

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Química y Textil



Informe de Trabajo de Suficiencia Profesional

Control efectivo del tratamiento químico del agua en sistemas de calentamiento y enfriamiento

Para obtener el título profesional de Ingeniero Químico

Elaborado por:

Joger Joel Cruz Contreras

 0009-0002-0531-8870

Asesor:

Juan Ángel Turriate Manrique

 0009-0007-7189-7889

LIMA-PERÚ

2024

| | |
|------------------------------|---|
| Citar/How to cite | Cruz Contreras [1] |
| Referencia/Reference | [1] J. Cruz Contreras “ <i>Control efectivo del tratamiento químico del agua en sistemas de calentamiento y enfriamiento</i> ” [Informe de suficiencia Profesional]. Lima (Perú): Universidad Nacional de Ingeniería, 2024. |
| Estilo/Style: IEEE (2020) | |

| | |
|---------------------------------|---|
| Citar/How to cite | (Cruz, 2024) |
| Referencia/Reference | Cruz, J. (2024). <i>Control efectivo del tratamiento químico del agua en sistemas de calentamiento y enfriamiento</i> [Informe de Suficiencia Profesional, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio Institucional Cybertesis UNI. |
| Estilo/Style: APA (7ma. Ed.) | |

Dedicatoria

El presente trabajo va dedicado a:

Ante todo, a Dios por guiarme en cada paso que doy, darme las fuerzas, vitalidad y salud para poder llegar a este momento de mi vida.

A mi madre Sebastiana, por darme la vida, inculcar buenos valores, virtudes y alentarme siempre a cumplir mis metas, siendo un gran pilar y soporte en mi vida para poder cumplir este sueño.

A mi padre Asdrúbal, por creer en mí y estar aconsejándome para ser un buen profesional y mejor persona, dejándome encaminado en este proceso.

A mi pareja por darme en todo momento su apoyo incondicional, haber estado conmigo en los momentos más difíciles y tenerme paciencia.

A mi hijo Jhoas, por llegar a mi vida, ser el motor y motivo para la culminación de este trabajo, siendo mi fortaleza e impulso de superación.

Agradecimientos

Agradezco a mis familiares por estar siempre disponible para mí a pesar de la distancia, dándome su respaldo y ánimos en cada una de las etapas de mi formación personal y profesional.

A nuestra querida alma mater, la Universidad Nacional de Ingeniería, y a mi facultad por acogerme y brindarme todos los conocimientos necesarios para mi formación académica.

A todos mis docentes y asesor de Tesis, que con sus enseñanzas fortalecieron y reafirmaron mi vocación por la carrera de Ingeniería Química, lo que me permitió culminar con éxito el presente trabajo.

Resumen

El objetivo principal del presente trabajo es controlar las variables críticas de los sistemas de calentamiento o enfriamiento, para evitar paradas no deseadas de la producción o fallas en las máquinas que reduzcan la transferencia de calor y aumente la cantidad de combustible usado. Primeramente, se realizaron visitas técnicas a cada cliente de la empresa Acquachem S.A.C, para revisar los datos históricos, verificar el estado de incrustación y corrosión de sus equipos e indicar las recomendaciones previas al inicio del programa antiincrustante y anticorrosivo. Posteriormente, usando equipos volumétricos y colorimétricos se empezó a realizar análisis periódicos *in situ* de los parámetros fisicoquímicos del agua, siguiendo los procedimientos normalizados ASTM y APHA. Además, se sugirió que mediante acciones correctivas o purgas se puede evitar el arrastre de sólidos y mantener los parámetros dentro de los rangos indicados por las normas internacionales ASME, BS-2486 y las recomendaciones de los fabricantes. Finalmente, se concluyó que las variables de mayor importancia en una caldera fueron: dureza y temperatura del agua de alimentación, los STD y pH en la caldera, manifold y condensados; mientras que las variables más influyentes en los enfriadores de agua fueron: la concentración inicial del aditivo pasivante y el nivel de hierro total del sistema. A su vez, la capacitación del personal operador y el refuerzo de dosis de los aditivos dosificados según la reposición de agua ayudaron a mantener un buen control integral en el programa de tratamiento químico del agua.

Palabras clave: Aditivo pasivante, arrastre de sólidos, corrosión, dosificación, incrustación, purgas, transferencia de calor.

Abstract

The main objective of this work is to control the critical variables of the heating or cooling systems, to avoid unwanted production stops or machine failures that reduce heat transfer and increase the amount of fuel used. First, technical visits were made to each client of the company Acquachem S.A.C, to review the historical data, verify the scale and corrosion status of their equipment and indicate the recommendations prior to the start of the anti-fouling and anti-corrosion program. Subsequently, using volumetric and colorimetric equipment, periodic in situ analyzes of the physicochemical parameters of the water began to be carried out, following the standardized ASTM and APHA procedures. Then, it was suggested that through corrective actions or purges, solids carryover can be avoided and parameters maintained within the ranges indicated by international standards ASME, BS-2486 and manufacturers' recommendations. Finally, it was concluded that the most important variables in a boiler were: hardness and temperature of the feed water, the STD and pH in the boiler, manifold and condensate; while the most influential variables in the water chillers were: the initial concentration of the passivating additive and the total iron level of the system. In turn, the training of the operating personnel and the reinforcement of doses of the additives dosed according to the water replacement helped to maintain good comprehensive control in the chemical water treatment program.

Keywords: Corrosion, dosing, heat transfer, incrustation, passivating additive, purging, solids carryover.

Índice de contenido

| | Pág. |
|---|------|
| Capítulo I. Datos generales de la empresa donde laboró como bachiller | 1 |
| 1.1 Actividad principal | 2 |
| 1.2 Sector industrial al que pertenece | 2 |
| 1.3 Líneas de productos | 3 |
| 1.3.1 Sistemas de calentamiento | 3 |
| 1.3.2 Sistemas de enfriamiento | 4 |
| 1.4 Filosofía administrativa | 4 |
| 1.5 Cultura organizacional | 5 |
| 1.6 Organigrama funcional de la empresa | 5 |
| 1.7 Normatividad empresarial | 7 |
| 1.8 Principios de calidad | 7 |
| 1.9 Sistema de seguridad industrial | 8 |
| 1.10 Gestión de impactos ambientales | 9 |
| Capítulo II. Cargos y funciones desarrolladas como bachiller | 11 |
| 2.1 Contexto laboral | 11 |
| 2.2 Descripción de cargos desarrollados dentro de la empresa | 11 |

| | |
|--|----|
| 2.2.1 Asesor técnico | 11 |
| 2.2.2 Supervisor de mantenimiento | 12 |
| 2.3 Responsabilidades señaladas en el Manual de Organización y Funciones, ROF, TUPA, u otros documentos de la normatividad empresarial | 13 |
| 2.3.1 <i>Responsabilidades y funciones como asesor técnico</i> | 13 |
| 2.3.2 <i>Responsabilidades y funciones como supervisor de mantenimiento</i> | 14 |
| 2.4 Personal a su cargo y sus responsabilidades | 15 |
| 2.4.1 <i>Responsabilidades y funciones del operario</i> | 15 |
| 2.5 Función ejecutiva y/o administrativa | 16 |
| 2.5.1 <i>Principales funciones ejecutivas y administrativas como asesor técnico</i> | 16 |
| 2.6 Cronograma de actividades realizadas como bachiller | 17 |
| Capítulo III. Desarrollo de la actividad técnica y aplicación profesional | 19 |
| 3.1 Contexto laboral en el área de trabajo | 19 |
| 3.1.1 Labores y tareas relacionadas con el tema específico a desarrollar | 19 |
| 3.1.2 Conocimientos técnicos de su especialidad requeridos para el cumplimiento de sus funciones | 22 |
| 3.1.3 Participación en unidades o grupos de seguridad | 23 |
| 3.2 Hechos relevantes de las actividades técnicas | 26 |

| | |
|---|----|
| 3.2.1 Realidad problemática de las actividades | 26 |
| 3.2.2 Definición del problema general y secundarios | 28 |
| 3.2.3 Justificación e importancia | 28 |
| 3.2.4 Antecedentes nacionales e internacionales de las actividades | 29 |
| 3.2.5 Objetivos de uso de las técnicas propuestas | 30 |
| 3.3 Marco conceptual y teórico de los conocimientos técnicos requeridos | 31 |
| 3.3.1 Química del agua | 31 |
| 3.3.2 El agua en la industria | 32 |
| 3.3.3 Fases del vapor | 33 |
| 3.3.4 Estándares en sistemas de calentamiento | 34 |
| 3.3.5 Problemas ocasionados por el agua en una caldera | 39 |
| 3.3.6 Tratamientos del agua de una caldera | 42 |
| 3.3.7 Estándares en sistemas de enfriamiento | 44 |
| 3.3.8 Problemas ocasionados por el agua en un enfriador | 45 |
| 3.3.9 Tratamientos químicos del agua en un enfriador | 47 |
| 3.4 Propuesta y contribuciones a su formación profesional | 47 |
| 3.4.1 Cálculos y determinaciones utilizadas en las aplicaciones | 47 |
| 3.4.2 Resultados de las determinaciones realizadas | 49 |

| | |
|---|----|
| 3.4.3 Análisis de resultados y aportes técnicos de la propuesta de solución | 59 |
| 3.4.4 Evaluaciones y decisiones tomadas | 76 |
| 3.4.5 Informes y reportes presentados como resultados de las actividades | 79 |
| Capítulo IV. Discusión de resultados e implicancias | 81 |
| 4.1 Contribuciones al desarrollo de la empresa | 81 |
| 4.2 Impacto de las propuestas de solución | 84 |
| 4.3 Actividades de representación de la empresa | 84 |
| 4.4 Otras actividades complementarias | 86 |
| Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones | 87 |
| 5.1 Conclusiones | 87 |
| 5.2 Recomendaciones | 88 |
| Capítulo VI. Referencias bibliográficas | 89 |
| Anexos | 93 |

Lista de Tablas

| | Pág. |
|---|------|
| Tabla 1: Actividades económicas con la CIIU Rev. 4.0 | 2 |
| Tabla 2: Aspectos e Impactos ambientales en ACQUACHEM S.A.C. | 10 |
| Tabla 3: Actividades técnicas desarrolladas por el bachiller | 17 |
| Tabla 4: Cuadro de actividades diarias como asesor técnico | 19 |
| Tabla 5: Identificación de nodos y relación de precedencia | 20 |
| Tabla 6: Conocimientos de la especialidad requeridos por el bachiller | 22 |
| Tabla 7: Requerimiento de la calidad del agua del tanque de alimentación | 35 |
| Tabla 8: Parámetros de calidad de agua en una caldera pirotubular | 37 |
| Tabla 9: Límites de alérgenos en el vapor de uso directo | 38 |
| Tabla 10: Parámetros recomendados del retorno de condensados | 39 |
| Tabla 11: Estándares de calidad del agua del enfriador | 45 |
| Tabla 12: Métodos de análisis de parámetros del agua | 49 |
| Tabla 13: Parámetros de calidad de ACQUACHEM en un sistema de calentamiento | 50 |
| Tabla 14: Parámetros de calidad de agua de la caldera de 815BHP del caso 1 | 51 |
| Tabla 15: Parámetros de calidad del agua del manifold del caso 1 | 51 |
| Tabla 16: Parámetros de calidad del agua de ingreso y manifold del caso 2 | 52 |
| Tabla 17: Parámetros de calidad de agua de caldera Superior del caso 2 | 52 |
| Tabla 18: Parámetros de calidad del agua de ingreso y manifold del caso 3 | 53 |
| Tabla 19: Parámetros de calidad de agua de la caldera C-600 del caso 3 | 53 |
| Tabla 20: Parámetros de calidad de agua de las calderas del caso 4 | 54 |

| | |
|--|----|
| Tabla 21: Parámetros de calidad del agua de ingreso y manifold del caso 4 | 54 |
| Tabla 22: Parámetros de calidad de los condensados del caso 4 | 55 |
| Tabla 23: Parámetros de calidad de ACQUACHEM en un sistema de enfriamiento | 55 |

Lista de Figuras

| | Pág. |
|---|------|
| Figura 1: Aditivos químicos que brinda ACQUACHEM S.A.C. | 1 |
| Figura 2: Organigrama de la empresa ACQUACHEM S.A.C. | 6 |
| Figura 3: Estructura funcional del área técnica en ACQUACHEM S.A.C. | 12 |
| Figura 4: PERT del análisis fisicoquímico del agua realizado por el bachiller | 21 |
| Figura 5: Plan de contingencia de ACQUACHEM S.A.C. | 23 |
| Figura 6: Matriz de identificación de impactos y aspectos ambientales, MIAA | 24 |
| Figura 7: Matriz IPERC versión 04 de ACQUACHEM S.A.C. | 25 |
| Figura 8: Diagrama de fases líquido – vapor del agua | 34 |
| Figura 9: Concentración de oxígeno disuelto según la temperatura | 35 |
| Figura 10: Representación gráfica de una caldera industrial | 36 |
| Figura 11: Formación de caliche en el interior de una caldera | 40 |
| Figura 12: Corrosión por picadura o pitting en los tubos de una caldera | 41 |
| Figura 13: Equipo enfriador industrial de agua | 44 |
| Figura 14: Corrosión por hierro en el tanque de un enfriador de agua | 46 |
| Figura 15: Medición colorimétrica del residual de nitritos | 48 |
| Figura 16: Parámetros obtenidos del enfriador L-8 de una empresa de plásticos-tapas | 56 |
| Figura 17: Parámetros obtenidos del enfriador 1 de una empresa de envases | 57 |
| Figura 18: Parámetros obtenidos del enfriador 2 de una empresa de envases | 58 |
| Figura 19: Variación del residual de sulfitos en la caldera China del caso 1 | 59 |
| Figura 20: Variación de los STD de la caldera Superior en una empresa avícola | 61 |

| | |
|--|----|
| Figura 21: Variación de los STD del manifold de una empresa avícola | 63 |
| Figura 22: Variación de los STD de la caldera C-600 en una empresa pesquera | 64 |
| Figura 23: Diferencia de los STD del agua de ingreso de una empresa de alimentos | 66 |
| Figura 24: Nivel de pH de los condensados de una empresa de alimentos | 67 |
| Figura 25: Variación del hierro total en la alimentación de una empresa de alimentos | 68 |
| Figura 26: Variación del residual de molibdato de la línea L-8 | 69 |
| Figura 27: Variación del nivel de hierro total de la línea L-8 | 70 |
| Figura 28: Variación del residual nitrito del enfriador 1 de una empresa de envases | 72 |
| Figura 29: Variación del residual nitrito del enfriador 2 de una empresa de envases | 73 |
| Figura 30: Variación del hierro total del enfriador 1 de una empresa de envases | 74 |
| Figura 31: Variación del hierro total del enfriador 2 de una empresa de envases | 75 |
| Figura 32: Registro de capacitación realizada en la empresa de aceites | 77 |
| Figura 33: Informe técnico anual de un sistema de calentamiento | 78 |
| Figura 34: Reporte de visita técnica desarrollado en el cargo de asesor técnico | 79 |
| Figura 35: Evolución del parámetro de hierro de una empresa de plásticos | 80 |
| Figura 36: Parámetros de las líneas de vacío de bajo residual anticorrosivo | 81 |
| Figura 37: Parámetros de la línea de vacío 22 con dosis por bombeo | 82 |
| Figura 38: Mantenimiento de un equipo ablandador a cargo del bachiller | 83 |
| Figura 39: Demostración de la efectividad del producto nitrito | 84 |
| Figura 40: Limpieza química del circuito de agua de una maquina extrusora | 85 |
| Figura 41: Análisis de gases de combustión de una caldera | 86 |

Lista de Anexos

| | Pág. |
|--|------|
| ANEXO 1: Equipos adicionales en los sistemas de agua | 93 |
| ANEXO 2: Efecto de las incrustaciones sobre los tubos de una caldera | 96 |
| ANEXO 3: Tipos de tratamientos en enfriadores y calderas | 97 |
| ANEXO 4: Procedimiento de análisis volumétricos del agua | 102 |
| ANEXO 5: Cálculos realizados en el sistema de calentamiento | 102 |
| ANEXO 6: Cálculos realizados en el sistema de enfriamiento | 104 |
| ANEXO 7: Cálculos para la dosis de aditivos químicos | 105 |
| ANEXO 8: Reportes técnicos realizados | 106 |

Glosario de Términos

Alérgenos

Sustancia capaz de producir alergias a personas que presentan poca sensibilidad.

Arrastre de sólidos

Partículas o gotas de agua que se encuentran presentes en las líneas de distribución de vapor del sistema de calentamiento.

Caliche

Depósito o precipitado duro y blanquecino formado por sales tales como carbonatos de calcio y magnesio.

Catalizador

Sustancia capaz de agilizar la velocidad de una reacción química sin generar cambios.

Ciclos de concentración

Grado de concentración de los sólidos presentes en una caldera respecto a la cantidad de sólidos ingresada por la alimentación.

Contómetro

Es un equipo medidor que cuantifica el volumen de agua que ingresa al sistema.

Domo

Espacio en la parte superior de una caldera donde se realiza la conversión del agua.

Enfriador

Conocido también como chiller, es un equipo que enfriá el agua para usos industriales.

Gases disueltos

Son gases tales como el oxígeno, nitrógeno y CO₂, que se encuentran presentes en el agua, pues son una característica intrínseca de este.

IPERC

Siglas que significan identificación de peligros, evaluación de riesgos y su control.

Manifold

Accesorio que distribuye el flujo de vapor hacia las diferentes líneas productivas.

Pitting

Conocido también como corrosión por picadura, es una forma de corrosión localizada que produce hendiduras o agujeros sobre el metal.

Purgas

Proceso de expulsión de sólidos totales de la caldera de forma continua o secuencial.

Refrigerante

Fluido de bajo punto de ebullición, usado en un enfriador de agua, que se usa para disminuir la temperatura de un sistema.

Residual

Es la medida de la concentración de las sustancias o parámetros fisicoquímicos que caracterizan a un fluido.

Sales

Son compuestos iónicos solubles que forman capas de caliche en estado sólido.

Serpentín

Tubo en forma de espiral que enfriá el fluido que pase por él, cediendo su calor.

Sobresaturación

Acumulación excesiva de sólidos totales capaces de precipitarse en materia sólida.

Stand-by

Es un modo de espera que tiene una caldera, en el cual se apaga automáticamente una vez alcance una temperatura determinada.

Vapor húmedo

Vapor que contiene partículas de agua líquida que le reduce energía calorífica al flujo.

Vapor seco

Es el vapor saturado requerido en las industrias debido a su gran energía calorífica.

Veda

Temporada en un determinado lugar en el que todo tipo de pesca se encuentra prohibida.

Capítulo I. Datos generales de la empresa donde laboró como bachiller

ACQUACHEM S.A.C. es una empresa especialista y dedicada al tratamiento de aguas industriales, desarrollando una serie de procesos optimizados según una visión tecnológica que garantizan el éxito en los sistemas generadores de vapor y de enfriamiento en las industrias de diferentes rubros, como de plásticos, alimentos, siderúrgicas, textiles, pesqueras, minería, entre otros. Dicha empresa brinda soporte para un buen manejo y mantenimiento de estos sistemas, ofreciendo una amplia gama de productos químicos multifuncionales y específicos para el tratamiento de los equipos de acondicionamiento (ablandadores y equipos de osmosis), calentamiento (calderas) y enfriamiento (torres y enfriadores de agua), así como la asesoría técnica necesaria para poder alcanzar el cuidado adecuado; garantizando con ello la protección íntegra de éstos, evitando su desgaste, ahorrando costos operativos de mantenimiento, disminuyendo el uso de agua y energía (ACQUACHEM, 2023).

A continuación, en la Figura 1 se muestra la presentación de los productos químicos vendidos para el tratamiento de aguas.

Figura 1

Aditivos químicos que brinda ACQUACHEM S.A.C.



Nota: Tomado de la página web ACQUACHEM (2023).

1.1 Actividad principal

La Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria SUNAT (s.f.) muestra los siguientes datos generales de la empresa.

Razón social: ACQUACHEM S.A.C.

RUC: 20511129461

Dirección: Jr. Euler Leonhard Nro. 101 Dpto. 102, Urb. San Borja Sur 3ra Etapa,

San Borja, Lima.

Teléfono: (+511) 5368004

Celular: 955346417

Página web: <https://www.acquachemperu.com/>

1.2 Sector industrial al que pertenece

Para poder satisfacer las necesidades de los clientes de cada industria, ACQUACHEM brinda servicios de venta de aditivos químicos, asesoría continua y servicios de limpieza química de los equipos industriales, para el buen mantenimiento y conservación de estos sistemas y máquinas en su circuito de diferentes rubros en las industrias, ya que sus productos químicos son de calidad y específicos para la necesidad del cliente.

A continuación, en la Tabla 1 se muestran las actividades económicas de la empresa en la que laboró el bachiller.

Tabla 1

Actividades económicas con la CIIU Rev. 4.0 de la empresa ACQUACHEM S.A.C.

| CIIU | Tipo | Descripción |
|------|------------|--|
| 2029 | Principal | FABRICACIÓN DE OTROS PRODUCTOS QUÍMICOS N.C.P. |
| 7490 | Secundaria | OTRAS ACTIVIDADES PROFESIONALES, CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS N.C.P. |

Nota. Datos tomados de la Superintendencia Nacional de Aduanas y de Administración Tributaria SUNAT (2023). Fuente: <https://www.gob.pe/institucion/sunat/informes-publicaciones/394120-clasificacion-industrial-internacional-uniforme-ciiu>

1.3 Líneas de productos

La empresa ACQUACHEM ofrece los siguientes productos en su catálogo interno.

1.3.1 Sistemas de calentamiento

Caracterizados por sus iniciales “B”, de la palabra *boiler*.

Acqua B-104, inhibidor de depósitos e incrustaciones (dispersante). Es una mezcla de polímeros, dispersantes y secuestrantes que actúan en depósitos e incrustaciones de equipos generadores de vapor, solubilizando las sales de calcio, magnesio, sílice y hierro. El mecanismo de acción funcional de este aditivo está basado en la apreciación del crecimiento cristalino, repulsión electrostática y formación de complejos de mayor solubilidad. Esta acción se traduce en un efectivo control de las sales sin una formación alta de lodos.

Acqua B-105, inhibidor de depósitos e incrustaciones (sedimentador). Es un producto formulado con la más avanzada tecnología de polímeros que permiten la dispersión y solubilización de sales de calcio, magnesio, sílice, hierro. Este producto sedimentador está diseñado para trabajar con durezas presentes en el agua de alimentación, producto de un posible escape del agua tratada.

Acqua B-106, inhibidor de corrosión. Es un producto químico líquido a base de sulfito de sodio, especialmente catalizado para ejecutar la supresión instantánea de oxígeno en sistemas de agua de alimentación de calderas. Acqua B - 106 controla la corrosión por oxígeno en sistemas de calderas y también en sistemas de agua caliente y fría. Este producto anticorrosivo sólido fue aprobado y regulado por la Asociación de alimentos y medicamentos, conocida por FDA por las siglas en inglés.

Acqua B-410, inhibidor de corrosión en líneas de condensado. Es un producto químico líquido a base de aminas volátiles que neutraliza el carácter ácido del agua y regula el pH en las diferentes fases de condensación en los sistemas de retorno de condensado. Acqua B – 410 controla la corrosión ácida producida por el gas carbónico y es totalmente compatible con cualquier otro tipo de tratamientos utilizado.

1.3.2 Sistemas de enfriamiento

Caracterizados por sus iniciales “C”, de la palabra *cooler*.

Acqua C-110, inhibidor de incrustaciones (dispersante). Es un producto a base de polímeros que controlan la formación de depósitos en sistemas de enfriamiento abiertos y cerrados en donde las sales de calcio, magnesio, sílice y otras presentan tendencia a la precipitación sobre las superficies metálicas. Su composición le permite actuar sobre sólidos en suspensión, manteniéndolos dispersos en el sistema.

Acqua C-201 o Acqua C-206, inhibidor para sistemas cerrados. Son productos formulados para controlar la corrosión e incrustación en sistemas de enfriamiento cerrados, basados en las propiedades del nitrito y molibdato, teniendo una coloración grosella y amarillenta respectivamente. Son energizados con polímeros de avanzada generación, siendo compatibles con el uso de anticongelantes como los glicoles.

Acqua C-703, Biocida. Es un producto formulado con la más avanzada tecnología para controlar eficazmente bacterias, hongos y algas en sistemas de enfriamiento; específicamente diseñado para evitar la contaminación microbiológica, siendo este último causante de la formación de *fouling*. Por lo tanto, es recomendable para un uso preventivo.

1.4 Filosofía administrativa

La empresa ACQUACHEM brinda los siguientes panoramas de su organización.

Visión

Ser reconocido como empresa líder a nivel nacional, en brindar soluciones integrales para controlar los procesos de tratamiento de aguas industriales aplicando productos químicos de la mejor calidad (ACQUACHEM, 2023).

Misión

Satisfacer las necesidades de nuestros clientes; brindando una asesoría permanente de nuestros profesionales muy capacitados, garantizando una labor eficiente de monitoreo, control y resolución de problemas presentados en la industria; suministrando productos químicos de reconocida calidad a nivel internacional (ACQUACHEM, 2023).

Valores

ACQUACHEM (2023) expone sus siguientes valores:

Confidencialidad al cliente: Porque son nuestra razón de ser, buscamos establecer y mantener relaciones sólidas y duraderas con cada uno de ellos.

Trabajamos en equipo: Colaboramos, sumamos esfuerzo y multiplicamos logros.

Construimos confianza: Cultivamos cada relación con integridad.

Honestidad e integridad: Nos comprometemos a tenerlas en toda ocasión.

Ofrecemos calidad: Ofrecemos productos y servicios de calidad superior.

Compromiso con el cambio: Estamos comprometidos en enfrentar el cambio con esfuerzo, creatividad, mejora continua e innovación.

Políticas

ACQUACHEM (2023) presenta la aprobación de las normas de Calidad Ambiental del Agua (ECA), la legislación nacional que se encuentra vigente y las recomendaciones de los organismos de salud, como la organización mundial de la salud (OMS) y la organización Panamericana de la Salud (OPS).

1.5 Cultura organizacional

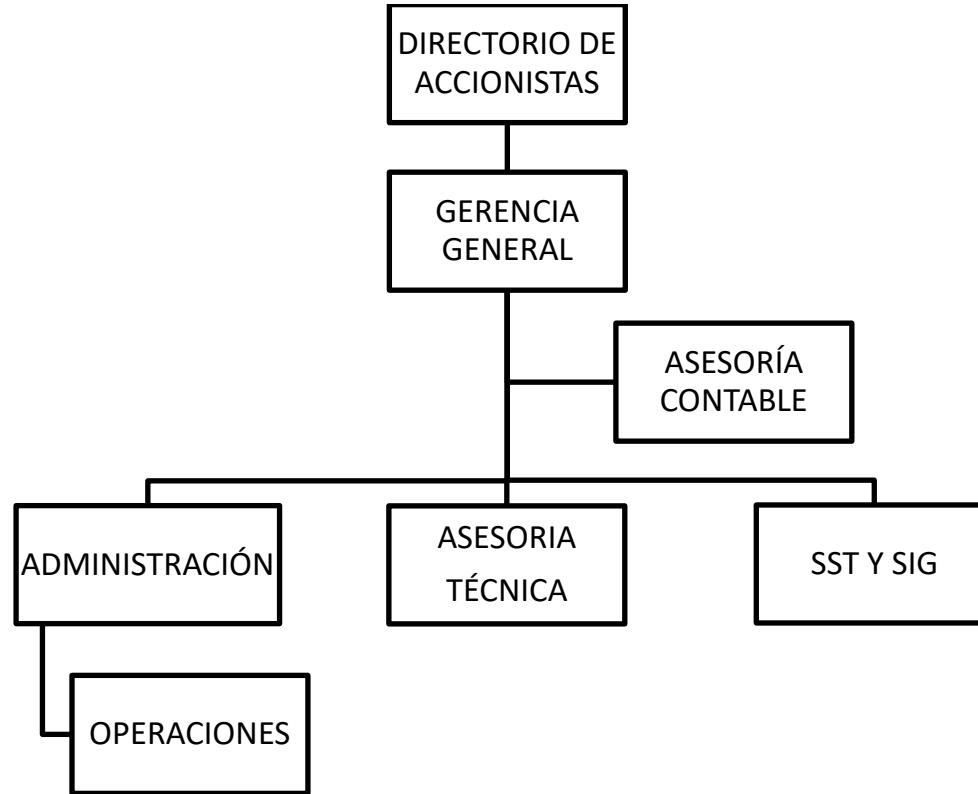
ACQUACHEM (2023) es una organización orientada a mejorar el desempeño y competitividad de las empresas, desde un enfoque de calidad y eficiencia; brindando soporte en aspectos que permiten optimizar la gestión de los recursos, minimizar los riesgos y hacer sostenible la operación de nuestros clientes. Esto no sería posible si no ofrecieran los servicios en el marco de una cultura empresarial, por lo que, presenta un alto nivel de conciencia de nuestros valores, políticas y procedimientos. Esta cultura nos motiva a contar con colaboradores comprometidos, honestos, con un gran espíritu de ética empresarial y alineados con los objetivos de la alta dirección de la organización.

1.6 Organigrama funcional de la empresa

La empresa ACQUACHEM S.A.C. en el año 2023 cuenta con las siguientes áreas mencionadas en la Figura 2.

Figura 2

Organigrama de la empresa ACQUACHEM S.A.C.



Nota. Tomado del manual de organización y funciones de la empresa ACQUACHEM S.A.C. (2023).

1.7 Normatividad empresarial

La Gerencia de ACQUACHEM S.A.C. implementando los requisitos del reglamento de seguridad y salud en el trabajo, D.S N°005-2012-TR, así como los decretados en la ley N.º 29783, ley de seguridad y salud en el trabajo; se compromete a:

- a) Garantizar la seguridad y salud de los trabajadores en todos los aspectos relacionados con las actividades que se desarrolle en sus instalaciones, así como de una eficaz supervisión para su cumplimiento.
- b) Entregar a cada trabajador una copia del reglamento interno de seguridad y salud en el trabajo e impartir instrucciones precisas a sus trabajadores respecto a los riesgos a que se encuentran expuestos en las labores que realizan.
- c) Autorizar la práctica de exámenes médicos iniciales, anuales y de retiro o término de la relación laboral de sus trabajadores, de acuerdo a los riesgos de sus labores.
- d) Cubrir las aportaciones del seguro complementario por trabajo de riesgo para todos los trabajadores para efecto de las coberturas por accidente y enfermedades profesionales de acuerdo con la legislación laboral vigente.
- e) Comunicar a los operadores sobre las modificaciones que se realizará en las condiciones de trabajo expuestas para prevenir los riesgos.
- f) Garantizar que la formación y educación en seguridad y salud en los centros y puestos o funciones específicas sea oportuna y adecuada de la siguiente manera:
 - Cuando se realiza el contrato, cualquiera que sea el periodo del empleo.
 - Durante la ejecución de la labor realizada.
 - Cuando se cambie la función, puesto de trabajo o tecnología.

1.8 Principios de calidad

ACQUACHEM S.A.C. cree firmemente que el capital más valioso es el empleado, por lo que mantener el desarrollo del sistema de gestión de la organización es la máxima prioridad de la empresa, así como conservar el interés de los trabajadores para lograr un mayor grado de motivación. Por consiguiente, nos comprometemos a:

- a) Garantizar la colaboración activa y la consulta con los operadores, así como la comunicación y adiestramiento con la normativa aplicable.
- b) Contribuir a la mejora continua de las condiciones de seguridad, salud y ambiente de trabajo con el fin de prevenir daños a la salud, equipos o procesos en las diversas actividades realizadas, y promover la identificación, evaluación, control y corrección de los riesgos existentes.
- c) Promover y mantener el mayor bienestar posible físico, mental y social de los trabajadores en todos los puestos de trabajo.
- d) Incentivar la prevención de riesgos laborales como una cultura de práctica entre los empleados, proveedores y todas las personas que prestan servicios a la empresa con el fin de garantizar unas condiciones de trabajo seguras y de calidad.
- e) Cumplir con la norma legal aplicable vigente y otros requerimientos relacionados con la gestión de la organización.

1.9 Sistema de seguridad industrial

La gerencia general de ACQUACHEM S.A.C. tiene como responsabilidad tomar las medidas necesarias para proteger la seguridad y salud de los empleados, desde la prevención hasta la información y formación de riesgos laborales. El costo de las medidas de seguridad y salud no debe correr a cargo de los trabajadores bajo ninguna circunstancia. De acuerdo a su normativa interna, la empresa ACQUACHEM S.A.C tiene las siguientes obligaciones:

- a) Liderar y brindar los recursos para el desarrollo de todas las actividades en la organización, desarrollo y aplicación del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, a fin de lograr su éxito en la prevención de accidentes y enfermedades ocupacionales.
- b) Establecer programas de seguridad y salud en el trabajo claramente definidos y medir el desempeño en la seguridad y salud llevando a cabo las mejoras que se justifiquen.

- c) Asumir la responsabilidad de la prevención de accidentes de trabajo y las enfermedades ocupacionales, fomentando el compromiso de cada trabajador mediante el estricto cumplimiento de disposiciones del presente reglamento.
- d) Disponer de los recursos adecuados para tener un ambiente de trabajo seguro e indagar las causas de accidentes durante el trabajo, enfermedades profesionales e incidentes; en caso ocurra algún siniestro.
- e) Preparar a los operadores en la ejecución del trabajo de manera segura, saludable y productiva.
- f) Requerir que los operadores, proveedores, contratistas y personal de visita cumplan las normas de seguridad y salud.

1.10 Gestión de impactos ambientales

ACQUACHEM S.A.C. explora comunicar, formar y tener un plan interno de gestión ambiental que asegure una gestión ambiental responsable de acuerdo con la norma vigente, centrándose en el uso eficiente de los recursos no renovables, el control y prevención de la contaminación, y la protección de las personas, las comunidades y su patrimonio. Para desarrollar este compromiso, la empresa comunica, forma y tiene un plan de gestión ambiental, efectuando una política ambiental basada en:

- Incidir en nuestros socios comerciales, clientes, proveedores y en la sociedad; comunicándoles nuestro compromiso con la preservación del medio ambiente.
- Manejar los residuos generales de las actividades realizadas, asegurando una adecuada eliminación ambiental.
- Velar por el cumplimiento de la normativa vigente y otros requisitos medioambientales para proteger el medio ambiente.
- La prevención de la contaminación en relación con las actividades de ACQUACHEM S.A.C, enfatizando la protección del medio ambiente, el uso eficiente de los recursos no renovables y la adaptación al cambio climático, así como la protección de las personas, la sociedad y el patrimonio material.

A continuación, en la Tabla 2 se resumen los principales aspectos e impactos ambientales, de acuerdo con lo registrado en la matriz interna de ACQUACHEM.

Tabla 2

Aspectos e *Impactos ambientales* en ACQUACHEM S.A.C.

| Área | Actividad / Servicio | Aspecto ambiental asociado | Impacto ambiental | Significancia |
|---------------------------|--|---|---|-----------------------------|
| Todas las áreas | Gestión, administración y control documental. Documentos insumo para servicios de la empresa | Generación de residuos aprovechables (papel, cartón, plástico, metal, vidrio etc.). | Generación de materias primas. Reducción de afectación al ambiente. | No Significativo (Positivo) |
| Todas las áreas | Generación de residuos orgánicos de frutas y otros alimentos. Actividades de oficina: papel contaminado. Aseo de instalaciones | Generación de residuos no aprovechables. | Sobrepresión del relleno sanitario | No Significativo |
| Laboratorio | Elaboración de reactivos químicos | Generación de residuos peligrosos | Reducción de la afectación al ambiente. Generación de materias primas. | No Significativo |
| Movilidad y despacho | Utilización de los carros de la Entidad, Mantenimiento, etc. | Generación de emisiones atmosféricas por fuentes móviles | Contaminación al recurso aire | No Significativo |
| Todas las áreas | Uso de los baños y demás lugares de las instalaciones que demanden el uso del recurso agua. | Consumos de agua | Agotamiento de los recursos naturales | No Significativo |
| Oficina/ Asesoría técnica | Uso del agua y luminarias. Uso de equipos electrónicos y de comunicaciones, uso de equipos de cómputo, Impresión y fotocopiado. | Consumo de energía eléctrica | Contaminación al recurso aire | No Significativo |

Nota. Tomado y adaptado de la página web VEEDURÍA DISTRITAL (2021). <https://www.veeduriadistrital.gov.co/sites/default/files/planeacion/PIGA%20VEEDURIA%20DISTRITAL%2016%20-%202020.docx>.

Capítulo II. Cargos y funciones desarrolladas como bachiller

En el presente capítulo se describirán los cargos desarrollados durante todo el tiempo de experiencia, jefes inmediatos en el área, responsabilidades generales y administrativas, y se brindara más detalles sobre el personal a cargo que se tuvo como bachiller en ingeniería química.

2.1 Contexto laboral

El bachiller en Ingeniería Química se ha desempeñado como especialista en el control químico del agua en sistemas de calentamiento y enfriamiento, realizando monitoreos periódicos a las plantas industriales como empresa contratista, siendo parte de un servicio de postventa de aditivos químicos distribuidos por la empresa de ACQUACHEM S.A.C. En dicha función es primordial conocer las características técnicas y las diferentes formas de protección de dichos productos químicos, para brindar un programa de tratamiento efectivo evitando riesgos potenciales en sus máquinas por causas químicas del agua. El bachiller realiza en las visitas técnicas análisis fisicoquímicos *in situ* a muestras tomadas en diferentes puntos de los sistemas, utilizando reactivos químicos y equipos de medición cuantitativa, así como también cualitativas. Finalmente, para realizar un correcto asesoramiento sobre los parámetros calculados, el bachiller debe entender también los diferentes tipos de sistemas de producción de vapor, intercambio de calor y enfriadores industriales de agua.

2.2 Descripción de cargos desarrollados dentro de la empresa

En los cargos mencionados a continuación se detallan las actividades que se desarrollaron en la empresa ACQUACHEM, que se encuentran en la versión 06 el manual de organización y funciones, 2023.

2.2.1 Asesor técnico

En los dos periodos de labor se realizó el cargo de asesor técnico como actividad principal, el cual está presente en el tercer nivel de jerarquía en la estructura funcional del área técnica.

Nombre del Puesto. Asesor técnico.

Área. Asesoría técnica.

Periodo 1. desde el 1 de marzo hasta el 2 de diciembre del 2018.

Periodo 2. desde el 2 de enero hasta el 31 de diciembre del 2020.

Misión Específica del puesto. Monitorear, controlar y coordinar los análisis químicos mediante las visitas técnicas.

Jefe Inmediato. Coordinador general.

Reporta además a. Gerente general.

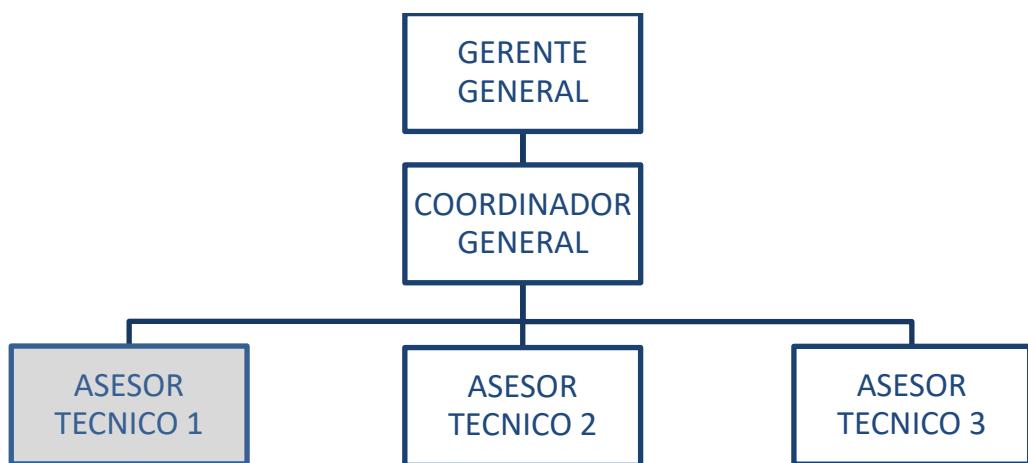
Mantiene contacto con. Gestor administrativo, supervisor SST y SIG.

Subordinados. Ninguno.

En la Figura 3 se detalla un panorama interno del área técnica de la empresa.

Figura 3

Estructura funcional del área técnica en ACQUACHEM S.A.C.



Nota. Elaboración propia sobre el área técnica de ACQUACHEM.

2.2.2 Supervisor de mantenimiento

Durante el segundo periodo de labores se desarrolló la función de supervisión de servicios de limpiezas químicas, que son un complemento del proceso de tratamiento de aguas en las industrias, estas limpiezas son un servicio adicional brindado por ACQUACHEM.

Nombre del Puesto. Supervisor de mantenimiento.

Área. Asesoría técnica.

Periodo. Desde el 1 de enero hasta el 31 de diciembre del 2021.

Misión Específica del puesto. Supervisar, controlar y coordinar los servicios de limpiezas químicas de equipos de tratamiento de aguas.

Jefe Inmediato. Gerente general.

Reporta además a. Coordinador general.

Mantiene contacto con. Gestor administrativo y supervisor SST y SIG.

Subordinados. Operarios.

2.3 Responsabilidades señaladas en el Manual de Organización y Funciones, ROF, TUPA, u otros documentos de la normatividad empresarial

Según el Manual de organización y funciones, versión 06, ACQUACHEM precisa las siguientes funciones y responsabilidades principales de los cargos mencionados.

2.3.1 Responsabilidades y funciones como asesor técnico

- Realizar un plan de trabajo mensual referencial, a inicios de cada mes, el cual está sujeto a modificación dependiendo de problemas presentados en algunas plantas.
- Contactarse con el Ingeniero a cargo de cada planta para consultar y confirmar el día a realizarse la visita técnica respectiva. Cada visita debe realizarse de 7 días para empresas grandes y de hasta 45 días en provincias fuera de Lima.
- Identificar los puntos de muestreo en el sistema de calderos y sistema de enfriamiento, estos puntos son conocidos por el operario de dicha planta.
- Adquirir las muestras de agua blanda, del tanque de alimentación, de la purga de la caldera, del manifold y del agua de retorno de condensado para el caso de calderos. Dicho muestreo debe realizarse con precaución para evitar quemaduras.
- Determinar la calidad de las muestras mediante el análisis químico de los siguientes parámetros: dureza (DT), alcalinidad (OH), cloruros (Cl-), sólidos totales disueltos (STD), pH, nivel de hierro, residual de productos químicos dosificados:

- Secuestrante de oxígeno (producto anticorrosivo a base de sulfito).
 - Inhibidor de incrustaciones (producto antiincrustante a base de polímeros).
 - Inhibidor de corrosión (producto anticorrosivo a base de nitrito y molibdato).
- Elaborar y entregar el reporte técnico al ingeniero encargado de cada planta; en el cual van plasmados los resultados obtenidos, observaciones y recomendaciones.
- Verificar el stock de productos químicos y cuantificar cuando sería la fecha del próximo pedido de éstos, lo cual ayuda al asesor a verificar el cumplimiento de la dosificación de los productos químicos vendidos.
- Brindar un eficiente servicio de calidad a los clientes, mediante la comunicación fluida y buen trato, lo cual nos diferencia de las demás empresas del mismo rubro, de esta manera se cumple con los requerimientos solicitados.

2.3.2 Responsabilidades y funciones como supervisor de mantenimiento

- Gestionar el pedido de la cantidad de insumos y revisar los materiales a usar con un mínimo de 3 días de anticipación.
- Utilizar con los implementos EPP'S de seguridad como son: uniforme establecido por ACQUACHEM, lentes, guantes, respiradores, zapatos y casco de seguridad.
- Tener conocimiento de las hojas de seguridad MSDS de los productos químicos a emplear y tener impreso las hojas de seguridad, procedimientos e IPERC.
- Instruir al personal a cargo en una charla de seguridad de 5 minutos en el área, explicando los procedimientos, peligros y cuidados asociados al servicio a realizar.
- Identificar los puntos de instalación, conocidos por encargado del área, de las mangueras o válvulas en el equipo a realizar la limpieza química.
- Dirigir las acciones a realizar en el trabajo al personal a cargo, identificando inicialmente los puntos de instalación de las mangueras o válvulas.
- Realizar el monitoreo continuo de los parámetros de pH, nivel de hierro y la presión del manómetro de la estación de limpieza química.
- Comunicar al supervisor del área en caso se observe un acto o condición insegura.

- Disponer el agua usada en el trabajo de limpieza de manera responsable y que su disposición final no sea perjudicial al medio ambiente, avisando al personal del área sobre su modalidad de disposición de ésta.
- Realizar y enviar al ingeniero encargado del servicio el informe técnico de limpieza después de realizado el mantenimiento, detallando los parámetros, observaciones y recomendaciones encontradas.

2.4 Personal a su cargo y sus responsabilidades

Durante los trabajos de limpiezas químicas, servicio que se realizaba sólo de acuerdo a la disponibilidad y necesidad del cliente, el bachiller en ingeniería química tuvo personal a cargo. Según el tipo de servicio a realizar y el tamaño del equipo industrial en cuestión, se estimaba el apoyo de 1 a 3 personas, donde en la mayoría de casos se tuvo a 2 personas a cargo.

2.4.1 Responsabilidades y funciones del operario

- Tener conocimiento del procedimiento general de limpieza química, las hojas de seguridad de los productos químicos y el manejo correcto de los equipos a emplear.
- Participar en las charlas y/o capacitaciones generales de la empresa para conocer y analizar el correcto procedimiento de limpieza química.
- Utilizar adecuadamente los elementos de protección personal, EPP'S, antes de ingresar a su puesto de trabajo y contribuir con el cuidado de éstos.
- Ejecutar las operaciones asignadas por su jefe inmediato.
- Identificar e informar de inmediato al supervisor de mantenimiento de ACQUACHEM sobre los imprevistos encontrados durante el trabajo.
- Suplir al personal con cargos similares por períodos cortos de trabajo, para garantizar la continuidad del proceso de limpieza química.
- Conservar el puesto de trabajo en condiciones adecuadas de orden, limpieza y mantener los materiales y equipos utilizados en buenas condiciones. De no ser el caso, notificar a su jefe inmediato para su pronta solución.

- Colaborar con la correcta limpieza del área de trabajo al cierre del mantenimiento, así como de guardar todos los materiales de trabajo en sus respectivos maletines.
- Cumplir con las políticas, reglamentos e instrucciones de seguridad y salud en el trabajo establecido.

2.5 Función ejecutiva y/o administrativa

Durante el primer periodo laborado en ACQUACHEM se realizaron diversas funciones administrativas ya que el cargo de coordinador general estaba en proceso de implementación.

2.5.1 Principales funciones ejecutivas y administrativas como asesor técnico

- Verificar que los planes de trabajo estén siempre actualizados y al detalle, con la descripción de cada tarea realizada por cada asesor en el transcurso de cada semana.
- Determinar la asignación de tareas, expedición de informes y archivado de reportes técnicos optimizando la eficiencia de cada visita a planta.
- Elaborar un plan de contingencia en el caso de que haya algún cambio en el plan de trabajo, teniendo en cuenta las prioridades de la empresa.
- Programar las actividades adicionales como mantenimientos, inspecciones, limpiezas químicas, en coordinación anticipada con el área administrativa.
- Enviar los correos de carácter técnico al ingeniero de la planta mediante los informes realizados por otros asesores técnicos.
- Mantener actualizada la información del área de asesoría técnica, como procedimientos, documentos y formatos; tanto física como virtualmente.
- Presentar un informe trimestral al coordinador y gerencia general, respecto a las labores realizadas.
- Velar por el cuidado y la correcta utilización de los equipos de medición mediante charlas y procedimientos de calibración de colorímetros, pH-metro, analizador de gases, pocket's colorimétricos y conductímetros.

- Capacitar al asesor técnico nuevo en la descripción de las funciones que tendrá a su cargo y brindar todas las indicaciones necesarias para las visitas técnicas.
- Entrevistar y elaborar un examen a postulantes de asesoría técnica, como parte del primer filtro de selección.

2.6 Cronograma de actividades realizadas como bachiller

A continuación, en la Tabla 3 se detallarán las actividades realizadas durante los diferentes períodos de labor de toda la experiencia profesional adquirida por el bachiller en ingeniería química desarrolladas en orden cronológico.

Tabla 3

Actividades técnicas desarrolladas por el bachiller

| Empresa / Ocupación | Trabajo desarrollado | Periodo | | Tiempo |
|--|--|----------------------|--------------------------|-----------------|
| | | Desde | Hasta | |
| ACQUACHEM / Asesoría técnica | Control del tratamiento químico del agua en sistemas de calentamiento (calderas) y enfriamiento (chillers y torres) de diversas plantas de diferentes rubros, mediante análisis fisicoquímicos por titulación y medición colorimétrica del residual del aditivo anticorrosivo y antiincrustante. | 01 de marzo del 2018 | 02 de diciembre del 2018 | 9 meses y 1 día |
| ENVIROCLEAN / Supervisor de saneamiento | Supervisión de servicios de sanitización y desinfección de reservorios de agua, tanques sépticos y trampas de grasa buscando mejorar la productividad y metodología. Inspecciones de saneamiento y control de plagas en campamentos mineros, plantas y empresas privadas de acuerdo a las disposiciones operativas impartidas por el cliente. | 21 de mayo del 2019 | 21 de octubre del 2019 | 5 meses |

| Empresa / Ocupación | Trabajo desarrollado | Periodo | | Tiempo |
|---------------------|---|----------------------|--------------------------|------------------|
| | | Desde | Hasta | |
| ACQUACHEM SAC | Asesor técnico Ahorro energético de sistemas generadores de vapor (calderas) mediante el análisis de parámetros de calidad de agua de las muestras tomadas <i>in situ</i> , optimizando el uso del agua y evitando la disminución de transferencia de calor agua-metal de máquinas. | 02 de enero del 2020 | 31 de diciembre del 2020 | 12 meses |
| | Supervisor de mantenimiento Seguimiento de parámetros medidos en las limpiezas químicas de sistemas de enfriamiento para evitar el aumento del nivel de hierro total y corrosión en los enfriadores. Supervisión en mantenimientos de equipos de tratamiento de agua, tales como calderas, enfriadores de agua, intercambiadores de calor, equipos de osmosis inversa y ablandadores. | 01 de enero del 2021 | 31 de diciembre del 2021 | 12 meses |
| | Asesor técnico Asesoría integral en sistemas de tratamiento de agua visitando plantas de diversos rubros, mediante análisis por titulación y colorimetría del residual del aditivo utilizado en equipos de calentamiento y enfriamiento. Capacitación del personal operario o ingresante sobre los procedimientos de medición de los reactivos y equipos a usar. | 27 de junio del 2022 | 31 de octubre del 2022 | 4 meses y 4 días |
| | | Total | 3 años y 6 meses | |

Nota. Elaboración propia de las actividades realizadas. El tiempo de experiencia contado en el 2018 es de acuerdo a la fecha de expedición del grado de bachiller.

Capítulo III. Desarrollo de la actividad técnica y aplicación profesional

3.1 Contexto laboral en el área de trabajo

Durante los 3 años de experiencia en la empresa ACQUACHEM se realizó siempre un mismo procedimiento de trabajo, el cual era el análisis fisicoquímico de los parámetros de agua de los sistemas caldera y enfriador de agua, realizadas en las visitas técnicas a la diversa cartera de clientes asignada al bachiller. Dichos monitoreos tenían un mismo procedimiento de trabajo del cual se detallarán los tiempos de cada actividad ejecutada desde el ingreso hasta la salida de las plantas.

3.1.1 Labores y tareas relacionadas con el tema específico a desarrollar

A continuación, en la Tabla 4 se describen las etapas normalmente habituales de una visita técnica realizada por el bachiller.

Tabla 4

Cuadro de actividades diarias como asesor técnico

| Nº | Actividades | Hora de Inicio | Lead time (minutos) | Hora de Fin |
|----|---|----------------|---------------------|-------------|
| 1 | Anuncio en garita y autorización de ingreso | 8:15 | 15 | 8:30 |
| 2 | Ingreso al área de la caldera o enfriador | 8:30 | 8 | 8:38 |
| 3 | Coordinar los puntos de muestreo disponibles | 8:38 | 7 | 8:45 |
| 4 | Llenado y firma de permisos de trabajo | 8:38 | 15 | 8:53 |
| 5 | Realizar rotulado y listar materiales para análisis | 8:53 | 5 | 8:58 |
| 6 | Toma de datos de presión, temperatura y stock | 8:58 | 10 | 9:08 |
| 7 | Toma de muestra por parte del operador/ asesor | 8:53 | 20 | 9:13 |
| 8 | Acondicionamiento para análisis muestras calientes | 9:13 | 8 | 9:21 |
| 9 | Ánálisis químicos instrumentales y de sulfitos | 9:21 | 30 | 9:51 |
| 10 | Ánálisis fisicoquímicos volumétricos | 9:13 | 50 | 10:03 |
| 11 | Interpretación de datos fisicoquímicos hallados | 10:03 | 15 | 10:18 |
| 12 | Llenado de reporte de visita técnica | 10:18 | 25 | 10:43 |
| 13 | Exponer las observaciones al Ing. encargado | 10:43 | 30 | 11:13 |
| 14 | Salida del área y entrega del permiso de trabajo | 11:13 | 8 | 11:21 |

Nota. Elaboración propia de acuerdo a la hora de ingreso diario de trabajo.

En los métodos PERT, los tiempos de las actividades se toman como una variable eventual procedente de una disposición de probabilidades y se estima mediante la siguiente formula: $T.E. = (O + (4 \times M) + P) / 6$. En donde (T.E.) es el tiempo esperado, (M) es el tiempo más probable, (P) es el tiempo pesimista y (O) es el tiempo optimista (Krajewski et al., 2008, p. 93).

Krajewski et al., (2008) menciona que para la elaboración del diagrama PERT es necesario definir las relaciones de precedencia, el cual establece el orden en el que deben realizarse las actividades, especificando que una actividad no podrá iniciar mientras que otra no haya sido culminada. A su vez se realiza de acuerdo al método de actividades en los nodos, conocidas por las siglas AEN.

A continuación, en la Tabla 5 se definen las actividades predecesoras y tiempo esperado calculado.

Tabla 5
Identificación de nodos y relación de precedencia

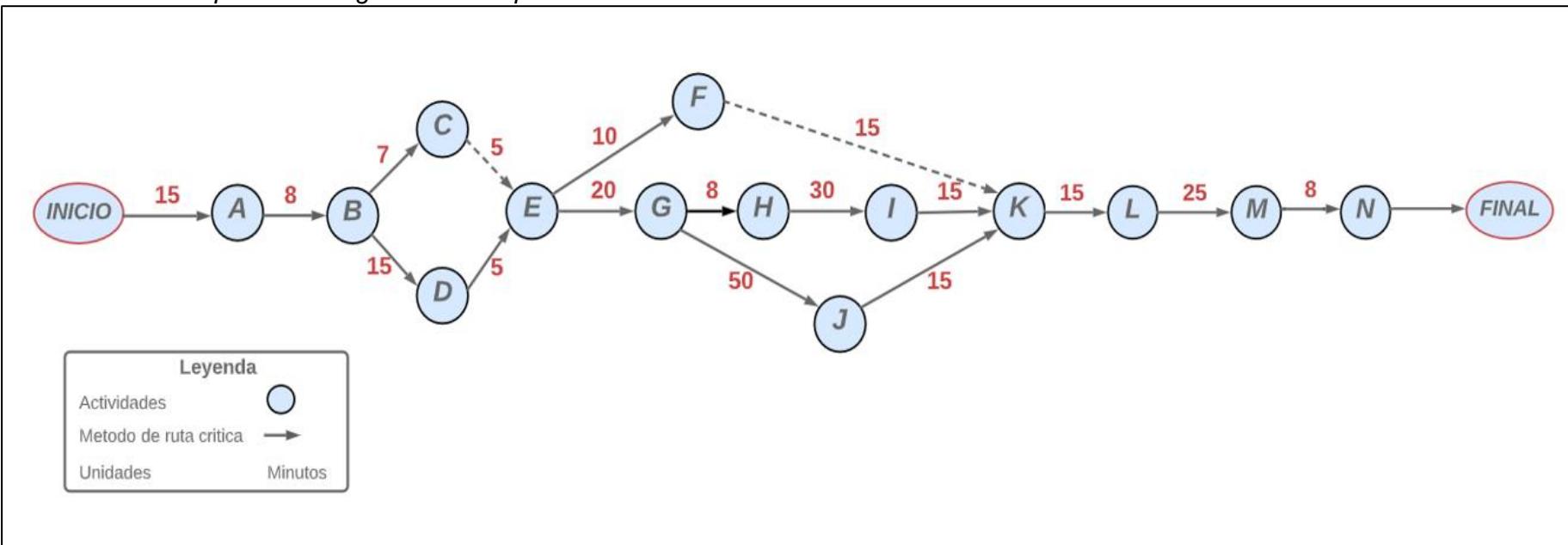
| Nº | Actividades | Nombre | Predecesor | Duración (minutos) |
|----|--|--------|------------|--------------------|
| 1 | Anuncio en garita y autorización de ingreso | A | - | 15 |
| 2 | Ingreso al área de la caldera o enfriador | B | A | 8 |
| 3 | Coordinar los puntos de muestreo disponibles | C | B | 7 |
| 4 | Llenado y firma de permisos de trabajo | D | B | 15 |
| 5 | Realizar rotulado y alistar materiales para análisis | E | C, D | 5 |
| 6 | Toma de datos de presión, temperatura y stock | F | E | 10 |
| 7 | Toma de muestra por parte del operador/ asesor | G | E | 20 |
| 8 | Acondicionamiento para análisis muestras calientes | H | G | 8 |
| 9 | Ánalysis químicos instrumentales y de sulfitos | I | H | 30 |
| 10 | Ánalysis fisicoquímicos volumétricos | J | G | 50 |
| 11 | Interpretación de datos fisicoquímicos hallados | K | F, I, J | 15 |
| 12 | Llenado de reporte de visita técnica | L | K | 25 |
| 13 | Exponer las observaciones al Ing. encargado | M | L | 30 |
| 14 | Salida del área y entrega del permiso de trabajo | N | M | 8 |

Nota. Elaboración propia, necesaria para llegar a comprender el gráfico PERT.

Finalmente, en la Figura 4 se muestra el PERT de la actividad más recurrente realizada por el bachiller durante su periodo de experiencia en la empresa ACQUACHEM.

Figura 4

PERT del análisis químico del agua realizado por el bachiller



Nota. Consultar la tabla 5 para comprender las actividades de los nodos. Elaboración propia usando la herramienta web Lucidchart (2023). Fuente: <https://www.lucidchart.com/pages/es/ejemplos/diagrama-de-pert-online>.

3.1.2 Conocimientos técnicos de su especialidad requeridos para el cumplimiento de sus funciones

En la Tabla 6 se expondrán los conceptos teóricos aprendidos en la especialidad.

Tabla 6

Conocimientos de la especialidad requeridos por el bachiller

| Nombre del curso | Código / Ciclo | Aplicaciones realizadas |
|---|--------------------|--|
| Análisis químico | QU518 | ✓ Análisis fisicoquímicos de muestras de agua mediante aplicación de titulación volumétrica. |
| | 5to ciclo | ✓ Interpretación de las reacciones químicas para resolver problemas técnicos de los procesos |
| Balance de materia y energía | PI111 | ✓ Comprensión de los procesos que presentan corrientes de recirculación, <i>by-pass</i> y purgas. |
| | 5to ciclo | ✓ Elaboración de “balance de masa” presentados en los informes técnicos a los clientes. |
| Termodinámica para ingeniería química I | QU427 | ✓ Comprensión de la energía en procesos de bombeo. |
| | 6to ciclo | ✓ Conocimiento del funcionamiento de plantas de potencia, sistemas de refrigeración y calentamiento. |
| Introducción a los procesos químicos | PI318 7mo ciclo | ✓ Definiciones del proceso de ablandamiento, purificación del agua y tratamiento de aguas residuales. |
| Operaciones de la ingeniería química | PI146 8vo ciclo | ✓ Comprensión de los sistemas de transporte sólido-líquido, analizando las líneas de tuberías, así como la caída de presión y el comportamiento del flujo. |
| Polímeros I | PI365 8vo ciclo | ✓ Familiarización de las características fisicoquímicas del polímero y su uso en los tratamientos de agua industrial. |
| Transferencia de calor | PI143 | ✓ Interpretar la conducción unidimensional de calor en estado estacionario de las maquinas |
| | 8vo ciclo | ✓ Realizar el balance de energía de los diferentes diseños de equipo de los evaporadores. |
| Laboratorio de operaciones unitarias I | PI135 | ✓ Manejar sistemas de bombeo para la operación de transporte de líquidos en las limpiezas químicas. |
| | 9no ciclo | ✓ Analizar variables de balance de masa en torres. |
| Seguridad en procesos químicos industriales | PI555 | ✓ Elaboración de matrices IPERC, SST y MIAA. |
| | 9no ciclo | ✓ Realizar una estrategia de procedimiento de trabajo segura mediante el análisis de riesgos AST. |

| Nombre del curso | Código / Ciclo | Aplicaciones realizadas |
|---------------------------------------|---------------------|---|
| Diseño de plantas | PI525 10mo ciclo | ✓ Dimensionar y estimar el tamaño de ablandadores para satisfacer los requerimientos de agua blanda en los sistemas de calderas y torres. |
| Corrosión I | PI515 Electivo | ✓ Selección del método más adecuado de monitoreo de la velocidad de corrosión mediante cupones. ✓ Aplicar técnicas de prevención de la corrosión mediante aditivos químicos. |
| Tratamiento de efluentes industriales | PI826 Electivo | ✓ Capacitación en el tratamiento de agua en los procesos industriales, tales como precipitación, intercambio iónico, ósmosis inversa, entre otros. |

Nota. Los cursos y códigos pertenecen al plan de estudios correspondiente al año 2018.

3.1.3 Participación en unidades o grupos de seguridad

Durante los años 2018 y 2020, el bachiller participó dentro de la comisión de seguridad de la empresa como brigadista de primeros auxilios.

A continuación, en la Figura 5 se plasma un plan de seguridad realizado.

Figura 5

Plan de contingencia de ACQUACHEM S.A.C.

**PLAN DE CONTINGENCIA EN
CASO DE SISMO – INCENDIOS
– ACCIDENTES LABORALES**

2020

ACQUACHEM SAC

| | | |
|----------------------------------|----------------------------------|---|
| Elaborado por: ASESOR TÉCNICO | Revisado por: GERENTE GENERAL | Aprobado por: SUPERVISOR DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO |
| JOEL CRUZ CONTRERAS | CARMEN VEGA PALOMINO | WALTER PAOLO GARCIA JULIÁN |
| Firma | Firma | Firma |

Nota. Tomado del formato PC-ACQUA-001, revisión 03, del área de SST, 2020.

En el año 2020, se elaboraron matrices IPERC y MIAA para poder ingresar a las instalaciones de un cliente del rubro de plásticos. En esta implementación se tuvo la participación de las áreas de gerencia, administración y asesoría técnica.

A continuación, en la Figura 6 se evidencia una parte recortada de una matriz resumen realizada.

Figura 6

Matriz de identificación de impactos y aspectos ambientales, MIAA

| AcquaChem S.A.C. Tecnología de Agua y Petróleo | | SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL | | | | | | | |
|---|--|---|---|---------|-----------|---|-------------------------|----------|--|
| | | MATRIZ RESUMEN DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS | | | | | | | |
| | | MATRIZ RESUMEN DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN | | | | | | | |
| SEDE: | ACQUACHEM OFICINAS - | | | | | | FECHA Y N° DE REVISIÓN: | | |
| PROCESO: | RUTINA DEL ASESOR TÉCNICO | | | | | | ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN: | | |
| SUBPROCESO: | TIENDA DE OFICINAS- TRANSLADO DEL ASESOR A | | | | | | LÍDER DEL PROCESO: | | |
| Identificación del Aspecto Ambiental (AA) | | | | | | | | | |
| Actividad | Etapa del ciclo de vida | Puesto de Trabajo | Aspecto Ambiental (Elementos) | Control | Oper. | Impacto Ambiental | Tipo | Efecto | |
| RECOLECCIÓN DE MUESTRAS ANÁLISIS DE MUESTRAS DE AGUA | USO | ASESOR TÉCNICO | CONSUMO DE AGUA | DIRECTO | RUTINARIA | AGOTAMIENTO DEL RECURSO AGUA | REVERSIBLE | NEGATIVO | |
| | | | CONSUMO DE REACTIVOS QUÍMICOS | DIRECTO | RUTINARIA | CONTAMINACIÓN DEL AGUA | REVERSIBLE | NEGATIVO | |
| | | | GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS (EMPAQUES, PLÁSTICOS) | DIRECTO | RUTINARIA | AGOTAMIENTO DE LA VIDA ÚTIL DEL RELEÑO SANITARIO | IRREVERSIBLE | NEGATIVO | |
| | | | CONSUMO DE BATERIAS USADAS POR LOS EQUIPOS COMO POTENCIÓMETRO, COLORÍMETRO, POCKET, CONDUCTÍMETROS. | DIRECTO | RUTINARIA | CONTAMINACIÓN DEL AGUA | REVERSIBLE | NEGATIVO | |
| | | | CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA | DIRECTO | RUTINARIA | AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES | REVERSIBLE | NEGATIVO | |
| | | | CONSUMO DE PAPEL | DIRECTO | RUTINARIA | AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES | REVERSIBLE | NEGATIVO | |
| | | | CONSUMO DE EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL | DIRECTO | RUTINARIA | AGOTAMIENTO DE LA VIDA ÚTIL DEL RELEÑO SANITARIO | IRREVERSIBLE | NEGATIVO | |
| ELABORACIÓN DE INFORME TÉCNICO DE ANÁLISIS DE AGUA | USO | ASESOR TÉCNICO | CONSUMO DE PAPEL | DIRECTO | RUTINARIA | AGOTAMIENTO DE RECURSOS NATURALES | REVERSIBLE | NEGATIVO | |
| ELABORADO POR: ASESOR TÉCNICO | | | | | | APROBADO POR: | | | |
|  | | | | | |  | | | |
| JOEL CRUZ CONTRERAS | | | | | | CARMEN VARGAS | | | |

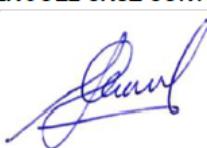
Nota. Tomado del formato ACQUA-SST-MIAA01 del área de asesoría técnica, 2020.

Durante ese mismo año, el bachiller elaboró la matriz IPERC para uno de los clientes más importantes de ACQUACHEM, perteneciente al rubro de plásticos PET. En esta implementación se tuvo la participación de las áreas de gerencia, administración, logística y asesoría técnica.

En la Figura 7 se evidencia una parte de la matriz de identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles realizada.

Figura 7

Matriz IPERC versión 04 de ACQUACHEM S.A.C.

| AcquaChem S.A.C. Tratamiento de Agua y Petroleo | | | | MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS, | | | |
|---|-------------------------------------|---|-------------------|---|------------|--|----------------|
| I-DATOS GENERALES DE LA EMPRESA | | | | | | | |
| 1.-RAZÓN SOCIAL O DENOMINACIÓN SOCIAL | | | | | | ACQUACHEM SAC | |
| 2.-ÁREA | | | | | | ASESORÍA TÉCNICA | |
| 3.-PROCESO | | | | | | LIMPIEZA QUÍMICA -MONITOREO DE AGUA | |
| 4.-ACTIVIDAD O TAREA | | | | | | COMERCIALIZACIÓN DE PRODUCTOS QUÍMICOS P | |
| N | LUGAR DONDE SE REALIZA LA ACTIVIDAD | ACTIVIDAD | TIPO DE ACTIVIDAD | PELIGRO | RIESGO | A QUIEN O QUE AFECTA EL RIESGO | F |
| | | | NO RUTINARIA | RUTINARIA | EMERGENCIA | | |
| 20 | PLANTA CLIENTE | ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA | X | FUENTE RUIDO | DE | Exposición al ruido: Dolor de cabeza, perdida paulatina de la audición. | ASESOR TÉCNICO |
| 21 | PLANTA CLIENTE | ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA | X | FALTA ILUMINACIÓN | DE | Dolor de la vista ,cabeza, fatiga visual. | ASESOR TÉCNICO |
| 22 | PLANTA CLIENTE | ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE AGUA | X | FUENTE CALOR | DE | Sofocacion, desmayos, deshidratacion | ASESOR TÉCNICO |
| 23 | PLANTA CLIENTE | MONITOREO Y ANALISIS DE LAS MUESTRAS DEL AGUA | X | POSTURA INADECUADA | | Mala postura al realizar los análisis produce lesión del músculo esquelético, fatiga muscular. | ASESOR TÉCNICO |
| 24 | PLANTA CLIENTE | MONITOREO Y ANALISIS DE LAS MUESTRAS DEL AGUA | X | REACTIVOS QUÍMICOS | | Derrame del reactivo químico | ASESOR TÉCNICO |
| 25 | PLANTA CLIENTE | MONITOREO Y ANALISIS DE LAS MUESTRAS DEL AGUA | X | REACTIVOS QUÍMICOS | | Irritacion, inflamacion de la piel. | ASESOR TÉCNICO |
| 26 | PLANTA CLIENTE | MONITOREO Y ANALISIS DE LAS MUESTRAS DEL AGUA | X | EQUIPOS DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL | DE | Golpes ,cortes | ASESOR TÉCNICO |
| 27 | PLANTA CLIENTE | MONITOREO Y ANALISIS DE LAS MUESTRAS DEL AGUA | X | PASTILLAS DE ANÁLISIS INSTRUMENTAL | DE | Contacto con los ojos, piel, ingestion. | ASESOR TÉCNICO |
| 28 | PLANTA CLIENTE | MONITOREO Y ANALISIS DE LAS MUESTRAS DEL AGUA | X | REACTIVOS QUÍMICOS ACQUACHEM | | Salpicaduras a la piel ,ojos o inhalación | ASESOR TÉCNICO |
| 29 | PLANTA CLIENTE | MONITOREO Y ANALISIS DE LAS MUESTRAS DEL AGUA | X | DESECHOS DE MUESTRAS DE AGUA REACTIVOS QUÍMICOS | DE | Salpicaduras a la piel ,ojos o inhalación | ASESOR TÉCNICO |
| Elaborado por: ASESOR TÉCNICO | | | | Aprobado por: GERENTE TÉCNICO | | | |
| JOGER JOEL CRUZ CONTRERAS | | | | CARMEN VEGA PALOMA | | | |
|  | | | |  | | | |
| Firma | | | | Firma | | | |

Nota. Tomado del formato ACQCH-SST-MT01 del área de asesoría técnica, 2020.

3.2 Hechos relevantes de las actividades técnicas

Para el presente informe se precisarán las 2 actividades más importantes desarrolladas por el bachiller que explican la importancia de la ingeniería química.

- ❖ **Actividad 1.** Monitoreo del agua para lograr un ahorro energético en calderas.
- ❖ **Actividad 2.** Control de la eficiencia del inhibidor de corrosión en enfriadores.

3.2.1 Realidad problemática de las actividades

La corrosión por picadura o *pitting* en los generadores de vapor es causada por el oxígeno, siendo ésta una de las principales causas del daño de los tubos internos, ya que generan paradas no previstas obligatorias. Este gas disuelto en el agua no se puede eliminar. A su vez, en algunos casos esta corrosión localizada también se puede producir bajo los sedimentos adheridos al metal, reduciendo el tiempo de vida útil y por consiguiente aumentando el precio de mantenimiento de la caldera. (García & Castro, 2009).

Uno de los problemas más comunes que ocurre en los sistemas generadores de vapor es la incrustación de carbonatos de calcio y magnesio que se encuentran en el agua fuente, debido a un mal acondicionamiento del agua o inconvenientes en sus mantenimientos correctivos. Este caliche formado crea una capa que aísla el contacto entre el metal y el agua, reduciendo su intercambio de calor. A su vez, una alta incrustación en el sistema puede provocar la formación de lodos o una obstrucción de sus válvulas de seguridad, pudiendo ocasionar siniestros dañando a la salud de los operarios.

Muchas aplicaciones en la industria consumen el vapor de manera indirecta mediante el uso de serpentines de calentamiento, recuperando los condensados provenientes de sus procesos productivos. En este contexto, los condensados intermitentes o las contaminaciones no deseadas pueden llegar a ensuciar las líneas de recuperación que posteriormente van dirigidos al tanque de alimentación de agua. Estas impurezas arrastradas no son percibidas debido a la ausencia de equipos de medición adecuados y la falta de capacitación del personal involucrado (Mariños et al., 2017).

En el mundo moderno, ante el continuo crecimiento de las plantas industriales, es habitual el aumento de uso de los recursos naturales no renovables. En ese sentido, ante la gran cantidad de los generadores de vapor presente en las industrias; la falta y desconocimiento de un régimen adecuado del control de estos equipos puede elevar uso del agua, electricidad y combustibles fósiles, generando a su vez más contaminantes al medio ambiente, ya que se aumentarían las emisiones provenientes de la quema del combustible utilizado (Samaniego, 2020).

Un enfriador de agua industrial es un equipo de enfriamiento cerrado que pierde una mínima cantidad de agua por evaporación, por lo que el agua recircula continuamente en toda la línea. Esto puede generar una corrosión interna en el sistema debido al contacto prolongado del agua de carácter neutro o ácido con el metal, produciendo picaduras y fatiga del material. Este desgaste disminuye drásticamente la vida útil de la bomba e intercambiador (Almeraya et al., 2000)

A principios del siglo XX el uso del enfriador empezó a tener un gran impacto en la industria. Sin embargo, los procesos de importación y mantenimiento de estos equipos son lentos y costosos, debido a que funcionan con refrigerantes gaseosos. En ese sentido, la mala operación de estos equipos puede generar fugas de estos elementos tóxicos al medio ambiente, dañando la capa de ozono y ocasionando un aumento del calentamiento global (Almendariz & Lara, 2014).

Las empresas pueden tener varios enfriadores operando a la vez y no necesariamente se cuenta con un operador a cargo para cada máquina. Bajo este contexto, existen malos hábitos por parte del personal y empresas contratistas, ya que se realizan cambios de agua innecesarios a pesar de no contar con un nivel alto de hierro total en el sistema. Por lo que, se desperdician equivocadamente grandes cantidades de agua que son evacuadas al desagüe, además, se pierde también el producto químico protector que puede haber sido dosificado.

3.2.2 Definición del problema general y secundarios

De lo expuesto anteriormente se formula: ¿Cómo es posible lograr un ahorro energético en equipos de calentamiento y enfriamiento de agua como caldera y enfriadores respectivamente?

Problemas secundarios

¿De qué manera se puede prevenir la corrosión por picadura y la incrustación sobre los tubos internos de una caldera?

¿Cuáles son las formas de evitar la sobresaturación de sales y el arrastre de sólidos en una caldera pirotubular?

¿Cómo se puede evidenciar las contaminaciones en los retornos de agua de los equipos caldera y enfriador de agua?

¿Qué se debe hacer para corregir el manejo inadecuado del agua en los enfriadores por parte del operador a cargo?

¿De qué manera se puede controlar el incremento de la corrosión interna del circuito de agua de un enfriador?

3.2.3 Justificación e importancia

Una de las preocupaciones más importantes en el mundo es el uso desenfrenado de recursos naturales no renovables. En tal contexto, los equipos generadores de vapor y enfriadores de agua son equipos susceptibles a fallas por causa química del agua, tales como incrustación y corrosión, generando formaciones sólidas de sarro y óxido en las superficies internas de los equipos en donde tiene contacto el agua, así como también, se puede generar picaduras sobre los tubos de una caldera o sobrecaleamientos de estos. Estos problemas causan una reducción en la transferencia de calor que puede elevar el uso del agua industrial, electricidad y combustibles, generando a su vez más contaminantes al medio ambiente. Debido a estos problemas, se justifica el presente trabajo para poder alcanzar un ahorro energético en los sistemas. Por ello, es importante realizar un control de un régimen adecuado de parámetros fisicoquímicos del agua.

3.2.4 Antecedentes nacionales e internacionales de las actividades

Ramírez y Tovar (2020) en su tesis titulada “Desarrollo de una propuesta para el tratamiento del agua empleada en el sistema de refrigeración de la empresa IBERPLAST S.A.S” ejecutaron una caracterización de variables críticas del agua en puntos específicos del muestreo donde se sobrepasan los límites establecidos por la empresa. Se evaluaron los parámetros de mayor influencia como lo son: dureza, pH, conductividad, turbidez y nivel de hierro; en donde la metodología aplicada fue ensayos de recipientes con agua. Finalmente plantearon como tratamiento principal la filtración y aplicación de agentes coagulantes para disminuir las variables de nivel de hierro y turbidez.

Palacios (2016) en su tesis titulada “Auditoría energética de la caldera y de las líneas de distribución de vapor en las lavanderías del hospital Carlos Andrade Marín” precisan que, ante una mala operación de alguno de los tres subsistemas en un sistema de calentamiento, el funcionamiento de todo el sistema de vapor será afectado. En ese sentido, realizó un estudio, identificación y evaluación sobre la reparación de las fugas de energía en el retorno de condensados, así como la operatividad de trampas de vapor. Finalmente declaró que la recuperación de vapor al tanque de agua de alimentación representa un ahorro energético considerable, correspondiente al 64,6 % del precio total por año invertido por el hospital.

Marca y Humpiri (2021) en su tesis titulada “Mejoramiento de la seguridad mediante un sistema de control y monitoreo para la caldera pirotubular de 12 BHP de la Universidad José Carlos Mariátegui, 2018” detectaron que no se realizaba un control interno en el caldero de una universidad, posibilitando la presencia de fallas que originen paradas no deseadas, ya que carecen de instrumentos de control para medir y manejar su operación. Recopilaron información en textos, foros, entre otros; midiendo la influencia de variables tales como la presión, presencia de oxígeno, dureza y nivel de agua. Finalmente, elaboraron una guía de procedimientos adecuados para evitar la corrosión, incrustación o paradas inesperadas.

Ramos (2020) en su tesis titulada “Instalación y evaluación energética de un chiller para el enfriamiento de una máquina sopladora automática de botellas PET” evaluó algunos parámetros del sistema de control del climatizador. Ensayaron el grado de enfriamiento con un aumento gradual en la producción de una sopladora utilizando una metodología según la norma VDI 2221, comprobando que la capacidad energética de enfriamiento de un enfriador es el doble que una torre de refrigeración. Finalmente se verificó que, una buena supervisión, asesoramiento y capacitación a operadores sobre la correcta operación de un enfriador produce un aumento en la producción de 1500 a 3500 botellas por hora.

Moreno y Rubio (2013) en su exposición de conferencia titulada “Nuevas tecnologías en calderas y eficiencia energética” afirmaron que la formación de sarro en una caldera puede ser producto de la sedimentación de sales que ingresan en el agua no controlada. Estas incrustaciones crean una capa aislante entre los tubos y el agua, reduciendo la conductividad calorífica de las paredes. Por lo que se requerirán temperaturas más altas y mayor cantidad de combustible para generar la misma transferencia de calor. Esto generará más gases de combustión en el ambiente que repercute en el calentamiento global. Finalmente declararon que es muy importante controlar la formación de sarros y lodos dentro de una caldera.

3.2.5 Objetivos de uso de las técnicas propuestas

Objetivo general

Ejecutar un eficiente control en el tratamiento químico del agua en una caldera y en un enfriador.

Objetivos secundarios

Controlar los parámetros fisicoquímicos del agua como la dureza y los residuales de los aditivos químicos protectores de una caldera.

Mantener un control interno de las purgas y de los sólidos totales disueltos en el tanque de alimentación, caldera y manifold.

Monitorear la conductividad y pH de todos los puntos de muestra de agua que retornan de los procesos.

Realizar capacitaciones al personal y supervisar el manejo operativo del enfriador de agua industrial.

Verificar la concentración del aditivo químico anticorrosivo y nivel de hierro del agua en un enfriador de agua.

3.3 Marco conceptual y teórico de los conocimientos técnicos requeridos

En este punto se describirán las definiciones y generalidades de los sistemas de calentamiento, de enfriamiento, las bases teóricas de la naturaleza del agua y los tipos de tratamientos químicos realizados por el bachiller en ingeniería química.

3.3.1 Química del agua

El agua presenta características físicas, químicas y biológicas; de las cuales, las variables fisicoquímicas son de gran importancia para la estimación de la calidad del agua.

Según Acevedo et al. (2016), los parámetros más determinantes en el agua son:

Dureza total. La dureza total es la suma de las cantidades de iones de carga +1 y +2 presentes en el agua, entre las cuales se encuentran el calcio, magnesio, bario, estroncio y hierro. Estos iones contribuyen a la formación de sales como el caliche.

Alcalinidad. Representan la cantidad de carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos y fosfatos en el agua. Este parámetro indica el carácter incrustante o corrosivo que pueda tener el agua y se expresa como mg/L de carbonato de calcio.

Cloruros. Es el conjunto de sales del anión cloro presentes en aguas naturales, llegando a valores de hasta 20000 ppm en el caso de aguas salobres cercanas al mar. Este parámetro se utiliza en el cálculo de los ciclos de concentración en una caldera.

Solidos totales disueltos (STD). Es la suma total de todas las impurezas que se encuentran disueltas en el agua, las cuales no pueden ser retenidas por tratamientos físicos, tales como: carbonatos, bicarbonatos, cloruros, hidróxidos,

sulfatos, sílice, entre otros. Tiene una relación de estimación con la conductividad térmica.

Conductividad. Es una medida del potencial de conducción de la electricidad de una solución o muestra acuosa, esta varía de acuerdo con la cantidad de iones totales. Su valor se determina con un equipo conductimétrico en unidades de $\mu\text{S}/\text{cm}$.

pH. El potencial de hidrógeno indica si el agua presenta características ácidas o alcalinas, causantes de la corrosión o formación de depósitos respectivamente. Esta variable se mide con instrumentos electrónicos como potenciómetros o pHmetros.

Hierro. Este parámetro permite estimar si una muestra de agua contiene óxido de hierro, indicador que se viene presentando corrosión en el sistema. El hierro disuelto tiende a formar depósitos sobre un material debido a la erosión, perjudicándolos y debilitándolos.

Oxígeno disuelto. Es la cantidad de oxígeno gaseoso que se encuentra disuelto en el agua, por lo que es una característica intrínseca del mismo. Su concentración varía inversamente proporcional a la temperatura.

Dióxido de carbono. El CO_2 , al igual que el oxígeno, es un gas disuelto perjudicial para un sistema de calentamiento, ya que al reaccionar químicamente con el agua produce ácido carbónico que favorece la corrosión en líneas de condensado.

3.3.2 El agua en la industria

El agua es uno de los activos más utilizados mundialmente en el rubro industrial. En este contexto, existen diferentes tipos de agua y se clasifican según la siguiente composición (Díaz, 2004):

Agua dura. También conocida como agua cruda. Este tipo de agua tiene como característica fundamental la presencia de iones capaces de generar sales poco solubles al evaporarse.

Agua blanda. Este tipo de calidad se logra mediante un proceso de ablandamiento.

Es requerida en la industria debido a su baja composición sales de calcio y magnesio.

Agua neutra. Presentan cierto nivel de cloruros y sulfatos que no alteran el valor del pH, manteniéndolo en 7. Esta agua es proporcionada generalmente por Sedapal.

Agua osmotizada. El carácter ácido que presentan estas aguas se debe a la disociación del ácido carbónico en ion bicarbonato y en ion hidrógeno, llegando a tener un pH por debajo del neutro.

Agua alcalina. Presentan un pH por encima del neutro, debido a los altos niveles de carbonatos y bicarbonatos de calcio, magnesio y sodio que contienen. Generalmente se encuentran en pozos subterráneos o lugares cercanos al mar.

3.3.3 Fases del vapor

Bohórquez (2013) declara que el vapor es un estado gaseoso del agua, llegando a tener una cantidad considerable de energía térmica. A su vez, precisa que existen diferentes tipos de vapor en la industria que se detallan a continuación:

Vapor saturado. Se alcanza cuando el agua llega a su punto de ebullición a una misma presión, obteniendo un vapor seco libre de partículas suspendidas de agua.

Vapor húmedo. Vapor que contiene partículas suspendidas de agua, producidos por el arrastre de sólidos en las líneas de distribución de vapor en una caldera. Debido a estas impurezas, el vapor presenta menos carga calorífica.

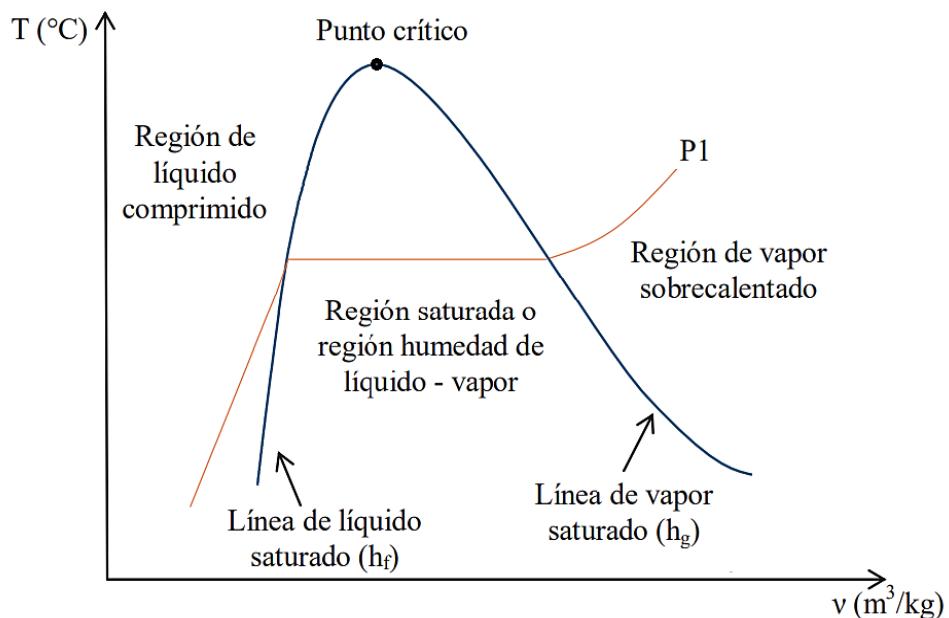
Vapor sobrecaleentado. Se obtiene al continuar aportando temperatura a un vapor seco y se puede evidenciar en el gráfico de diagrama de fases del agua.

Vapor condensado. Conocido como vapor flash. Se produce cuando cierta cantidad del líquido condensado se vuelve a vaporizar. Generalmente se produce en las líneas de retorno de condensado en una caldera de uso indirecto, pudiendo provocar golpes de ariete en las tuberías.

A continuación, en la Figura 8 se muestra los cambios de fase del agua una presión determinada.

Figura 8

Diagrama de fases líquido – vapor del agua



Nota. Temperatura vs volumen específico del agua, adaptada de Cengel y Boles (2009).

3.3.4 Estándares en sistemas de caleamiento

Los sistemas generadores de vapor o calderas evaluados por el bachiller constan generalmente de 4 subsistemas principales para la toma de muestras a analizar, los cuales son: acondicionamiento o ingreso de agua, agua de caldera o agua de purga, distribución de vapor o manifold y retorno de condensados. Cada uno de estos subsistemas presentan una referencia o estándares internacionales de parámetros medidos, las cuales se detallan a continuación:

Ingreso de agua. Según Baltodano et al. (2021), los valores recomendados para los parámetros de agua del tanque de alimentación descritas por la asociación de propietarios de unidades eléctricas y de vapor APAVE para calderas de baja presión y por la asociación de fabricantes de generadores americanos ABMA para las normas de calidad del vapor.

A continuación, en la Tabla 7 se definen los parámetros de calidad del agua de alimentación necesaria para una caldera pirotubular según la norma BS-2486.

Tabla 7

Requerimiento de la calidad del agua del tanque de alimentación

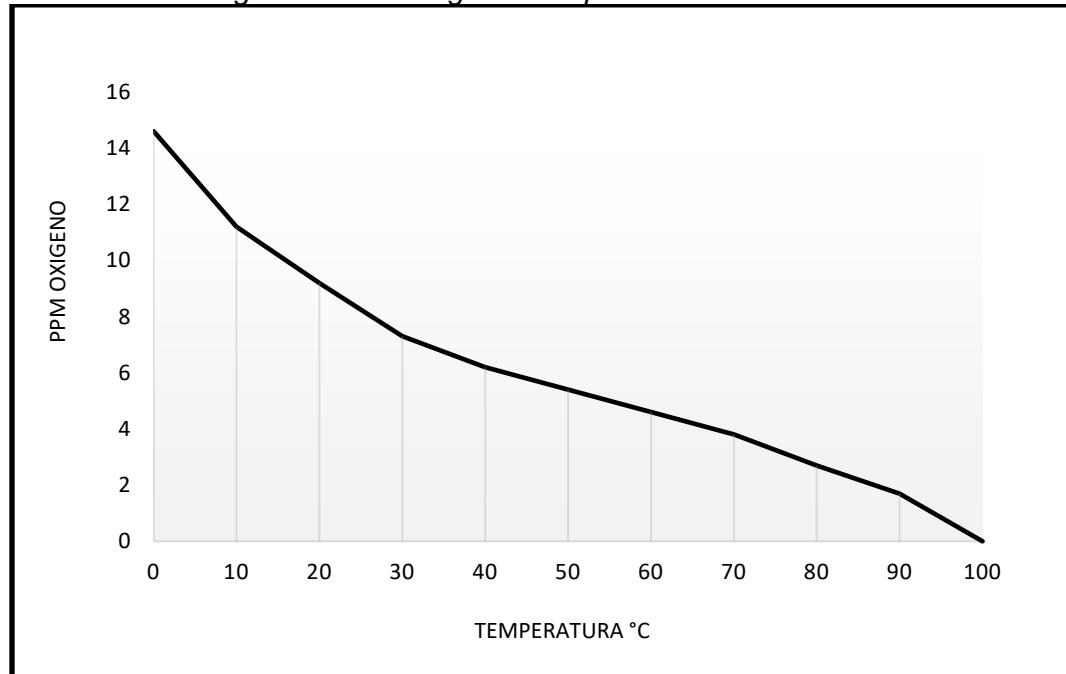
| Parámetro | Valor recomendado |
|---------------------------|--|
| Dureza total | < 2ppm |
| Alcalinidad total | < 25 ppm |
| Dióxido de carbono | < 25 mg/l |
| Contenido de oxígeno | < 8ppb |
| Contenido total de hierro | < 0.05 mg/l |
| PH a 25 grados Celsius | 8.5-9.5 |
| Condición general | Incoloro, sin olor y libre de agentes no solubles. |

Nota. La información presentada fue extraída y adaptada de Lenntech (1998-2023).

A continuación, en la Figura 9 se muestra la tendencia de la solubilidad del parámetro oxígeno en el agua.

Figura 9

Concentración de oxígeno disuelto según la temperatura



Nota. Gráfica realizada según la información presentada en Frayne (2002).

Caldera. Es un equipo de alta presión diseñado para producir energía en forma de vapor. Se genera a través de una transferencia de calor resultante de la combustión, en el que se evapora el agua para su aplicación en procesos o equipos industriales (KOHAN, 2000).

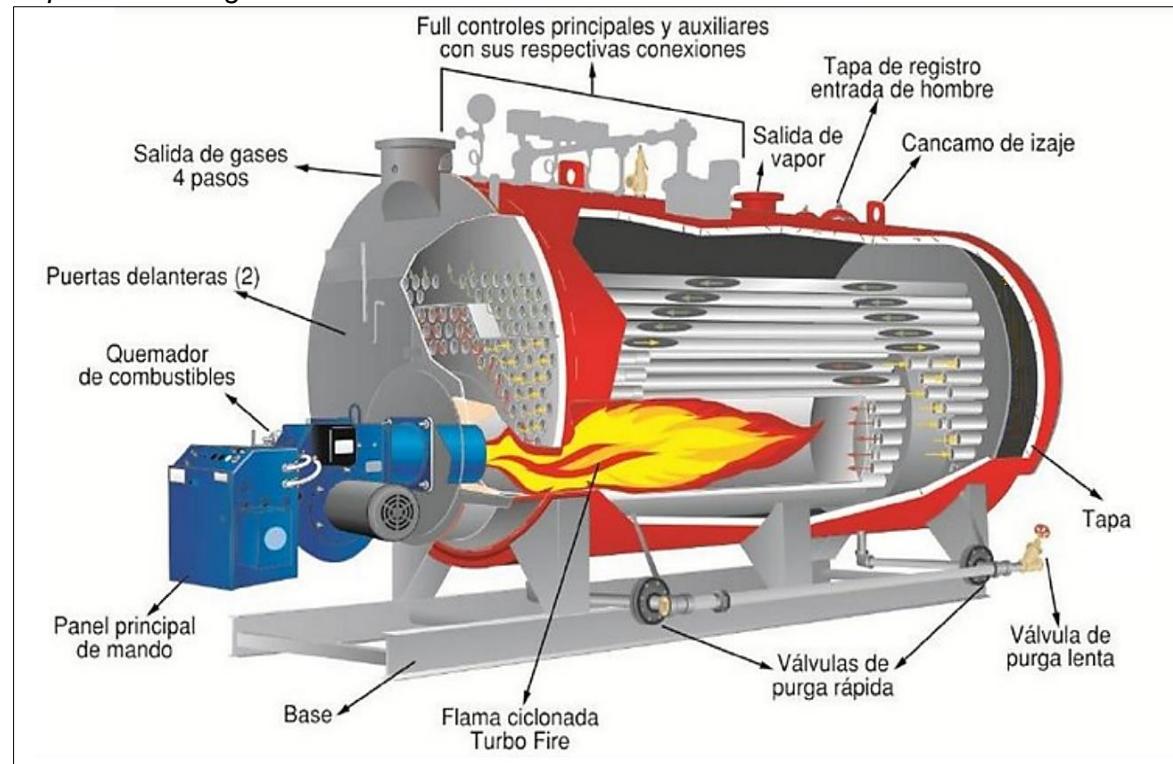
Estos equipos de acuerdo a la distribución de sus flujos se pueden clasificar en:

- **Acuotubular.** En este tipo de caldera el agua transita por la parte interna de los tubos, mientras que los gases de combustión lo hacen por la parte exterior, por ese motivo se prioriza el límite máximo de STD (Carrión & Maquera, 2018).
- **Pirotubular.** En estos equipos, el fluido está dentro del cuerpo de la caldera y son calentados por los gases calientes, que se desplazan por la parte interna de los tubos. Estos vapores se concentran en la parte superior (López, 2018).

En la Figura 10 se muestra un esquema de un generador de vapor, indicando las partes principales y operativas que lo conforman.

Figura 10

Representación gráfica de una caldera industrial



Nota. Ilustración tomada de Zevallos et al. (2021).

A continuación, en la Tabla 8 se muestran los valores de los parámetros que deben ser controlados en las calderas pirotubulares, que servirán como referencia para los rangos recomendados utilizados por ACQUACHEM.

Tabla 8

Parámetros de calidad de agua en una caldera pirotubular

| Parámetro | Límite recomendado |
|---|---|
| pH a 25 °C | 10.5 – 11.8 |
| Alcalinidad Cáustica | > 350 ppm |
| Alcalinidad Total CaCO ₃ | < 700 ppm |
| Cloruros | < 400 ppm |
| Secuestrantes de Oxígeno: | |
| • Sulfito de Sodio | 30 – 70 ppm |
| • Hidracina | 0.1 – 10 ppm |
| • Taninos | 120 – 180 ppm |
| • Dietilhidroxilamina | 0.1 – 1.0 ppm (en la alimentación) |
| Dureza: | |
| • Usando precipitantes | 0 ppm |
| • Usando dispersantes | < 700 ppm |
| Sílice | < 150 ppm |
| Hierro | < 3.0 ppm |
| Fosfato (precipitante) | 30 - 60 mg/l |
| Polímero (dispersante) | 600 - 1200 mg/l |
| Sólidos en suspensión | < 200 ppm |
| Sólidos totales disueltos (pirotubulares) | < 3500 ppm |
| Sólidos totales disueltos (acuotubulares) | < 2500 ppm |
| Conductividad (calderas pirotubulares) | < 7000 uS/cm |
| Conductividad (calderas acuotubulares) | < 5000 uS/cm |
| Condición general | Incoloro, tonalidad clara y libre de agentes indisolubles. |

Nota. Información tomada y adaptada de las normas internacionales ASME VI y BS-2486, citada por Vargas (2004).

Distribución de vapor. A la salida del domo de la caldera, se cuenta con un sistema distribuidor conocido como manifold, que recibe el vapor proveniente de una o más calderas a la vez de acuerdo a la instalación de cada empresa. Las tuberías de cada salida presentan válvulas que brindan una determinada presión hacia los puntos de consumo y sirven además para tomar muestras de vapor condensado a través de las trampas de vapor (Peláez & Albores, 2014).

A nivel regional e internacional, el uso de ciertas sustancias en empresas en donde el vapor entra en contacto con el producto final, como el rubro alimentario o farmacéutico, se rigen por las normas de la administración de alimentos y medicamentos, conocido por sus iniciales FDA y por la norma peruana NTP CODEX CAC/GL 23:2012.

A continuación, en la Tabla 9 se muestran las sustancias consideradas como alérgicas para el consumo humano que se permiten ingresar junto con el vapor hacia el producto final.

Tabla 9

Límites de alérgenos en el vapor de uso directo

| Parámetro | Unidades | Valor recomendado |
|-------------------|---------------------------|-------------------|
| Sulfitos | ppm de SO_3^{2+} | < 10 |
| Dióxido de azufre | ppm de SO_3^{2+} | < 10 |

Nota. Información tomada y adaptada de la norma internacional: Codex Alimentarius FAO, dispuesto en la ley peruana N° 29571.

Retorno de condensados. El condensado de agua es el subproducto del sistema de calentamiento que se produce cuando la temperatura y presión del vapor decaen, debido a: su transferencia de calor a la sustancia que se está calentando, la radiación en las líneas de tuberías y a equipos de proceso (Vega, 2004).

A continuación, en la Tabla 10 se muestran los parámetros de control del agua de los condensados, que servirán de referencia para los rangos utilizados por ACQUACHEM.

Tabla 10*Parámetros recomendados del retorno de condensados*

| Parámetro | Unidades | Valor recomendado |
|---------------------------|----------------------------|-------------------|
| pH a 25 °C | ad. | > 8 |
| Contenido de hierro | ppm de Fe ^{2+/3+} | < 0.3 |
| Conductividad | uS/cm | < 75 |
| Sólidos totales disueltos | Ppm | < 50 |

Nota. La norma no especifica , se muestran los datos recomendados por Gómez (2022).

3.3.5 Problemas ocasionados por el agua en una caldera

Incrustación. Consiste en la formación de una capa sólida sobre la superficie de los tubos de las calderas, producida los iones de calcio y magnesio presentes en el agua de ingreso. Dichas sales se cristalizan debido a la fuerte concentración que sufren el evaporarse grandes cantidades de agua (Ibañez, 2015).

Según Pérez (2015), los daños generados a un sistemas de vapor por las incrustaciones generadas son:

- Forman una capa aislante sobre los tubos que disminuyen el intercambio de calor en el sistema, reduciendo su eficiencia térmica.
- En calderos acuotubulares, la incrustación crece dentro de los tubos impidiendo y obstruyendo su circulación, pudiendo provocar la destrucción del equipo y daños a la integridad humana.
- En los calderos pirotubulares provocan la deformación de los tubos debido al sobrecalentamiento del metal que no tiene contacto con el agua, forzando a tapar algunos tubos limitando su funcionamiento.
- Provocan corrosión debajo las incrustaciones formadas cuando el agua ingresa a la superficie del tubo altamente recalentado, debido a la porosidad del caliche o sarro incrustado.
- Provocan paradas de máquina no previstas para su mantenimiento correctivo, esto ocasiona pérdidas de tiempo y costos de producción.

En la Figura 11 se muestra la incrustación formada en los tubos internos durante una inspección de una caldera.

Figura 11

Formación de caliche en el interior de una caldera



Nota. Foto tomada al interior de una caldera de un cliente de ACQUACHEM.

Corrosión por picadura. El picado es una forma de corrosión debido al oxígeno disuelto, el cual reacciona con el hidrógeno facilitando la disolución del metal mediante un proceso lento. Este problema no se puede evidenciar durante el régimen de trabajo, por lo que puede ocurrir un fallo inesperado de una parte interna que se encuentra a una elevada presión. Se caracteriza por la aparición de perforaciones localizadas en forma de hoyos o hendiduras sobre los tubos (Jaramillo et al., 2008).

A continuación, en la Figura 12 se muestran las hendiduras encontradas sobre la superficie del tubo de una caldera.

Figura 12

Corrosión por picadura o pitting en los tubos de una caldera



Nota. Elaboración propia. Picadura sobre la superficie del metal o tubo incrustado.

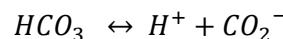
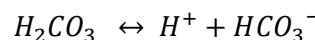
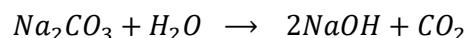
Arrastre y espumeo. El arrastre es causado por los sólidos totales de la caldera que son arrastradas hacia las tuberías de distribución, produciendo un vapor húmedo de baja carga calorífica de menor energía que el vapor seco. Estos sólidos pueden regresar por los condensados, alterando la calidad del agua y ocasionando un aumento de STD de todo el sistema (Villacrés, 2009).

Colcha (2014) a su vez, menciona las siguientes causas del arrastre o espumeo:

- Elevada concentración de STD, alcalinidad total y pH en el agua interna del caldero debido a la ausencia de purgas.
- La presencia de sustancias orgánicas o colorantes que producen turbulencia en la superficie de ebullición.
- Demandas excesivas de vapor requeridas por la planta.
- Alto nivel del agua interna del caldero debido a fallas en sus controladores o domos del vapor muy pequeños debido a un mal diseño.

Formación de lodos o barro. Son precipitados en la base del cuerpo principal de la caldera y se origina debido a la sobresaturación de los STD o a la alta acumulación de dureza precipitada. Estos depósitos normalmente se forman cuando la circulación del agua es tal que permite que se asienten en puntos calientes y se endurezcan sobre éstos (Bargaran, 2014).

Corrosión en el retorno del condensado. Ocasionado principalmente por el dióxido de carbono que ingresa al sistema en forma de sales disueltas de bicarbonato. Dentro de la caldera, estas sales se descomponen a una elevada temperatura formando CO_2 que es transportado por el vapor. Este anhídrido carbónico se condensa en ácido carbónico H_2CO_3 , reduciendo el pH de las líneas de condensado y generando una corrosión ácida (García y Castro, 2009).

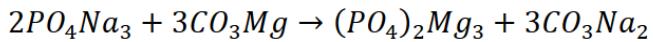
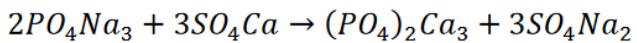


Contaminación de sólidos. Son considerados en este ámbito como un contaminante a los colorantes, grasas y algunos hidrocarburos; siendo los más frecuentes encontrados en la industria. Dependiendo de la cantidad y característica de los contaminantes, estos pueden generar en su interior depósitos, cambios en la coloración y turbidez, aumento de sólidos totales disueltos, alteración del pH y coloración de los retornos (AMBIOSIS, 2007).

3.3.6 Tratamientos del agua de una caldera

Ruiz y Andrade (2013) explican los siguientes programas de tratamientos químicos:

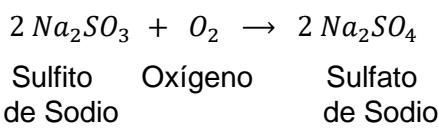
Fosfatos. Los fosfatos de calcio y magnesio formados luego de la captación de los iones de dureza son fácilmente precipitables y pueden ser eliminados por la purga de fondo. Las dos reacciones más comunes son:



La sílice y el magnesio se separan principalmente como silicato magnésico e hidróxido magnésico.

Polímeros. Para evitar la formación de grandes depósitos cristalinos y depositados sobre los tubos, se aplican dispersantes específicos en el programa de tratamiento antiincrustante. Muchos productos orgánicos se han utilizado durante años para esta aplicación, incluidos los taninos, la lignina y el almidón; puesto que no reaccionan estequiométricamente. Estos compuestos funcionan adsorbiéndose en la superficie del caliche, evitando que se aglomeren, manteniendo las partículas blandas y dispersas sobre la cama de agua interna.

Sulfito de sodio. Presentado como polvo sólido de color blanco, altamente soluble en agua y a una concentración de 32% de solución comercial pura por lo general. El sulfito reacciona fácilmente con el oxígeno en condiciones alcalinas calientes, pero la velocidad de reacción es más lenta en aguas frías. Por lo tanto, para garantizar la eliminación del oxígeno disuelto se debe adicionar también un catalizador, como el sulfato de cobalto $CoSO_4$, que se suministra a este reactivo como sal anhidra, mono o heptahidratada. La reacción de eliminación es:



También se agrega en su formulación el compuesto lignosulfonato de sodio como descaracterizador, para evitar cambiar el color de las carnes. Con esta formulación, el sulfito de sodio cumple los requisitos de la FDA para su aplicación en las industrias que tienen uso directo de vapor.

Chacón (2016) menciona la importancia del tratamiento en líneas de condensado.

Aminas. Son compuestos orgánicos derivados del amoníaco y se producen reemplazando el hidrógeno con un grupo alquilo. Este producto al agregarse a la caldera se evapora junto con el agua e ingresa al sistema de distribución de vapor, donde reaccionan con el CO₂ libre, formando un nuevo compuesto llamado amida. Cada amina neutralizante tiene una diferente relación de distribución, ya que al consumirse todo el H₂CO₃, el pH queda determinado por la hidrólisis de los remanentes de las aminas en solución.

3.3.7 Estándares en sistemas de enfriamiento

Enfriador de agua. Es un sistema cerrado que usa fluidos o refrigerantes de diferente punto de congelación para enfriar el agua mediante el intercambio de calor, en donde el agua fría recircula en una línea independiente que tiene contacto con equipos de proceso (Revista cero grados, 2017).

En la Figura 13, se muestran dos enfriadores en paralelo, enfriados por aire.

Figura 13

Enfriador industrial de agua



Nota. Equipo con el condensador de aletas de aluminio. Tomada de Galindo (2018).

En la Tabla 11 se muestran los parámetros de control del agua para equipos de enfriamiento en la industria, que servirán de referencia para los rangos recomendados utilizados por ACQUACHEM.

Tabla 11

Estándares de calidad del agua del enfriador

| Parámetro | Unidades | Límite recomendado |
|-----------------------------|-------------------------|--------------------|
| Dureza total | ppm CaCO ₃ | < 10 |
| Fierro total | ppm Fe ^{2+/3+} | < 0.3 |
| Conductividad | µS/cm | < 3000 |
| pH | ad. | 7.2 – 9.5 |
| Bacterias aeróbicas totales | Col./ml | < 10000 |

Nota. Valores recomendados por el fabricante del enfriador HUSKY.

3.3.8 Problemas ocasionados por el agua en un enfriador

Ramírez y Tovar (2020) mencionan sobre los principales problemas que ocurren en un sistema de enfriamiento, considerando causas químicas o físicas que puedan afectar a un programa de tratamiento del agua.

Contaminación microbiológica. Es el aumento no controlado de microorganismos que se forman sobre las tuberías e interfieren con la transferencia eficiente de calor. El agua de reposición, viento y los insectos pueden traer estos microorganismos dentro del sistema de enfriamiento, formando limos microbiológicos generalmente viscosos. Las características del agua que influyen en el crecimiento de bacteriano son la temperatura y la humedad.

Corrosión. La corrosión causa fallas prematuras en los metales y los productos de la corrosión se depositan en el sistema, disminuyendo la transferencia de calor y el flujo de agua de enfriamiento. Los niveles de corrosión se expresan como pérdida de metal en *mils per year* o milésimo de pulgada por año (mpy).

A continuación, en la Figura 14 se muestran la línea de agua con alto contenido de hierro que genera corrosión en el equipo.

Figura 14

Corrosión por hierro en el tanque de un enfriador de agua



Nota. Elaboración propia de un cliente de ACQUACHEM.

Incrustación. Son un recubrimiento denso de material inorgánico, formado por la precipitación química de sólidos solubles en el agua. Las propiedades del agua de enfriamiento tales como: el pH, la temperatura y la cantidad de material disuelto, son los que afectan principalmente en la solubilidad de las incrustaciones más comunes haciendo que se depositen o se vuelvan más solubles.

Ensuciamiento. Es la acumulación de materiales sólidos, diferentes de las incrustaciones, que se depositan en algún punto del sistema, siendo los más comunes, el polvo y cieno, la arena, el moho, productos de corrosión y los orgánicos naturales, que son el foco de nutrientes para el crecimiento de microorganismos, reaccionando con los inhibidores de corrosión que se utilizan en el tratamiento a base de nitritos.

3.3.9 Tratamientos químicos del agua en un enfriador

La opción versátil para la protección de un metal que está en contacto con el agua son los inhibidores de corrosión. Estos aditivos por su naturaleza pueden ser orgánicos o inorgánicos y a su vez se clasifican en anódicas, catódicas y mixtas (Gaspar, 2014).

Molibdato. Es un inhibidor mixto cuya función es dispersar toda posible formación de hierro, parámetro característico de la corrosión, tienen un pH neutro a ligeramente alcalino y presentan una coloración amarillenta, Este aditivo también presenta trazas de nitrito que ayudan a la formación de capas protectoras y no son sensibles a la contaminación microbiana.

Nitrito. Son inhibidores anódicos cuya función es producir electrones que forman una película fílmica o capa protectora sobre el metal para evitar el contacto iónico causante de la corrosión. Tienen un pH alcalino y presentan una coloración grosella debido a que incluyen el compuesto de fenolftaleína en su formulación. A su vez, son susceptibles a los microorganismos.

Biocida. Son productos capaces de controlar eficazmente las bacterias, hongos y algas en sistemas de enfriamiento abierto o cerrado. Son aditivos de pH ácido diseñados para evitar la contaminación y el crecimiento microbiológico, siendo este último causante de la formación de *fouling*.

3.4 Propuesta y contribuciones a su formación profesional

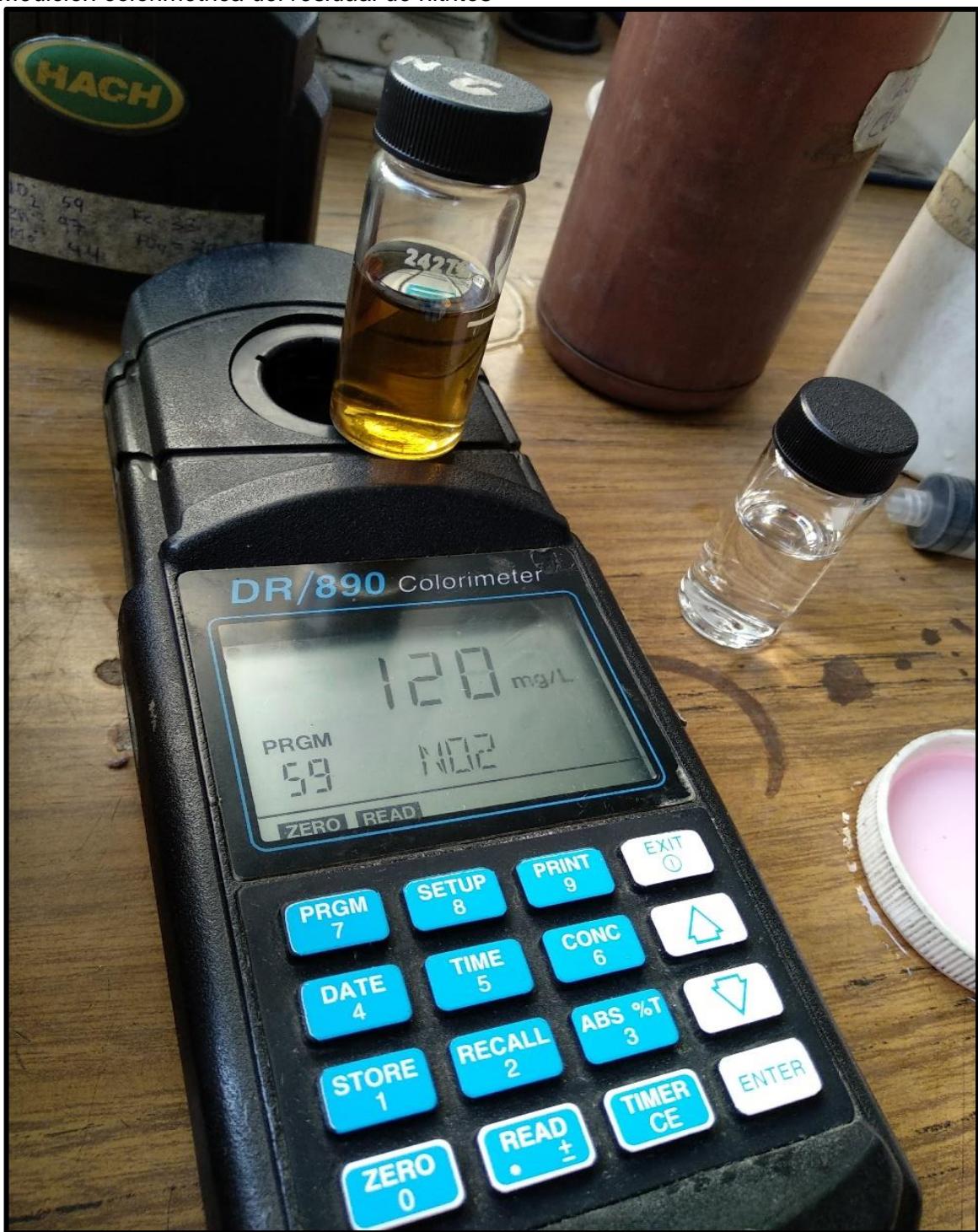
3.4.1 Cálculos y determinaciones utilizadas en las aplicaciones

Para el desarrollo de las actividades realizadas por el bachiller se realizaron análisis fisicoquímicos a los sistemas industriales de calentamiento y enfriamiento. Para ello se realizaron análisis *in situ* de parámetros tales como: dureza, alcalinidad, cloruros y medición de pH, conductividad, sólidos totales disueltos, entre otros. Dichos valores se calcularon mediante instrumentos y métodos volumétricos en el área de mantenimiento o en los mismos equipos de las empresas clientes.

A continuación, en la Figura 15 se muestra una medición colorimétrica el realizada por el bachiller a un enfriador de agua con un equipo electrónico de marca HACH DR/890. En dicha imagen se visualiza la coloración amarillenta del reactivo Nitrito.

Figura 15

Medición colorimétrica del residual de nitritos



Nota. Elaboración propia.

A continuación, en la Tabla 12 se muestran los procedimientos de determinación de parámetros según la metodología brindada por las normas internacionales que rigen en el instructivo interno de ACQUACHEM.

Tabla 12

Métodos de análisis de parámetros del agua

| Parámetro | Tipo de análisis | Método / Equipo |
|---------------|------------------|-----------------------|
| Dureza | Volumétrico | ASTM D1126 |
| Cloruros | Volumétrico | ASTM D512 |
| Alcalinidad | Volumétrico | ASTM D1067 |
| Sulfitos | Volumétrico | EPA 377 |
| Conductividad | Electrométrico | APHA 2510 |
| Turbiedad | Electrométrico | ASTM D1889 |
| Hierro | Colorimétrico | APHA 124 ^a |
| Fosfatos | Colorimétrico | APHA 4500 - P D |
| Nitrito | Colorimétrico | APHA 4500-NO2- B |
| Molibdato | Colorimétrico | APHA 3500- Mo |
| pH | Potenciométrico | pH-metro digital |

Nota. Elaboración propia. Tomada de los diversos análisis de agua realizados por ACQUACHEM según normas específicas internacionales.

3.4.2 Resultados de las determinaciones realizadas

Se mostrarán los parámetros obtenidos de los análisis fisicoquímicos realizados *in situ* en cada planta, plasmados en el Reporte de visita técnica de código es ACQCH-AT-F-01 de la empresa ACQUACHEM. Los parámetros y rangos recomendados en dicho formato tienen base técnica y científica en las normas ASTM D 510 referente al muestreo de aguas industriales.

A continuación, en la Tabla 13 se especifican los rangos recomendados de los parámetros manejados por el bachiller.

Tabla 13*Parámetros de calidad de ACQUACHEM en un sistema de calentamiento*

| Parámetro | Unidades | Límite recomendado |
|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------|
| Dureza total | | |
| • En el ablandador | ppm CaCO ₃ | < 3 ppm |
| • En el tanque de alimentación | ppm CaCO ₃ | < 2 ppm |
| Dureza en caldera | ppm CaCO ₃ | 0 |
| Alcalinidad total en caldera | ppm CaCO ₃ | 150 – 1000 |
| STD – Caldera pirotubular | Ppm | 3500 – 5000 |
| STD – Caldera acuotubular | Ppm | < 3500 |
| Sulfitos en caldera ACQUA B-106 | ppm SO ₃ ²⁻ | 30 - 60 ppm |
| Antiincrustante | | |
| • Fosfato ACQUA B-105 | ppm PO ₄ ³⁻ | 20 – 40 ppm |
| • Polímero ACQUA B-104 | ppm PO ₄ ³⁻ | 600 – 1000 ppm |
| pH de caldera a 25 °C | ad. | 10.5 – 12 |
| Ciclos de concentración | ad. | ~ 10 |
| STD en el manifold y condensados | Ppm | < 50 |
| pH en condensados ACQUA B-410 | ad. | 8 – 9 |

Nota. Elaboración propia.

De todas las plantas visitadas por el bachiller durante sus períodos de trabajo en la empresa ACQUACHEM, se detallarán los resultados operativos que presentan cuatro empresas, manteniendo la confidencialidad respectiva de toda la cartera de clientes.

Dentro de los dichos cuatro casos, se seleccionaron sólo las visitas consecutivas en las que el bachiller pudo encontrar y evidenciar todos los posibles problemas que puedan ocurrir en los sistemas de calentamiento o calderas, además de lograr encontrar soluciones a dichos problemas

Caso 1. Compañía de aceites de uso de vapor directo.

En las Tablas 14 y 15 se especifican los parámetros de importancia medidos en las calderas acuotubulares de marca CHINA y APIN.

Tabla 14*Parámetros de calidad de agua de la caldera de 815BHP del caso 1*

| PARÁMETRO (unidades) | 24/09/20 Caldera 815BHP | 16/10/20 Caldera 815BHP | 30/10/20 Caldera 815BHP | 13/11/20 Caldera 815BHP | LÍMITE Acquachem |
|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|
| Dureza (ppm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Alcalinidad (ppm) | 400 | 160 | 800 | 460 | 150 – 1000 |
| STD (ppm) | 2211 | 1836 | 4536 | 3377 | < 3500 |
| pH (ad) | 11.2 | 10.6 | 12 | 11.2 | 10.5 – 12 |
| Ciclos de concentración (ad) | 4.8 | 3.7 | 9.7 | 9.5 | 10 |
| Sulfitos (ppm) | 2 | 0 | 24 | 38 | 30 – 60 |

Nota. Elaboración propia.**Tabla 15***Parámetros de calidad del agua del manifold del caso 1*

| PARÁMETRO (unidades) | 24/09/20 Manifold | 16/10/20 Manifold | 30/10/20 Manifold | 13/11/20 Manifold | LÍMITE Acquachem |
|-------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| STD (ppm) | 348 | 6.7 | 402 | 33.5 | < 50 |
| pH (ad) | 7.6 | 7.5 | 7.4 | 7.2 | 8 – 9 |
| Sulfitos (ppm) | - | - | 0 | 0 | < 10 |

Nota. Elaboración propia.**Caso 2.** Empresa del rubro avícola y ganadero.

A continuación, en las Tablas 16 y 17 se especifican los parámetros de importancia medidos en la caldera pirotubular llamada SUPERIOR, en el cual se especifican los STD para fines comparativos.

Tabla 16*Parámetros de calidad del agua de ingreso y manifold del caso 2*

| PARÁMETRO (unidades) | 15/04/20 | 13/05/20 | 15/06/20 | 24/07/20 | 07/08/20 | LÍMITE Acquachem |
|---|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------|
| STD Agua Blanda (ppm) | 362 | 435 | 496 | 469 | 449 | - |
| STD Agua de Alimentación (ppm) | 435 | 369 | 442 | 449 | 422 | - |
| STD Manifold (ppm) | 13.4 | 13.6 | 80 | 67 | 33.5 | < 50 |
| Ph Manifold (ad) | 7 | 7.7 | 8.5 | 7.8 | 7.6 | 8 – 9 |

Nota. Elaboración propia.**Tabla 17***Parámetros de calidad de agua de caldera SUPERIOR del caso 2*

| PARÁMETRO (unidades) | 15/04/20 Caldera | 13/05/20 Caldera | 15/06/20 Caldera | 24/07/20 Caldera | 07/08/20 Caldera | LÍMITE Acquachem |
|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Dureza (ppm) | 0 | 0 | Interferencia | 0 | 0 | 0 |
| Alcalinidad (ppm) | 400 | 800 | 2600 | 200 | 100 | 150 – 1000 |
| STD (ppm) | 3886 | 5849 | 22780 | 2920 | 2827 | 3500 – 5000 |
| Ph (ad) | 11.8 | 11.8 | 12.8 | 10.8 | 10.1 | 10.5 – 12 |
| Polímero (ppm) | 440 | 360 | 2000 | 340 | 500 | 400 – 600 |
| Sulfitos (ppm) | 18 | 0 | 400 | 40 | 40 | 30 – 60 |

Nota. Elaboración propia.**Caso 3.** Empresa del rubro pesquero del Callao.

En las Tablas 18 y 19 se especifican los parámetros de importancia medidos en la caldera pirotubular C-600BHP, cabe resaltar que en dicha empresa se manejan límites mayores de STD debido a la mala calidad de agua de ingreso de alta concentración.

Tabla 18*Parámetros de calidad del agua de ingreso y manifold del caso 3*

| PARÁMETRO (unidades) | 01/09/20 | 7/10/20 | 30/10/20 | 16/11/20 | LÍMITE Acquachem |
|---|----------|---------|----------|----------|---------------------|
| STD Agua blanda (ppm) | 1340 | 1326 | 1380 | 1313 | - |
| STD Agua de alimentación (ppm) | 1802 | 4047 | 1347 | 422 | - |
| STD Manifold (ppm) | 4260 | 18200 | 134 | 107 | < 50 |
| pH (ad) | 10.8 | 12.6 | 8.6 | 8.7 | 8 – 9 |

Nota. Elaboración propia.**Tabla 19***Parámetros de calidad de agua de la caldera C-600 del caso 3*

| PARÁMETRO (unidades) | 01/09/20 C-600 | 7/10/20 C-600 | 30/10/20 C-600 | 16/11/20 C-600 | LÍMITE Acquachem |
|------------------------------|-------------------|------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Dureza (ppm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Alcalinidad (ppm) | 900 | 1060 | 680 | 1060 | 150 – 1000 |
| STD (ppm) | 16214 | 19845 | 11055 | 9635 | 8000 - 10000 |
| pH (ad) | 12 | 12.6 | 11.6 | 12 | 10.5 – 12 |
| Fosfato (ppm) | 60 | 72 | 40 | 55.6 | 20 – 40 |
| Sulfitos (ppm) | 240 | 200 | 88 | 88 | 30 – 60 |

Nota. Elaboración propia.**Caso 4.** Compañía de alimentos que cuenta con tratamiento de condensados.

En las Tablas 20, 21 y 22 se especifican los parámetros medidos en los sistemas de calentamiento DISTRAL y CLEAVER, que operan alternadamente.

Tabla 20*Parámetros de calidad de agua de las calderas del caso 4*

| PARÁMETRO (unidades) | 15/05/18 Caldera Distral | 07/06/18 Caldera Distral | 01/07/18 Caldera Distral | 25/07/18 Caldera Cleaver | 14/08/18 Caldera Cleaver | LÍMITE Acquachem |
|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|---------------------|
| Dureza (ppm) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Alcalinidad (ppm) | 500 | 440 | 440 | 600 | 260 | 150 – 1000 |
| STD (ppm) | 7100 | 4958 | 4020 | 4221 | 3283 | 3500 - 5000 |
| Ph (ad) | 12.2 | 11 | 11 | 11.6 | 11 | 10.5 – 12 |
| CC (ad) | 5.9 | 15 | 5 | 9.4 | 16.1 | 10 |
| Sulfitos (ppm) | 132 | 6 | 36 | 10 | 76 | 30 – 60 |

Nota. Elaboración propia.**Tabla 21***Parámetros de calidad del agua de ingreso y manifold del caso 4*

| PARÁMETRO (unidades) | 15/05/18 | 07/06/18 | 01/07/18 | 25/07/18 | 14/08/18 | LÍMITE Acquachem |
|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------|
| STD Agua blanda (ppm) | 382 | 415 | 436 | 369 | 288 | - |
| STD Agua de alimentación (ppm) | 1212 | 335 | 804 | 449* | 120 | - |
| STD Manifold (ppm) | 4690 | 1340 | 4422 | 3283* | 107 | < 50 |
| Ph Manifold (ad) | 11.5 | 9 | 10 | 9.5 | 8 | 8 – 9 |

Nota. Elaboración propia. Los parámetros observados son altos debido al cambio de caldera.

Tabla 22*Parámetros de calidad de los condensados del caso 4*

| PARÁMETRO (unidades) | 15/05/18 | 07/06/18 | 01/07/18 | 25/07/18 | 14/08/18 | LÍMITE Acquachem |
|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------|
| pH Chocolate | 7 | 7.6 | - | 9 | 8.3 | 8 – 9 |
| pH Caramelo | 7 | 7.4 | 10 | 9 | - | 8 – 9 |
| pH Derivado | 8.1 | - | 10 | 9 | 8 | 8 – 9 |
| Hierro Alim (ppm) | 4.4 | 4.1 | 1.45 | 1.32 | - | < 0.2 |

Nota. Elaboración propia.

En el caso de las empresas que cuentan con máquinas de enfriamiento, las especificaciones de la calidad del agua y límites máximos permisibles en un sistema de enfriamiento cerrado vienen establecidas en el manual interno desarrollado por ACQUACHEM y se muestran a continuación, en la Tabla 23.

Tabla 23*Parámetros de calidad de ACQUACHEM en un sistema de enfriamiento*

| Parámetro | Unidades | Límite recomendado |
|---------------------------|-------------------------|--------------------|
| Dureza total | ppm CaCO ₃ | < 50 |
| Hierro total | ppm Fe ^{2+/3+} | < 3 |
| Sólidos totales disueltos | Ppm | < 3500 |
| Residuales | | |
| • Nitrito ACQUA C-201 | ppm NO ₂ | 600 – 1000 ppm |
| • Molibdato ACQUA C-206 | ppm Mo | 100 – 300 ppm |
| pH | ad. | 8 – 10 |

Nota. Elaboración propia.**Caso 1.** Empresa del rubro de plásticos.

A continuación, en la Figura 16 se muestran los resultados obtenidos en el seguimiento de la línea 8.

Figura 16

Parámetros obtenidos en el enfriador L-8 de una empresa de plásticos - tapas

| Fecha | DUREZA TOTAL | | STD | | HIERRO TOTAL | | MOLIBDATO | | | PH | | |
|------------|--------------|----------|--------|----------|--------------|----------|-----------|----------|----------|-------|----------|----------|
| | Valor | Limite S | Valor | Limite S | Valor | Limite S | Valor | Limite I | Limite S | Valor | Limite I | Limite S |
| 15/06/19 | 10 | 50 | 864 | 3500 | 8.9 | 3 | | 100 | 300 | 8.8 | 8 | 10 |
| 26/07/19 | 0 | 50 | 670 | 3500 | 0 | 3 | | 100 | 300 | 8.1 | 8 | 10 |
| 09/08/19 | 15 | 50 | 710 | 3500 | 4.2 | 3 | | 100 | 300 | 8.7 | 8 | 10 |
| 17/08/19 | 0 | 50 | 696 | 3500 | 0 | 3 | | 100 | 300 | 8.2 | 8 | 10 |
| 23/08/19 | 13 | 50 | 837.5 | 3500 | 5.2 | 3 | | 100 | 300 | 8.9 | 8 | 10 |
| 02/09/19 | 0 | 50 | 710 | 3500 | 0 | 3 | | 100 | 300 | 8 | 8 | 10 |
| 06/09/19 | 15 | 50 | 757.1 | 3500 | 6.4 | 3 | | 100 | 300 | 8.5 | 8 | 10 |
| 20/09/19 | 10 | 50 | 737 | 3500 | 6.7 | 3 | | 100 | 300 | 8.7 | 8 | 10 |
| 04/10/19 | 10 | 50 | 716.9 | 3500 | 6.5 | 3 | | 100 | 300 | 8.6 | 8 | 10 |
| 18/10/19 | 15 | 50 | 730.3 | 3500 | 6.5 | 3 | | 100 | 300 | 8.5 | 8 | 10 |
| 31/10/19 | 10 | 50 | 710.2 | 3500 | 6.7 | 3 | | 100 | 300 | 8.2 | 8 | 10 |
| 18/11/19 | 15 | 50 | 743.7 | 3500 | 8.5 | 3 | | 100 | 300 | 7.9 | 8 | 10 |
| 02/12/19 | 10 | 50 | 616.4 | 3500 | 9.6 | 3 | | 100 | 300 | 7.8 | 8 | 10 |
| 04/12/19 | 5 | 50 | 1289.3 | 3500 | 1.5 | 3 | 130 | 100 | 300 | 9.8 | 8 | 10 |
| 19/12/19 | 5 | 50 | 1011.7 | 3500 | 3.5 | 3 | 55 | 100 | 300 | 9.4 | 8 | 10 |
| 3/01/2020 | 5 | 50 | 1293.1 | 3500 | 2.1 | 3 | 120 | 100 | 300 | 9.1 | 8 | 10 |
| 10/01/2020 | 5 | 50 | 1273 | 3500 | 2 | 3 | 120 | 100 | 300 | 8.6 | 8 | 10 |
| 24/01/2020 | 5 | 50 | 1259.6 | 3500 | 2.29 | 3 | 70 | 100 | 300 | 8.6 | 8 | 10 |
| 10/02/2020 | 5 | 50 | 1018.4 | 3500 | 2.32 | 3 | 75 | 100 | 300 | 8.4 | 8 | 10 |
| 24/02/2020 | 5 | 50 | 1259.6 | 3500 | 2.1 | 3 | 85 | 100 | 300 | 8.8 | 8 | 10 |
| 9/03/2020 | 5 | 50 | 1500.8 | 3500 | 1.52 | 3 | 160 | 100 | 300 | 9.4 | 8 | 10 |
| 25/03/2020 | 5 | 50 | 1748.7 | 3500 | 1.65 | 3 | 190 | 100 | 300 | 9.7 | 8 | 10 |
| 16/04/2020 | 5 | 50 | 2190.9 | 3500 | 1.45 | 3 | 210 | 100 | 300 | 10.1 | 8 | 10 |
| 14/05/2020 | 5 | 50 | 2097 | 3500 | 1.4 | 3 | 206 | 100 | 300 | 9.8 | 8 | 10 |
| 09/06/2020 | 5 | 50 | 2170 | 3500 | 1.1 | 3 | 210 | 100 | 300 | 10.1 | 8 | 10 |
| 07/07/2020 | 5 | 50 | 2077 | 3500 | 1 | 3 | 200 | 100 | 300 | 10 | 8 | 10 |
| 15/07/2020 | 5 | 50 | 2137 | 3500 | 1.05 | 3 | 210 | 100 | 300 | 10 | 8 | 10 |
| 31/07/2020 | 5 | 50 | 2144 | 3500 | 1.06 | 3 | 210 | 100 | 300 | 9.9 | 8 | 10 |

Nota. Elaboración propia de la medición antes, durante y después de la dosificación del aditivo anticorrosivo.

Caso 2. Empresa del rubro de envases

A continuación, en las Figuras 17 y 18 se muestran los resultados obtenidos en la medición de parámetros críticos de los enfriadores 1 y 2 respectivamente, desde marzo hasta junio del 2018.

Figura 17

Parámetros obtenidos en el enfriador 1 de una empresa de envases

| Fecha | DUREZA TOTAL | | STD | | HIERRO TOTAL | | NITRITO | | | PH | | |
|--------|--------------|----------|--------|----------|--------------|----------|---------|----------|----------|-------|----------|----------|
| | Valor | Limite S | Valor | Limite S | Valor | Limite S | Valor | Limite I | Limite S | Valor | Limite I | Limite S |
| 06-mar | 45 | 50 | 623 | 3500 | 19,6 | 3,92 | | 600 | 1000 | 7,2 | 8 | 10 |
| 13-mar | 45 | 50 | 636,5 | 3500 | 18,9 | 3,92 | | 600 | 1000 | 8,27 | 8 | 10 |
| 20-mar | 70 | 50 | 536 | 3500 | 18 | 3,92 | | 600 | 1000 | 7,3 | 8 | 10 |
| 26-mar | 65 | 50 | 435 | 3500 | 15,6 | 3,92 | | 600 | 1000 | 7,4 | 8 | 10 |
| 31-mar | 25 | 50 | 1742 | 3500 | 3,92 | 3,92 | 800 | 600 | 1000 | 10,55 | 8 | 10 |
| 02-abr | 25 | 50 | 1742 | 3500 | 6,76 | 3,92 | 710 | 600 | 1000 | 9,69 | 8 | 10 |
| 10-abr | 25 | 50 | 2412 | 3500 | 6 | 3,92 | 930 | 600 | 1000 | 9,37 | 8 | 10 |
| 20-abr | 25 | 50 | 2412 | 3500 | 4,94 | 3,92 | 1090 | 600 | 1000 | 8,7 | 8 | 10 |
| 23-abr | 20 | 50 | 1876 | 3500 | 4,26 | 3,92 | 840 | 600 | 1000 | 8,7 | 8 | 10 |
| 30-abr | 20 | 50 | 1943 | 3500 | 5,66 | 3,92 | 800 | 600 | 1000 | 8,52 | 8 | 10 |
| 08-may | 30 | 50 | 2680 | 3500 | 25 | 3,92 | 890 | 600 | 1000 | 8,2 | 8 | 10 |
| 21-may | 30 | 50 | 2345 | 3500 | 30 | 3,92 | 640 | 600 | 1000 | 8,55 | 8 | 10 |
| 28-may | 30 | 50 | 1675 | 3500 | 25,2 | 3,92 | 460 | 600 | 1000 | 8,2 | 8 | 10 |
| 08-jun | 30 | 50 | 1065,3 | 3500 | 14,6 | 3,92 | 320 | 600 | 1000 | 8 | 8 | 10 |
| 21-jun | 20 | 50 | 2546 | 3500 | 3,17 | 3,17 | 1020 | 600 | 1000 | 9,2 | 8 | 10 |
| 26-jun | 20 | 50 | 1943 | 3500 | 2,72 | 3,17 | 800 | 600 | 1000 | 9,2 | 8 | 10 |

Nota. Elaboración propia.

Figura 18*Parámetros obtenidos en el enfriador 2 de una empresa de envases*

| Fecha | DUREZA TOTAL | | STD | | HIERRO TOTAL | | NITRITO | | | PH | | |
|--------|--------------|----------|--------|----------|--------------|----------|---------|----------|----------|-------|----------|----------|
| | Valor | Limite S | Valor | Limite S | Valor | Limite S | Valor | Limite I | Limite S | Valor | Limite I | Limite S |
| 06-mar | 30 | 50 | 328 | 3500 | 10,2 | 4,56 | | 600 | 1000 | 7,5 | 8 | 10 |
| 13-mar | 30 | 50 | 114 | 3500 | 8,4 | 4,56 | | 600 | 1000 | 7,81 | 8 | 10 |
| 20-mar | 30 | 50 | 100,5 | 3500 | 9 | 4,56 | | 600 | 1000 | 7,1 | 8 | 10 |
| 26-mar | 25 | 50 | 107,2 | 3500 | 10,2 | 4,56 | | 600 | 1000 | 7,2 | 8 | 10 |
| 31-mar | 25 | 50 | 3015 | 3500 | 4,56 | 4,56 | 1100 | 600 | 1000 | 10,85 | 8 | 10 |
| 02-abr | 25 | 50 | 1876 | 3500 | 6,06 | 4,56 | 760 | 600 | 1000 | 10,03 | 8 | 10 |
| 10-abr | 20 | 50 | 2211 | 3500 | 4,2 | 4,56 | 840 | 600 | 1000 | 9,82 | 8 | 10 |
| 20-abr | 55 | 50 | 2211 | 3500 | 3,12 | 4,56 | 850 | 600 | 1000 | 9,2 | 8 | 10 |
| 23-abr | 50 | 50 | 2345 | 3500 | 3,28 | 4,56 | 900 | 600 | 1000 | 9,4 | 8 | 10 |
| 30-abr | 45 | 50 | 2144 | 3500 | 3,3 | 4,56 | 860 | 600 | 1000 | 9,03 | 8 | 10 |
| 08-may | 45 | 50 | 2680 | 3500 | 4,1 | 4,56 | 920 | 600 | 1000 | 8,2 | 8 | 10 |
| 21-may | 40 | 50 | 1025,1 | 3500 | 3,4 | 4,56 | 320 | 600 | 1000 | 8,81 | 8 | 10 |
| 28-may | 40 | 50 | 2144 | 3500 | 3,16 | 4,56 | 680 | 600 | 1000 | 9 | 8 | 10 |
| 08-jun | 40 | 50 | 2278 | 3500 | 3,96 | 4,56 | 720 | 600 | 1000 | 9 | 8 | 10 |
| 21-jun | 45 | 50 | 2613 | 3500 | 4,64 | 4,56 | 820 | 600 | 1000 | 8,6 | 8 | 10 |
| 26-jun | 30 | 50 | 2412 | 3500 | 3,24 | 4,56 | 800 | 600 | 1000 | 9 | 8 | 10 |

Nota. Elaboración propia.

3.4.3 Análisis de resultados y aportes técnicos de la propuesta de solución

Una vez analizada la calidad del agua en los diferentes sistemas de calentamiento y enfriamiento de los clientes de ACQUACHEM, se procedió a identificar los parámetros que se deben mejorar, escribiendo las observaciones encontradas por el bachiller y se expusieron las acciones de mejora al operador inmediato y al ingeniero encargado de cada planta.

Análisis de resultados de la actividad 1

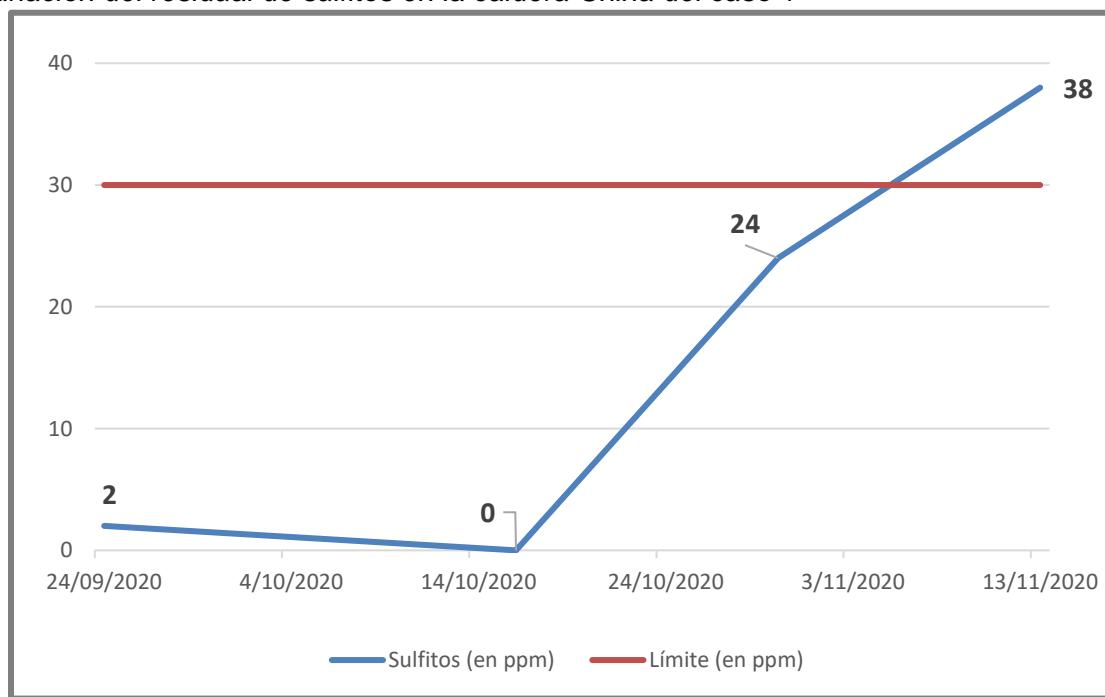
Caso 1. Compañía de aceites de uso de vapor directo.

En visitas técnicas consecutivas los niveles de sulfitos calculados por el bachiller eran muy bajos o nulos, incluso en las visitas técnicas realizadas por el asesor técnico antecesor, registradas en los reportes técnicos del file histórico anteriores a la fecha 24/09/20.

A continuación, en la Figuras 19 se muestran los niveles de sulfito encontrados por el bachiller desde que se hizo cargo dicha empresa.

Figura 19

Variación del residual de sulfitos en la caldera China del caso 1



Nota. Elaboración propia.

Al encontrarse un valor nulo del residual de sulfitos el día 16/10/20 y con la información de que la caldera CHINA entrará en mantenimiento, el bachiller coordinó una capacitación inmediata a todas las áreas involucradas para informar las observaciones y acciones correctivas a realizar tales como:

- Corrosión por picadura debido al oxígeno y rangos mínimos de los sulfitos.
- Optimizar el régimen de trabajo actual y verificar la aplicación del aditivo.
- Mejorar el residual del producto anticorrosivo manteniendo los STD de la caldera CHINA dentro de rango.

Posterior a la capacitación realizada, se realizó una visita técnica de verificación del residual de la caldera pequeña APIN. Los datos obtenidos el día 25/10/20 reflejan un mejoramiento del residual de sulfito, llegando a tener 260 ppm, óptimo para una caldera que se encontrará apagada por varios meses.

En la siguiente visita, el día 30/10/20 se evidenció un mejoramiento del residual de sulfitos de la caldera CHINA, llegando a tener un valor de 24 ppm. Sin embargo, aún estaba por debajo del rango mínimo recomendado a pesar de contar con STD altos.

- Aumentar la temperatura del tanque de alimentación ayudará a disminuir el ingreso de oxígeno y así se podrá aumentar la cantidad de sulfitos.

El día 13/11/20 se encontraron todos los parámetros dentro de rango, en el cual se observó lo siguiente:

- Los STD de la caldera disminuyeron, llegando a tener 3377 ppm.
- La temperatura del agua del tanque de alimentación aumentó hasta 83°C.
- El residual de sulfito se encontró en 38 ppm.
- Los STD del vapor condensado presentan en un valor aceptable de 33 ppm.

A su vez, la cantidad de sulfitos para verificar los alérgenos fue de 0 ppm.

Caso 2. Empresa del rubro avícola y ganadero.

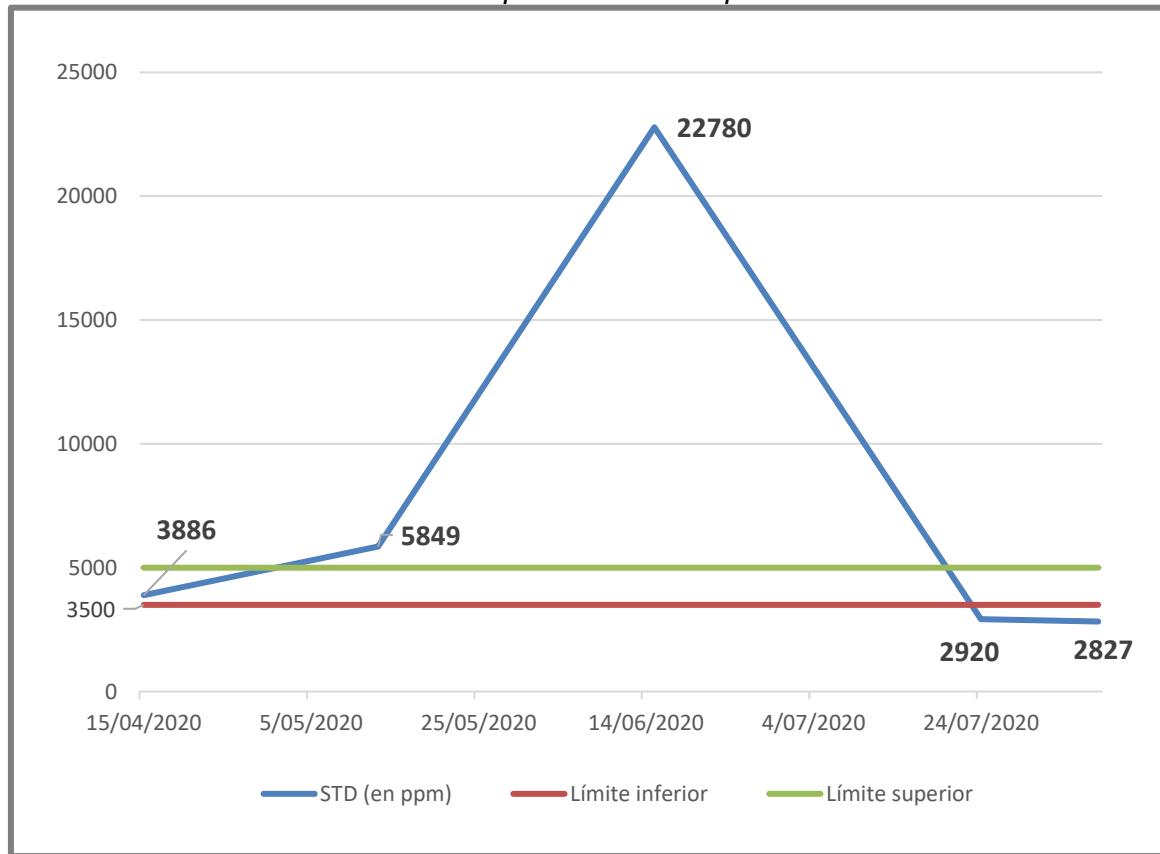
Durante la visita realizada el día 15/04/20 se encontraron las dos calderas encendidas, sin embargo, la caldera APIN era la que se encontraba en producción, teniendo STD altos de hasta 13386 ppm. El encargado de la planta indicó que dicha caldera parará su producción para realizar unos trabajos correctivos en la válvula de presión. Una vez validada esta información por el jefe de planta, se realizó la recomendación de evacuar gran parte del agua antes de apagarla para evitar la deposición de sales sobre los tubos.

En dicha visita la caldera SUPERIOR se encontraba con STD en rango, por lo que se procedió a realizar el seguimiento exhaustivo de dicho sistema.

A continuación, en la Figura 20 se muestran los valores de sólidos totales encontrados en la caldera que se encontrará en producción.

Figura 20

Variación de los STD de la caldera Superior en una empresa avícola.



Nota. Elaboración propia.

En la siguiente visita, el 13/05/20 los STD medidos de la caldera SUPERIOR estaban por encima del límite máximo recomendado. A su vez, se evidenció que no se contaba con stock del aditivo anticorrosivo ACQUA B-106 y por ese motivo el residual de sulfitos se encontraba nulo. El residual de polímero también se encontró debajo del rango recomendado a pesar de contar buenos ciclos de concentración, por lo que se procedió a investigar la causa y se encontró que los operadores tenían una marca equivocada en su jarra de medición, debido a esto no se dosificaba la cantidad correcta del polímero. Se dejaron las siguientes acciones a seguir:

- Aumentar el régimen y tiempo de las purgas diarias en la caldera SUPERIOR.
- En coordinación con la gerente de ACQUACHEM se procedió a despachar el aditivo químico ACQUA B-106 para dosificar inmediatamente.
- Corregir la marca de medición de la jarra de aditivo polímero ACQUA B-104 a 0.9 Kg/día que es la dosis calculada para dicho sistema.

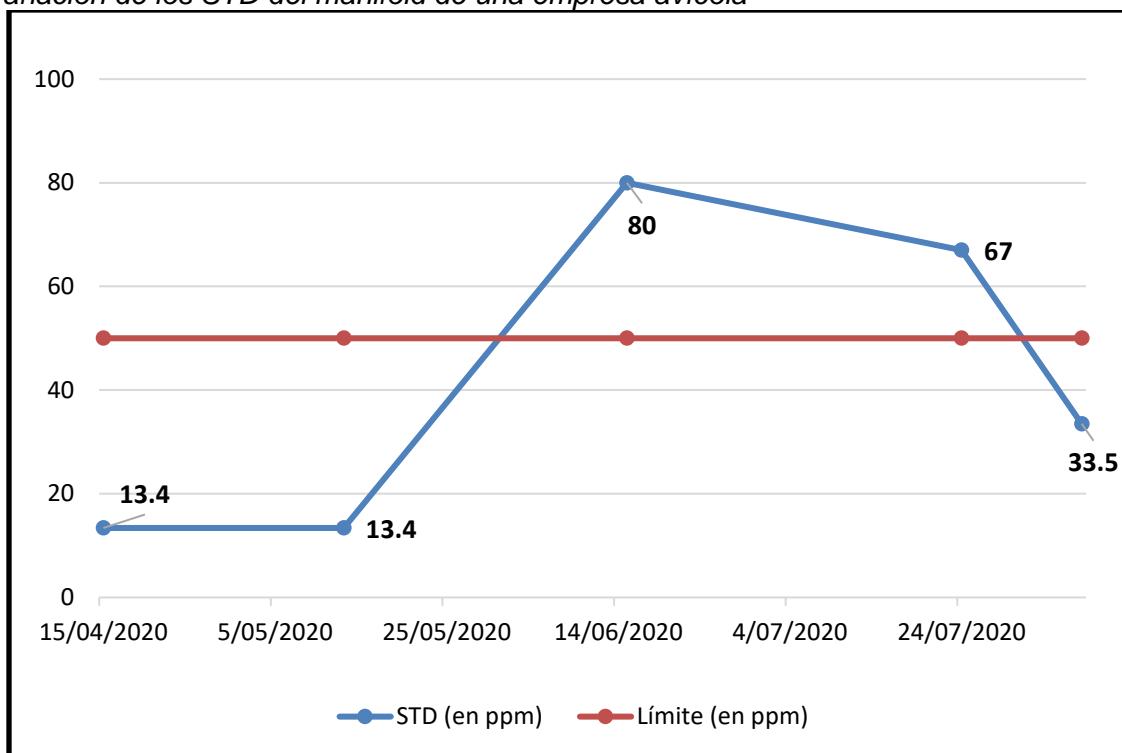
El día 15/06/20 se encontró la caldera SUPERIOR con STD elevados mayores a la visita anterior, llegando a tener 22780 ppm, debido a la ausencia de purgas en los turnos tarde y noche por el poco personal disponible en planta. Se indicó al jefe del área que dicha sobresaturación de sólidos puede ensuciar la superficie de los tubos creando una capa de sales que reduciría la transferencia de calor en los tubos, por lo que recomendó aumentar las purgas a cada hora por un lapso de 20 segundos y mantener la purga de superficie abierta continuamente para poder controlar los sólidos totales disueltos.

En dicha visita se pudo constatar que los sólidos totales en el manifold llegaron a su valor más alto, de 80 ppm, que es un valor aceptable ya que es ligeramente mayor al límite recomendado. Sin embargo, no es un valor suficientemente alto para evidenciar un arrastre de sólidos, por lo que el vapor generado es de gran capacidad de transferencia de calor, a pesar de contar con STD elevados en la caldera.

A continuación, en la Figura 21 se muestran los sólidos totales disueltos encontrados en el manifold.

Figura 21

Variación de los STD del manifold de una empresa avícola



Nota. Elaboración propia.

En las siguientes visitas de los días 24/07/20 y 07/08/20, se evidenciaron una gran disminución en la cantidad de los STD de las calderas SUPERIOR y APIN. A su vez, el residual de sulfitos llegó a estar dentro de rango en ambas calderas y el residual de polímero de la caldera APIN se encontró menor al rango establecido, sin embargo, se considera un nivel aceptable para los nuevos ciclos de concentración hallados. Asimismo, los sólidos totales disueltos del condensado en el manifold estuvieron dentro del rango recomendado.

Caso 3. Empresa pesquera del Callao.

Luego de la temporada de veda, que es cuando las empresas de este rubro detienen su producción debido a la prohibición de la pesca, el bachiller empezó a medir los parámetros de la caldera de 600 BHP, en donde en las visitas realizadas

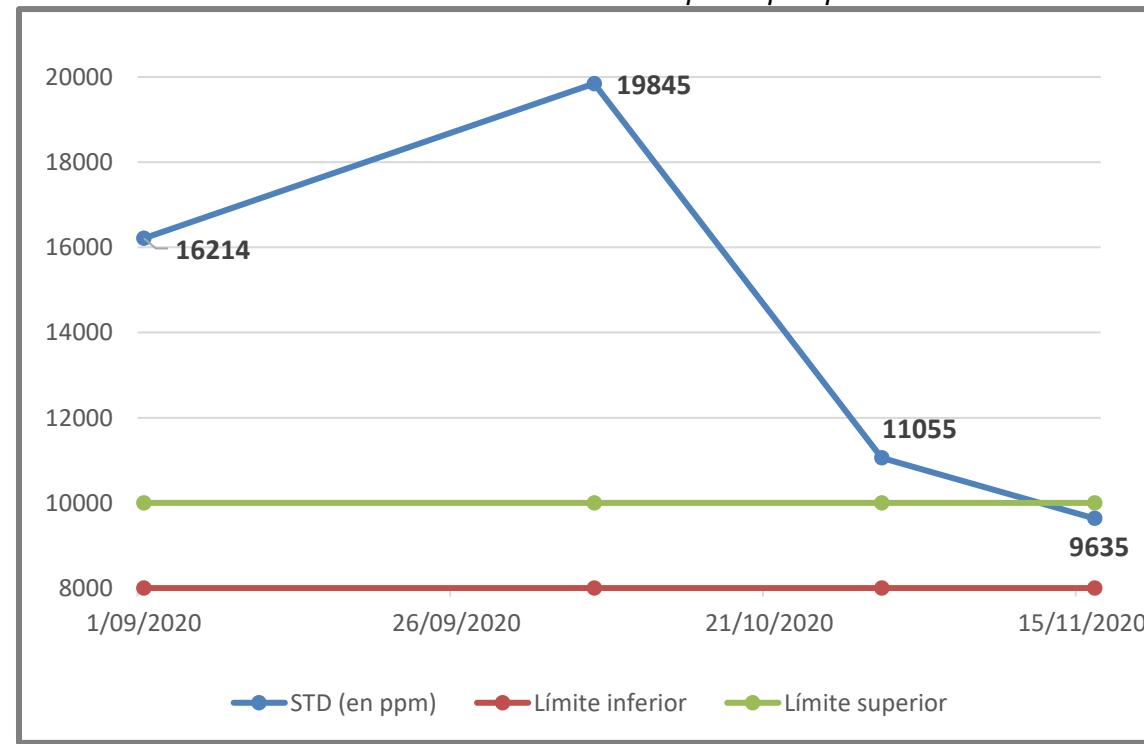
el 01/09/20 y 07/10/20 se encontraron valores altos de sólidos totales disueltos en varios puntos de muestra del sistema, tales como caldera, manifold y alimentación; las cuales son:

- Sólidos totales en la caldera de hasta 16214 y 19845 ppm respectivamente, monitoreados en la purga de fondo, con pocos ciclos de concentración.
- STD en el manifold muy elevados, llegando a medir 4260 ppm y 18200 ppm respectivamente, característico de que se encuentra produciendo vapor húmedo que arrastra partículas de agua que se encuentran en la caldera.
- Los STD del agua del tanque de alimentación son mayores a los STD del agua blanda, esto debido a que los sólidos son arrastrados a este tanque mediante el retorno de condensados.

A continuación, en la Figura 22 se muestran los valores de los sólidos totales disueltos encontrados en la caldera.

Figura 22

Variación de los STD de la caldera C-600 en una empresa pesquera



Nota. Elaboración propia.

El bachiller, en coordinación con la jefa inmediata de ACQUACHEM, tuvo una reunión con el jefe de planta para indicar lo riesgoso de este régimen de trabajo de altos STD, por lo que se incentivó al cliente a adquirir equipos y kits medidores de los parámetros más importantes. Con la disposición del jefe de planta se adquirieron dichos instrumentos de medición y se procedió a brindar una capacitación con urgencia a la semana siguiente sobre su uso y cuidado de los equipos a los operadores involucrados en la caldera.

En las siguientes visitas del 30/10/20 y 16/11/20 se evidenciaron una disminución en los valores de las muestras analizadas, encontrando lo siguiente:

- La dureza del agua blanda y agua de alimentación se encontraron en valores aceptables dentro del rango el día 16/11/20.
- Los STD del agua de alimentación son menores que los STD del agua blanda, lo que indica que existen buena calidad de retorno de condensados de sólidos totales mínimos.
- Los STD de la caldera marcaron 11055 ppm el día 30/10/20. Sin embargo, es un valor aceptable ya que presentaba 8 ciclos de concentración.
- Los STD de la caldera se encontraron en rango el día 16/11/20, teniendo un valor de 9635 ppm, comprobados también con el conductímetro del operador.
- Los residuales de sulfito se encontraron en buena concentración a pesar de tener una temperatura de 25 °C en el tanque de alimentación.
- El fosfato se mantuvo siempre concentrado, mejorando así la protección a la incrustación, como en el día 30/10/20, que la dureza se encontraba fuera de rango en la alimentación. Sin embargo, no se evidenció dureza en la caldera, indicando que todo lo ingresado fue precipitado por el fosfato.
- Los STD del manifold se encontraron en valores aceptables de 134 y 107 ppm respectivamente, propios de empresas que tienen agua fuente de pozo.

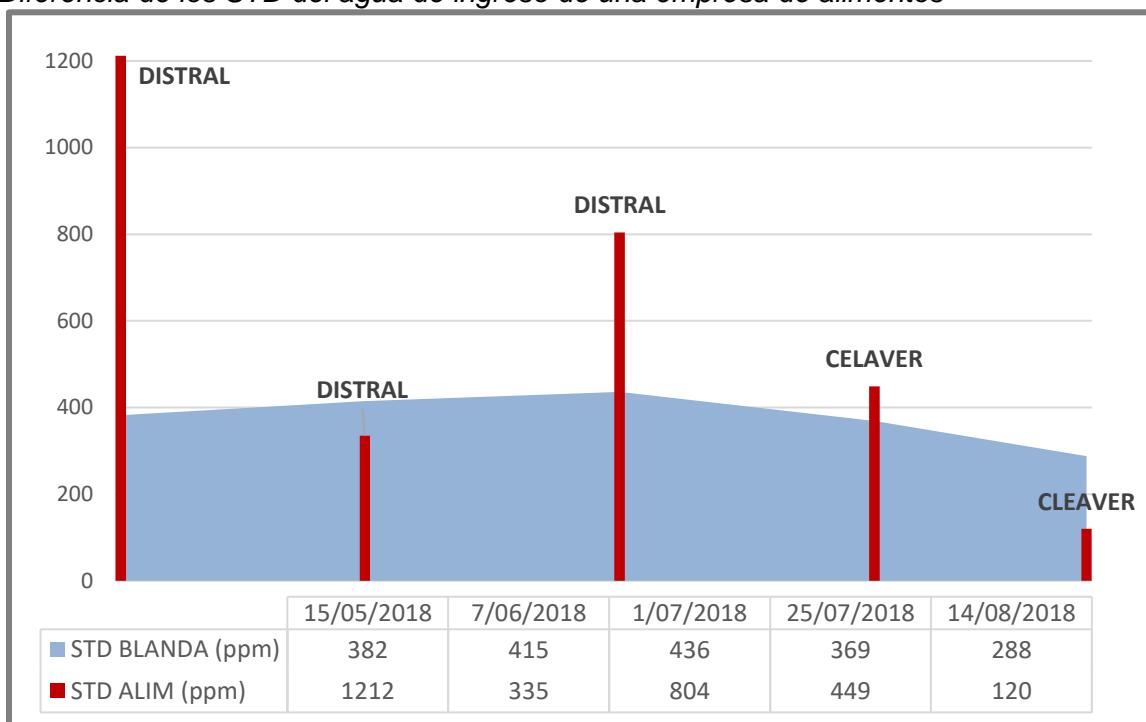
Caso 4. Compañía de alimentos que cuenta con dos calderas.

Esta empresa suele tener un alto consumo de vapor y contaminaciones en su sistema a pesar de tener los STD de la caldera en rango. Esto se evidencia cuando los STD en la alimentación son mayores a los del agua blanda, indicativo de que los retornos arrastran sólidos en forma de gotas.

A continuación, en la Figura 23 se muestran los STD del agua blanda y alimentación.

Figura 23

Diferencia de los STD del agua de ingreso de una empresa de alimentos



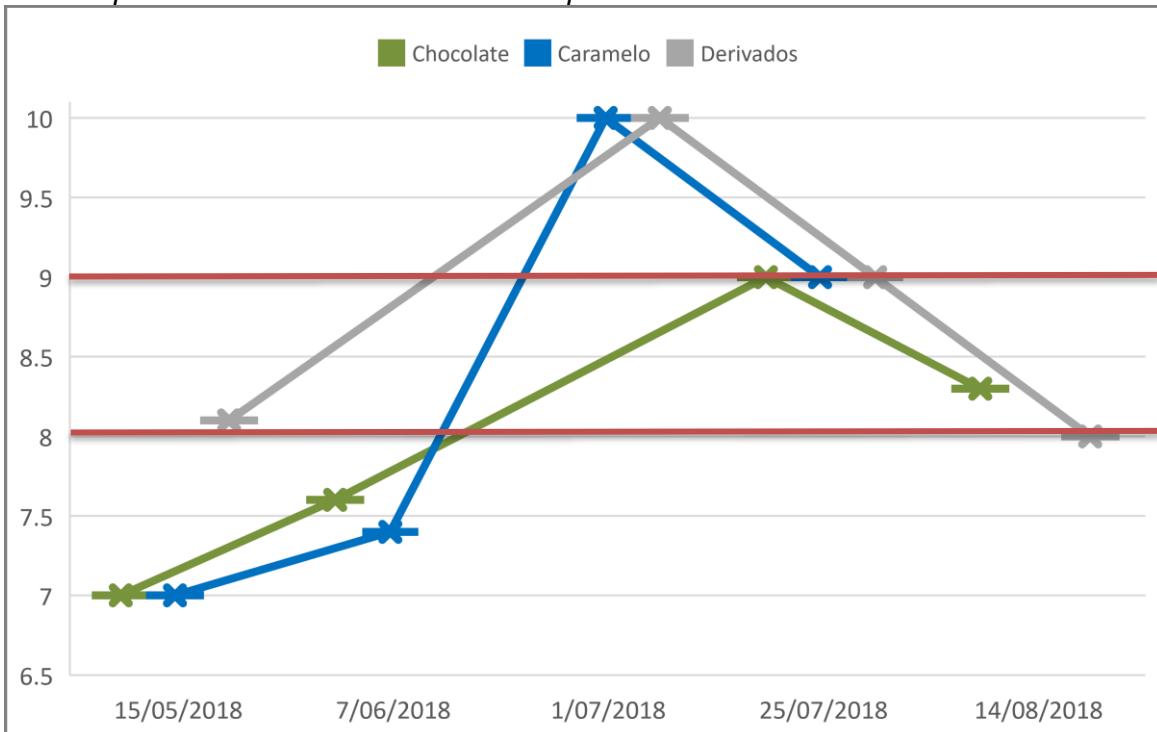
Nota. Elaboración propia, STD medidos en ppm.

La caldera Distral presentaba arrastre de sólidos en casi todas las visitas realizadas a excepción del día 07/06/18. Cuando arrancó la caldera CLEAVER se pudo notar que los sólidos en la alimentación empezaron a disminuir. Sin embargo, los STD altos en la alimentación el día 25/07/18 fue debido a una picadura ocurrida en el serpentín del área de Derivados, que hacía que una parte del colorante usado en el área retorno por los condensados y contamine la calidad del agua del tanque de alimentación.

A continuación, en la Figura 24 se muestran los niveles de pH de las tres áreas de producción en las que se tienen recuperación de vapor condensado.

Figura 24

Nivel de pH de los condensados de una empresa de alimentos



Nota. Elaboración propia.

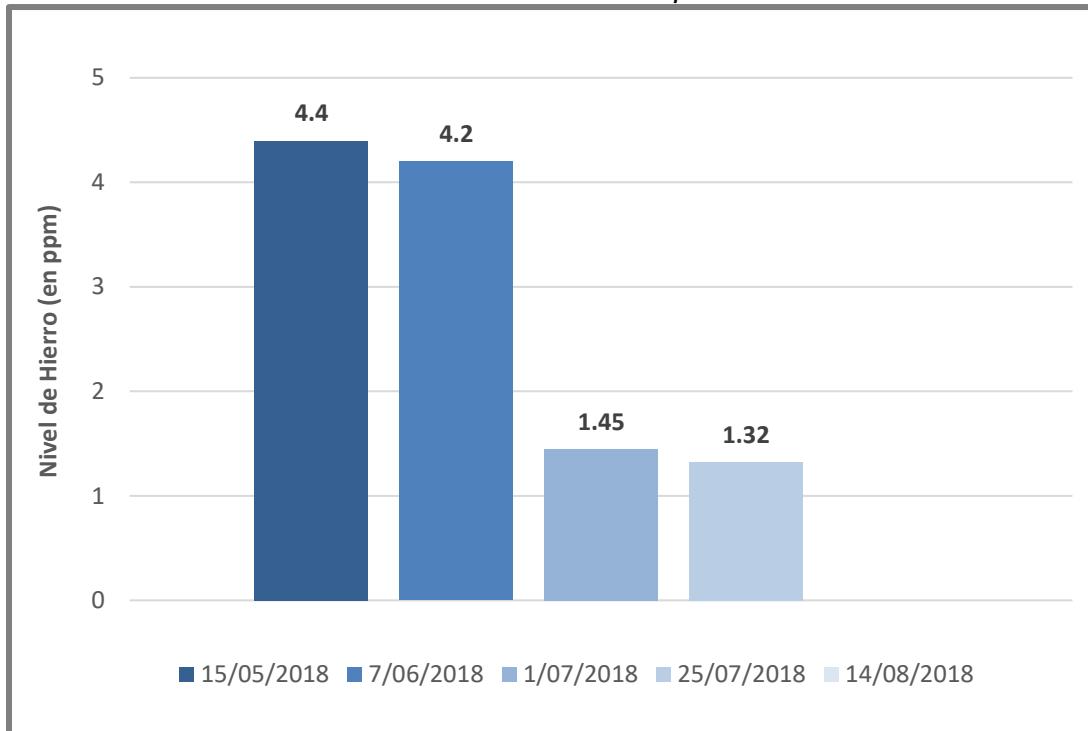
Las visitas realizadas el 15/05/18 y 07/06/18 presentaron bajos niveles de pH en los retornos, principalmente en las áreas de Chocolate y Caramelo. Estas observaciones ocurren comúnmente por la insuficiente cantidad de aditivo dosificado, por lo que se recomendó un refuerzo de 4 Kg del producto químico ACQUA B-410 por una sola vez para aumentar el pH de los condensados.

Debido al bajo pH, se evidenciaron altas niveles de hierro de hasta 4.4 ppm en el tanque de alimentación. Por lo que, se concientizó al personal técnico a que priorice la dosificación exacta según la dosis calculada del aditivo amina por parte de ACQUACHEM, que es de 6 Kg/48 horas.

A continuación, en la Figura 25 se muestran las concentraciones de hierro medidos en el agua del tanque de alimentación.

Figura 25

Variación del hierro total en la alimentación de una empresa de alimentos



Nota. Elaboración propia.

El día 25/07/18 se evidenció una reducción del nivel de hierro en la alimentación, llegando a tener 1.32 ppm. Finalmente, con el correctivo realizado al serpentín del área de Derivados, el día 14/08/18 se pudo concluir lo siguiente:

- Los STD en el agua de alimentación son menores a los STD del agua blanda, indicando que no existe arrastre de sólidos en el sistema.
- Los STD de la caldera CLEAVER se encuentran ligeramente bajos, pero se consideran aceptables debido a que tienen 16 ciclos de concentración.
- Los residuales de sulfito y polímero se encontraron concentrados, mejorando así la protección anticorrosiva y antiincrustante.
- El nivel de Hierro en la alimentación es aceptable ya que cuenta con buen porcentaje de dispersión a causa del producto polímero.
- Los pH y STD de los condensados se encontraron dentro del rango recomendado.

Análisis de resultados de la actividad 2

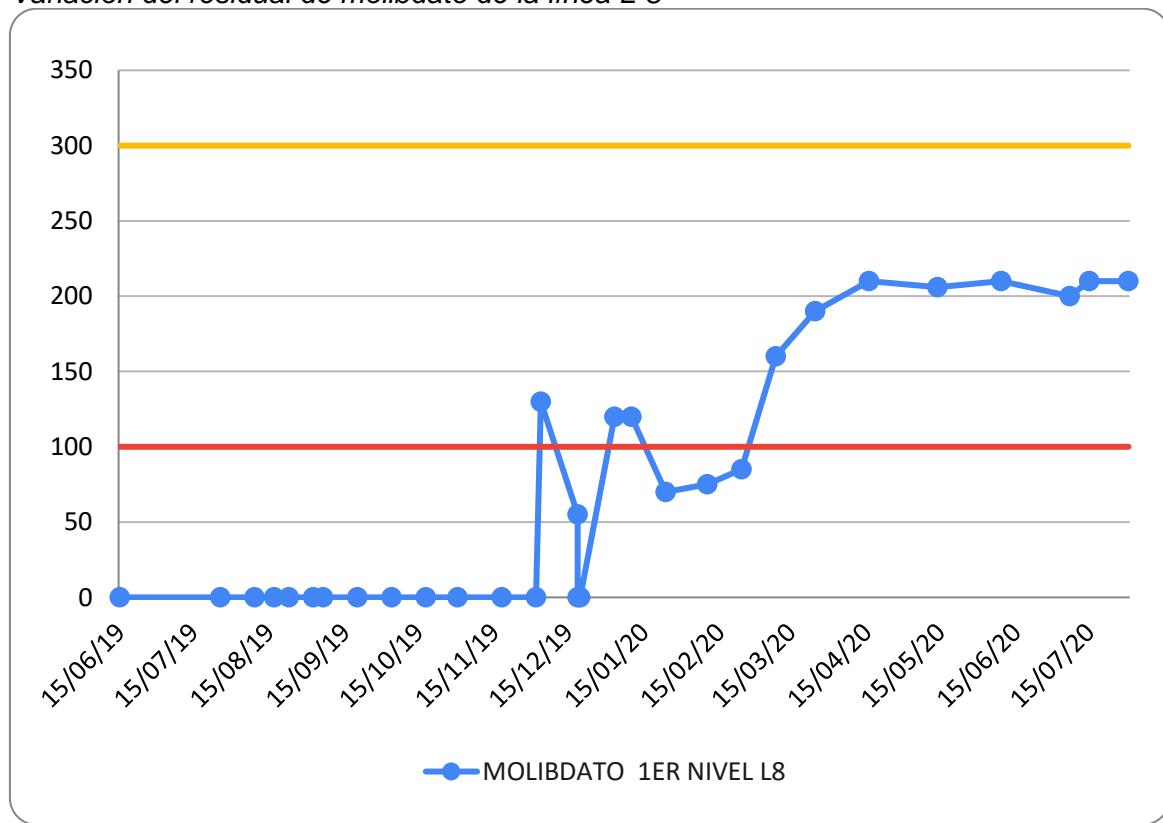
Caso 1. Empresa de plásticos y tapas.

En esta empresa, el asesor antecesor empezó a realizar visitas técnicas desde junio del 2019. El día 04/12/19 se realizó la aplicación del aditivo para empezar el programa de tratamiento integral, sin embargo, no se pudo concretar la formación de la capa fílmica en la pasivación inicial debido a la falta del producto químico disponible en planta. El día 03/01/20, cuando se repuso el stock del aditivo anticorrosivo, el bachiller inició el seguimiento de los parámetros y pasivación del enfriador. Se aplicó nuevamente una dosis shock inicial de 25 litros del producto ACQUA C-206 para reanudar el tratamiento anticorrosivo.

A continuación, en la Figura 26 se muestran estos niveles del residual molibdato monitoreados en la empresa de plásticos y tapas.

Figura 26

Variación del residual de molibdato de la línea L-8



Nota. Elaboración propia.

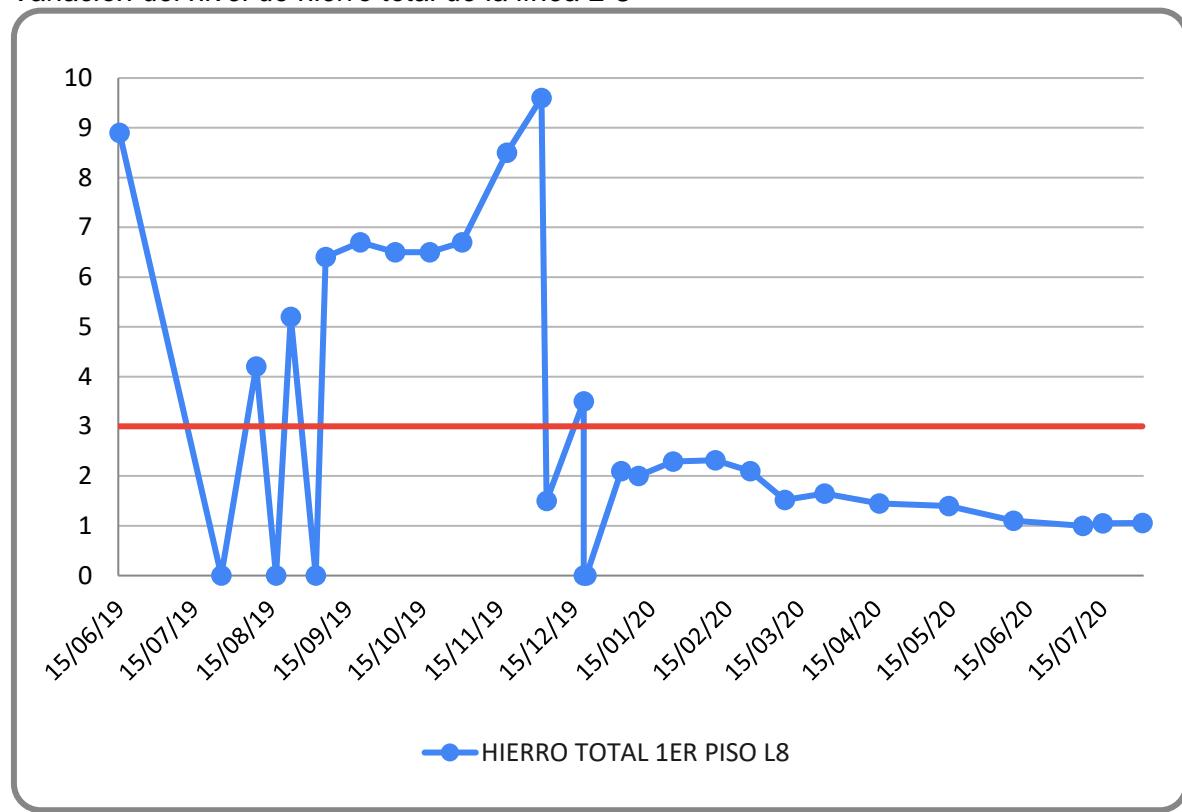
Se priorizó el seguimiento del parámetro protector de manera más continua debido a la ausencia de un contómetro en la máquina que ayudaría a indicar la cantidad de agua de reposición que ingresa al sistema, motivo de esto, el residual o parámetro crítico molibdato puede disminuir a valores por debajo del mínimo recomendado y no se pueda formar la capa protectora.

En la siguiente visita el día 10/01/20 se encontró el valor del residual molibdato similar al análisis anterior, debido a que el sistema perdió poca cantidad de agua y se repuso la cantidad recomendada dejada en el reporte técnico. El nivel de hierro se encontró ligeramente menor al análisis anterior debido a la pérdida de agua y reposición de agua nueva y limpia.

A continuación, en la Figura 27 se muestra la variación del nivel de hierro a lo largo del año 2019 y 2020.

Figura 27

Variación del nivel de hierro total de la Línea L-8



Nota. Elaboración propia, tomada del file de ACQUACHEM.

En las siguientes 3 visitas, desde del 24/01/20 hasta el 24/02/20, se encontraron valores de hierro total similares y menores al límite recomendado, evidenciando que la capa protectora del aditivo químico se encuentra cumpliendo su función, evitando que haya corrosión y aumento del nivel de hierro interno en el sistema. En el caso del residual molibdato, se encontraron valores por debajo del rango mínimo recomendado a pesar de realizar refuerzos de aditivo químico mediante una bomba dosificadora, debido al lento caudal con el que se dosifica.

El asesor técnico se reunió con el jefe del área para mejorar el modo de dosificación que se venía encontrando en visitas anteriores y se coordinó el apoyo de un operador de planta para verificar que todo el producto químico necesario sea inyectado al sistema, ya que, debido al tiempo limitado que tenía el asesor en planta, la cantidad de aditivo añadido era insuficiente. Con esta mejora, el día 09/03/20 se encontró el valor de residual molibdato dentro del rango recomendado, como se ve en la Figura 29, mejorando el tratamiento anticorrosivo.

Finalmente, desde el 16/04/20, los parámetros se estabilizaron llegando a mantenerse casi constantes en el enfriador, llegando a constatar lo siguiente:

- Un correcto tratamiento del agua también requiere que se evite en lo posible evacuar el agua recirculante en un enfriador, ahorrando costos de este recurso hídrico.
- Mantener una dosis inicial alta del aditivo ACQUA C-206 ayuda a limpiar el óxido formado en la superficie de los tubos o piezas internas que están débilmente adheridos.
- El nivel de hierro después de una pasivación inicial puede aumentar ligeramente debido al óxido removido de las líneas. Sin embargo, aún se puede continuar el tratamiento químico, con la condición de que dicho nivel de hierro calculado no aumente.

Caso 2. Empresa del rubro de envases.

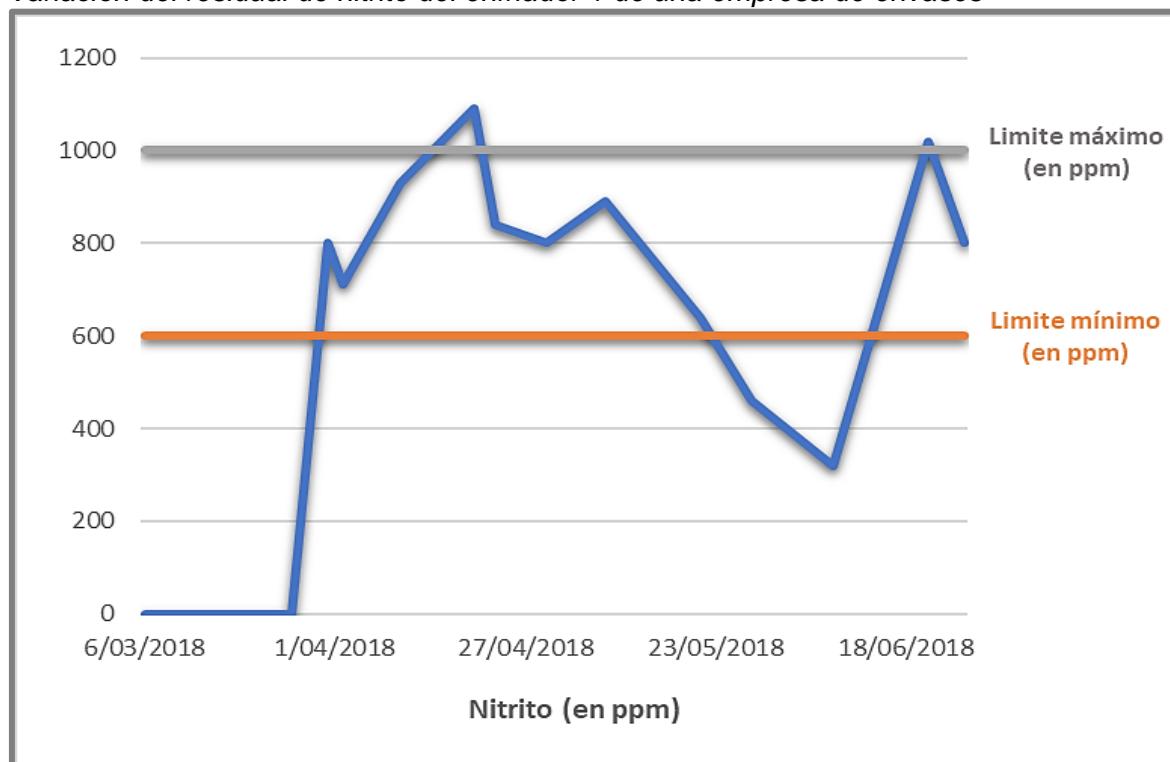
En esta empresa, el bachiller realizó la pasivación inicial de los enfriadores 1 y 2 coordinando en primera instancia con el área de mantenimiento el cambio de agua total de los sistemas, ya que tenían un nivel de hierro alto de 15.6 y 10.2 ppm respectivamente. Además, se solicitó la disposición de contómetros para evaluar la reposición de agua.

Según la información brindada por el usuario, ambos enfriadores presentaban el mismo volumen de agua interno, por lo que el asesor técnico calculó una dosis inicial única de 12.5 litros del producto nitrito ACQUA C-201 por cada metro cúbico de agua del sistema.

En las Figuras 28 y 29 se muestran estos niveles del residual nitrito monitoreados en los enfriadores 1 y 2 respectivamente.

Figura 28

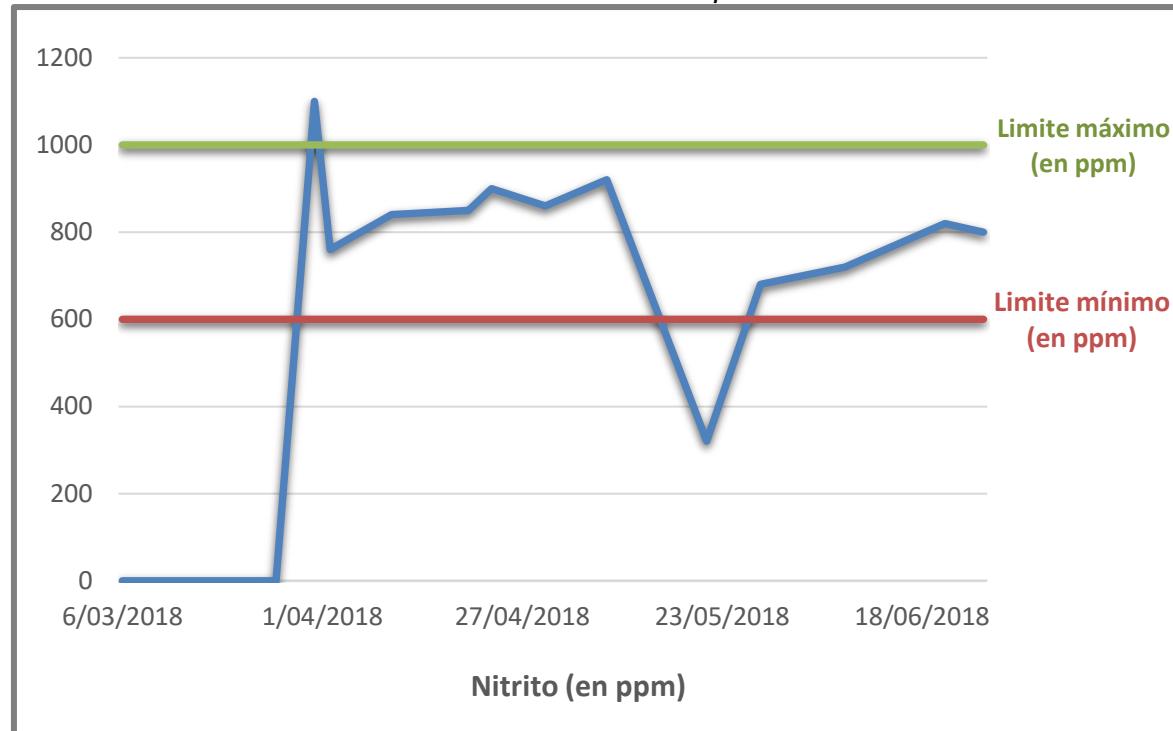
Variación del residual de nitrito del enfriador 1 de una empresa de envases



Nota. Elaboración propia.

Figura 29

Variación del residual nitrito del enfriador 2 de una empresa de envases



Nota. Elaboración propia.

El 31/03/18 las concentraciones alcanzadas por los enfriadores 1 y 2 eran de 800 y 1100 ppm respectivamente, notando que el enfriador 1 no llegó al rango mínimo de pasivación. En la siguiente visita se encontraron los niveles nitrito ligeramente menores debido a que los sistemas perdieron poca cantidad de agua. Se recomendó reforzar el aditivo según su dosis normal, de 10 litros de ACQUA C-201 por cada metro cúbico de agua repuesto.

En dicha visita, el día 02/04/18, se concientizó al personal encargado para que se refuerce el aditivo químico de una manera más seguida, a razón de cada uno o dos días para mantener el nitrito dentro del rango recomendado. Se manejaba un formato interno de lectura de contómetro de ambos enfriadores, en el que se pudo constatar que los sistemas pueden reponer incluso más de un metro cúbico de agua por día.

En las siguientes 5 visitas siguientes hasta el día 30/04/18, se encontraron los residuales de nitrito dentro de rango en ambos sistemas, a excepción del día

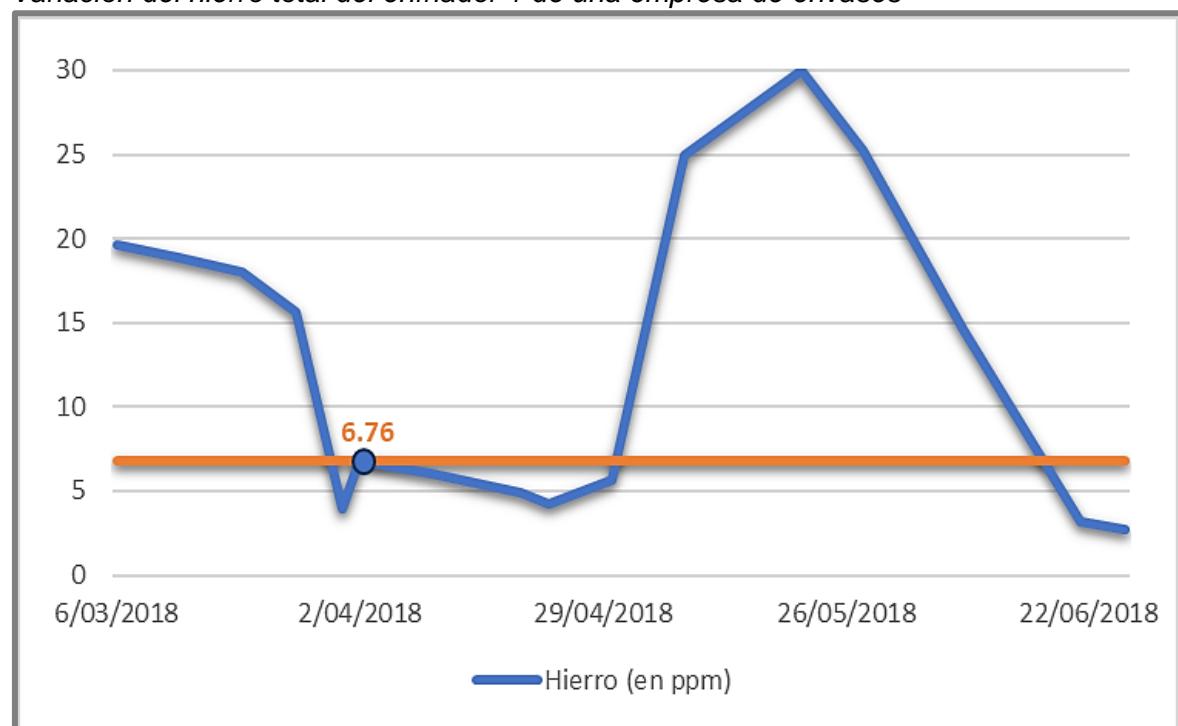
10/04/18, que resultó 1090 ppm de nitritos en el enfriador 1, debido a la dosificación adicional para compensar el bajo nivel alcanzado en la pasivación inicial.

En la visita del día 08/05/18 se evidenció una contaminación en la planta 1, que hizo variar la calidad del agua volviéndolo más turbia y con un abrupto aumento en el nivel de hierro, por lo que se recomendó evacuar el agua de todo el sistema. El jefe de planta ordenó que no se realicen refuerzos del aditivo y se espere a que se programe una parada de la línea productiva de la planta 1.

A continuación, en la Figura 30 muestra los niveles del hierro monitoreados en la planta 1 de una empresa del rubro de envases.

Figura 30

Variación del hierro total del enfriador 1 de una empresa de envases



Nota. Elaboración propia.

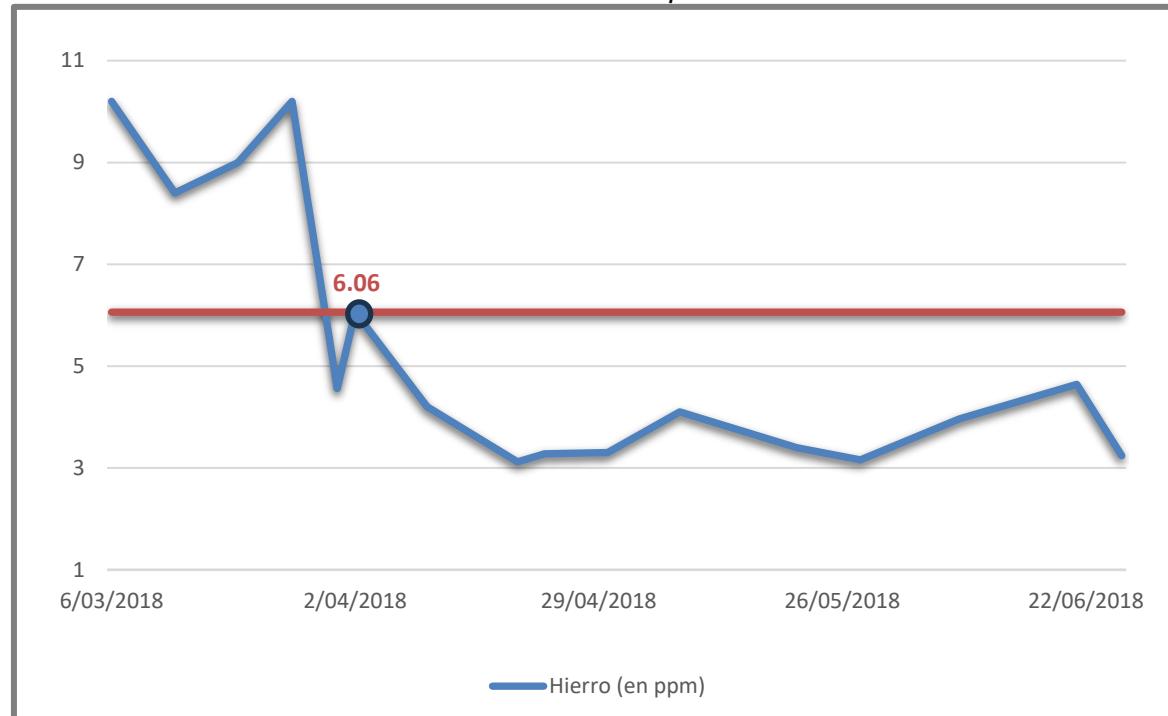
Desde el día 21/05/18 el enfriador 1 contaba con un nivel de nitritos bajos hasta el día 21/06/18, en el que se volvió a realizar la pasivación del enfriador 1, esta vez adicionando una cantidad de 80 litros del producto ACQUA C-201, llegando a una concentración de 1020 de nitritos, valor ideal para que se forma la película protectora en las tuberías interna del sistema.

Posterior a ello, en la siguiente visita el residual de nitrito se mantuvo dentro de rango a pesar de una ligera reposición de agua. A su vez, el nivel hierro disminuyó hasta 2.72 ppm, evidenciando que la dosificación concentrada de pasivación del aditivo químico ya no desprendía hierro en el sistema.

A continuación, en la Figura 31 muestra los niveles del hierro monitoreados en la planta 2 de una empresa del rubro de envases.

Figura 31

Variación del hierro total del enfriador 2 de una empresa de envases



Nota. Elaboración propia.

Por otra parte, el día 21/05/18, el enfriador 2 había tenido una alta reposición de agua indicado por el operador de planta, debido a problemas en una bomba en dicho sistema. Como no se había repuesto el aditivo químico inmediatamente, el residual cayó a un valor de 320 ppm de nitrito, por lo que se recomendó realizar el refuerzo con urgencia ya que el nivel de hierro aún se mantenía en 3.4 ppm, dentro del rango recomendado.

El día 28/05/18 se mejoró el residual nitrito en el enfriador 2 y durante las siguientes visitas realizadas por el bachiller, los valores de residual de nitritos se mantuvieron

dentro de rango recomendado. A su vez, el nivel de hierro siempre se mantuvo dentro de rango luego de la pasivación inicial.

Finalmente, de los análisis realizados se puede precisar lo siguiente:

- Debido a las concentraciones alcanzadas inicialmente por el residual nitrito en los enfriadores 1 y 2, podemos constatar que el enfriador 1 posee un mayor volumen de agua interno que el brindado por el cliente.
- La instalación de un contómetro en la reposición del agua del sistema ayuda a cuantificar la cantidad agua con aditivo químico que se pierde por fallas o cambios de los moldes que cuentan las máquinas operando en la línea de producción.
- Un seguimiento y control interno continuo de los parámetros críticos como la reposición y apariencia del agua de un sistema de enfriamiento ayuda a mantener el residual de nitrito dentro de rango.
- Un correcto reforzamiento del aditivo químico mediante una bomba dosificadora o mediante dosis shock manualmente, ayuda a mantener el residual del aditivo protector evitando un aumento del nivel de hierro total en el sistema, característica principal de que se encuentra ocurriendo una corrosión interna.

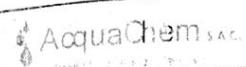
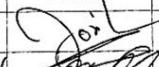
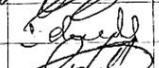
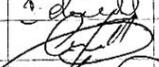
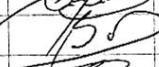
3.4.4 Evaluaciones y decisiones tomadas

Al encontrar problemas repetitivos en tres o más visitas continuas, se trata de reportar a un área de mayor jerarquía a la de mantenimiento, notificándole de las observaciones encontradas con la presencia de todas las partes involucradas. Por lo general, luego de dichas reuniones con el superintendente de planta, se procede a dar capacitaciones al personal y se procede a enviar correos electrónicos a todas las áreas involucradas para dejar constatado por escrito los avisos y recomendaciones notificadas por parte de ACQUACHEM.

A continuación, en la Figura 32 se muestra un formato de capacitación realizado por el bachiller.

Figura 32

Registro de capacitación realizada en la empresa de aceites

| | | | | | |
|---|---|---|--|--|---------------|
|  | | REGISTRO DE INDUCCION, CAPACITACION Y SIMULACROS | | R-ACQUA-008 Version:03 11/02/20 | |
| REGISTRO DE INDUCCION, CAPACITACIÓN AL CLIENTE | | | | | |
| I.- DATOS DE LA EMPRESA: IGASA | | | | | |
| RAZON SOCIAL | RUC | DOMICILIO | TIPO DE ACTIVIDAD ECONOMICA | Nº DE PERSONAS A CAPACITAR | |
| ACQUACHEM SAC | 20511129461 | Jr. Euler Leonhard Nro. 101 – San Borja | Comercialización de productos químicos para el tratamiento de aguas industriales | | |
| MARCAR CON UNA (X) | | | | | |
| INDUCCION | CAPACITACION | ENTRENAMIENTO | SIMULACRO DE EMERGENCIA | | |
| | X | | | | |
| TEMA | CAPACITACIÓN DE CALDERAS – INCrustación y Corrosión | | | | |
| FECHA | 16-10-20 | | | | |
| NOMBRE DEL CAPACITADOR O ENTRENADOR | Joel Cruz Contreras | | | | |
| NRO. DE HORAS | 2 horas | | | | |
| APELLIDOS Y NOMBRES | | NRO. DNI | AREA | FIRMA | OBSERVACIONES |
| Luna Delgado Héctor | | 72041503 | Producción |  | |
| Sanchez Alvarado Valentin | | 80503957 | Mantenimiento |  | |
| Jose Chumbiachante | | 08438652 | caldero |  | |
| Torrella Guevara CESAR | | 70432983 | Producción |  | |
| Yolanda Romero Ortiz | | 07430901 | Calidad |  | |
| Italo Rojas Cayens | | 45128236 | Calidad |  | |
| 2.- RESPONSABLES DEL REGISTRO | | | | | |
| NOMBRE | Joel Cruz C. | ÁREA | ASESORÍA | FECHA | 16-10-20 |

Nota. Elaboración propia. Se ocultó el nombre de la empresa por confidencialidad.

Una vez culminada la temporada del seguimiento de los sistemas de calentamiento o enfriamiento de cada planta, el bachiller realizó un informe técnico anual, detallando todas las observaciones y parámetros encontrados en los subsistemas.

A continuación, en la Figura 33 se muestran fotos de una inspección de los tubos de una caldera plasmados en el informe técnico realizado por el bachiller.

Figura 33

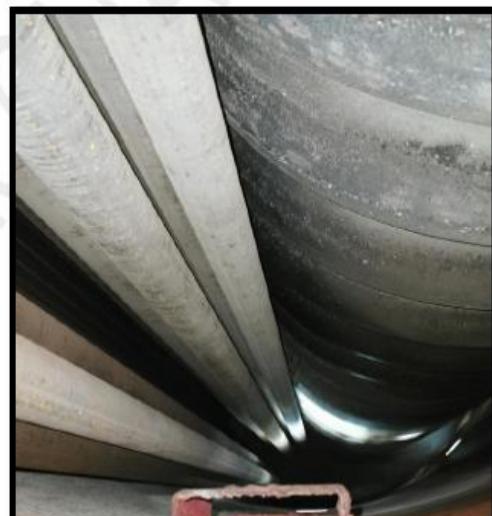
Informe técnico anual de un sistema de calentamiento

| | | |
|--|------------------------|--|
| | INFORME TÉCNICO | TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES Y PETRÓLEO |
|--|------------------------|--|

FOTO N°1: Caldera 400 BHP – Marca CLEAVER



FOTO N°2: Vista de los tubos desde la entrada de mano.



Oficina: Calle Euler Leonhard 101 Dpto.102 San Borja - Lima Teléfonos: 51-1 536 - 8004 / 998233213 / 998232339

Nota. Elaboración propia.

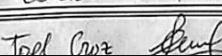
3.4.5 Informes y reportes presentados como resultados de las actividades

❖ Actividad 1. Monitoreo del agua para lograr un ahorro energético en calderas.

A continuación, en la Figura 34 se muestra un formato realizado por el bachiller en una visita técnica.

Figura 34

Reporte de visita técnica desarrollado como asesor técnico

| REPORTE DE VISITA - TECNICA | | | | | | | | | | Nº 004217 | | | | |
|---|---|--|-------------|----------------------------------|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------|-------|----------------------|--|
| Cliente: Orica | | | | | | | | | | Fecha: 19-04-18 | Hora: 8:00 | | | |
| Atención: ING. MARIO MONTTET / ING. MIGUEL S. | | | | | | | | | | Servicio al Cliente: 946007786 | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Calderas | | <input checked="" type="checkbox"/> Torres | | <input type="checkbox"/> Chiller | | <input type="checkbox"/> Osmosis | | <input type="checkbox"/> Otros | | | | | | |
| ANÁLISIS | Fuente | Límite | Agua Blanda | Límite | Aqua alim 1 | Límite | Parámetros Operativos | | Producción de agua blanda | | | | | |
| | Dureza Total | 300 | 00 | ≤03 | 0.5 | ≤02 | T°C (Alim) | 40 | AB 1 | | | | | |
| | Cloruros | 106.5 | 85.2 | | 88.75 | | P lb/pulg ² (Caldera) | | AB 2 | | | | | |
| | S.T.D. | 509 | 482 | | 576 | | T°C Gases (Caldera) | | Consumo de agua blanda | | | | | |
| | pH | 7.8 | 7.8 | | 8.0 | | Chimenea | | Medidor 1 | | | | | |
| | Fe ^{+2/+3} | — | — | | — | | | | Medidor 2 | | | | | |
| Análisis | | | | | | | | | | Torre | Límite | C-150 | Límites Recomendados | |
| Dureza Total D 1126-86 | ppmCaCo ₃ | 580 | | | 00 | | | | 00 | | | | | |
| OH - Alcalinidad | ppmCaCo ₃ | 00 | | | 920 | | | | 150 - 1000 | | | | | |
| M - Alcalinidad D 1067 - 85 | ppmCaCo ₃ | 320 | | | 2280 | | | | | | | | | |
| Cloruros D 512-89 | ppmCL ⁻ | 106.5 | | | 928 | | | | | | | | | |
| Fierro Total USEPA METHOD 8008 | ppm Fe ^{+2/+3} | / | | | / | | | | | | | | | |
| Silice / Nitritos | pm SiO ₂ /NO ₂ | / | | | / | | | | | | | | | |
| S.T.D. | ppm | 938 | ≤ 1800 | | 7170 → AUMENTAR | 3500 ≤ 5000 | | | | | | | | |
| Sulfatos / Zinc UNE 77050 | ppm SO ₄ ²⁻ /ppm Zn ²⁺ | / | | | 120 | REGIMEN | 30 - 60 | | | | | | | |
| Polímero / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ³⁻ | / | | | 1826 | DE Purga | 600 - 1000 | | | | | | | |
| pH | ad | 8.5 | 7.5 - 9 | | 12.0 | | | 10.5 - 12 | | | | | | |
| Ciclos | ad | 1.8 | 1 - 2.5 | | 12.75 | | | ~10 | | | | | | |
| Dispersión Dureza | % | 107 % | ≥ 40 | | / | | | | | | | | | |
| Dispersión Hierro | % | / | | | / | | | | | | | | | |
| Indice de Langlier | ad | / | | | | | | | | | | | | |
| Condensado | MANIFOLDO | | Límite | Productos Químicos | | Dosis Kg/día | Stock | F. Prox. Stock | | | | | | |
| pH | * Se recomienda instalar | | | ACQUA B-104 | 900gr/día | 54 | ✓ | TRABAJO | | | | | | |
| Fe | PUNTO DE MUESTRA PARA | | | ACQUA B-106 | 900gr/día | 28 | ✓ | 12 DIAS | | | | | | |
| STD | ANÁLISIS DE COLORADO DE VAPOR. | | | ACQUA B-405 | 900gr/día | 58 | ✓ | DESP. ULTIMA | | | | | | |
| Observaciones y Recomendaciones : | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>* AGUA BLANDA Y AUMENTACIÓN : REGIMEN DUREZA MÍNIMA EN RANGO, CONTROLABLE CON PRODUCTO QUÍMICO. STD AA > STD AB. DEBIDO A QUE NO SIEMPRE INGRESA CONDENSADO AL TANQUE DE AUMENTACIÓN.</p> <p>* C-150 OHP : NO REGISTRA DUREZA . STD FUERA DE RANGO . AUMENTAR REGIMEN DE PURGAS HASTA QUE STD LLIQUE A RANGO. MONITOREAR CON SU CONDUCTÍMETRO, RESIDUALES DE SULFATO Y POLÍMERO CONCENTRADOS. DEBIDO TAMBIÉN A ALTOS STD.</p> <p>ALCALINIDAD ALTA GENERA ESPUMA QUE PRODUCE BLOQUEO DE VAPOR, EL CUAL PRODUCE UN VAPOR HUMEDO CON MENOS CAPACIDAD CALORÍFICA QUE UN VAPOR SECO A SU VUELTA ALTOS STD GENERAN ENSUCIACIÓN EN TUBERÍAS, DISMINUYENDO LA TRANSFERENCIA DE CALOR.</p> <p>* TORRE : PARÁMETROS ACEPTABLES, EN RANGO.</p> | | | | | | | | | | | | | | |
|   | | | | | | | | | | | | | | |

Nota. Elaboración propia, tomado del file de un cliente de ACQUACHEM, 2018.

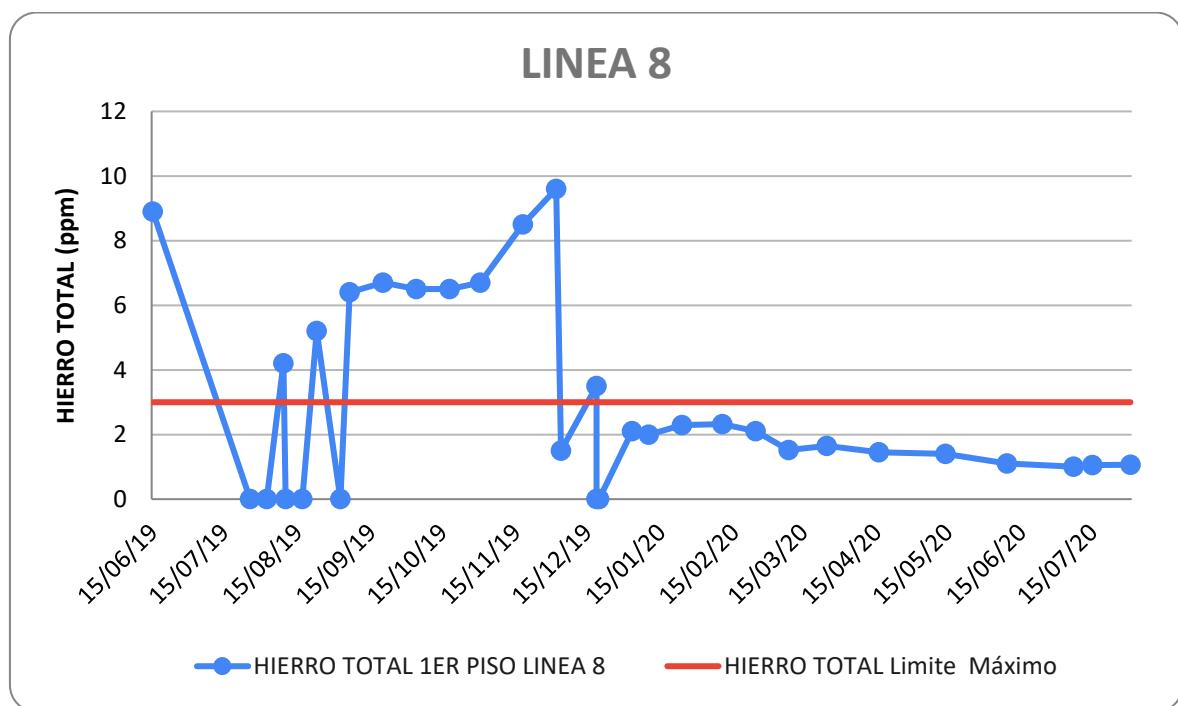
❖ **Actividad 2.** Control de la eficiencia del inhibidor de corrosión en enfriadores.

En esta actividad el asesor técnico tuvo que hacer visitas preliminares para realizar un seguimiento constante de análisis de hierro total en los enfriadores, con la finalidad de detectar algunas deficiencias en el control de parámetros operativos, método de protección y aplicación de aditivos usados por otras empresas encargadas del tratamiento químico de dichas máquinas si fuera el caso.

A continuación, en la Figura 35 se muestra la tendencia del parámetro de hierro total de una línea en seguimiento.

Figura 35

Evolución del parámetro de hierro de una empresa de plásticos



Nota. Tomado del área de la carpeta del área de asesoría técnica de ACQUACHEM, 2020.

Capítulo IV. Discusión de resultados e implicancias

4.1 Contribuciones al desarrollo de la empresa

Durante el periodo de labor en la empresa ACQUACHEM, el bachiller realizó un seguimiento de los parámetros críticos de un sistema de vacío de una empresa de alimentos líder en el mercado. Este sistema tiene la finalidad de captar todo el vapor húmedo presente en cada línea productiva, que al condensarse aporta líquidos al sistema. Por lo que se tienen perdidas de agua con aditivo por medio de rebose del tanque, disminuyendo así el residual de producto anticorrosivo.

Al contar con varias líneas de vacío, enumeradas desde la 22 hasta la 29, el operador no se abastecía de tiempo para dosificar el aditivo ya que cada línea trabaja de manera independiente y solo se encienden cuando se encuentran en producción de cada línea de proceso determinado. Además, dichas líneas estaban ubicadas en el tercer nivel de la planta y no tenían se tenía un posible acceso hacia las tuberías conectadas desde el primer nivel.

A continuación, en la Figura 36 se muestran los residuales de nitrito en las líneas de vacío 25 al 29.

Figura 36

Parámetros de las líneas de vacío de bajo residual anticorrosivo

| Análisis | | UV-25 | UV-26 | UV-27 | UV-28 | UV-29 | Límites Recomendados |
|-----------------------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------------|----------------------|
| Dureza Total D 1126-86 | ppm CaCO ₃ | 00 | 00 | 00 | 00 | 01 | ≤ 50 |
| OH - Alcalinidad | ppm CaCO ₃ | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | |
| M - Alcalinidad D 1067 - 86 | ppm CaCO ₃ | 210 | 240 | 160 | 220 | 300 | |
| Cloruros D 512-89 | ppm Cl ⁻ | 17.7 | 17.7 | 17.7 | 17.7 | 17.7 | |
| Fierro Total USEPA METHOD 8008 | ppm Fe ^{+2/+3} | 0.88 | 0.74 | 0.18 | 0.32 | 0.59 | ≤ 10 |
| Silicato / Nitritos | ppm SiO ₂ /NO ₂ | 340 | 440 | 270 | 360 | 500 | 600 - 1000 |
| S.T. | ppm | 710 | 891 | 563 | 764 | 1018 | ≤ 3500 |
| Sulfitos / Zinc UNE 77050 | ppm SO ₃ ²⁻ /ppm Zn ^{+2/+3} | / | / | / | / | / | |
| Polímero / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ⁻² | / | / | / | / | / | |
| pH | ad | 6.82 | 7.28 | 7.03 | 6.89 | 7.10 | 8-10 |
| Ciudad SILENCIA | ad | / | / | / | / | Partículas | |
| Dispersión Dureza | % | / | / | / | / | Suspendidas | |
| Dispersión Hierro | % | / | / | / | / | / | |

Nota. Elaboración propia.

A continuación, en la Figura 37 se muestra el seguimiento del residual nitrito de la línea de vacío que se cuenta con dosis por bombeo.

Figura 37

Parámetro de la línea de vacío 22 con dosis por bombeo.

| Calderas | | Torres | | Chiller | | Osmosis | | Otros | |
|--|--|---------------------|-------------|---------|-------------------------|--------------|----------------------------------|---------------------------|--|
| ANÁLISIS | Fuente | Límite | Agua Blanda | Límite | Agua alim 1 | Límite | Parámetros Operativos | Producción de agua blanda | |
| Dureza Total | | | 01 | 503 | | | T°C (Alim) | AB 1 | |
| Cloruros | | | 35.5 | | | | P lb/pulg ² (Caldera) | AB 2 | |
| S.T.D. | | | 395 | | | | T°C Gases (Caldera) | Consumo de agua blanda | |
| pH | | | 8.0 | | | | Chimenea | Medido Chiller 841.385 | |
| Fe ^{+2/+3} | | | - | | | | | Medidor 2 | |
| Análisis | | CH 1-4 | CH 5 | LV-22 | LV-23 | LV-24 | Límites Recomendados | | |
| Dureza Total D 1126-86 | ppmCaCO ₃ | 02 | 02 | 00 | 00 | 00 | ≤ 50 | | |
| OH - Alcalinidad | ppmCaCO ₃ | 00 | 00 | 00 | 00 | 00 | | | |
| M - Alcalinidad D 1067 - 88 | ppmCaCO ₃ | 800 | 760 | 520 | 320 | 480 | | | |
| Cloruros D 512-89 | ppmCL ⁻ | 106.5 | 71 | 53.25 | 35.5 | 35.5 | | | |
| Fierro Total USEPA METHOD 8008 | ppm Fe ^{+2/+3} | 0.29 | 0.25 | 0.14 | 0.21 | 0.22 | ≤ 1.0 | | |
| Sílice / Nitritos | pm SiO ₂ /NO ₂ | 1210 | 900 | 930 | 520 | 770 | 600 - 1000 | | |
| S.T.D. | ppm | 3618 | 2546 | 2278 | 1045 | 1608 | ≤ 3500 | | |
| Sulfitos / Zinc UNE 77050 | ppm SO ₃ ⁻² /ppm Zn ^{+2/+3} | / | / | / | / | / | | | |
| Polímero / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ⁻³ | / | / | / | / | / | | | |
| pH | ad | 10.78 | 10.60 | 7.73 | 7.43 | 8.67 | 8-10 | | |
| Ciclos OBSERVACIÓN | ad | / | / | / | / | / | PARADA | | |
| Dispersión Dureza | % | / | / | / | / | / | | | |
| Dispersión Hierro | % | / | / | / | / | / | | | |
| Indice de Langelier | ad | / | / | / | / | / | | | |
| Condensado | CHILLER : | | | Límite | Productos Químicos | Dosis Kg/dia | Stock | F. Prox. Stock | |
| pH | ACQUA C-201 20L | 20L | 7 | SEMANAL | LÍNEAS DE VACÍO : | | | | |
| Fe | ACQUA C-201 20L | 20L | 7 | SEMANAL | ACQUA C-201 2.5L / M, S | → 15 + 300 | | | |
| STD | ACQUA C-703 ~ | 200L/m ³ | | | ACQUA C-703 | → 50 | | | |
| Observaciones y Recomendaciones : AGUAS BLANDAS : DUREZA EN RANGO. PARÁMETROS ACEPTABLES. | | | | | | | | | |
| * CH 1-4 y CH-5 : REGISTRAN DUREZAS EN RANGO. CONCENTRACIÓN DE HIERRO EN RANGO (menor a 1ppm). STD EN RANGO. RESIDUAL DE NITRITO CONCENTRADOS, MOTIVO POR EL CUAL PH ES LIGERAMENTE ALTO. NO DESCUIDAR DOSIS DE BIÓCIDOS. | | | | | | | | | |
| * LV-22 : SE ESTÁ REALIZANDO SEGUIMIENTO A ESTA LÍNEA, SE ENCUENTRA CON DOSIFICACIÓN MEDIANTE BOMBA. REGISTRA PARÁMETROS EN RANGO. RESIDUAL DE NITRITO EN RANGO. Y NIVEL DE HIERRO Bajo (0.14 ppm) SE COMPROBÓ QUE DOSIFICACIÓN MANTIENE EL RESIDUAL EN RANGO (930 ppm NO2). | | | | | | | | | |
| RESIDUAL DE NITRITOS : { 23/03 Dosis shock 10Lts 28/03 1510 ppm } (POR FECHAS) { 24/03 2533 ppm 07/04 1000 ppm } { 26/03 1760 ppm 10/04 1080 ppm } | | | | | | | | | |
| SUPERVISOR TÉCNICO : <i>José Cruz</i> <i>Aluf</i> ACEPTACIÓN DEL CLIENTE : <i>Horacio Chavarría</i> <i>Chavarría</i> | | | | | | | | | |

Nota. Elaboración propia.

Debido al conocimiento técnico y experiencia previa del bachiller en limpiezas químicas y mantenimiento de equipos ablandadores, se pudieron realizar este tipo de servicios a los clientes de la cartera de ACQUACHEM, con la finalidad de brindar un tratamiento integral a todos los equipos de agua presentes en dichas empresas. Cabe resaltar que antes de ingresar a laborar el bachiller, no se llevaban a cabo dichos servicios y los clientes tenían que buscar a otra empresa que les ofrezca dicho servicio.

A continuación, en la Figura 38 se muestra un servicio de mantenimiento preventivo de un tanque ablandador de agua de una empresa del rubro de envases.

Figura 38

Mantenimiento de un equipo ablandador a cargo del bachiller.



Nota. Elaboración propia.

4.2 Impacto de las propuestas de solución

A nivel económico, preservar la calidad de los tubos internos en una caldera y los equipos internos en un enfriador de reducirán los costos de mantenimiento de los sistemas debido a reparaciones o paradas de máquina no deseadas que conllevan también a pérdidas económicas por la pausa de las líneas productivas de las empresas.

Mantener un control efectivo en el tratamiento químico del agua mantiene la capacidad de intercambio de calor y eficiencia de los sistemas, logrando disminuir el uso excesivo de combustible, electricidad o agua, así como de limitar emisiones al medio ambiente y el uso de un recurso natural tan importante en el mundo, como el agua.

4.3 Actividades de representación de la empresa

Las empresas que aún no adquieren productos químicos de ACQUACHEM son conocidas como clientes potenciales. A dichas empresas se les hace el envío de correos con cartas de presentación solicitando una reunión inicial, en el cual se realiza una prueba *in situ* al cliente de la acción del aditivo químico en el tratamiento del agua de sus sistemas.

En la Figura 39 se muestran una demostración de la efectividad del aditivo químico.

Figura 39

Demostración de la efectividad del producto nitrito



Nota. Elaboración propia.

En las empresas con sistemas de enfriamiento, ACQUACHEM realizaba limpiezas químicas a los circuitos de agua de las máquinas de inyección, con el objetivo de reducir las capas de caliche y óxido formado en el intercambiador de calor, conocido como chaqueta.

En la Figura 40 se muestra una imagen del proceso de limpieza realizado por el bachiller en sus períodos de labor de los años 2021 y 2022.

Figura 40

Limpieza química del circuito de agua de una máquina extrusora



Nota. El cuadro indica la ubicación de la chaqueta a limpiar químicamente.

4.4 Otras actividades complementarias

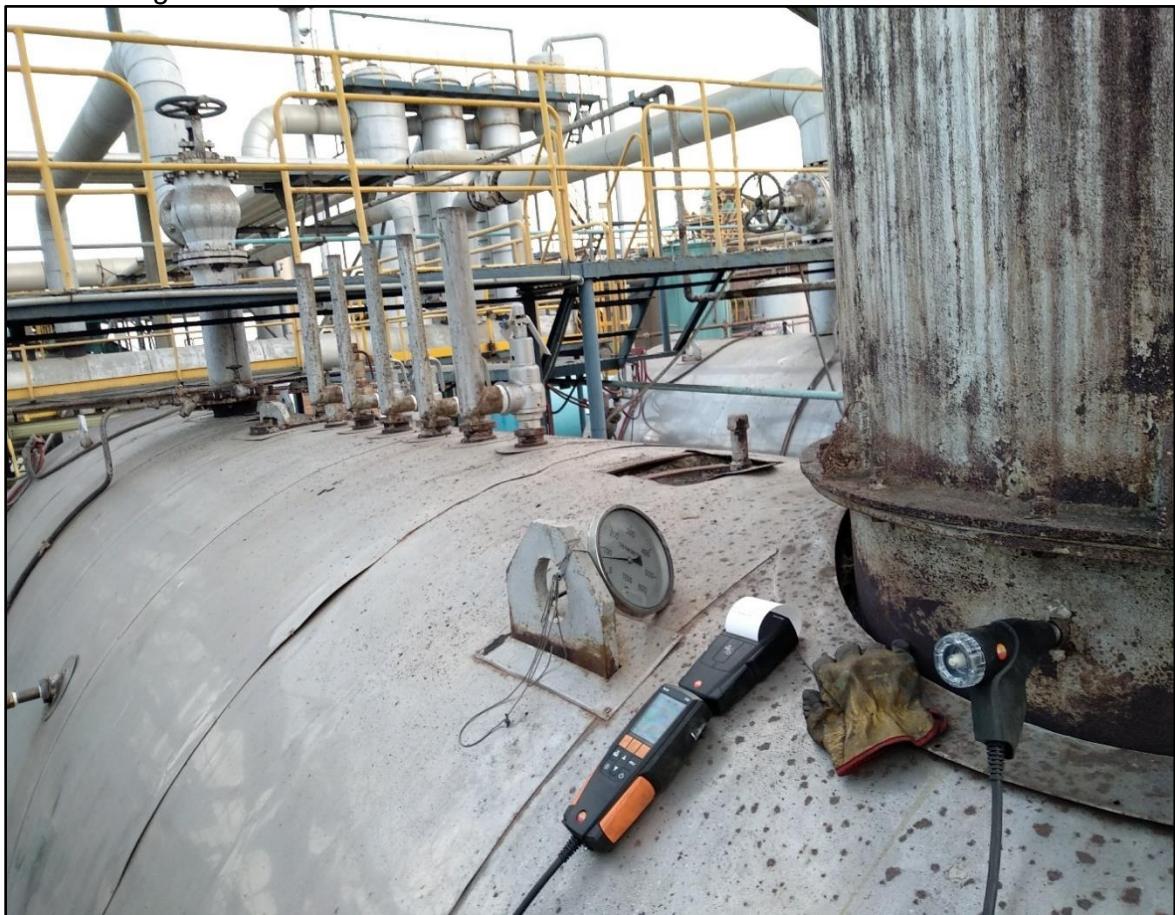
Una de las actividades esporádicas realizadas por el bachiller fue la inspección de la calidad de los tubos internos de las calderas, ejecutadas al término de un periodo de trabajo continuo de un año o previo al inicio del tratamiento químico con productos de ACQUACHEM.

Durante el periodo de labor en ACQUACHEM, el bachiller de ingeniería química realizó análisis de gases a las chimeneas de las calderas de algunas plantas, con el objetivo de fidelizar en mayor grado al cliente.

A continuación, en la Figura 41 se muestra el proceso de análisis de gases realizada en una chimenea.

Figura 41

Análisis de gases de combustión de una caldera



Nota. Elaboración propia.

Capítulo V. Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

A continuación, se describirán las conclusiones encontradas por el bachiller.

- Mantener el agua de alimentación con una temperatura por encima de 80 °C y una dureza menor a 3 ppm de CaCO₃ previene la corrosión por picadura y la formación de caliche sobre los tubos de la caldera, ya que los aditivos químicos en dichas condiciones pueden reaccionar con el oxígeno y la dureza respectivamente.
- Ejecutar purgas de fondo adicionales programadas y mantener la purga de superficie, de menor energía calorífica, abierta continuamente en una caldera ayudan a controlar los sólidos totales disueltos, evitando así el arrastre de sólidos producido por una elevada concentración interna.
- El seguimiento interno de los sólidos totales disueltos y pH de los retornos de agua son de gran importancia para evidenciar si existen contaminaciones en los sistemas de calentamiento o enfriamiento, con el fin de evacuar dichas impurezas que puedan perjudicar al tratamiento químico.
- Realizar capacitaciones y supervisiones continuas a todo el personal de las áreas involucradas de los calentadores y enfriadores ayudan a corregir los manejos inadecuados del agua, así como también, incentivan a realizar un control interno de parámetros con equipos de medición propios de cada empresa.
- Mantener una concentración inicial mínima del residual y usar el contómetro del agua de reposición para cuantificar la cantidad de aditivo a dosificar son los principales factores para que se pueda formar la capa fílmica sobre el metal que controla el incremento de hierro total en un enfriador.

5.2 Recomendaciones

- Cuando se tiene un agua fuente de origen subterráneo, el uso de un sistema de ósmosis inversa ayuda a disminuir en gran medida la dureza del agua y así se puede evitar altos pasos de dureza a los sistemas, que son susceptibles a ocurrir usando un equipo ablandador de agua.
- Las plantas que cuentan con sistemas de calentamiento deben operar a las calderas dentro de su capacidad nominal, para que el vapor producido sea óptimo y se evite el arrastre de sólidos por exceso de demanda que perjudique la calidad de agua de los retornos de condensados.
- La disposición de los equipos de medición de los principales parámetros y la capacitación sobre su uso al operador de la caldera o enfriador mejoraría el tratamiento químico del agua, ya que, al realizar dichas mediciones en sus tareas diarias se puede ejecutar una acción correctiva inmediata.

Capítulo VI. Referencias bibliográficas

- Acevedo Juárez, J. L., Rodríguez Sevilla, C. F., & Flores Tinoco, L. M. (2016). *Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para el generador de vapor del hospital escuela San Juan de Dios de la ciudad de Estelí* [Other, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/6963/>
- Almendariz Llanos, G. R., & Lara Gavilanes, D. I. (2014). *Diseño, construcción y pruebas de un CHILLER para el laboratorio de transferencia de calor*. [bachelorThesis]. <http://dspace.espaceh.edu.ec/handle/123456789/3525>
- Almeraya, F., Gaona-Tiburcio, C., De Ita Y De La Torre, A. S., Martínez V., A., & Romero R., M. A. (2000). *Problemas de corrosión*. Universidad Autónoma Metropolitana (México). Unidad Azcapotzalco. <http://zaloamati.azc.uam.mx/handle/11191/1801>
- Baltodano Salgado, F. de los Á., Sevilla Cruz, H. U., & Aguirre Vásquez, L. J. (2021). *Evaluación del sistema de generación de vapor del Hospital Escuela San Juan De Dios Estelí, para la presentación de propuestas de alternativas de mejoras del sistema, durante el periodo II semestre 2020* [Diploma, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua]. <https://repositorio.unan.edu.ni/15512/>
- Bargaran Vásquez, L. A. (2014). Diseño de un sistema de purga automática de fondo y superficie para ahorro y disponibilidad de energía térmica en una caldera pirotubular de 1000 BHP. *Universidad Nacional del Callao*. <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/337>
- Bohórquez Guzmán, R. D. (2013). *Auditoría energética al circuito de vapor y*

- condensado de una planta de elaboración de café liofilizado* [bachelor Thesis, 2013]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/21705>
- Chacón Nina, M. (2016). *Tratamiento de agua correctivo y preventivo para uso en calderos pirotubulares* caso: *Tecnopreco S.R.L.* [Thesis]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/11797>
- Colcha Cambal, A. L. (2014). *Diseño de un sistema para el tratamiento del agua de alimentación a la caldera para prevenir la corrosión en la Planta de Lácteos de Tunshi* [bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/3213>
- Diaz Gallegos, E. C. (2004). *Influencia de las concentraciones de los sólidos solubles s t d(ca, mg, y sio2) en la calidad del agua utilizada en las calderas de la Central Termoeléctrica Trinitaria* [bachelorThesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/3095>
- Frayne, C. (2002). *Boiler water treatment: Principles*: Vol. I. Chemical Publ.
- Galindo Mauricio, F. A. (2018). Diseño de un sistema de mantenimiento a una planta enfriadora (Chiller) refrigerada por aire, aplicada en la industria de la climatización. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/9666>
- García León, E. K., & Castro Castillo, E. J. (2009). Efecto de la concentración del sulfito de sodio catalizado y tiempo de exposición en tubos astm 192 en una caldera pirotubular de 100 bhp. *Universidad Nacional de Trujillo*. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9178>
- Gaspar Muñoz, K. (2014). *Determinación del ahorro de agua en una torre de enfriamiento con base a un tratamiento fisicoquímico para el control de la*

- lílice* *disuelta.*
<https://repositorioinstitucional.buap.mx/handle/20.500.12371/5570>
- Gómez Moeckel, L. (2022). *Optimización red de condensados de vapor. Migasa Aceites S.L.U.* <https://idus.us.es/handle/11441/136740>
- Ibañez Esteban, C. A. (2015). Propuesta de mejoras para la actividad de los hornos y calderas de una refinería para reducir el impacto ambiental generado, estableciendo pautas para la implementación de un sistema de gestión ambiental. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC).* <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/581462>
- Jaramillo Suárez, H. E., Alba de Sánchez, N. C., Canizales, J. P., & Toro, Á. J. (2008). *Tipos de falla.* Programa Editorial Universidad Autónoma de Occidente. <https://hdl.handle.net/10614/13820>
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2008). *Administración de operaciones: Procesos y cadenas de valor* (8a. ed). Pearson Educación.
- Mariños, D., Rojas, S., De los Santos, Y., & Chucuya, R. (2017). Evaluation of a Flash Tank for energy saving in the condensed recovery system of the Caleta Hospital. *SCIÉNDO,* 20(1), 19–29. <https://doi.org/10.17268/sciendo.2017.003>
- Muñoz Chalén, Á. I., & Menéndez Chávez, J. A. (2021). *Manejo de las calderas industriales y su impacto en el medio ambiente en la ciudad de Guayaquil* [masterThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19836>
- Palacios Encalada, J. L. (2016). *Auditoría energética de la caldera y el sistema de distribución de vapor de la planta de elaborados y embutidos Pronaca* [bachelorThesis, Quito, 2009.]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16472>

Pérez Yambay, J. C. (2015). *Diseño de un Sistema de Tratamiento para el agua de alimentación a los calderos en el parque Acuático los Elenes del cantón Guano*. [bachelorThesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/4681>

Ramírez García, V. A., & Tovar Rojas, D. A. (2020). *Desarrollo de una propuesta para el tratamiento del agua empleada en el sistema de refrigeración de la empresa Iberplast S.A.S* [bachelorThesis, Fundación Universidad de América]. <https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/8128>

Ramos Ale, C. A. (2020). Instalación y evaluación energética de un chiller para el enfriamiento de una máquina sopladora automática de botellas PET. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/11070>

Ruiz Ortíz, C., & Andrade Mallea, C. E. [Tutor. (2013). *Mantenimiento de los tubos de las calderas generadoras de vapor y la mitigación de los gases residuales* [Thesis]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/12312>

Samaniego Corella, G. F. (2020). *Diseño de un sistema de recuperación de energía y agua de purgas de los calderos de una empresa textil*. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/3688>

Vega-Ramirez, J. (2004). *Cálculo del retorno de condensado estudio de ahorro energético y de realización de manual de entrenamiento de máquina servilletera OMET*. <https://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/386>

Villacrés Yupa, J. E. (2009). *Ahorro energético en el sistema de recuperador de condensados de una planta industrial en Guayaquil utilizando un surge tank* [bachelorThesis]. <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/7739>

Anexos

ANEXO 1. Equipos adicionales en los sistemas de agua

Ablandador o suavizador



Nota. Tomado de Megaozono (2022). <https://megaozono.pe/product/ablandador-automatico>

Osmosis inversa



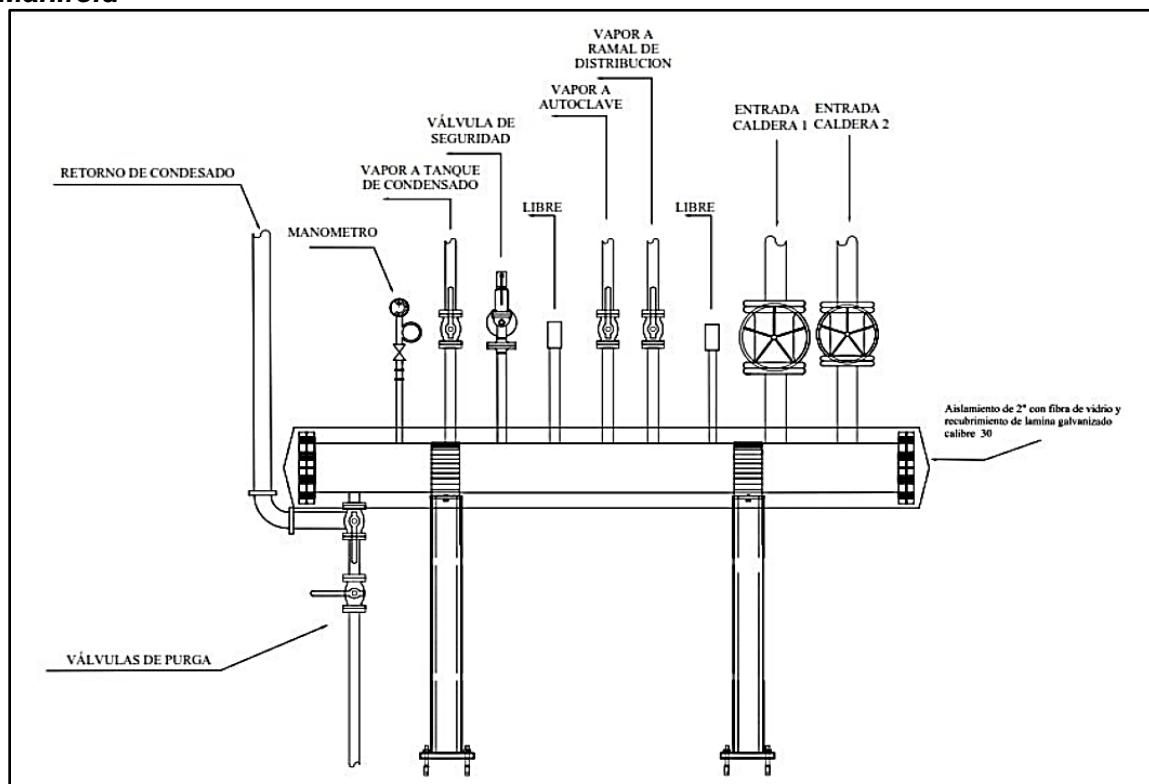
Nota. Elaboración propia.

Tanque de alimentación



Nota. Elaboración propia

Manifold



Nota. Tomada de Baltodano et al. (2021).

Contómetro



Nota. Elaboración propia.

Tanque del enfriador



Nota. Elaboración propia.

ANEXO 2. Efecto de las incrustaciones sobre los tubos de una caldera

El bachiller realizó pruebas de efervescencia usando ácido clorhídrico (reactivo S-1) sobre el caliche encontrado en una empresa pesquera.

| | | |
|--|------------------------|--|
|  AcquaChem S.A.C. Tratamiento de Agua y Petróleo | INFORME TÉCNICO | TRATAMIENTO DE AGUAS INDUSTRIALES Y PETRÓLEO |
|--|------------------------|--|



Oficina: Calle Euler Leonhard 101 Dpto. 102 San Borja - Lima Teléfonos: 51-1 536 - 8004 / 998233213 / 998232339

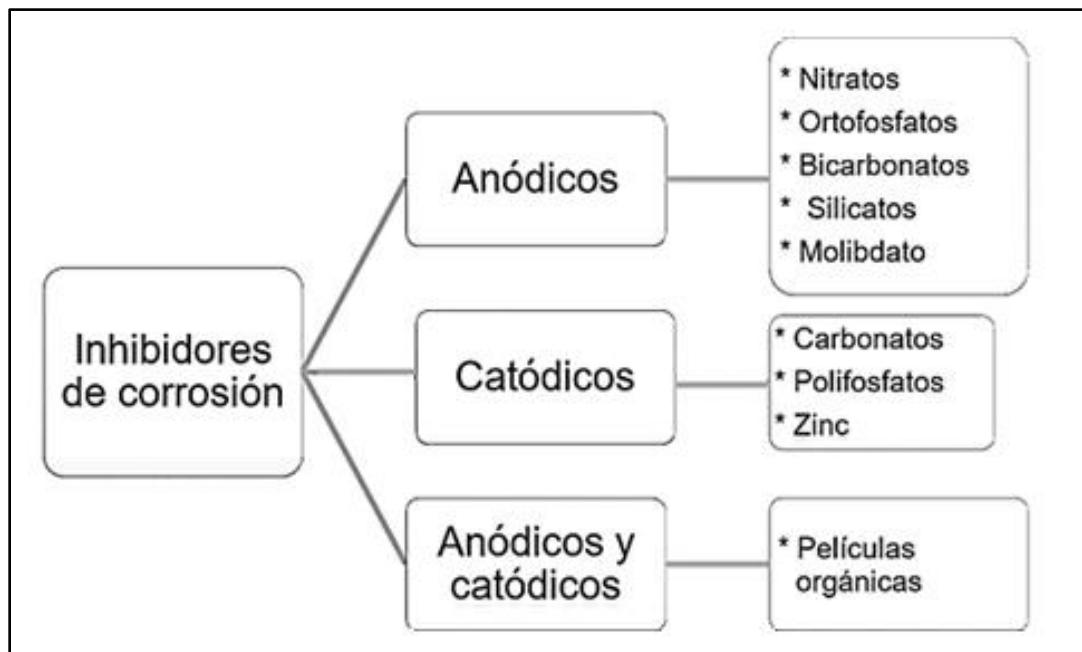
Nota. Elaboración propia.

A continuación, se muestran el exceso de combustible usado para cada espesor del caliche.

| Espesor de incrustación en pulgadas | Pérdida de eficiencia | Desperdicio de combustible por cada 1000 litros | Desperdicio de gas por cada 1000 m ³ |
|-------------------------------------|-----------------------|---|---|
| 1/64' | 4 % | 40 litros | 40 m ³ |
| 1/32' | 7 % | 70 litros | 70 m ³ |
| 1/16' | 11 % | 110 litros | 110 m ³ |
| 1/8' | 18 % | 180 litros | 180 m ³ |
| 3/16' | 27 % | 270 litros | 270 m ³ |
| 1/4' | 38 % | 380 litros | 380 m ³ |
| 3/8' | 48 % | 480 litros | 480 m ³ |
| 1/2' | 60 % | 600 litros | 600 m ³ |
| 5/8' | 74 % | 740 litros | 740 m ³ |

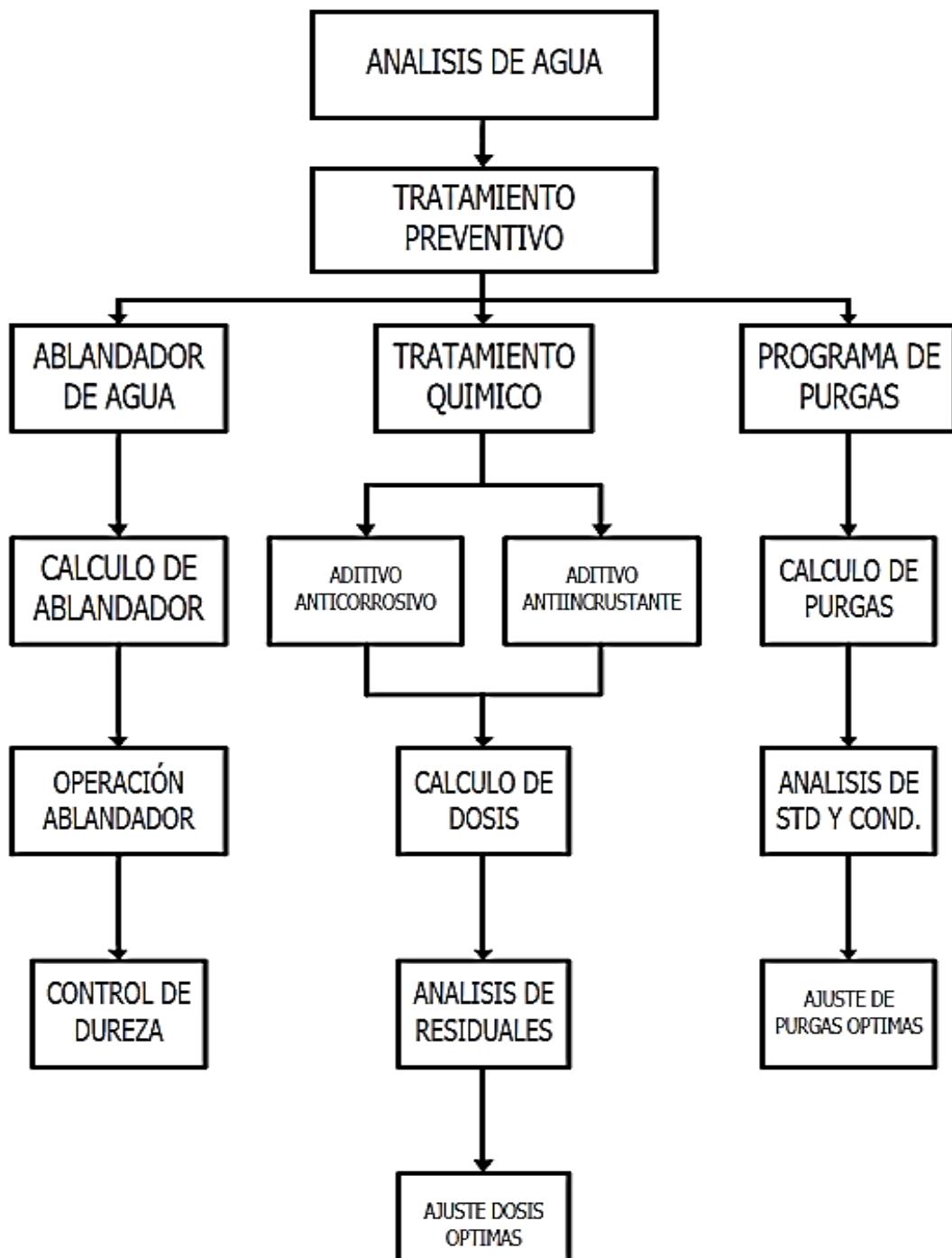
Nota. web IONIS (2003). <http://www.ionis.com.ar/agua/perdida-eficiencia-termica.htm>

ANEXO 3. Tipos de tratamientos empleados en enfriadores y calderas



Nota. Información interpretada y adaptada de Gómez de León y Alcaraz (2004).

A continuación, se muestran un esquema de los diferentes tipos de tratamiento químico y físico del agua.



Nota. Los cálculos de producción de agua blanda, dosis de aditivos y purgas en una son necesarios para en un sistema de vapor. Tomada y adaptada de Chacón (2016).

ANEXO 4. Procedimiento de análisis volumétricos del agua

Para los siguientes análisis fisicoquímicos se siguieron la metodología brindada en el instructivo interno de ACQUACHEM y normas internacionales.

Determinación de la dureza total

Reactivos utilizados.

- Buffer de pH 10 (Reactivos D-1)
- Negro de ericromo (Reactivos D-2)
- EDTA 0.01 M (Reactivos D-3)

Procedimiento para muestras de agua blanda y de alimentación.

- Tomar 50 ml de muestra de agua y colocar en frasco.
- Inmediatamente agregar 15-20 gotas de reactivo D-1.
- Agitar y adicionar 5-6 gotas de reactivo D-2.
- Titular con el reactivo D-3 hasta el cambio de viraje de rojo a azul.

Procedimiento para muestras de caldero y enfriador.

- Tomar 10 ml de muestra de agua y colocar en frasco.
- Inmediatamente agregar 10 gotas de reactivo D-1.
- Agitar y adicionar 5-6 gotas de reactivo D-2.
- Titular con el reactivo D-3 hasta el cambio de viraje de rojo a azul.

Cálculos para agua blanda y de alimentación.

$$\text{ppm Dureza (CaCO}_3\text{)} = Vg \times 20$$

Cálculos para agua de caldero y enfriador.

$$\text{ppm Dureza (CaCO}_3\text{)} = Vg \times 100$$

Donde:

Vg=Volumen gastado en mililitros de reactivo titulante D-3

Determinación de la alcalinidad

Reactivos utilizados.

- Fenolftaleína (Reactivo F-1)
- Anaranjado de metilo (Reactivo F-2)
- Ácido sulfúrico 0.02 M (Reactivo F-3)

Procedimiento para muestras de caldera.

- Tomar 10 ml de muestra de agua y colocar en frasco.
- Inmediatamente agregar 2 gotas de reactivo F-1.
- Si vira a grosella, titular con F-3, hasta el cambio de viraje a incoloro.
- Inmediatamente agregar 5-6 gotas del reactivo F-2.
- Titular con F-3 hasta el cambio de viraje de amarillo a anaranjado.

Cálculos para agua de caldera.

$$\text{ppm Alcalinidad (F)} = Vg_1 \times 200$$

$$\text{ppm Alcalinidad (M)} = Vg_2 \times 200 + \text{ppm Alcalinidad (F)}$$

Finalmente,

$$\text{ppm Alcalinidad OH} = 2F - M$$

Donde:

Vg_1 =Volumen gastado en mililitros de reactivo titulante F-3 con el reactivo F-1

Vg_2 =Volumen gastado en mililitros de reactivo titulante F-3 con el reactivo F-2

Determinación de cloruros.

Reactivos utilizados.

- Dicromato de potasio (Reactivo C-1)
- Nitrato de plata (Reactivo C-2)
-

Procedimiento para muestras de caldero y enfriador.

- Tomar 10 ml de muestra de agua y colocar en frasco.
- Inmediatamente agregar 20 gotas de reactivo C-1 y agitar hasta que la solución se tornara de un color amarillo.
- Titular con el reactivo C- 2 hasta el cambio de viraje de amarillo a rojo ladrillo.

Cálculos para agua de caldero y enfriador.

$$\text{ppm Cloruros (Cl}^{-}\text{)} = \text{Vg} \times 355$$

Donde: Vg=Volumen gastado en mililitros de reactivo titulante C-2

Determinación de sulfitos

Para este análisis es necesario hacer enfriar la muestra hasta temperatura ambiente.

Reactivos utilizados.

- Ácido clorhídrico (Reactivo S-1)
- Almidón (Reactivo S-2)
- Yoduro – yodato (Reactivo S-3)

Procedimiento para muestra de agua de caldero.

- Tomar 10 ml de muestra de agua y colocar en frasco.
- Enfriar la muestra rápidamente mediante baño maría.
- Inmediatamente agregar 20 gotas de reactivo S-1.
- Agitar suavemente y adicionar 10 gotas de reactivo S-2.
- Titular con el reactivo S-3 hasta el cambio de viraje de incoloro a azul.

Cálculo.

$$\text{ppm Sulfitos (SO}_3^{2-}\text{)} = \text{Vg} \times 40$$

Donde: Vg=Volumen gastado en mililitros de reactivo titulante S-3

ANEXO 5. Cálculos realizados en el sistema de calentamiento

Cálculo de la producción de agua blanda.

$$\text{Vol. de agua blanda} = \frac{1941.705 \times (\text{Volumen}_{\text{resina}}) \times (\eta)}{\text{Dureza}_{\text{fuente}}}$$

Con las siguientes unidades:

- Volumen de agua blanda en m³ / ciclo de regeneración
- Volumen de la resina en pie³
- η o eficiencia de la resina en porcentaje
- Dureza del agua fuente en ppm de CaCO₃

Cálculo de los ciclos de concentración. Se puede estimar este factor de manera más exacta con los cloruros, ya que es un compuesto que no se evapora ni deposita.

$$\text{Ciclos de concentración} = \frac{\text{STD}_{\text{caldera}}}{\text{STD}_{\text{alim}}}$$

Donde:

$\text{STD}_{\text{caldera}}$ = Sólidos totales disueltos de la caldera en ppm

STD_{alim} = Sólidos totales disueltos de la alimentación en ppm

Cálculo del flujo de agua de alimentación. Del balance de masa de los STD en una caldera se pueden definir los flujos másicos mediante la siguiente ecuación:

$$\dot{m}_{\text{alim}} = \left(\frac{\text{STD}_{\text{caldera}}}{\text{STD}_{\text{caldera}} - \text{STD}_{\text{alim}}} \right) \times \dot{m}_{\text{vapor}}$$

Donde:

\dot{m}_{alim} = Flujo másico de agua de alimentación en Ton/h

\dot{m}_{vapor} = Flujo másico de producción de vapor en Ton/h

$\text{STD}_{\text{caldera}}$ = Sólidos totales disueltos de la caldera en ppm

STD_{alim} = Sólidos totales disueltos de la alimentación en ppm

Cálculo del flujo de vapor. Por definición 1 BHP produce 34.5 libras por hora de vapor saturado, entonces considerando los cambios de conversión a kilos y toneladas se tiene la siguiente fórmula:

$$\dot{m}_{vapor} = \frac{34.5 \times (HP_{caldera}) \times (\eta)}{(2.2) \times (1000)}$$

Donde:

\dot{m}_{vapor} = Flujo másico de producción de vapor en Ton/h

HP = Caballaje de la caldera en BHP

η = Eficiencia o rendimiento de la caldera

Cálculo de purgas. Las purgas en sistema generador de vapor son necesarias para controlar la concentración de los sólidos disueltos totales, STD, presentes en el agua que se acumula dentro de la caldera.

$$\dot{m}_{purga} = \left(\frac{STD_{alim}}{STD_{caldera} - STD_{alim}} \right) \times \dot{m}_{vapor}$$

Donde:

\dot{m}_{purga} = Flujo másico de las purgas en Ton/h

\dot{m}_{vapor} = Flujo másico de producción de vapor en Ton/h

$STD_{caldera}$ = Sólidos totales disueltos de la caldera en ppm

STD_{alim} = Sólidos totales disueltos de la alimentación en ppm

También un factor importante para mantener un control adecuado del sistema es el porcentaje de purga, %P. El cual se define de la siguiente manera:

$$\% Purga = \left(\frac{1}{CC} \right) \times 100$$

Donde:

CC = Ciclos de concentración de la caldera

ANEXO 6. Cálculos realizados en el sistema de enfriamiento

Cálculo de tasa de corrosión y deposición.

$$Tasa\ de\ deterioro = \frac{K \times W}{A \times \delta \times t}$$

Donde:

K = Constante de corrosión

W = Pérdida de peso en gramos

A = Área expuesta de la pieza en cm^2

δ = Densidad en gr/cm^3 (para el acero al carbono es de $7.86 \text{ gr}/\text{cm}^3$)

t = Tiempo que se expone al material en horas

En la siguiente imagen se muestran las constantes de la velocidad de corrosión según las unidades a calcular.

| Corrosion Rate Units Desired | Constant (K) in Corrosion Rate Equation |
|--|---|
| mils per year (mpy) | 3.45×10^6 |
| inches per year (ipy) | 3.45×10^3 |
| inches per month (ipm) | 2.87×10^2 |
| millimeters per year (mm/y) | 8.76×10^4 |
| micrometers per year (um/y) | 8.76×10^7 |
| picometers per second (pm/s) | 2.78×10^6 |
| grams per square meter per hour ($\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$) | $1.00 \times 10^4 \times D$ |
| milligrams per square decimeter per day (mdm) | $2.40 \times 10^6 \times D$ |
| micrograms per square meter per second ($\mu\text{g}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$) | $2.78 \times 10^6 \times D$ |

Nota. Norma Técnica ASTM G1 según Ramos (2018).

Cálculo de dispersión de hierro.

$$Dispersión\ de\ hierro = \left(\frac{Hierro_{caldera}}{Hierro_{alim}} \right) \times \left(\frac{1}{CC} \right) 100$$

Donde:

CC = Ciclos de concentración de la caldera

$Hierro_{caldera}$ = Nivel de hierro en la caldera en ppm

$Hierro_{alim}$ = Nivel de hierro en la alimentación en ppm

ANEXO 7. Cálculos para la dosis de aditivos químicos

Cálculo del producto antiincrustante.

$$DA = \frac{\dot{m}_{vapor} \times [N] \times 24 \times 1000}{CC \times 10^6}$$

Donde:

DA = Dosificación del antiincrustante en kg/día

$[N]$ = Dosis del aditivo antiincrustante en ppm o mg/L

\dot{m}_{vapor} = Flujo másico de producción de vapor en Ton/h o m³/h

CC = Ciclos de concentración de la caldera

Cálculo del secuestrante de oxígeno. Se usa el factor de desgasificación de 10, que es cercano al valor real de 8ppm.

$$DS = \frac{\dot{m}_{vapor} \times 24}{1000} \times \left([O_2] \times 10 + \frac{[Na_2SO_3]}{CC} \right)$$

Donde:

DS = Dosificación del secuestrante de oxígeno en kg/día

$[O_2]$ = Concentración del oxígeno en el agua en ppm o mg/L

$[Na_2SO_3]$ = Residual de sulfito en el caldero, fijado como 40 ppm

\dot{m}_{vapor} = Flujo másico de producción de vapor en Ton/h o m³/h

Cálculo de la amina neutralizante.

$$DA = \frac{0.35 \times [Alc] \times 24}{1000} \times \left(\frac{\dot{m}_{rep}}{\dot{m}_{alim}} \right)$$

Donde:

DA = Dosificación de amina secuestrante en kg/día

$[Alc]$ = Alcalinidad total del agua blanda en ppm de HCO

\dot{m}_{rep} = Flujo másico del agua blanda de reposición en Ton/h

\dot{m}_{alim} = Flujo másico del agua de alimentación en Ton/h

ANEXO 8. Reportes técnicos realizados

Caso 1. Compañía de aceites que cuenta con una caldera China

Reporte técnico de visita 16-10-20

| AcquaChem S.A.C. Tratamiento de Agua y Petróleo | | PLANTA DE FUERZA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|---|-----------------------------------|--|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------|---------------------------|---------|----------------------|-------------|--------|--------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------|-----------|-----------------|--------------|--|------------|---------|------|------------------|----------------------|-----|------------------------|----------|--|----------|---------|-----|--------------------------------|----------------------|-----|----------------------|--------|--|--|------|--|----------------------|--------------------|-------|--|----|--|--|-----|--|-----------------------------------|------------------------|--|--|--------------------|--|--|---|--|-------------------|---------------------------------------|--|---------------------------|--|--|--|--|--|--------|-----|------|------------------------------|--|--|--|--|--|------------------------------|---|----|-------------------------------------|--|--|--|--|--|-------------------|---------------------------------------|----|---|--|--|--|--|--|----|----|------|--|--|--|--|--|--|--------|----|-----|-----------------------------------|--|--|--|--|--|-------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|-------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|---------------------|----|--|--|--|--|--|--|--|
| REPORTE DE VISITA - TECNICA N° 007892 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cliente: | Atención: | Calderas <input type="checkbox"/> | Torres <input type="checkbox"/> | Chiller <input type="checkbox"/> | Osmosis <input type="checkbox"/> | Otros <input type="checkbox"/> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ANÁLISIS</th> <th rowspan="2">Fuente</th> <th rowspan="2">Límite</th> <th rowspan="2">Agua Blanda</th> <th rowspan="2">Límite</th> <th rowspan="2">Agua alim 1</th> <th rowspan="2">Límite</th> <th colspan="2">Parámetros Operativos</th> </tr> <tr> <th>T°C</th> <th>(Alim)</th> <th>71</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dureza Total</td> <td></td> <td></td> <td>00</td> <td>≤ 03</td> <td>00</td> <td>≤ 02</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cloruros</td> <td></td> <td></td> <td>35.5</td> <td></td> <td>35.5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>S.T.D.</td> <td></td> <td></td> <td>46.2</td> <td></td> <td>45.6</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td></td> <td></td> <td>7.3</td> <td></td> <td>7.4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Fe ⁺²⁺³</td> <td></td> <td></td> <td>-</td> <td></td> <td>-</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | ANÁLISIS | Fuente | Límite | Agua Blanda | Límite | Agua alim 1 | Límite | Parámetros Operativos | | T°C | (Alim) | 71 | Dureza Total | | | 00 | ≤ 03 | 00 | ≤ 02 | | | Cloruros | | | 35.5 | | 35.5 | | | | S.T.D. | | | 46.2 | | 45.6 | | | | pH | | | 7.3 | | 7.4 | | | | Fe ⁺²⁺³ | | | - | | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ANÁLISIS | Fuente | Límite | Agua Blanda | Límite | Agua alim 1 | Límite | Parámetros Operativos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | T°C | (Alim) | 71 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dureza Total | | | 00 | ≤ 03 | 00 | ≤ 02 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cloruros | | | 35.5 | | 35.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S.T.D. | | | 46.2 | | 45.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| pH | | | 7.3 | | 7.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fe ⁺²⁺³ | | | - | | - | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Producción de agua blanda</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>AB 1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>AB 2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Consumo de agua blanda</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Medidor 1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Medidor 2</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | Producción de agua blanda | | AB 1 | | AB 2 | | Consumo de agua blanda | | Medidor 1 | | Medidor 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Producción de agua blanda | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AB 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| AB 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Consumo de agua blanda | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medidor 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Medidor 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Análisis</th> <th colspan="6">Límites Recomendados</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Dureza Total D 1126-86</td> <td>ppmCaCO₃</td> <td>00</td> <td colspan="6">00</td> </tr> <tr> <td>OH - Alcalinidad</td> <td>ppmCaCO₃</td> <td>400</td> <td colspan="6">400 - 500</td> </tr> <tr> <td>M - Alcalinidad D 1067 - 88</td> <td>ppmCaCO₃</td> <td>560</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td>Cloruros D 512-89</td> <td>ppmCL⁻</td> <td>177.5</td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td>Fierro Total USEPA METHOD 8008</td> <td>ppm Fe ⁺²⁺³</td> <td></td> <td colspan="6">DEjar CONCENTRACION UN POCO PUNGA CONTINUA</td> </tr> <tr> <td>Silice / Nitritos</td> <td>ppm SiO₂/NO₂</td> <td></td> <td colspan="6">Y MANTENER PUNAS DEL TONO</td> </tr> <tr> <td>S.T.D.</td> <td>ppm</td> <td>2211</td> <td colspan="6">(USP CONDUCTIMETRICO) < 3500</td> </tr> <tr> <td>Sulfatos / Zinc UNE 77050</td> <td>ppm SO₄²⁻/ppm Zn ⁺²⁺³</td> <td>02</td> <td colspan="6">SULFATOS DEL PIEDRA SOLO DE 30 - 60</td> </tr> <tr> <td>Polímero/ Fosfato</td> <td>ppm/ppm PO₄³⁻</td> <td>00</td> <td colspan="6">LA TEMPERATURA Y SE D COMILLOS 600 - 1000</td> </tr> <tr> <td>pH</td> <td>ad</td> <td>11.2</td> <td colspan="6">DOSIFICACION CONTINUA TODAS LAS 10.5 - 12.</td> </tr> <tr> <td>Ciclos</td> <td>ad</td> <td>4.9</td> <td colspan="6">24 HORAS SEGUN DOSIS INDICADA ~10</td> </tr> <tr> <td>Dispersión Dureza</td> <td>%</td> <td></td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td>Dispersión Hierro</td> <td>%</td> <td></td> <td colspan="6"></td> </tr> <tr> <td>Indice de Langelier</td> <td>ad</td> <td></td> <td colspan="6"></td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | Análisis | | Límites Recomendados | | | | | | Dureza Total D 1126-86 | ppmCaCO ₃ | 00 | 00 | | | | | | OH - Alcalinidad | ppmCaCO ₃ | 400 | 400 - 500 | | | | | | M - Alcalinidad D 1067 - 88 | ppmCaCO ₃ | 560 | | | | | | | Cloruros D 512-89 | ppmCL ⁻ | 177.5 | | | | | | | Fierro Total USEPA METHOD 8008 | ppm Fe ⁺²⁺³ | | DEjar CONCENTRACION UN POCO PUNGA CONTINUA | | | | | | Silice / Nitritos | ppm SiO ₂ /NO ₂ | | Y MANTENER PUNAS DEL TONO | | | | | | S.T.D. | ppm | 2211 | (USP CONDUCTIMETRICO) < 3500 | | | | | | Sulfatos / Zinc UNE 77050 | ppm SO ₄ ²⁻ /ppm Zn ⁺²⁺³ | 02 | SULFATOS DEL PIEDRA SOLO DE 30 - 60 | | | | | | Polímero/ Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ³⁻ | 00 | LA TEMPERATURA Y SE D COMILLOS 600 - 1000 | | | | | | pH | ad | 11.2 | DOSIFICACION CONTINUA TODAS LAS 10.5 - 12. | | | | | | Ciclos | ad | 4.9 | 24 HORAS SEGUN DOSIS INDICADA ~10 | | | | | | Dispersión Dureza | % | | | | | | | | Dispersión Hierro | % | | | | | | | | Indice de Langelier | ad | | | | | | | |
| Análisis | | Límites Recomendados | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dureza Total D 1126-86 | ppmCaCO ₃ | 00 | 00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OH - Alcalinidad | ppmCaCO ₃ | 400 | 400 - 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| M - Alcalinidad D 1067 - 88 | ppmCaCO ₃ | 560 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cloruros D 512-89 | ppmCL ⁻ | 177.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fierro Total USEPA METHOD 8008 | ppm Fe ⁺²⁺³ | | DEjar CONCENTRACION UN POCO PUNGA CONTINUA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Silice / Nitritos | ppm SiO ₂ /NO ₂ | | Y MANTENER PUNAS DEL TONO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| S.T.D. | ppm | 2211 | (USP CONDUCTIMETRICO) < 3500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sulfatos / Zinc UNE 77050 | ppm SO ₄ ²⁻ /ppm Zn ⁺²⁺³ | 02 | SULFATOS DEL PIEDRA SOLO DE 30 - 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Polímero/ Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ³⁻ | 00 | LA TEMPERATURA Y SE D COMILLOS 600 - 1000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| pH | ad | 11.2 | DOSIFICACION CONTINUA TODAS LAS 10.5 - 12. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ciclos | ad | 4.9 | 24 HORAS SEGUN DOSIS INDICADA ~10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dispersión Dureza | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dispersión Hierro | % | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Indice de Langelier | ad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Condensado</th> <th>RETORNO</th> <th></th> <th></th> <th>Límite</th> <th>Productos Químicos</th> <th>Dosis Kg/día</th> <th>Stock</th> <th>Fi. Prox. Stock</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>pH</td> <td>7.6</td> <td>STD ALTO INICIA</td> <td>8-9</td> <td></td> <td>ACQUA B106</td> <td>4kg/24H</td> <td>120</td> <td>✓ 25-09-20</td> </tr> <tr> <td>Fe</td> <td>-</td> <td>POSSIBLE CONTAMINACION</td> <td></td> <td></td> <td>POLIMERO</td> <td>3kg/24H</td> <td>175</td> <td>✓ 23-10-20</td> </tr> <tr> <td>STD</td> <td>343</td> <td>0 CONTAMINACION ≤ 50</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> | | | | | | | | Condensado | RETORNO | | | Límite | Productos Químicos | Dosis Kg/día | Stock | Fi. Prox. Stock | pH | 7.6 | STD ALTO INICIA | 8-9 | | ACQUA B106 | 4kg/24H | 120 | ✓ 25-09-20 | Fe | - | POSSIBLE CONTAMINACION | | | POLIMERO | 3kg/24H | 175 | ✓ 23-10-20 | STD | 343 | 0 CONTAMINACION ≤ 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Condensado | RETORNO | | | Límite | Productos Químicos | Dosis Kg/día | Stock | Fi. Prox. Stock | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| pH | 7.6 | STD ALTO INICIA | 8-9 | | ACQUA B106 | 4kg/24H | 120 | ✓ 25-09-20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fe | - | POSSIBLE CONTAMINACION | | | POLIMERO | 3kg/24H | 175 | ✓ 23-10-20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| STD | 343 | 0 CONTAMINACION ≤ 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Nota. Elaboración propia. Se ha ocultado el nombre de la compañía debido a la confidencialidad.

Reporte técnico de visita 16-10-20

| | | | | | | | |
|---|---|---------------------------------|---|----------------------------------|-------------|----------------------------------|--------------------------------------|
|  AcquaChem S.A.C. Tratamiento de Agua y Petróleo | | | | PLANTA DE FUERZA | | | |
| REPORTE DE VISITA - TECNICA Nº 008072 | | | | | | | |
| Cliente: .. Atencion: SERVICIO AL CLIENTE: | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Calderas | | <input type="checkbox"/> Torres | | <input type="checkbox"/> Chiller | | <input type="checkbox"/> Osmosis | |
| ANÁLISIS | Fuente | Límite | Agua Blanda | Límite | Agua alim 1 | Límite | Parámetros Operativos |
| | Dureza Total | | 00 | ≤ 03 | 00 | ≤ 02 | T°C (Alim) 77 |
| | Cloruros | | 35.5 | | 35.5 | | P lb/pulg ² (Caldera) 180 |
| | S.T.D. | | 476 | | 496 | | T°C Gases (Caldera) Chimenea |
| | pH | | 7.3 | | 7.4 | | Medidor 1 |
| | Fe ^{+2/+3} | | - | | 1.21 | < 0.2 | Medidor 2 |
| Producción de agua blanda | | | | | | | |
| Limites Recomendados | | | | | | | |
| ANÁLISIS (ANALISA) (415 BHP) | | | | | | | |
| Dureza Total D 1126-86 | ppmCaCo ₃ | 00 | | | | | 00 |
| OH - Alcalinidad | ppmCaCo ₃ | 160 | | | | | 150-1000 |
| M - Alcalinidad D 1067-88 | ppmCaCo ₃ | 330 | | | | | |
| Cloruros D 512-89 | ppmCL ⁻ | 131 | | | | | |
| Fierro Total USEPA METHOD 8008 | ppm Fe ^{+2/+3} | / | | | | | |
| Silice / Nitritos | ppm SiO ₂ /NO ₂ | / | | | | | |
| S.T.D. | ppm | 1836 | → DISMINUIR PUNTA DE | | | | < 3500 |
| Sulfitos / Zinc UNE 77050 | ppm SO ₃ ²⁻ /ppm Zn ²⁺ | 00 | SUPERFICIE Y REACTOR | UVA | | | 30-60 |
| Polímero / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ³⁻ | - | CONTROL DE STD Y | | | | 600-1000 |
| pH | ad | 10.6 | SUSTITUTOS CON SUS | | | | 10.5-12.0 |
| Ciclos | ad | 3.7 | TIEMPOS Y REACTIVOS | | | | ~10 |
| Dispersión Dureza | % | / | → SE DEBE MEJORAR TEPICITUD | | | | |
| Dispersión Hierro | % | / | O AUMENTAR LA DOSIS DE ACQUA B106 | | | | |
| Indice de Langelier | ad | / | PARA CONTRARRESTAR INSUFICIENCIA DE OXÍGENO | | | | |
| Condensado | MANIFOLDO | | | | | | |
| pH | 7.5 | STD BAJOS | | 8-9 | | | |
| Fe | - | Indicó buaga | | | | | |
| STD. | 6.7 | Calidad de vapor | | ≤ 50 | | | |
| Productos Químicos Dosis Kg/dia Stock F. Prox. Stock | | | | | | | |
| ACQUA B106 | | 4Kg/24H | 96 | 8-11-20 | | | |
| POLIMERO | | 3Kg/24H | 140 | Otro 2més | | | |

Nota. Elaboración propia. Se ha ocultado el nombre de la compañía debido a la confidencialidad.

Reporte técnico de visita 30-10-20

| | | | | | | | |
|---|--|--------|-----------------------|------------------|-------------|--------|---|
|  AcquaChem S.A.C. Tratamiento de Agua y Petróleo | | | | PLANTA DE FUERZA | | | |
| REPORTE DE VISITA - TECNICA Nº 008459 | | | | | | | |
| Cliente: _____ Atención: _____ | | | | | | | |
| Calderas <input checked="" type="checkbox"/> Torres <input type="checkbox"/> Chiller <input type="checkbox"/> Osmosis <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| ANÁLISIS | Fuente | Limite | Agua Blanda | Limite | Agua alim 1 | Limite | Parámetros Operativos T°C (Alim) 75 P lib/pulg ² (Caldera) 183 T°C Gases (Caldera) — Chimenea — |
| | Dureza Total | | 00 | ≤03 | 00 | ≤02 | |
| | Cloruros | | 26.6 | | 26.6 | | |
| | S.T.D. | | 162 | | 469 | | |
| | pH | | 7.5 | | 7.5 | | |
| Fe ⁺²⁺³ | | — | | — | | | |
| Producción de agua blanda AB 1 AB 2 Consumo de agua blanda Medidor 1 Medidor 2 | | | | | | | |
| Analisis C. (111m) (815 BHP) | | | | | | | |
| Dureza Total | ppmCaCo, D 1126-66 | 00 | | | | | 00 |
| OH - Alcalinidad | ppmCaCo, D 1907-66 | 800 | | | | | 150 - 1000 |
| M - Alcalinidad | ppmCaCo, D 1907-66 | 1180 | | | | | |
| Cloruros | ppmCL ⁻ D 6124-69 | 284 | | | | | |
| Hierro Total | ppm Fe ⁺²⁺³ US EPA MÉTODO 6000 | / | | | | | |
| Silice / Nitritos | ppm SiO ₂ /NO ₂ | / | | | | | |
| S.T.D. | ppm | 4536 | | | | | ≤ 3500 |
| Sulfatos / Zinc | ppm SO ₄ ²⁻ /ppm Zn ⁺²⁺³ UHG 22069 | 24 | → REFORZAR PUN. 1 VEZ | | | | 30 - 60 |
| Polímero / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ³⁻ | — | 2kg DE ACADS B106 | | | | 20 - 40 |
| pH | ad | 12.0 | ADICIONAL — | | | | 10.5 - 12.0 |
| Ciclos | ad | 9.7 | | | | | N/0 |
| Dispersión Dureza | % | / | | | | | |
| Dispersión Hierro | % | / | | | | | |
| Indice de Langlier | ad | / | | | | | |
| Condensado | Muestra 1 | | | Limite | | | |
| pH | 7.4 | | | 8-9 | | | |
| Fe ⁺²⁺³ | 0 | | | ≤ 10 | | | |
| STD (ppm) | 402 | | | ≤ 50 | | | |
| Productos Químicos Dosis Kg/día Stock Fl. Prox. Stock ACADS B106 4kg/24h 35 | | | | | | | |

Nota. Elaboración propia. Se ha ocultado el nombre de la compañía debido a la confidencialidad.

Reporte técnico de visita 13-11-20

| AcquaChem S.A.C. Tratamiento de Agua y Petróleo | | PLANTA DE FUERZA | | | | | | | |
|--|---|-------------------|--------------------------|--------|-------------|--------------------|-----------------------------------|---------------------------|-----------------|
| REPORTE DE VISITA - TECNICA N° 008492 | | | | | | | | | |
| Cliente: | | | | | | | | | |
| Atención: | | | | | | | | | |
| Calderas | <input type="checkbox"/> | Torres | <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| Chiller | <input type="checkbox"/> | Osmosis | <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| Otros | <input type="checkbox"/> | | | | | | | | |
| ANÁLISIS | Fuente | Límite | Agua Blanda | Límite | Agua alim 1 | Límite | Parámetros Operativos | Producción de agua blanda | |
| Dureza Total D 1126-88 | | | 00 | ≤ 03 | 00 | ≤ 02 | T°C (Alim) | AB 1 | |
| Cloruros D 512-89 | | | 16 | | 26 | | P lib/pulg ² (Caldera) | AB 2 | |
| S.T.D. D 1067-88 | | | 395 | | 355 | | T°C Gases (Caldera) | Gonsumo de agua blanda | |
| pH | | | 7.5 | | 7.5 | | Chimenea | Medidor 1 | |
| Fe ²⁺³ | | | - | | - | | | Medidor 2 | |
| Análisis | | C-CHINO (8/5 BHP) | | | | | Límites Recomendados | | |
| Dureza Total D 1126-88 | ppmCaCO ₃ | 00 | | | | | ≤ 3500 | | |
| OH - Alcalinidad D 1067-88 | ppmCaCO ₃ | 460 | | | | | 150 - 1000 | | |
| M - Alcalinidad D 1067-88 | ppmCaCO ₃ | 920 | | | | | | | |
| Cloruros D 512-89 | ppmCl ⁻ | 284 | | | | | | | |
| Fierro Total USEPA METHOD 0008 | ppm Fe ²⁺³ | | | | | | | | |
| Silice / Nitritos UNE-77050 | ppm SiO ₂ /NO ₂ | | | | | | | | |
| S.T.D. | ppm | 3377 | ✓ | | | | ≤ 3500 | | |
| Sulfatos / Zinc UNE-77050 | ppm SO ₄ ²⁻ /ppm Zn ²⁺ | 38 | ✓ | | | | 30-60 | | |
| Polímero / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ³⁻ | - | | | | | - | | |
| pH | ad | 11.2 | | | | | 10.5 - 12.0 | | |
| Ciclos | ad | 9.5 | | | | | ~10 | | |
| Dispersión Dureza | % | | | | | | | | |
| Dispersión Hierro | % | | | | | | | | |
| Índice de Langelier | ad | | | | | | | | |
| Condensado | VAPOR | | | | Límite | Productos Químicos | Dosis Kg/día | Stock | Fl. Prox. Stock |
| pH | 7.2 | | | | 8-9 | ACQUA B106 | 6Kg/24h | - | |
| STD (ppm) | 0 | | | | ≤ 10 | | | | |
| STD (ppm) | 33.5 | | | | ≤ 50 | | | | |

Nota. Elaboración propia. Se ha ocultado el nombre de la compañía debido a la confidencialidad.

Caso 2. Empresa del rubro avícola y ganadero.

Reporte técnico de visita 15-04-20

| AcquaChem S.A.C. Tratamiento de Agua y Petróleo | | | | PLANTA DE FUERZA | | | | | |
|---|---|--------|---------------|--------------------|--------------|--------|------------------------|-----------|-----|
| REPORTE DE VISITA - TECNICA N° 007355 | | | | | | | | | |
| e: on: | | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Calderas <input type="checkbox"/> Torres <input type="checkbox"/> Chiller <input type="checkbox"/> Osmosis <input type="checkbox"/> Otros | | | | | | | | | |
| ANALISIS | Fuente | Límite | Agua Blanda | Límite | Agua alim 1 | Límite | Parámetros Operativos | | |
| | | | | | | | T°C | (Alim) | 80 |
| | | | | | | | P lb/pulg ² | (Caldera) | 120 |
| | | | | | | | P lb/pulg ² | (Caldera) | 120 |
| | | | | | | | T°C Gases | (Caldera) | 180 |
| | | | | | | | Chimenea | (Caldera) | 175 |
| Producción de agua blanda | | | | | | | | | |
| AB 1 | | | | | | | | | |
| AB 2 | | | | | | | | | |
| Consumo de agua blanda | | | | | | | | | |
| Medidor 1 | | | | | | | | | |
| Medidor 2 | | | | | | | | | |
| Análisis C-APIN C-SUPERIOR Límites Recomendados | | | | | | | | | |
| Agua Total 26-86 | ppm CaCO ₃ | 00 | Interferencia | 00 | | | | | |
| Alcalinidad | ppm CaCO ₃ | 400 | 800 | 150-1000 | | | | | |
| Acidinidad 67-88 | ppm CaCO ₃ | 640 | 2600 | | | | | | |
| D.S. | ppm Cl ⁻ | 266.75 | 1120 | | | | | | |
| Total EHO 0008 | ppm Fe ²⁺³ | 1 | 1 | | | | | | |
| / Nitritos | ppm SiO ₂ /NO _x | 1 | 1 | | | | | | |
| | ppm | 3386 | 13386 | 2500-5000 | | | | | |
| S / Zinc 77050 | ppm SO ₄ ²⁻ /ppm Zn ²⁺ | 18 | 240 | 30-60 | | | | | |
| Pro / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ²⁻ | 40 | 2180 | 400-600 | | | | | |
| | ad | 11.8 | 12.5 | 10.5-12 | | | | | |
| | ad | 8.9 | 30.8 | ~15 | | | | | |
| ión Dureza | % | 1 | 1 | | | | | | |
| ión Hierro | % | 1 | 1 | | | | | | |
| de Langelier | ad | | | | | | | | |
| Stock | Manfa | | Limite | Productos Químicos | Dosis Kg/día | Stock | F/ Prox. Stock | | |
| | 70 | | 8-9 | ACQUA B108 | 2.1 Kg/día | 45 | | | |
| | 1 | | | ACQUA B104 | 1.8 Kg/día | 65 | | | |
| | 13.4 | | 250 | | | | | | |

Nota. Elaboración propia. Se ha ocultado el nombre de la compañía debido a la confidencialidad.

Reporte técnico de visita 13-05-20

| | | | | | | | |
|---|---|--------|----------------|------------------------|-------------|--------|--------------------------------------|
|  PLANTA DE FUERZA | | | | | | | |
| REPORTE DE VISITA - TECNICA N° 007885 | | | | | | | |
| Cliente: _____ Encargo: _____ Gerencia: _____ | | | | | | | |
| Calderas <input checked="" type="checkbox"/> Torres <input type="checkbox"/> Chiller <input type="checkbox"/> Osmosis <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| ANÁLISIS | Fuente | Límite | Agua Blanda | Límite | Agua alim 1 | Límite | Parámetros Operativos |
| | Dureza Total | | 00 | ≤ 03 | 00 | ≤ 02 | T°C (Alim) 85 |
| | Cloruros | | 35.5 | | 28.4 | | P lb/pulg ² (Caldera) 110 |
| | S.T.D. | | 435 | | 369 | | T°C Gases (Caldera) Chimenea 175 |
| | pH | | 7.5 | | 7.6 | | |
| | Fe ⁺²⁺³ | | — | | — | | |
| Producción de agua blanda | | | | | | | |
| AB 1 | | | | | | | |
| AB 2 | | | | | | | |
| Consumo de agua blanda | | | | | | | |
| Medidor 1 | | | | | | | |
| Medidor 2 | | | | | | | |
| ANÁLISIS G API N (200 BHP) C SUPERIOR <i>ESPECIE DE PRESIÓN</i> Límites Recomendados | | | | | | | |
| Dureza Total D 1126-86 | ppm CaCO ₃ | 00 | | | | | 00 |
| OH - Alcalinidad | ppm CaCO ₃ | 800 | | | | | 150 - 1000 |
| M - Alcalinidad D 1067 - 88 | ppm CaCO ₃ | 1020 | | | | | |
| Cloruros D 512-89 | ppm Cl ⁻ | 426 | | | | | |
| Fierro Total USEPA METHOD 8008 | ppm Fe ⁺²⁺³ | | | | | | |
| Silice / Nitritos | ppm SiO ₂ /NO ₂ | | | | | | |
| S.T.D. | ppm | 5849 | | | | | 3500 - 5000 |
| Sulfatos / Zinc UNE 77050 | ppm SO ₄ ²⁻ /ppm Zn ²⁺ | 00 | | | | | 30 - 60 |
| Polímero / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ³⁻ | 360 | → RESIDUALES | BAJOS PORQUE | | | 400 - 600 |
| pH | ad | 11.8 | NO SE RESPECTA | TODA Dosis | | | 10.5 - 12.0 |
| Ciclos | ad | 15.8 | INDICADA, SE | CAMBIO | LA | | ~10 |
| Dispersión Dureza | % | | MANCA ALUE | SE TENERÍA EN | | | |
| Dispersión Hierro | % | | 1A | JORNADA DE PREPARACIÓN | | | |
| Indice de Langelier | ad | | | | | | |
| Condensado HANIFOLA Límite | | | | | | | |
| pH | 7.7 | | | 8-9 | | | |
| Fe | — | | | | | | |
| STD | 13.6 | | | ≤ 50 | | | |
| Productos Químicos Dosis Kg/día Stock F. Prox. Stock | | | | | | | |
| ACQUA B104 | 0.9 Kg/12H | 55 | 20-10-20 | | | | |
| ACQUA B106 | 1.2 Kg/12H | 00 | | | | | |
| | | | | | | | |

Nota. Elaboración propia. Se ha ocultado el nombre de la compañía debido a la confidencialidad.

Reporte técnico de visita 15-06-20

| | | | | | | | |
|---|---|-------------|----------------------|-------------------------|--------------|--------|--------------------------------------|
| AcquaChem S.A.C. Tratamiento de Agua y Petróleo | | | | PLANTA DE FUERZA | | | |
| REPORTE DE VISITA - TECNICA Nº 007803 | | | | | | | |
| on: .. Calderas <input checked="" type="checkbox"/> Torres <input type="checkbox"/> Chiller <input type="checkbox"/> Osmosis <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> | | | | | | | |
| ANALISIS | Fuente | Limite | Agua Blanda | Limite | Agua alim 1 | Limite | Parámetros Operativos |
| | a Total | | 00 | ≤03 | 00 | ≤02 | T°C (Alim) 50 |
| | os | | 39 | | 35.5 | | P lb/pulg ² (Caldera) 110 |
| | | | 496 | | 447 | | T°C Gases (Caldera) 200 |
| | | | 75 | | 7.5 | | Chimenea |
| | | | - | | - | | |
| Producción de agua blanda | | | | | | | |
| AB 1 | | | | | | | |
| AB 2 | | | | | | | |
| Consumo de agua blanda | | | | | | | |
| Medidor 1 | | | | | | | |
| Medidor 2 | | | | | | | |
| ANÁLISIS APIII Límites Recomendados | | | | | | | |
| Total 6-88 | ppm CaCO ₃ | Infrerencia | | | | | 00 |
| calinidad | ppm CaCO ₃ | 1200 | | | | | 150 - 1200 |
| alinidad 7-88 | ppm CaCO ₃ | 2600 | | | | | |
| S | ppm Cl ⁻ | 1934 | | | | | |
| Total HOD 8000 | ppm Fe ⁺²⁺³ | / | | | | | |
| Nitratos | pm SiO ₂ /NO ₂ | / | | | | | |
| | ppm | 22790 | → Se debe aumentar | | | | 3500 - 5000 |
| Zinc 7050 | ppm SO ₄ ²⁻ /ppm Zn ⁺²⁺³ | 400 | 100 purgas hasta | | | | 30 - 60 |
| o / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ³⁻ | 2000 | que sea bajo los STD | | | | 400 - 600 |
| | ad | 12.8 | (1 purga cada hora) | | | | 10.5 - 12 |
| | ad | 51 | | | | | ~10 |
| ión Dureza | % | / | | | | | |
| ón Hierro | % | / | | | | | |
| e Langelier | ad | / | | | | | |
| do | Manif | | Limite | Productos Químicos | Dosis Kg/día | Stock | F/ Prox. Stock |
| | 8.5 | | 8-9 | Ac0118-B106 | 1.25/12H | 60 | |
| | - | | - | Ac0118-B104 | 0.9 kg/12H | 80 | |
| | 80 | | ≤50 | | | | |

Nota. Elaboración propia. Se ha ocultado el nombre de la compañía debido a la confidencialidad.

Reporte técnico de visita 24-07-20

| AcquaChem S.A.C. Tratamiento de Agua y Petróleo | | | | | PLANTA DE FUERZA | | | | | |
|--|--|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------|--------------|----------------------------------|-----------------|---------------------------|--|
| REPORTE DE VISITA - TECNICA | | | | | | | | | | |
| Nº 007853 | | | | | | | | | | |
| te: | | | | | | | | | | |
| ción: | | | | | | | | | | |
| Calderas <input checked="" type="checkbox"/> | Torres <input type="checkbox"/> | Chiller <input type="checkbox"/> | Osmosis <input type="checkbox"/> | Otros <input type="checkbox"/> | | | | | | |
| ANÁLISIS | Fuente | Límite | Agua Blanda | Límite | Agua alim 1 | Límite | Parámetros Operativos | | Producción de agua blanda | |
| Agua Total | | | 00 | ≤03 | 00 | ≤02 | T°C (Alim) | 83 | AB 1 | |
| uros | | | 35.5 | | 35.5 | | P lb/pulg ² (Caldera) | 110 | AB 2 | |
| D. | | | 449 | | 469 | | APIN SUP | 110 | Consumo de agua blanda | |
| | | | 7.5 | | 7.7 | | T°C Gases (Caldera) | 220 | Medidor 1 | |
| | | | - | | - | | Chimenea SUP | 130 | Medidor 2 | |
| Análisis | | | APIN (200) | | SUPERIOR | | Límites Recomendados | | | |
| Agua Total 126-46 | ppm CaCO ₃ | 00 | | | 00 | | | | 00 | |
| Alcalinidad | ppm CaCO ₃ | 200 | | | 100 | | | | 150 - 1000 | |
| Acidinidad 967 - 88 | ppm CaCO ₃ | 340 | | | 280 | | | | | |
| Duros 29 | ppm CL ⁻ | 213 | | | 1065 | | | | | |
| Total TECNO 8008 | ppm Fe ⁻²⁺³ | / | | | / | | | | | |
| / Nitritos | ppm SiO ₂ /NO ₂ | / | | | / | | | | | |
| | ppm | 2920 | | | 1273 | | | | 3500 - 5000 | |
| As / Zinc 77050 | ppm Sc ⁻³ /ppm Zn ⁻²⁺³ | 40 | | | 24 | | | | 30 - 60 | |
| ero/ Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ⁻² | 340 | | | 200 | | | | 400 - 600 | |
| | ad | 10.8 | | | 10.5 | | | | 125 - 12 | |
| | ad | 6.2 | | | 2.7 | | | | ~10 | |
| isión Dureza | % | / | | | / | | | | | |
| isión Hierro | % | / | | | / | | | | | |
| de Langelier | ad | / | | | / | | | | | |
| ado | MARFORD | | Límite | | Productos Químicos | Dosis Kg/dia | Stock | Fl. Próx. Stock | | |
| | 7.8 | | 8-9 | | ACQUA B104 | 0.9 Kg/12h | 0.9 Kg/12h | 80 ✓ | | |
| | - | | | | ACQUA B106 | 1.2 Kg/12h | 1.2 Kg/12h | 35 ✓ | | |
| | 64 | | ≤50 | | APIN | SUPERIOR | | | | |

Nota. Elaboración propia. Se ha ocultado el nombre de la compañía debido a la confidencialidad.

Reporte técnico de visita 07-08-20

| | | | | | | | | |
|---|---|---|--|-----------------------------|-------------------------|--------------|---|----------------|
|  AcquaChem S.A.C. Tratamiento de Agua y Petróleo | | | | PLANTA DE FUERZA | | | | |
| REPORTE DE VISITA - TECNICA Nº 007873 | | | | | | | | |
| On: .. Calderas <input checked="" type="checkbox"/> Torres <input type="checkbox"/> Chiller <input type="checkbox"/> Osmosis <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> | | | | | | | | |
| LISIS a Total os alidad os Total calinidad alinidad os Total Nitritos ppm // Zinc to / Fosfato ad ad ión Dureza ión Hierro le Langelier | Fuente Agua Blanda 00 35.5 449 7.5 — | Límite Límite 03 35.5 122 7.7 — | Agua alim 1 07 35.5 122 7.7 — | Límite Límite 02 — | Parámetros Operativos | | Producción de agua blanda AB 1 AB 2 Consumo de agua blanda Medidor 1 Medidor 2 | |
| | | | | | T°C | (Alim) | | 83 |
| | | | | | P lib/pulg ² | (Caldera) | | 113 |
| | | | | | SUP. | | | 1.0 |
| | | | | | T°C Gases | (Caldera) | | 190 |
| Chimenea | SIP | 80 | | | | | | |
| Análisis | | APIN (200) | SUPERIOR | | | | Limites Recomendados | |
| Total CaCO ₃ | ppmCaCO ₃ | 00 | 00 | | | | 00 | |
| Alcalinidad | ppmCaCO ₃ | 100 | 80 | | | | 150 - 1000 | |
| Alinidad | ppmCaCO ₃ | 260 | 180 | | | | 1 | |
| os | ppmCL ⁻ | 213 | 172.5 | | | | | |
| Total HCO ₃ ⁻ | ppm Fe ⁺²⁺³ | | | | | | | |
| Nitritos | pm SiO ₂ /NO ₂ | | | | | | | |
| | ppm | 2827 | 2077 | | | | 3500 - 5000 | |
| // Zinc | ppm SO ₄ ²⁻ /ppm Zn ²⁺ | 40 | 40 | | | | 30 - 60 | |
| to / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ³⁻ | 500 | 380 | | | | 400 - 600 | |
| | ad | 10.1 | 9.8 | | | | 10.5 - 12 | |
| | ad | 6.7 | 4.9 | | | | ~10 | |
| ión Dureza | % | | | | | | | |
| ión Hierro | % | | | | | | | |
| le Langelier | ad | | | | | | | |
| do | Manifolds | | Limite | | Productos Químicos | Dosis Kg/día | Stock | F. Prox. Stock |
| | 7.6 | | 8-9 | | ACQUA B104 | 0.9 Kg/12H | 65 | ✓ |
| | — | Bueno Col. Col. | 1000 | | ACQUA B106 | 1.2 Kg/12H | 22 | ✓ |
| | 33.5 | Col. Col. | 1000 | | | | | |

Nota. Elaboración propia. Se ha ocultado el nombre de la compañía debido a la confidencialidad.

Caso 3. Empresa del rubro pesquero del Callao

Reporte técnico de visita 01-09-20

| AcquaChem S.A.C. Tratamiento de Agua y Petróleo | | | | | PLANTA DE FUERZA | | | | |
|--|---|-----------|--------------------|---------|--------------------|--------------|----------------------------------|---------------------------|--|
| REPORTE DE VISITA - TECNICA N° 007898 | | | | | | | | | |
| cliente: ... | | | | | | | | | |
| tención: | | | | | | | | | |
| Calderas | | Torres | | Chiller | | Osmosis | | Otros | |
| ANÁLISIS | Fuente | Limite | Agua Blanda | Limite | Agua alim 1 | Limite | Parámetros Operativos | Producción de agua blanda | |
| Dureza Total | 650 | | 00 | ≤ 03 | 00 | ≤ 02 | T°C (Alim) | AB 1 | |
| Cloruros | 213 | | 213 | | 284 | | P lb/pulg ² (Caldera) | AB 2 | |
| S.T.D. | 1099 | | 1340 | | 1802 | | TPC Gases (Caldera) Chimenea | Consumo de agua blanda | |
| pH | 7.8 | | 7.8 | | 7.8 | | | Medidor 1 | |
| Fe | - | | - | | 1.81 | ≤ 0.2 | | Medidor 2 | |
| Análisis | | C-600 BHP | | | | | | Limites Recomendados | |
| Dureza Total D 1126-86 | ppmCaCO ₃ | 00 | | | | | | 00 | |
| pH - Alcalinidad | ppmCaCO ₃ | 900 | | | | | | 150 - 1000 | |
| Al - Alcalinidad D 1087 - 88 | ppmCaCO ₃ | 1380 | | | | | | | |
| Cloruros 1512-89 | ppmCl ⁻ | 2556 | | | | | | | |
| Hierro Total SEPA METHOD 8008 | ppm Fe ⁻²⁺³ | | | | | | | | |
| Silice / Nitritos | pm SiO ₂ /NO ₂ | | | | | | | | |
| T.D. | ppm | 16214 | → AUMENTAR AGUAS Y | | | | | 8000 - 10000 | |
| Sulfatos / Zinc UNE 77050 | ppm SO ₄ ²⁻ /ppm Zn ²⁺ | 240 | MONITOREAR CON SU | | | | | 30 - 60 | |
| Polímero / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ³⁻ | 60 | CONDUCTÍMETRO | | | | | 20 - 40 | |
| pH | ad | 12.0 | DEBE ESTAR ENTRE | | | | | 10.5 - 12.0 | |
| Ciclos | ad | 9 | 12 MS - 15 MS | | | | | ~10 | |
| Dispersión Dureza | % | | DE CONDUCTIVIDAD | | | | | | |
| Dispersión Hierro | % | | | | | | | | |
| Índice de Langlier | ad | | | | | | | | |
| Condensado | Manifold | | | Limite | Productos Químicos | Dosis Kg/día | Stock | F. Prox. Stock | |
| pH | 10.8 | | | 8-9 | ACQUA B105 | 5 Kg/día | 55 | | |
| Fe | - | | | | ACQUA B106 | 4 Kg/día | 95 | | |
| STD | 4760 | | ≤ 50 | | | | | | |

Nota. Elaboración propia. Se ha ocultado el nombre de la compañía debido a la confidencialidad.

Reporte técnico de visita 07-10-20

| REPORTE DE VISITA - TECNICA | | | | | | | PLANTA DE FUERZA | |
|--|--|---------------------------------|-------------|----------------------------------|-------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| | | | | | | | Nº 008055 | |
| Jefe: .. | | | | | | | | |
| Técnico: .. | | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Calderas | | <input type="checkbox"/> Torres | | <input type="checkbox"/> Chiller | | <input type="checkbox"/> Osmosis | | <input type="checkbox"/> Otros |
| ANÁLISIS | Fuente | Límite | Agua Blanda | Límite | Agua alim 1 | Límite | Parámetros Operativos | Producción de agua blanda |
| Dureza Total | 1050 | | 00 | 503 | 00 | 502 | T°C (Alim) | AB 1 |
| Cloruros | 213 | | 213 | ~ | 639 | | | AB 2 |
| S.T.D. | 1105 | | 1326 | ~ | 1047 | | P lb/pulg ² (Caldera) | Consumo de agua blanda |
| pH | 7.8 | | 7.7 | ~ | 10.6 | | T°C Gases (Caldera) | Medidor 1 |
| Fe ^{+2/+3} | — | | — | — | — | | Chimenea | Medidor 2 |
| Análisis | | C-600 CHP | | | | | | Limites Recomendados |
| Dureza Total D 1126-86 | ppm CaCO ₃ | 00 | | | | | | 00 |
| pH - Alcalinidad | ppm CaCO ₃ | 1060 | | * APRESTE DE VAPOR | | | | 150-1000 |
| pH - Alcalinidad D 1057-88 | ppm CaCO ₃ | 1520 | | INICIA QUE SE ESTO | | | | |
| Cloruros 512-89 | ppm Cl ⁻ | 3000 | | PROVOCANDO VAPOR HÚMEDO | | | | |
| Hierro Total SEPA METHOD 8008 | ppm Fe ^{+2/+3} | / | | A BAJA CARGA CLORÍFICA | | | | |
| silicato / Nitritos | ppm SiO ₂ /NO ₂ | / | | | | | | |
| T.D. | ppm | 19345 | | → SE DEBE AUMENTAR EN | | | | 8000-10000 |
| ulfitos / Zinc UNE 77050 | ppm SO ₃ ²⁻ /ppm Zn ^{+2/+3} | 200 | | LO POSIBLE EL REGIMEN | | | | 30-60 |
| olímero / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ³⁻ | 72 | | DE PLAGA EL DODCE, | | | | 20-40 |
| H | ad | 12.6 | | PUNTA CADA MEDIA | | | | 10.5 - 12.0 |
| ícticos | ad | 4.9 | | INDA. Y ES IMPORTANTE | | | | ~10 |
| dispersión Dureza | % | / | | ELIGIR UN 100 SÓLO 25 TOTALES | | | | |
| dispersión Hierro | % | / | | CON EL CONDENSADO. SE | | | | |
| índice de Langelier | ad | / | | OJO TRABAJAR EN EQUIPO. | | | | |
| ondensado | Manifold | | | Límite | | | | |
| H | 12.6 | | | 8-9 | | | | |
| e | — | | | — | | | | |
| STD | 18200 | | | ≤ 50 | | | | |
| Observaciones: Recomendaciones: .. | | | | | | | | |

Nota. Elaboración propia. Se ha ocultado el nombre de la compañía debido a la confidencialidad.

Reporte técnico de visita 30-10-20

| | | | | | | | |
|---|---|--|-------------|---|-------------|---|----------------------------------|
|  | | | | PLANTA DE FUERZA | | | |
| REPORTE DE VISITA - TECNICA Nº 008082 | | | | | | | |
| <i>iente: ..</i> <i>encion: ..</i> | | | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Calderas | | <input checked="" type="checkbox"/> Torres | | <input checked="" type="checkbox"/> Chiller | | <input checked="" type="checkbox"/> Osmosis | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Calderas | | <input checked="" type="checkbox"/> Torres | | <input checked="" type="checkbox"/> Chiller | | <input checked="" type="checkbox"/> Osmosis | |
| ANÁLISIS | Fuente | Limite | Agua Blanda | Limite | Aqua alim 1 | Limite | Parámetros Operativos |
| | Dureza Total | 500 | | 04 | 103 | 03 | ≤02 |
| | Cloruros | 177 | | 213 | | 213 | |
| | S.T.D. | 1059 | | 1380 | | 1347 | |
| | pH | 7.6 | | 7.7 | | 8.8 | |
| Fe ⁺²⁺³ | - | | - | | - | | P lb/pulg ² (Caldera) |
| | | | | | | | T°C Gases (Caldera) Chimenea |
| | | | | | | | - |
| Producción de agua blanda | | | | | | | |
| AB 1 | | | | | | | |
| AB 2 | | | | | | | |
| Consumo de agua blanda | | | | | | | |
| Medidor 1 | | | | | | | |
| Medidor 2 | | | | | | | |
| Limites Recomendados | | | | | | | |
| Dureza Total D 1126-86 | ppmCaCO ₃ | 00 | | | | | 00 |
| DH - Alcalinidad | ppmCaCO ₃ | 630 | | | | | 150-1000 |
| M - Alcalinidad D 1067-88 | ppmCaCO ₃ | 1380 | | | | | |
| Cloruros D 512-89 | ppmCL ⁻ | 1704 | | | | | |
| Hierro Total SEPA METHOD 8008 | ppm Fe ⁺²⁺³ | / | | | | | |
| Silice / Nitritos | pm SiO ₂ /NO ₂ | / | | | | | |
| S.T.D. | ppm | 11055 | | | | | 8000-10000 |
| Sulfatos / Zinc UNE 77050 | ppm SO ₄ ²⁻ /ppm Zn ²⁺ | 98 | | | | | 30-60 |
| Polímero / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ³⁻ | 40 | | | | | 20-40 |
| pH | ad | 11.6 | | de residual | | | 125-170 |
| Ciclos | ad | 8.2 | | Seguir DSF | | | ~10 |
| Dispersión Dureza | % | / | | | | | |
| Dispersión Hierro | % | / | | | | | |
| Indice de Langelier | ad | / | | | | | |
| Productos Químicos Dosis Kg/día Stock F. Prox. Stock | | | | | | | |
| Condensado | MANIFOLD | | | Límite | | | |
| pH | 8.6 | STD b103 | | 8.9 | | | |
| Fe | - | Indicar Bueno | | - | | | |
| STD | 134 | Calidad de agua | | ≤ 50 | | | |

Nota. Elaboración propia. Se ha ocultado el nombre de la compañía debido a la confidencialidad.

Reporte técnico de visita 16-11-20

| | | | | | | | |
|---|---|------------------|-------------|------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
|  | | | | PLANTA DE FUERZA | | | |
| REPORTE DE VISITA - TECNICA Nº 008402 | | | | | | | |
| Cliente: Servicio al Cliente: Atención: <input checked="" type="checkbox"/> Calderas <input type="checkbox"/> Torres <input type="checkbox"/> Chiller <input type="checkbox"/> Osmosis <input type="checkbox"/> Otros | | | | | | | |
| ANÁLISIS | Fuente | Límite | Agua Blanda | Límite | Agua alim 1 | Límite | Parámetros Operativos |
| | Dureza Total | 1050 | 00 | 503 | 00 | 502 | T°C (Alim) 100 |
| | Cloruros | 243 | | 213 | | 71 | |
| | S.T.D. | 1139 | | 1313 | | 422 | P lib/pulg ² (Caldera) 110 |
| | pH | 7.6 | | 7.7 | | 8.6 | T°C Gases (Caldera) Chimenea |
| Fe ²⁺³ | — | | — | | — | | |
| Producción de agua blanda | | | | | | | |
| AB 1 | | | | | | | |
| AB 2 | | | | | | | |
| Consumo de agua blanda | | | | | | | |
| Medidor 1 | | | | | | | |
| Medidor 2 | | | | | | | |
| Ánálisis | | C-600 BIP | | | | Límites Recomendados | |
| Dureza Total D 1126-86 | ppm CaCO ₃ | 07 | | | | | 00 |
| OH - Alcalinidad | ppm CaCO ₃ | 1060 | | | | | 150 - 1000 |
| M - Alcalinidad D 1067 - 88 | ppm CaCO ₃ | 2200 | | | | | |
| Cloruros D 512-89 | ppm Cl ⁻ | | | | | | |
| Fierro Total USEPA METHOD 8008 | ppm Fe ²⁺³ | | | | | | |
| Silice / Nitritos | pm SiO ₂ /NO ₂ | | | | | | |
| S.T.D. | ppm | 9635 | ✓ | | | | 8000 - 10000 |
| Sulfitos / Zinc UNE 77050 | ppm SO ₃ ²⁻ /ppm Zn ²⁺ | 88 | ✓ | | | | 30 - 60 |
| Polímero / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ³⁻ | 55.6 | ✓ | | | | 20 - 40 |
| pH | ad | 12.0 | | | | | 10.5 - 12.0 |
| Ciclos | ad | 22 | | | | | ~10 |
| Dispersión Dureza | % | | | | | | |
| Dispersión Hierro | % | | | | | | |
| Índice de Langelier | ad | | | | | | |
| Condensado | MANIFOLDO | | | Límite | Productos Químicos | Dosis Kg/dia | Stock |
| pH | 8.7 | BUENA CALIDAD | 8.9 | ACQUA B105 | 5 Kg/dia | 108 | |
| Fe | — | 100 ppm | | ACQUA B106 | 4 Kg/dia | 105 | |
| STD | 107.4 | | 550 | | | | |
| | | | | | | | |

Nota. Elaboración propia. Se ha ocultado el nombre de la compañía debido a la confidencialidad.

Caso 4. Compañía de alimentos que cuenta con dos calderas.

Reporte técnico de visita 15-05-18

| REPORTE DE VISITA - TECNICA | | | | | | | | Nº 003934 | |
|-----------------------------|---|----------|--------------------------|-------------|--------------------------|------------------------|----------------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Servicio al Cliente. | | | | | | | | | |
| Calderas | <input type="checkbox"/> | Torres | <input type="checkbox"/> | Chiller | <input type="checkbox"/> | Osmosis | <input type="checkbox"/> | Otros | <input type="checkbox"/> |
| LÍSIS | Fuente | Límite | Agua Blanda | Límite | Aqua alim 1 | Límite | Parámetros Operativos | Producción de agua blanda | |
| za Total | | | 00 | ≤03 | 00 | ≤02 | T°C (Alim) | AB 1 | |
| eros | | | 53,25 | | 78,1 | | >80 | AB 2 | |
| D. | | | 382 | | 1212 | | P lb/pulg ² (Caldera) | Consumo de agua blanda | |
| | | | 7,5 | | 9,0 | | T°C Gases (Caldera) | Medidor 1 | |
| | | | — | | 419 | ≤0,2 | Chimenea | Medidor 2 | |
| | | | | | | | 100 | | |
| | | | | | | | 195 | | |
| Análisis | | | C- DIST/psic | Manifold. | | | Limites Recomendados | | |
| za Total | ppmCaCo ₃ | 00 | | | | 00 | | 00 | |
| Alcalinidad | ppmCaCo ₃ | 500 | | | | | | 150 - 1000 | |
| Calinidad | ppmCaCo ₃ | 1860 | | | | | | | |
| eros | ppmCL ⁻ | 462 | | | | | | cc | |
| o total | ppm Fe ⁺²⁺³ | 33,3 | | | | 21,0 | | cc | |
| Nitritos | pm SiO ₂ /NO ₂ | — | | | | — | Purgor | | |
| Zinc | ppm | 7100 | → Dumentar | en 6000 ped | | | | 3500 - 3000 | |
| Zinc | ppm SO ₄ ²⁻ /ppm Zn ⁺²⁺³ | 132 | ciclo de purgos | | | | manifold | 30 - 60 | |
| o / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ⁻² | — | y monitorear | | | | Una vez | — | |
| | ad | 12,20 | continuamente | 11,50 | por | | | 10,5 - 12,0 | |
| | ad | 5,86 | con el conductímetro. | | | | turbo. | ~10 | |
| dispersión Dureza | % | — | | | | | | | |
| dispersión Hierro | % | 129,1 | → Bueno dispersión | | | | | 340% | |
| ice de Langelier | ad | — | del ión Hierro. | | | | | | |
| usado | CHOCOLATE | CONCRETO | DEPURADORA | Límite | Productos Químicos | Dosis Kg/día | Stock | F. Prox. Stock | |
| | 7,0 | 7,0 | 8,1 | 8 - 9 | ACQUAB-106 | 2,2K ₃ /48h | | | |
| | — | — | — | — | ACQUAB-104 | 4,7K ₃ /48h | | | |
| | 70 | 30 | 15 | ≤50 | ACQUAB-410 | 6,0K ₃ /48h | | | |

Nota. Elaboración propia. Se ha ocultado el nombre de la compañía debido a la confidencialidad.

Reporte técnico de visita 07-06-18

| AcquaChem S.A.C. Tratamiento de Agua y Petróleo | | | | | | PLANTA DE FUERZA | | |
|--|--|-----------|------------------------|---------|--------------------|-------------------------|----------------------------------|---------------------------|
| REPORTE DE VISITA - TECNICA | | | | | | Nº 004233 | | |
| cliente: .. | | | | | | SERVICIO al Cliente: .. | | |
| encion: | | | | | | | | |
| Calderas | | Torres | | Chiller | | Osmosis | | Otros |
| ANÁLISIS | Fuente | Límite | Agua Blanda | Límite | Agua alim 1 | Límite | Parámetros Operativos | Producción de agua blanda |
| Dureza Total | | | 0.5 | ≤03 | 0.5 | ≤02 | T°C. (Alim) | AB 1 |
| Cloruros | | | 35.5 | | 21.3 | | P lb/pulg ² (Caldera) | AB 2 |
| S.T.D. | | | 415 | | 335 | | T°C Gases (Caldera) | Consumo de agua blanda |
| pH | | | 7.5 | | 8.1 | | Chimenea | Medidor 1 |
| Fe ^{+2/+3} | | | — | | 4.1 | ≤0.2 | | Medidor 2 |
| Análisis | | CAUDAL | DISTRIB | | | | | Limites Recomendados |
| Dureza Total D 1126-86 | ppmCaCO ₃ | 00 | | | | | | 00 |
| pH - Alcalinidad D 1067 - 88 | ppmCaCO ₃ | 440 | | | | | | 150 - 1000 |
| Cloruros D 512-89 | ppmCL ⁻ | 319.5 | | | | | | |
| Ferro Total SEPA METHOD 8008 | ppm Fe ^{+2/+3} | 38.8 | | | | | | |
| Silice / Nitritos | pm SiO ₂ /NO ₂ | — | | | | | | |
| S.T.D. | ppm | 4958 | ⇒ APoyarse CON | | | | | 3500 - 5000 |
| Sulfato / Zinc LINE 77050 | ppm SO ₄ ²⁻ /ppm Zn ^{+2/+3} | 06 | PUNTAS DE SUPERFICIE, | | | | | 30 - 60 |
| Polímero / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ³⁻ | 1320 | EN LA POSICIÓN TENSIVO | | | | | 6000 - 10000 |
| H ₂ S | ad | 11.0 | LEVEMENTE ABIERTO | | | | | 10.5 - 12 |
| Ciclos | ad | 15 | CONTINUAMENTE. | | | | | 10 |
| Dispersión Dureza | % | — | | | | | | |
| Dispersión Hierro | % | 63.1 | | | | | | > 40% |
| Índice de Langelier | ad | — | | | | | | |
| Ensayado | MANIFAG | CHOCOLATE | FLANCEO | Limite | Productos Químicos | Dosis Kg/día | Stock | Fl. Prox. Stock |
| pH | 9.0 | 7.6 | 7.4 | 7-9 | ACQUA B-126 | 2.2Kg/49h | | |
| Fe | 21.2 | — | — | | ACQUA D-104 | 4.7Kg/48h | | |
| STD | 1340 | 20 | 10 | ≤50 | ACQUA B-110 | 6Kg/49h | | |

Nota. Elaboración propia. Se ha ocultado el nombre de la compañía debido a la confidencialidad.

Reporte técnico de visita 01-07-18

|  PLANTA DE FUERZA | | | | | | | | |
|--|--|--------|-------------|--------|-------------|--------|--|---------------------------|
| REPORTE DE VISITA - TECNICA Nº 004852 | | | | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Calderas <input type="checkbox"/> Torres <input type="checkbox"/> Chiller <input type="checkbox"/> Osmosis <input type="checkbox"/> Otros | | | | | | | | |
| ANÁLISIS | Fuente | Límite | Agua Blanda | Límite | Agua alim 1 | Límite | Parámetros Operativos | Producción de agua blanda |
| | Dureza Total | | 00 | ≤ 03 | 00 | ≤ 02 | T°C (Alim) 91 | |
| | Bruturos | | 35.5 | | 88.75 | | 780 | |
| | T.D. | | 436 | | 804 | | 100 | |
| | | | 7.5 | | 7.8 | | | |
| | | | — | | 1.45 | ≤ 0.2 | 200 | |
| T°C Gases (Caldera) Chimenea | | | | | | | | |
| Otros | | | | | | | | |
| ANÁLISIS | | | | | | | Limites Recomendados | |
| Dureza Total D 1126-86 | ppm CaCO ₃ | 00 | | | | | Segun C.C. | |
| Alcalinidad D 1067 - 88 | ppm CaCO ₃ | 440 | | | | | 150 - 1000 | |
| Bruturos D 12-89 | ppm Cl ⁻ | 248 | | | | | | |
| Hierro Total EPA METHOD 8008 | ppm Fe ²⁺³ | 16.7 | | | | | | |
| Óxice / Nitritos | pm SiO ₂ /NO ₂ | | | | | | | |
| T.D. | ppm | 4020 | ✓ | | | | 3500 - 5000 | |
| Sulfos / Zinc D 77050 | ppm SO ₃ ⁻² /ppm Zn ²⁺³ | 36 | ✓ | | | | 30 - 60 | |
| Hierro / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ⁻² | — | | | | | 400 - 600 | |
| | ad | 11.0 | | | | | 10.5 - 12.0 | |
| | ad | 5 | | | | | ~ 10 | |
| Dispersión Dureza | % | — | | | | | | |
| Dispersión Hierro | % | 230 % | ✓ | | | | > 40 % | |
| Índice de Langelier | ad | — | | | | | | |
| Ensayo MANIFOLD DENIVUDOR CHOCOLATE Limite | | | | | | | Productos Químicos Dosis Kg/día Stock F. Prox. Stock | |
| H | 10. | 10. | 10. | | | | ACALD B-104 5 Kg/48h * OPEN DOOR EU | |
| re | — | 0.5 | 0.6 | | | | ACALD B-104 2.2 Kg/48h REFRIGERIO | |
| STD | 4422 | 147 | 348 | ≤ 50 | | | ACALD B-409 5 Kg/48h * ING. EN REUNIÓN | |

Nota. Elaboración propia. Se ha ocultado el nombre de la compañía debido a la confidencialidad.

Reporte técnico de visita 25-07-18

| REPORTE DE VISITA - TECNICA | | | | | | PLANTA DE FUERZA | | | | | |
|-----------------------------|--|--------|-----------------|--------------------------|-------------|--------------------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------|--------------------------|--|
| | | | | | | Nº 004565 | | | | | |
| | | | | | | Servicio al Cliente | | | | | |
| Calderas | <input checked="" type="checkbox"/> | Torres | | <input type="checkbox"/> | Chiller | <input type="checkbox"/> | Osmosis | <input type="checkbox"/> | Otros | <input type="checkbox"/> | |
| ANÁLISIS | Fuente | Límite | Agua Blanda | Límite | Agua alim 1 | Límite | Parámetros Operativos | Producción de agua blanda | | | |
| Dureza Total | | | 00 | ≤ 03 | 00 | ≤ 02 | T°C (Alim) | AB 1 | | | |
| Alcalinios | | | 35.5 | | 26.6 | | P lb/pulg ² (Caldera) | AB 2 | | | |
| Alcalinidad | | | 36.9 | | 44.9 | | T°C Gases (Caldera) | Consumo de agua blanda | | | |
| Alcalinidad | | | 7.5 | | 8.0 | | Chimenea | Medidor 1 | | | |
| Alcalinidad | | | — | | 1.32 | ≤ 0.2 | | Medidor 2 | | | |
| Análisis | | | CALDERA CLEOVER | | | | | | Límites Recomendados | | |
| Dureza Total | ppm CaCO ₃ | | 00 | | | | | 00 | | | |
| Alcalinidad | ppm CaCO ₃ | | 600 | | | | | 150 - 1000 | | | |
| Alcalinidad | ppm CaCO ₃ | | 1000 | | | | | | | | |
| Alcalinios | ppm CL ⁻ | | 784 | | | | | | | | |
| Dureza Total | ppm Fe ²⁺³ | | 32.6 | | | | | | | | |
| Nitrato / Nitritos | ppm SiO ₂ /NO ₂ | | — | | | | | | | | |
| T.D. | ppm | | 4221 | / | | | | 3500 - 5000 | | | |
| Zinc | ppm SO ₄ ²⁻ /ppm Zn ²⁺³ | | 10 | → Doficiar por 1 vez | | | | 30 - 60 | | | |
| Hierro / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ²⁻ | | — | 3kg de ACSO B-106 | | | | | | | |
| | ad | | 11.6 | para aumentar residual | | | | 10.5 - 12 | | | |
| | ad | | 9.4 | / | | | | ~10 | | | |
| Dispersión Dureza | % | | — | | | | | > | | | |
| Dispersión Hierro | % | | 262 % | / | | | | > 11.0 | | | |
| Índice de Langelier | ad | | — | | | | | | | | |
| Censo | | | | | | Manifold Chouf (COP) | | | Stock | | |
| | | | | | | Productos Químicos | Dosis Kg/día | Stock | F. Prox. Stock | | |
| | | | | | | ACOUS B-106 | 2.2Kg / 484 | | | | |
| | | | | | | ACOUS B-104 | 4.2Kg / 484 | | | | |
| | | | | | | ACOUS B-410 | 6Kg / 484 | | | | |
| STD | 32B3 | 489 | 415 | 36.9 | ≤ 50 | | | | | | |

Nota. Elaboración propia. Se ha ocultado el nombre de la compañía debido a la confidencialidad.

Reporte técnico de visita 14-08-18

| AcquaChem S.A.C. Tratamiento de Agua y Petróleo | | | | | PLANTA DE FUERZA | | | |
|--|--|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|----------------------|--------------|----------------------------------|---------------------------|
| REPORTE DE VISITA - TECNICA N° 004395 | | | | | | | | |
| Calderas <input checked="" type="checkbox"/> | Torres <input type="checkbox"/> | Chiller <input type="checkbox"/> | Osmosis <input type="checkbox"/> | Otros <input type="checkbox"/> | SERVICIO DE CALDERAS | | | |
| ANÁLISIS | Fuente | Límite | Agua Blanda | Límite | Agua alim 1 | Límite | Parámetros Operativos | Producción de agua blanda |
| Dureza Total | | | 0.5 | ≤ 03 | 1.5 | ≤ 02 | T°C (Alim) | AB 1 |
| Cloruros | | | 31.95 | | 13.3 | | P lb/pulg ² (Caldera) | AB 2 |
| S.T.D. | | | 288 | | 120 | | T°C Gases (Caldera) | Consumo de agua blanda |
| H | | | 7.5 | | 8.0 | | Chimenea | Medidor 1 |
| Cloruros | | | — | | — | | | Medidor 2 |
| Análisis | | | | | | | | |
| Dureza Total | ppm CaCO ₃ | 00 | CLEANER | (DECARLADOR) | | | | 00 |
| H - Alcalinidad | ppm CaCO ₃ | 260 | | | | | | 150 - 1000 |
| - Alcalinidad | ppm CaCO ₃ | 700 | | | | | | |
| Cloruros | ppm Cl ⁻ | 213 | | | | | | |
| Hierro Total | ppm Fe ^{+2/+3} | | | | | | | |
| Silice / Nitritos | ppm SiO ₂ /NO ₂ | | | | | | | |
| T.D. | ppm | 3283 | | | | | | 3500 - 5000 |
| Magnesio / Zinc | ppm So ₄ ²⁻ /ppm Zn ^{+2/+3} | 76 | | | | | | 30 - 60 |
| Aluminio / Fosfato | ppm/ppm PO ₄ ⁻² | 1017 | | | | | | 600 - 1000 |
| | ad | 11.0 | | | | | | 10.5 - 12 |
| | ad | 16.1 | | | | | | 110 |
| dispersión Dureza | % | | | | | | | |
| dispersión Hierro | % | | | | | | | |
| índice de Langelier | ad | | | | | | | |
| Unidad | Manifold | CHOCOLATE | DERIVADOS | Límite | Productos Químicos | Dosis Kg/día | Stock | Fl. Prox. Stock |
| | 8.0 | 8.3 | 8.0 | 8-9 | ACQUA B-104 | 4.2 Kg/48h | | |
| | — | — | — | | ACQUA B-106 | 2.2 Kg/48h | | |
| TD | 107 | 60 | 80 | ≤ 100 | ACQUA B-40 | 6.4 Kg/48h | | |

Nota. Elaboración propia. Se ha ocultado el nombre de la compañía debido a la confidencialidad.