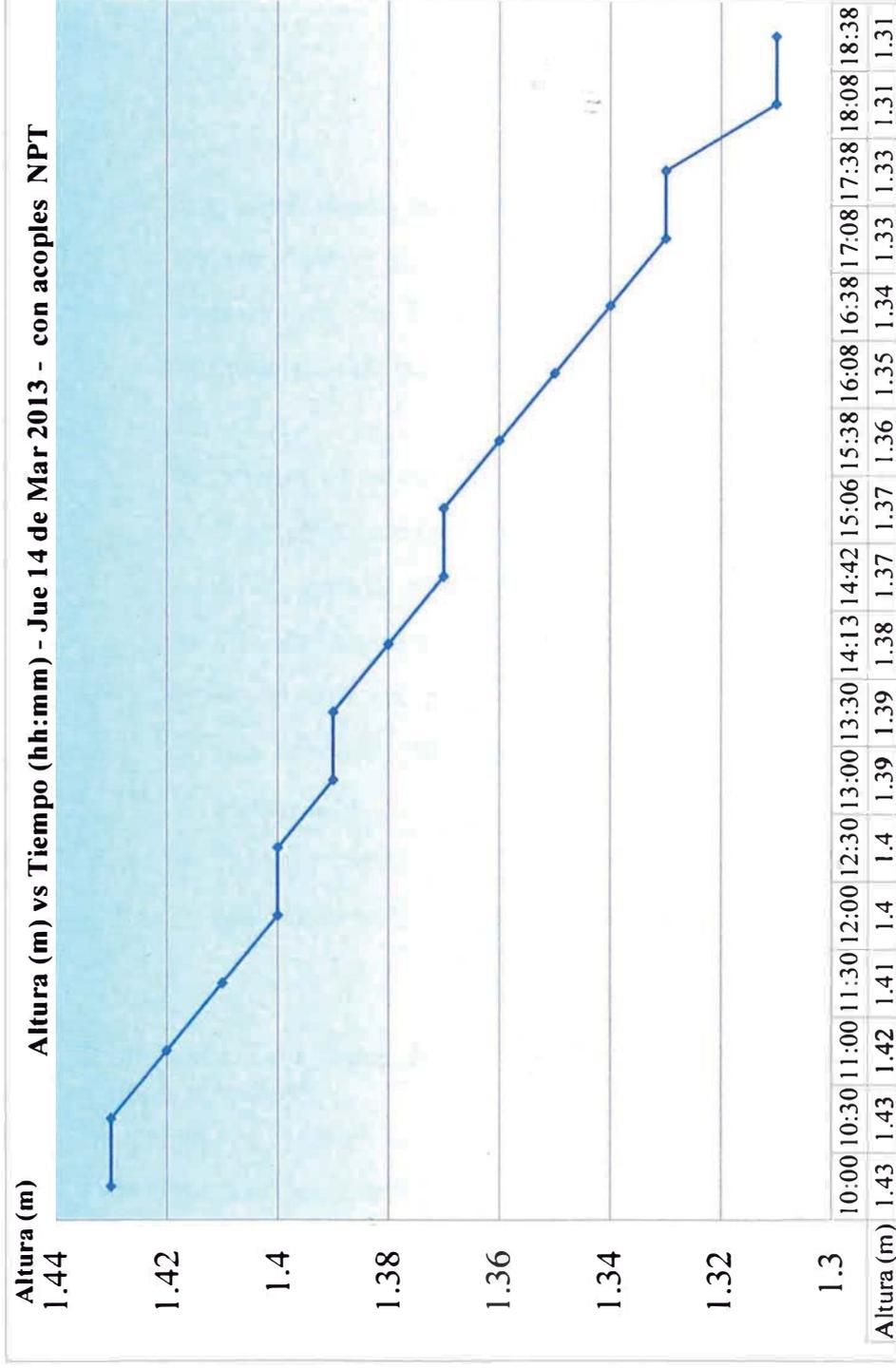


Figura N° 5.71: Pérdida de agua por fugas en circuito EMS.

5.7.5. Implementación de un programa de capacitación

Se implementó un programa de capacitación dirigido al personal operario de la Colada Continua 3 que llevaba por título: “Tratamiento de agua en la planta ósmosis y el circuito EMS-Parte I”.

El objetivo de este curso es:

- Brindar los conceptos básicos en el tema de tratamiento de agua de la planta de ósmosis inversa.
- Concientizar al personal operario de la importancia de la planta de ósmosis inversa y el circuito EMS para asegurar la calidad del producto final (tochos) y así evitar el problema de segregación
- Difundir entre los colaboradores las mejoras que se está realizando en la planta de ósmosis inversa y en el circuito EMS.

5.8 Evaluación Económica de las mejoras en la planta de ósmosis inversa y el circuito EMS

Se realiza una evaluación económica y no financiera ya que la magnitud la inversión no obliga a solicitar un financiamiento (préstamo).

Se aplica la siguiente formula:

$$P_R = \frac{\text{Inversión (US\$)}}{\text{Ahorro (US\$/año) - Gastos Operativos (US\$/año)}}$$

Dónde:

P_R = Periodo de recupero

$P_R < 1$ año → la inversión es rentable

Tabla N° 5.7: Inversión en la planta de ósmosis inversa

Inversión		
N°	Descripción	Monto (US\$)
1	Planta de ósmosis inversa (llave en mano)	8019
1.1	Adquisición de 2 tanques FRP para los medios filtrantes (resinas mixtas).	330
1.2	Adquisición de 2 bolsas de 1 ft ³ c/u de medios filtrantes (Resinas Mixtas).	1050
1.4	Mano de obra por revisión de filtro multimedia, ablandador, tuberías de PVC y capacitación al personal de Utilidades para el manejo del sistema. Se incluye materiales de PVC. Prueba y puesta en marcha. Entrega de manual y planos eléctricos del sistema.	2450
1.5	Adquisición de 1 Motor Marathon 3/4 HP para instalación en Paralelo.	380
1.6	Adquisición de 1 Bomba de acero inoxidable para sistema de ósmosis inversa. Marca : Fluid o Tech.	380
1.7	Adquisición de 1 balastro. Marca Viqua.	159
1.8	Adquisición de 3 membranas de poliamida de alto rechazo. Marca : GE.	738
1.9	Adquisición de 1 lampara ultravioleta. Marca VIQUA. Modelo: S463RL lampara UV 5gpm, Silver , 25 Watt.	81
1.10	1 Filtro de sedimentos . Marca GE-Z.PLEX. Modelo : 1236581RO.ZS 05-10. Dimensiones : 2.5 pulg de diámetro x 10 pulg de longitud, 5 micras. Material : Polipropileno.	10
1.11	1 Filtro de sedimentos. Marca GE-Z.PLEX. Modelo : 1236263RO.ZS 05-20. Dimensiones : 2.5 pulg de diámetro x 20 pulg de longitud, 5 micras. Material : Polipropileno.	18
1.12	Mano de obra por reemplazo de membranas, resinas mixtas, verificación de pH y conductividad, mantenimiento de lampara ultravioleta, reemplazo de balastro, reubicación de sistema dosificador, instalación de electrobomba en paralelo en equipo de ósmosis inversa (Incluye tablero eléctrico).	2279
1.13	Mano de obra de manenimiento y limpieza de regeneración de 28 litros de resinas mixtas.	145

Tabla N° 5.8: Inversión en el circuito EMS

Inversión		
N°	Descripción	Monto (US\$)
2	Circuito EMS de la Colada Continua	2657
2.1	Adquisición de un reductor de presión, válvulas de globo y de manómetros al ingreso de cada línea de los EMS.	770
2.1.2	Adquisición de una válvula reductora de presión (5 bar a 2.4 bar).	120
2.1.3	Adquisición de 2 manómetros de glicerina (0 bar a 10 bar) para el reductor.	20
2.1.4	Adquisición de 4 válvulas de globo de 2 1/2 pulg.	400
2.1.5	Adquisición de 2 manómetros de glicerina (0 a 10 bar).	30
2.1.6	Adquisición de 2 llaves.	200
2.2	Instalación de un controlador de pH, bomba dosificadora, electrodo de pH y válvula neumática.	1887
2.21	Adquisición de 1 Manómetro de 0 psi - 100 psi c/ glicerina. Marca Hydronix (repuesto).	25
2.22	1 Minicontrolador. Marca Hanna Instruments. Modelo : BL931700-1 Minicontrolador PH 220V. Rango: 0 pH - 14 pH.	393
2.23	1 Electrodo. Marca Hanna Instruments. Modelo :HI1003/5 Electrodo PH, 6 bares, 1/2".	265
2.24	1 Bomba dosificadora con pantalla digital. Marca SEKO. Modelo Tekna. Capacidad 25 lph, 20 bar. Caudal constante ajustable manualmente. Señal (4-20 mA).	662
2.25	Accesorios para bomba dosificadora. Marca SEKO.	42
2.26	Adquisición de válvula neumática	500

Tabla N° 5.9: Inversión Total

Inversión		
N°	Descripción	Monto (US\$)
1	Planta de ósmosis inversa (llave en mano)	8019
2	Circuito EMS de la Colada Continua	2657
	Total	10676

Tabla N° 5.10: Ahorro en mejoras

Ahorro		
N°	Descripción	Monto (US\$/año)
1	Mantenimiento de equipos correctivo de EMS por incrustación y fundición.	23500
2	Mantenimiento Correctivo de tapas de EMS por sobrepresión.	2400
3	Maquinado de acople niple hechizo en taller de mantenimiento central.	672
4	Recuperación de agua.	69
5	Inhibidor de corrosión (15% con respecto al 2012).	48
	Total	26689

Tabla N° 5.11: Gastos Operativos

Gastos Operativos		
N°	Descripción	Monto (US\$/año)
1	Colaborador de suministros	130
2	Jefe del área de Utilidades	302
3	Técnico del área de Utilidades	281
4	Técnico de mantenimiento Central	86
5	Jefe de Mantenimiento Central	86
6	Técnico de la Colada Continua de la Planta de Acero	216
7	Ing. de planta de acero	593
8	Ing. de campo de GE	12222
9	Utiles de Oficina	100
12	Computadoras, teléfono, RPC,etc	100
13	Electricidad	100
	Total	14217

Total Inversión (US\$): 10 676... (2)

Total Ahorro (US\$/año): 26 689... (3)

Total Gastos Operativos (US\$/año): 14 217... (4)

Reemplazando 2, 3 y 4 en (1)

$$P_R = .856 \text{ años}$$

Se concluye que el la inversión en las mejoras se pueden recuperar en 10 meses con 26 días.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. Conclusiones

- 1 La instalación de los desmineralizadores de lecho mixto fue una buena opción como un afinador de la calidad de agua obtenida por las membranas de alto rechazo del equipo de ósmosis inversa. Así mismo se evita el manipuleo de ácidos y bases (productos controlados) para regenerar la resina por parte del personal operario minimizando la probabilidad de actos sub-estándar.
- 2 Fue necesario que un ingeniero de la planta de acero este pendiente de los resultados que reporta la empresa General Electric tanto de la planta de ósmosis inversa y del circuito EMS, de sus acciones correctivas y de sus recomendaciones con el fin de asegurar el buen funcionamiento de los EMS.
- 3 La elaboración del Estándar de Operación ha permitido resumir los parámetros recomendados por la empresa Concast y General Electric para asegurar el buen funcionamiento de los EMS.
- 4 El personal de la Colada Continua demostró interés en la capacitación hasta tal punto que dieron algunas sugerencias.

6.2 Recomendaciones

- 1 Implementar un sistema de alertas a los e-mails del personal involucrado en coordinación con tecnología de la información para que no se olviden de las fechas acordadas en el plan de mantenimiento preventivo.
- 2 Realizar un segundo programa de capacitación sobre tratamiento de aguas destinados a los jefes metalurgistas del Horno Eléctrico, Horno Cuchara y Colada Continua para que conozcan más del funcionamiento de sus respectivos circuitos de enfriamiento, la calidad de agua, las variables operacionales a considerar y así tengan mejor argumento de opinión.

- 3 Instalar en el sistema de supervisión existente de la colada continua una opción para visualizar la presión de ingreso del agua a cada línea de EMS, la conductividad y el pH del agua de tanque de agua de fibra de vidrio para tener un control constante de estos parámetros online.
- 4 Incluir en la currícula de la especialidad de Ingeniería Química un curso electivo teórico-práctico sobre hidrometalurgia del cobre, zinc y oro (36 horas). Esto le permitiría a los futuros egresados encontrar posibilidades de desarrollo profesional en el rubro de minería y metalurgia.

VII. BIBLIOGRAFÍA

1. <http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/01/alto-horno.pdf>
2. <http://www.rae.es/rae.html>
3. <http://www.utp.edu.co/~publio17/coladacon.htm>
4. <http://lema.rae.es/drae/?val=colada>
5. SIDERPROF – Libro: El proceso Siderúrgico - Tomo I – Diseño y Preimpresión: Taller gráfico llanos y Heredia S.L – Impresión: Gráficas Eujoa S.A España - Pag. 93, 275, 287, 288, 321-326, 335.
6. Ramírez, A; Dávila, O; Herrera H; Vite P; Hernández F- Artículo: Simulación de formación de estructuras de grano perimetral, columnar y equiaxial en secciones de acero incluyendo rutinas de pre-solidificación- Revista: Dialnet – 2010 - volumen 1-Pág. 46.
7. Garcia, A; Álvares, J; Dos Santos, C; Cheung, N- Libro: Lingotamento Continuo de Aços - Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais - Editorial: UFRGS – Brasil- 2006-volumen 1-Pag. 6.
8. Enríquez, J; Tremps E; De Elio, Susana; Fernández D- Artículo: Colada del Acero - Monografías sobre la tecnología del acero. Parte II, 2009 - Pag. 3, 23 y 24.
9. Manual de Operaciones en Planta de Tratamiento de Aguas Industriales - Programa de Capacitación Continua - Lima – Perú -2012 Editorial: TECSUP - Pag. 27 - 30, 73, 67-69.
10. General Electric-Handbook of industrial water treatment de: http://www.gewater.com/handbook/ext_treatment/ch_9_membrane.jsp#MEMBRANE_PROCESSES
11. GEA Filtration de: <http://www.geafiltration.com/espanol/electrodialisis.htm>
12. Web de SIDERPERU-GERDAU <http://www.sider.com.pe/contenidos/detalle/22/conozca-la-empresa>

13. Dextre, R; Ortiz, O; Quispe, A- Manual: Curso Básico en Procesos de Acero- 2ª Edición- Editorial: SIDERPERU-GERDAU – Perú - Intranet de SIDERPERU-2012; 32-39; 45, 48,49-54, 57, 58, 62, 64, 65,67.
14. <http://www.rwlwater.com/what-is-electrodeionization/?lang=es>
15. http://www.unitek.com.ar/productos-electrodesionizacion.php?id_video=1
16. <http://vag-peru.com/vagpicodiaphragmvalve.html>
17. http://www.festo.com/net/es_es/SupportPortal/default.aspx?cat=1400
18. http://biblioteca.universia.net/html_bura/ficha/params/title/simulacion-formacion-estructuras-grano-perimetral-columnar-equiaxial-secciones-acero/id/54705868.html

VIII. APÉNDICE

8.1 Glosario

1. **Acero:** Material metálico constituido esencialmente de Hierro y Carbono (0 a 2%), además de ciertos elementos residuales, resultantes de los procesos de fabricación. Existen 2 tipos de fundamentales de acero: Acero al carbono y acero aleado. Acero al carbono puede contener elementos como Si, Mn, Cu, Pb, B, Al donde los niveles de Si y Mn no sobrepasan el .6% y el 1.65 % respectivamente. Aceros aleados son aceros que contienen elementos de aleación adicionados intencionalmente con el objetivo de darles propiedades deseadas como Ni, Cr y Mo, etc.
2. **Alto Horno:** El alto horno es un horno de cuba, un reactor vertical en el que se introducen unos materiales sólidos como cok (la carga) por la parte superior, y una corriente gaseosa por la parte inferior. Entre ambos flujos tienen lugar una serie de intercambios térmicos y químicos, de manera que existe una salida de gas por la parte superior, el cual se aprovecha de algún modo, y de arrabio o fundición, así como un conjunto de óxidos (escoria), por la parte inferior. Las partes de un alto horno son: La cuba, fundente, etalaje y crisol.
3. **Arrabio:** Material metálico producido en el alto horno. Normalmente se adiciona hasta 15 % de carga fría, llegando en algunos casos hasta un 30 %. Eleva el % C en el baño y disminuye el contenido de contaminantes metálicos.
4. **Chatarra:** Es todo aquel material que ha sido desechado para su uso (metálico, plástico, vidrio, etc.) y que se volverá a reciclar para la obtención de un producto nuevo. Conjunto de trozos de metal viejo o de desecho, calificado como obsoleto por anticuado o ser inadecuado para el uso en las circunstancias actuales.
5. **Densidad:** Es la cantidad de material en toneladas por u determinando volumen en m³.

6. **Densidad Real:** Es aquella que considera el peso del material en un volumen son considerar los espacios vacíos. Cuando decimos que la densidad del acero es de 7.8 t/m^3 , estamos diciendo que, en un metro cúbico (m^3) de volumen existen 7.8 toneladas de acero, sin ningún espacio vacío.
7. **Densidad Aparente:** Es aquella que tiene en cuenta los vacíos internos de un producto como por ejemplo un automóvil que pesa 0.8 t y tiene un volumen de 7.6 m^3 , con esto tenemos una densidad de 0.1 t/m^3 . Cuanto menores fuese los espacios vacíos mayor será la densidad.
8. **Colada Continua:** Este sistema es el más nuevo y fuente de la inmensa mayoría del tonelaje de acero fabricado en el mundo. El acero líquido se vierte en un molde sin fondo, cuya sección transversal es la misma que la del semiproducto que se desea fabricar: Tochos y palanquillas de sección cuadrada, redondos y secciones especiales, planchas y chapas de pequeño espesor. Se llama continua porque el producto sale sin interrupción de la maquina hasta que la cuchara (o cucharas en caso de coladas secuenciales) ha vaciado todo el acero líquido que contiene. El proceso de lingoteamiento continuo puede ser considerado esencialmente como un proceso de transferencia de calor, en el cual el metal líquido es transformado vía solidificación en un producto sólido semi-acabado.
9. **Colada o vaciado:** Es uno de los procesos más antiguos que se conocen para trabajar los metales, es el proceso que da forma a un objeto al entrar material líquido (Acero) en una cavidad formada por cobre electrolítico que se llama molde o lingotera y dejar que solidifique el líquido.
10. **EO:** Sigla que significa Estándar de Operación.
11. **Estratificación de chatarra:** Colocar la chatarra en capas o capas dentro de la cesta, alternando los diversos tipos de chatarra dentro de

una estandarización reglamentada por los Estándares Operacionales (EO's).

12. **Hierro DRI (Direct Reduced Iron):** Es el hierro obtenido por el proceso de reducción directa que es relativamente uniforme en composición y virtualmente, libre de elementos contaminantes.
13. **NPT:** Acrónimo del inglés National Pipe Thread, 'rosca nacional de tubos'), es una norma técnica estadounidense también conocida como rosca estadounidense cónica para tubos que se aplica para la estandarización del roscado de los elementos de conexión empleados en los sistemas e instalaciones hidráulicas.
14. **Palanquillas:** Son lingotes de aleación Hierro-Carbono más otros aleantes que son moldeados en la colada continua y que finalmente son laminados en la planta de laminación largo para ser convertidos en varillas de construcción. Tienen secciones de 110 mm x 110 mm y un largo que varía entre 4900 mm a 5100 mm según la calidad y diámetro de la sección de varilla de construcción.
15. **PR:** Siglas que significa Procedimiento de Rutina.
16. **Revamping:** Proceso de rediseño, reconstrucción y remodelamiento.
17. **Segregación:** Son las variaciones de composición que se dan en las aleaciones metálicas después de la solidificación. En los lingotes de acero siempre hay zonas con variaciones sensibles de composición. En ellas aparecen porcentajes de algunos elementos, que pueden ser mayores o menores que los valores medios que tenían las concentraciones de esos elementos líquidos. Se puede considerar que un lingote de acero calmando tiene varias zonas de segregación positiva, en la que los contenidos de los diferentes elementos en el acero son superiores a los valores medios, y una zona de segregación negativa, en la que los contenidos de esos elementos son inferiores.
18. **Tocho:** Son lingotes de aleación Hierro-Carbono más otros aleantes que son moldeados en la colada continua y que finalmente son laminados en la planta de laminación largo para ser convertidos en

barras mineras. Tienen secciones de 130 mm x 130 mm, 180 mm x 180 mm y 224 mm x 224 mm y un largo que varía entre 3000 mm a 3500 mm según la calidad y diámetro de la sección de la barra minera.

19. **Zona perimetral:** Llamada en inglés zona chill, en esta zona la velocidad de solidificación es muy alta debido a que es la primera zona de la sección de acero que pierde energía por las condiciones de enfriamiento dentro del molde. Esta delgada zona tiene la función de soportar la presión del acero líquido en el interior de la sección. Esta es formada rápidamente en la superficie de la sección y en ella se encuentran una gran cantidad de granos de pequeñas dimensiones (muy finos); debido a que la fuerte extracción de calor produce un gran número de puntos de nucleación cuyo crecimiento se ve interrumpido por otros granos que crecen simultáneamente.
20. **Zona Columnar:** Son granos de forma alargada que se forma posterior a la zona perimetral. Crecen en dirección al centro de la sección (contraria al flujo del calor). Aquí la velocidad de solidificación disminuye ya que esta zona se encuentra en el interior de la sección y no hay una extracción de calor directa como en los nodos de la zona perimetral.
21. **Zona equiaxial:** En esta zona se forman los granos aleatoriamente orientados y de dimensiones mayores como resultado del largo tiempo de permanencia en estado pastoso. Los nodos del centro de la sección permanecen largo tiempo en estado pastoso ya que el flujo de calor debe ser conducido hasta la superficie para ser removido y no se aplican condiciones de extracción directa en estos.

IX. ANEXOS

ANEXO 9.1
AGUA FUENTE DE POZO

Parámetro	Valor registrado	Referencia del Método
Temperatura, °C	22.5	Medido en Campo Equipo Multiparámetro
pH	8.1	EPA 150.1
Oxígeno disuelto, mg L	9.3	EPA 360.2
Dureza total, mg L	326.6	EPA 130.2
Color verdadero (U.C.)	0.7	EPA 110.2
Sólidos totales disueltos, mg L	654.8	EPA 160.1
Sólidos suspendidos, mg L	< 5.0	APHA AWWA WEF 2540-D
Cloruros, mg L	61.9	EPA 325.3
Fosfatos, mg L	0.043	EPA 365.3
Nitrógeno Tota. mg L l	0.56	EPA 351.3
Sulfuros, mg L	<0.025	EPA 376.2
Demanda bioquímica oxígeno (DBO ₅), mg L	<2.0	EPA 405.1
Demanda química oxígeno (DQO), mg L	<2.0	EPA 410.1
Aceites y grasas, mg L	1.25	EPA 1664 N
Coliformes totales, NMP/100ml	4	APHA AWWA WEF 9221B
Coliformes fecales, NMP/100ml	<2	APHA AWWA WEF 9221E
Plomo, mg L	<0.025	EPA 239.1
Fierro, mg L	<0.03	EPA 236.1
Manganeso, mg L	<0.006	EPA 243.1
Zinc, mg L	0.104	EPA 289.1
Cobre, mg L	<0.025	EPA 220.1
Níquel, mg L	<0.03	EPA 249.1
Cromo, mg L	<0.02	APHA AWWA WEF 3030-G (SM 3111-B)
Arsénico, mg L	0.0015	APHA AWWA WEF (SM 3114-B 4c, e C)

ANEXO 9.2

ESTÁNDAR DE OPERACIÓN: PARÁMETROS DE OPERACIÓN Y CALIDAD DE AGUA DE EMS PRINCIPAL

GERDAU	ESTANDAR DE OPERACIÓN	EO-530-005	Rev. 0	1/1	SIDERPERU
		PLANTA DE ACERO – COLADA CONTINUA 3			
Parámetros de Operación y Calidad de Agua de EMS principal					

Objetivo	Asegurar el caudal ,presión ,temperatura y la Calidad de Agua de refrigeración del equipo de EMS (Circuito Cerrado)
Equipo responsable	Colada Continua y Utilidades

Tabla N° 1: Parámetros de operación de agua de refrigeración para cada bobina del EMS principal:

Parámetro	gal/min	m3/h	°C	Bar
Flujo nominal	44	10		
Flujo mínimo	35	8		
Temp. máxima de ingreso			40	
Temp. máxima de salida			50	
Presión máxima de ingreso				2.5

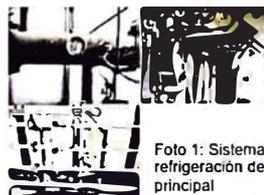


Foto 1: Sistema de refrigeración de agua de EMS principal

Tabla N° 2: Parámetros de calidad de agua de refrigeración para las bobinas de EMS:

El agua debe ser desmineralizada y sin productos químicos.

Aspecto físico: Clara y sin turbidez.

Los siguientes valores para los parámetros mostrados son:

PARAMETROS	UNIDADES	FRECUENCIA DE MEDICIÓN	MÍN.	MÁX.
pH		3 veces/sem	6.5	8.5
m-alk	ppm de CaCO3	3 veces/sem	0	100
Ca	ppm de CaCO3	3 veces/sem	0	2
Mg	ppm de CaCO3	3 veces/sem	0	2
Dureza Total	ppm de CaCO3	3 veces/sem	0	4
Sólidos Totales Disueltos	ppm TDS	3 veces/sem	0	120
Conductividad	us/cm a 25°C	3 veces/sem	0	250
Silica Total	ppm de SiO2	1 vez/sem	0	5
Cloruros	ppm de Cl	1 vez/sem	0	30
Sulfato	ppm de SO4	1 vez/sem	0	2
Hierro Total	ppm de Fe	1 vez/sem	0	0.1
Fosfato Total	ppm de PO4	3 vez/sem	17	22
Sólidos totales suspendidos	ppm TSS	3 vez/sem	0	1
Cobre Total	ppm de Cu	1 vez/sem	0	1
Manganeso	ppm de Mn	1 vez/sem	0	0.05
Crecimiento de Microorganismos	organismos/ml	1 vez/15 días	0	50000
Índice de Langelier o LSI, (60 °C)		3 veces/sem	-1.5	1.5
Ciclos de concentración		1 vez/sem	1	5
CO2	ppm de CO2	1 vez/sem	0	0



Foto 2: Equipo de medición de conductividad y temperatura.

Nota:

Los inhibidores químicos solo deben ser usados en casos especiales en que el pH, conductividad e índice de langelier (LSI) estén fuera del rango según la tabla N° 2

Los sólidos suspendidos tendrán un tamaño máximo de 5 micras.

Tabla N° 3: Agua del intercambiador de la sala de Bombas:

Parámetro	gal/min	m3/h	°C	Bar
Flujo nominal	44	10		
Temp. Máxima de ingreso			35	
Temp. Máxima de salida		45	45	
Presión máxima de ingreso				6

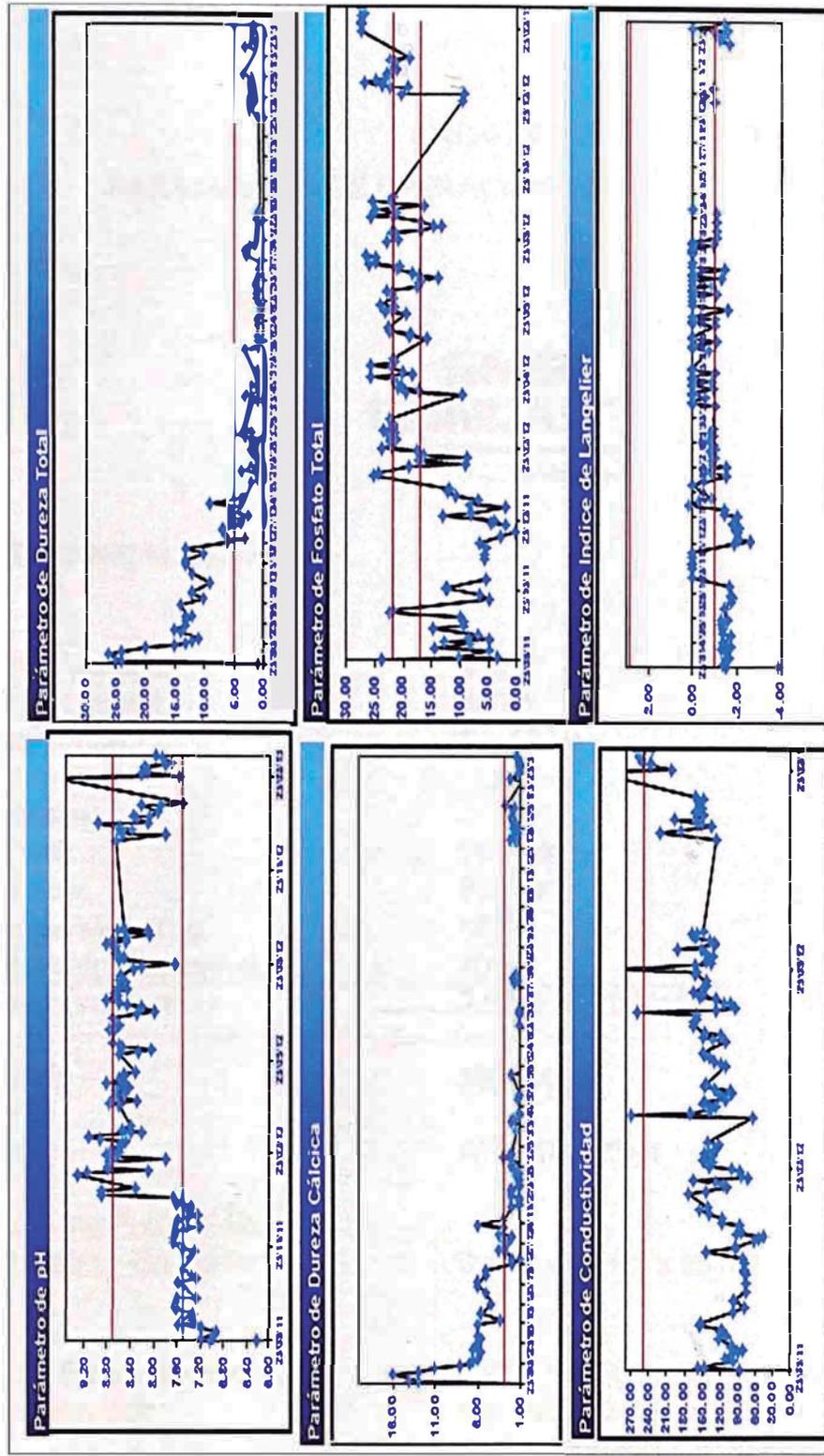


Foto 3: Equipo Intercambiador de calor.

Elaborado: Roel Dextre	Aprobado: Ricardo Rossel	Fecha: 24.09.12
------------------------	--------------------------	-----------------

ANEXO 9.6

EVOLUCIÓN DE LOS PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA DEL CIRCUITO EM



ANEXO 9.7

PARÁMETROS DE OPERACIÓN DEL EMS PRINCIPAL



27.1. TECHNICAL DATA

Max. Stirrer Voltage:	415 V
Max. Stirrer Current:	400 A
Frequency range:	1 – 10 Hz
Cooling Water:	
Nominal flow:	10 m ³ /h
Minimum flow:	8 m ³ /h
Over Temperature Trip:	50 °C
Max. Inlet Water Temperature:	40 °C
Max. Water Pressure:	2.5 bar (0.25 Mpa)
Transformer:	180 kVA
Converter:	ATV71HC20N4
Wiring from the Power Feeder to the Frequency Converter:	3 x 95 mm ² + 1 x 95 mm ²
Wiring from Frequency Converter to the Junction Box:	6 x 95 mm ² + 1 x 95 mm ² and one cable, 3 x 4 mm ² (for earth leakage monitoring)
Wiring from Junction Box to the Connection Box:	6 x 95 mm ² + 1 x 95 mm ²
Operational current:	300 to 400 A
Operational frequency:	refer to the metallurgical Manual

ANEXO 9.8

FICHA TÉCNICA DE VÁLVULA REDUCTORA DE PRESIÓN

Agua



PN 10/16 - DN 50...300

KAT-A 2032-DR

Características del producto y preferencias

- Longitud brida-brida según EN 558-1 (DN 50 hasta DN 250)
- Con conexión bridada en ambos lados según EN 1092-2
- Independiente de las variaciones de la presión de entrada / caudal, la válvula regula la presión de entrada superior a una presión constante, baja salida inferior
- Válvula controlada por su propio medio
- Prensado en acero inoxidable con sello de anillo para conectar el circuito de control
- Diafragma pre-formado con bultos de sellado
- Cilindro con ranuras de inserción estándar de control de cavitación sin regulación
- Cámaras y prueba de extracción con anillo de sellado
- Superposición de alta aleación de soldadura garantiza la durabilidad del asiento
- Conexión independiente del circuito de control y medidores de presión

Materiales

- Válvula principal:
 - Cuerpo: Hierro fundido dúctil EN-JS 1030 (GGG-40)
 - Tapa: Hierro fundido dúctil EN-JS 1030 (GGG-40)
 - Sellado de la válvula: EPDM
 - Control de inserción: Acero inoxidable 1.4301
- Circuito de control:
 - Todas las partes funcionales: Acero inoxidable 1.4404
 - Tubería: Acero Inoxidable 1.4571
 - Piezas de caucho: EPDM
 - Filtro de fundición: Acero inoxidable 1.4404
 - Cuerpo de la válvula Pilot: Acero Inoxidable 1.4404

Protección anticorrosiva

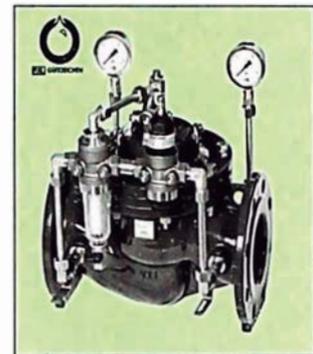
- Recubrimiento epóxico interior y exterior según las directrices GSK

Variantes

- Versión estándar como está descrito
- Nivel de presión PN 25 disponible a pedido
- Diámetro Nominal > DN 300 disponible bajo requerimiento
- Otras versiones disponibles bajo petición
- Servicios disponibles bajo petición

Campo de aplicación

- Instalación en cámara
- Instalación en plantas



Pruebas y aprobaciones

- Prueba de inspección final según EN 12266 (DIN 3230 Parte 4)
- Controlado y registrado por DVGW

Datos operacionales

- Por favor especificar sus datos operacionales en el caso de consulta de precios/pedidos:
 - Volumen de flujo máximo
 - Volumen de flujo mínimo
 - Presión estática delante de la válvula
 - Presión dinámica delante de la válvula
 - Presión dinámica detrás de la válvula

Indicación

- La operación de la pilot, válvula de control debe ser preferentemente instalada entre dos válvulas de cierre y el filtro aguas arriba.
- Para las válvulas reductoras de presión se recomienda la instalación de una válvula de seguridad en su planta.
- Para el diseño de válvulas, está a su disposición el software gratis VAG UseCAD®.

Las siguientes instrucciones de instalación y operación sirven de norma para una instalación competente y una operación segura

KAT-B 2032

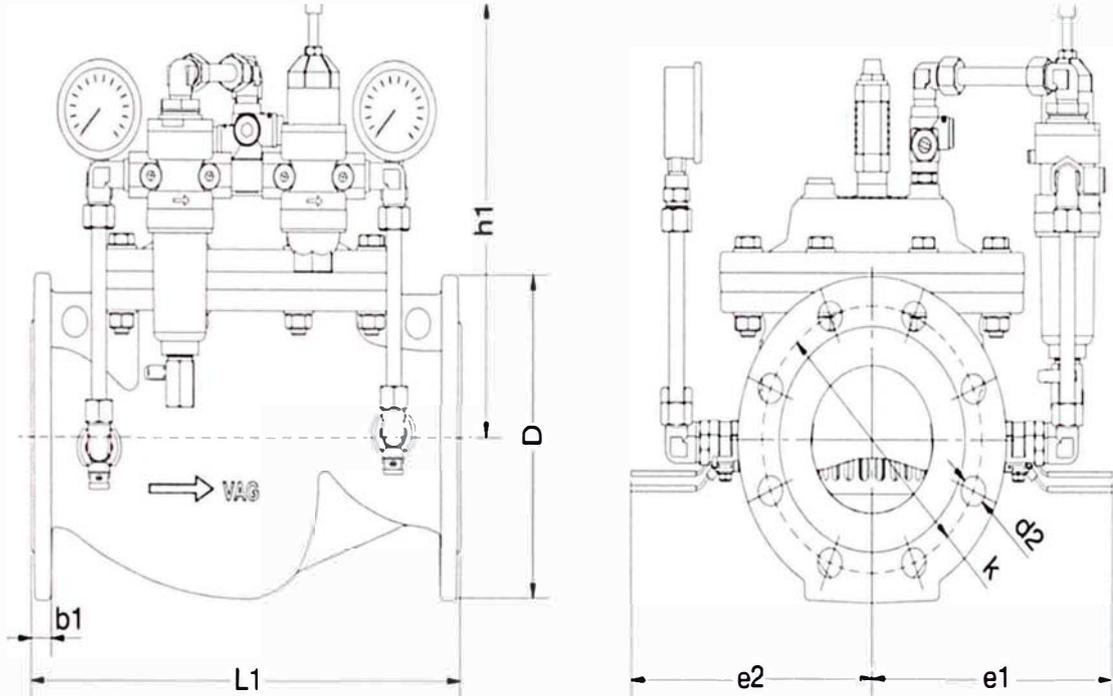
Campo de aplicación

DN	PN	Presión de operación máx. admisible [bar]	Temperatura de operación máx. admisible para líquidos neutrales [°C]
50...300	16	16	50
200...300	10	10	50

Prueba de presión según EN 12266

Presión de prueba en el cuerpo con agua [bar]	Presión de prueba en el cierre con agua [bar]	Presión de operación en el cierre con aire [bar]
24	17,6	6
15	11	6

Plano



Detalles Técnicos

PN 16

DN		50	65	80	100	125	150	200	250	300
D	[mm]	165	185	200	220	250	285	340	400	455
L1	[mm]	230	290	310	350	400	480	600	730	710
b1	[mm]	19	19	19	19	19	19	20	22	24,5
d2	[mm]	19	19	19	19	19	23	23	28	28
e1	[mm]	180	190	200	210	220	270	300	340	370
e2	[mm]	180	190	200	210	220	250	280	300	330
h1	[mm]	250	300	290	300	310	380	450	510	520
k	[mm]	125	145	160	180	210	240	295	355	400
Cantidad de agujeros		4	4	8	8	8	8	12	12	12
Peso aprox.	[kg]	18,00	29,00	30,00	37,00	41,00	73,00	130,00	214,00	236,00
Espacio requerido aprox.	[m ³]	0,040	0,050	0,050	0,060	0,080	0,130	0,220	0,330	0,370

PN 10

DN		200	250	300
D	[mm]	340	400	455
L1	[mm]	600	730	710
b1	[mm]	20	22	24,5
d2	[mm]	23	23	23
e1	[mm]	300	340	370
e2	[mm]	280	300	330
h1	[mm]	450	510	520
k	[mm]	295	350	400
Cantidad de agujeros		8	12	12
Peso aprox.	[kg]	130,00	214,00	236,00
Espacio requerido aprox.	[m ³]	0,220	0,330	0,370

ANEXO 9.9

FICHA TÉCNICA DE VÁLVULA NEUMÁTICA

Actuadores DAPS de doble efecto

FESTO

Hoja de datos

Función



Ángulo de giro
0 ... 90°



Tamaño
0008 ... 8000

Momento de giro
8 ... 8000 Nm

Especificaciones técnicas					
Tamaño	0008	0015 ... 0360	0480 ... 1920	2880 ... 5760	8000
Conexión neumática	G $\frac{1}{8}$	G $\frac{1}{8}$	G $\frac{1}{4}$	G $\frac{3}{8}$	G $\frac{3}{8}$
Forma constructiva	Yugo con placa guiada				
Funcionamiento	Doble efecto				
Posición de montaje	Indiferente				
Detección de posiciones	No				
Amortiguación	Sin amortiguación				
Ángulo de giro [°]	90				
Margen de ajuste en la posición final con 0° [°]	-	-	-	±5	±5
Margen de ajuste en la posición final con 90° [°]	-	±2	±2	±5	±5
Sentido de cierre	Cierre hacia la derecha				

Condiciones de funcionamiento y del entorno					
Tamaño	0008	0015 ... 0360	0480 ... 1920	2880 ... 5760	8000
Presión de funcionamiento [bar]	1 ... 8,4				1 ... 7
Presión nominal de funcionamiento [bar]	5,6				
Fluido de trabajo	Aire comprimido según ISO 8573-1:2010 [7:4:4]				
Indicación sobre el fluido de funcionamiento / de pilotaje	Es posible el funcionamiento con aire comprimido lubricado (lo cual requiere seguir utilizando aire lubricado)				
Temperatura ambiente [°C]	-20 ... +80				
Temperatura ambiente Variante T ₆ [°C]	-	-50 ... +60			-
Clase de resistencia a la corrosión ¹⁾	3				
Norma de conexión a la válvula	ISO 5211				
La conexión de válvula cumple la norma	VDI/VDE 3845 (NAMUR)				

¹⁾ Clase de resistencia a la corrosión 3 según norma de Festo 940 0291
componentes más expuestos a corrosión. Piezas en contacto directo con sustancias usuales en entornos industriales, tales como disolventes o detergentes, con superficies funcionales.

ATEX	
ATEX, categoría gas	II 2G
Protección contra explosiones por encendido, gas	c TX X
ATEX, categoría polvo	II 2D
Protección contra explosiones por encendido, polvo	c TX X
Temperatura ambiente con peligro de explosión	-20°C ≤ T _a ≤ +60°C
Temperatura ambiente con peligro de explosión T ₆	-50°C ≤ T _a ≤ +60°C
Marcado CE (consultar declaración de conformidad)	Según directiva de protección contra explosiones de la UE (ATEX)

Actuadores giratorios DAPS

Características

FESTO

Datos generales

→ Página 11

DAPS

Tamaño
0008 ... 8 000

Momento de giro
8 ... 8 000 Nm

Ángulo de giro
0 ... 90°

Los actuadores giratorios DAPS han sido concebidos especialmente para cumplir las exigencias que se plantean en la industria de procesos. El momento de giro se consigue mediante una cinemática de palanca y biela. Con esta solución es más sencillo superar la resistencia inicial de las válvulas. Por su robustez y el escalonamiento de los momentos de giro, los actuadores giratorios DAPS se utilizan principalmente para el accionamiento de válvulas que regulan el paso de fluidos y que tienen un ángulo de giro limitado a 90° (por ejemplo, válvulas de bola y de mariposa).

- Diseño compacto
 - Característica del momento de giro adaptada a las válvulas de procesos
 - Siendo igual el tamaño del cuerpo, el momento de giro del actuador de doble efecto duplica al del actuador de simple efecto
 - Poco desgaste gracias a una mecánica sencilla y robusta
 - Ángulo de giro ajustable
 - Tipos seleccionados según directiva ATEX para atmósferas explosivas
- www.festo.com/es/ex

- Distribución de taladros según NAMUR VDI/VDE 3845 para el montaje de electroválvulas



Variante con volante manual

→ Página 52

DAPS MW

Tamaño
0106 ... 1920

Momento de giro
106 ... 1920 Nm

Ángulo de giro
0 ... 90°

Con el volante se puede modificar manualmente la posición de la válvula o del actuador con la presión de alimentación desconectada (accionamiento de emergencia manual). Por lo tanto, puede utilizarse como accionamiento de emergencia manual.

- Poco desgaste gracias a una mecánica sencilla y robusta
 - Característica del momento de giro adaptada a las válvulas de procesos
 - Tipos seleccionados según directiva ATEX para atmósferas explosivas
- www.festo.com/es/ex

- Distribución de taladros según NAMUR VDI/VDE 3845 para el montaje de electroválvulas



Variante de acero inoxidable

→ Página 39

DAPS CR

Tamaño
0015 ... 0480

Momento de giro
15 ... 480 Nm

Ángulo de giro
0 ... 90°

Los actuadores giratorios DAPS de acero inoxidable se utilizan para automatizar válvulas con giro de 90°. Ejecuciones de doble y simple efecto. La ejecución de simple efecto está disponible para distintas presiones de alimentación con diferentes fuerzas de muelle.

- Poco desgaste gracias a una mecánica sencilla y robusta
 - Característica del momento de giro adaptada a las válvulas de procesos
 - Tipos seleccionados según directiva ATEX para atmósferas explosivas
- www.festo.com/es/ex

- Distribución de taladros según NAMUR VDI/VDE 3845 para el montaje de electroválvulas



Actuadores DAPS de doble efecto

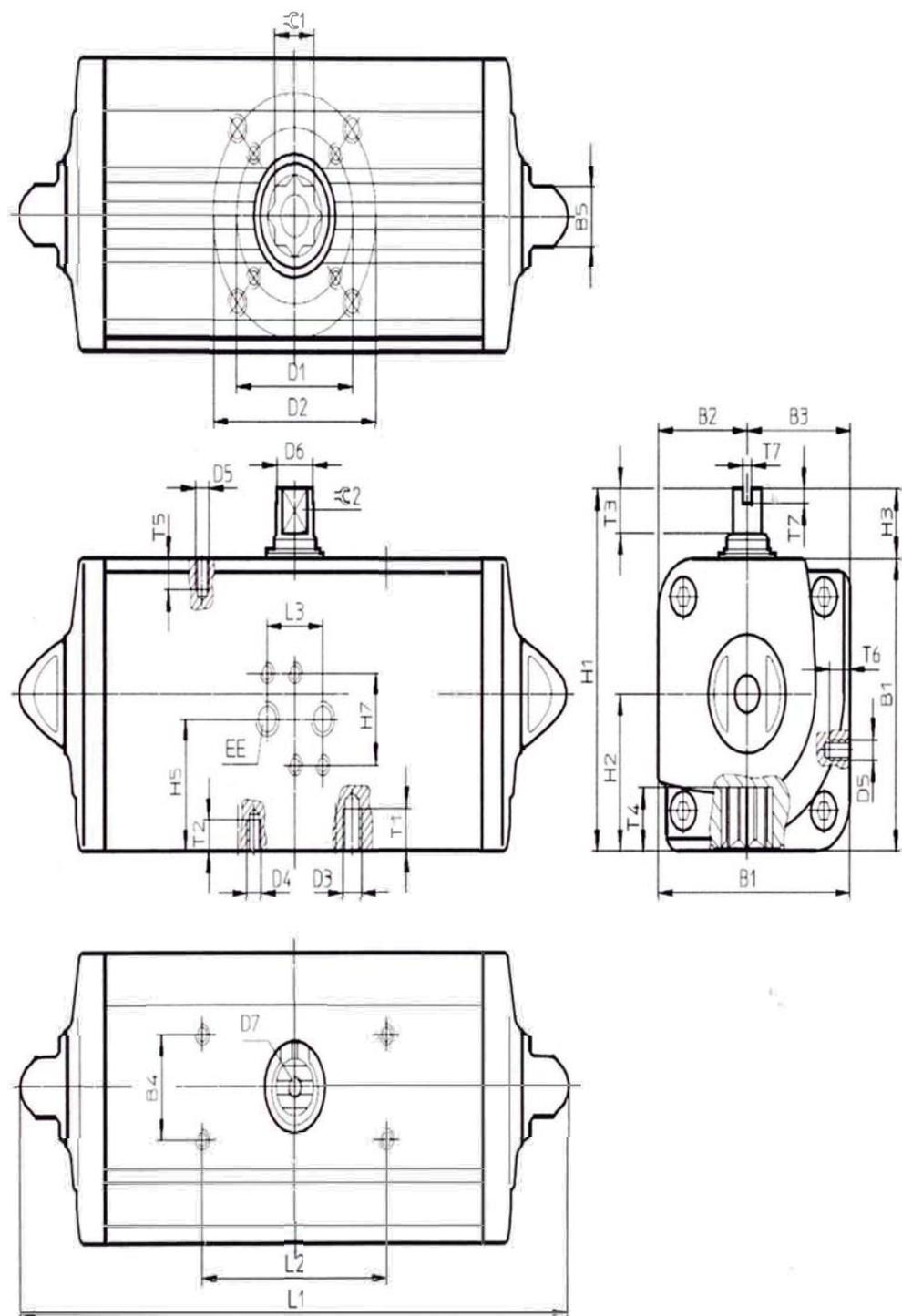
FESTO

Hoja de datos

Dimensiones

Datos CAD disponibles en www.festo.com

Tamaño 0015 ... 1920



Actuadores giratorios DAPS

Cuadro general de periféricos

FESTO

