



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**“Reducción de la obstrucción de las placas y tuberías en los
equipos de enfriamiento mediante la aplicación de un
tratamiento químico al agua de enfriamiento en la empresa Caña
Brava-Sullana-Piura”.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Industrial

AUTOR:

Albuquerque Chero, Cristhian Alonso (ORCID: 0000-0003-1034-3982)

ASESOR:

Ing. Morales Álamo Guillermo Nicanor (ORCID: 0000-0002-1993-7800)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Gestión Empresarial y Productiva

PIURA-PERÚ

2014

DEDICATORIA

A Mis Padres: FRANCISCO Y MERCEDES.

Por mi inmenso amor y gratitud a su valioso apoyo incondicional que siempre recibí de ustedes y gracias por esa confianza que depositaron en mí y por ello puedo ver alcanzada mi meta ya que siempre estuvieron impulsándome en los momentos más difíciles de mi carrera a quienes entrego el fruto de su labor.

A mi esposa Rosa e hijas Luana y Zoe.

Porque son mi inspiración de ser cada día mejor. Va para ustedes por lo que valen y por lo que representas para mí.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por darme la vida, las fuerzas y la capacidad para salir adelante a pesar de los obstáculos, por permitirme alcanzar mis objetivos algo que en un comienzo pareciera inalcanzable, pero gracias al apoyo de mucha gente que a lo largo de mi camino me supieron dar su apoyo.

Agradezco infinitamente a mi Padre y Madre por ser mi mayor fuente de inspiración ya que su ejemplo haya hecho de mí una persona de bien.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y Diseño de investigación.....	13
3.2. Variables y Operacionalización.....	14
3.3. Población, Muestra y Muestreo	16
3.4. Procedimientos	16
3.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos.....	17
3.6 Métodos de análisis de datos	18
3.7 Aspectos éticos	18
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN	30
VI. CONCLUSIONES.....	34
VII. RECOMENDACIONES	35
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36
ANEXOS	40

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°01: Variables y Operacionalización	14
Tabla N°02:	16
Tabla N°03:	16
Tabla 04: Técnicas e instrumentos de recolección de datos	17
Tabla N°05: Pre-test: Resultados de análisis Físico-Químico del agua de ingreso a las placas y tuberías de los intercambiadores y presencia de biocapa e incrustaciones	20
Tabla N° 06: Post- Test. Aplicación de Biocida no oxidante a 40 ppm	22
Tabla N°07: Post-Test. Aplicación de biocida no oxidante a 50 ppm	23
Tabla N°08: Post-Tes. Aplicación de biocida no oxidante a 60 ppm	24
Tabla N°09: Tratamiento con polifosfatos a 10, 15 y 20 ppm	25
Tabla N° 10: Ciclos de Concentración antes del tratamiento	26
Tabla N° 11: Ciclos de Concentración después del tratamiento Biocida no oxidante (50ppm) y polifosfatos (20ppm).	27
Tabla N°12: Estadístico del antes y después de los ciclos de concentración.....	28
Tabla N°13: Prueba de muestras relacionadas	29
Tabla 14. Impurezas comunes en el agua.....	47
Tabla 15. Daño a diferentes equipos debido a aguas de proceso con gran cantidad de microorganismos.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras 1. Nomograma para el cálculo del Índice de Langelier	49
Figuras 2. Condiciones en una torre de enfriamiento	50
Figuras 3. Condiciones para la transmisión de calores latente y sensible en direcciones opuestas.	50
Figuras 4. Procesos	51
Figuras 5. Intercambiador de tubo (equipo de enfriamiento)	52
Figuras 6. Torre enfriamiento 1.....	53

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la empresa Caña Brava ubicada en la provincia de Sullana departamento de Piura. Esta investigación pretende reducir la obstrucción de las placas y tuberías de los equipos de enfriamiento, y a la vez aplicar un tratamiento químico al agua de enfriamiento con el fin de determinar si el tratamiento logra reducir las obstrucciones en los equipos de enfriamiento.

Para iniciar esta investigación se planteó como objetivo general reducir las obstrucción de las placas y tuberías en los equipos de enfriamiento mediante la aplicación de un tratamiento químico al agua de enfriamiento en la empresa Caña Brava Sullana – Piura, a lo cual se propuso como hipótesis a resolver: Con la aplicación de un tratamiento químico al agua de enfriamiento se podrá reducir la obstrucción de las placas y tuberías en los equipos de enfriamiento en la empresa Caña Brava Sullana – Piura.

La población en esta investigación estuvo constituida por el agua de enfriamiento de la torre de enfriamiento que brindan servicio a las áreas de fermentación, destilería y turbinas, para ello se realizó un estudio aplicado según el nivel de alcance es explicativa y según el enfoque es cuantitativa, con un diseño de investigación de experimento puro con diseño factorial. En cuanto a la recolección de datos se utilizará las fichas de observación en campo (área de fermentación, destilería y turbinas, para determinar la obstrucción en los equipos de enfriamiento).

Palabra clave: Reducir, obstrucción, placas, tuberías, equipos de enfriamiento.

ABSTRACT

This research was conducted in the company Caña Brava located in the province of Piura Sullana. This research aims to reduce clogging of the plate and pipe of cooling equipment, while applying a chemical treatment to the cooling water in order to determine whether the treatment is able to reduce blockages in the cooling equipment.

To start this research was the overall objective to reduce clogging of the plates and pipes in the cooling equipment by applying a chemical treatment to water cooling company Caña Brava Sullana - Piura, to which was proposed as hypotheses address: by applying a chemical treatment to water cooling can reduce the obstruction of the plates and pipes in the cooling equipment in the company Caña Brava Sullana - Piura.

The population in this research was constituted by the cooling water from the cooling towers that serve the areas of fermentation, distilling and turbines, ' for this study applied was performed according to the level of scope is explanatory and as the focus is quantitative research design with pure experiment with factorial design. Regarding data collection observation forms were used in field (area of fermentation, distilling and turbines, to determine the blockage in the cooling equipment).

Keyword: Reduce, clogging, plates, pipes, cooling equipment.

I. INTRODUCCIÓN.

El siguiente trabajo de investigación, en la introducción consta de la realidad problemática, justificación de la investigación, la formulación del problema, objetivo general, específicos y la hipótesis.

Referente a la realidad problemática las empresas a nivel nacional, en el Perú, que cuentan con sistemas de enfriamiento para sus procesos industriales, buscan reducir el ensuciamiento e incrustaciones de sus equipos, con la finalidad de que cada uno de los procesos que emplean equipos de enfriamiento, no sean afectados por paradas imprevistas por falla de equipos que a la larga se ve reflejado en elevados costos de mantenimiento o reparaciones. En la empresa Caña Brava en sus procesos se presentan serios problemas en las áreas de fermentación y destilería por obstrucción en los equipos de enfriamiento debido a que no se contó con un buen control para el tratamiento químico del agua de las torres de enfriamiento. Iniciando así el interés de hallar una solución a la realidad problemática que se encontrado en la empresa Caña Brava con sus equipos de enfriamiento.

Según Pauccara Hilario, (2019) Hace mención que los sistemas industriales de enfriamiento, han realizado del agua el medio de transferencia de calor de gran utilidad; se debe utilizar un sistema de bombeo para recircular el agua para el enfriamiento o intercambio de calor. Los sistemas que usan el agua como medio de transferir el calor o de enfriamiento presentaran algunos problemas asociados al uso del mismo y estos problemas son: corrosión, incrustación, lodos y entre otros. Es por eso que los tratamientos de agua se convierten de suma importancia, es necesario mantener el agua en parámetros permitidos de acuerdo a las condiciones a las que se operen.

Según Baldeón León (2016). Define el termino tratamiento de aguas como el conjunto de operaciones unitarias que pueden ser de tipo físico, químico o biológico y propósito es de eliminar o disminuir la contaminación o características no deseadas en el agua; la finalidad de realizar diferentes tipos de operaciones es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les dé en

cualquier proceso, en caso el tratamiento de agua sea inadecuado o impropio puede causar problemas o daños de gran consideración. Donato Chong, (2010). Define lo siguiente el agua es económica y efectiva es por eso que es empleada como medio de enfriamiento y tiene un uso universal.

Portero López, y otros, (2012) Definen que muchos procesos industriales tienen como medio de enfriamiento el agua, se encuentren en estado de vapor o estado líquido pueden ser utilizada en calefacción o enfriamiento; después de ser utilizada el agua es descartada, el bajo costo del agua y el aire los convierte en elementos muy solicitados, pero cuando se les necesita en grandes volúmenes el precio es demasiado elevado, es por esta razón que los procesos industriales emplean equipos como las torres de enfriamiento ya que accede a la restauración de componentes y energía; también describe la diferencia que hay en plantas que cuentan con procesos industriales de dimensiones muy grandes el residuo de agua se convierte en un costo de operación elevado.

Según Portero López, y otros, (2012) y Donato Chong (2010), las principales impurezas del agua son: dureza, acidez mineral libre, bióxido de carbono, sulfatos, cloruros, sílice, hierro, oxígeno, sulfuro de hidrogeno, sólidos disueltos, sólidos suspendidos.

Es significativo mencionar la empresa. Caña brava es el conglomerado de 3 empresas del grupo Romero. Agrícola del Chira se dedica al cultivo, cosecha y transporte de la caña de azúcar, Sucroalcolera del Chira es la encargada de la molienda y de la producción industrial de etanol y azúcar y Bioenergía del Chira es responsable de la generación de energía eléctrica a partir del bagazo. La empresa cuenta con 6500 hectáreas de producción propia de caña, las cuales sean cultivado en terrenos desérticos e irrigados por un sistema de goteo que les permite emplear de forma eficiente el agua del valle del Chira, la fábrica tiene una capacidad de producción de 350 m³ de etanol por día, con una capacidad de molienda de 4000 TN diarias de caña. La cosecha se realiza con modernas maquinas esto permite evitar la tradicional quema de caña. El transporte de la caña del campo a la fábrica es efectuado en camiones especialmente diseñados para este fin. Todas las empresas trabajan en forma conjunta para lograr la visión empresarial de ser líderes en la producción y comercialización de energías que son renovables en el Perú.

Caña brava tiene un compromiso a largo plazo con la comunidad para impulsar la producción agrícola del valle del Chira. Para ello de forma conjunta a su producción de caña, lleva adelante un intenso programa de difusión de tecnología para agricultores del valle, promoviendo las mejoras prácticas agrícolas de todos los cultivos que tienen ventaja competitiva en la zona, como el arroz, el banano orgánico, el algodón etc., buscando el mejor empleo del agua y difundiendo las mejores técnicas de administración y comercialización. Todas las acciones apuntan al aumento de la producción del valle y a la mejora de la calidad y el nivel de vida de sus habitantes.

El proceso de producción de etanol cuenta con 4 subprocesos principales (Anexos de figuras N°4). Extracción y preparación de caña, evaporación, fermentación, destilería, generación de energía. Con esta propuesta la empresa Caña Brava logrará cumplir con sus indicadores de producción; eficiencia de equipos y mantener los costos de operación y mantenimiento.

La empresa Caña Brava es una empresa que se dedica a la producción de etanol a partir de la caña de azúcar, la planta se encuentra ubicada en la zona norte del país, provincia de Sullana, departamento de Piura. Contando con una capacidad de operación de 350 m³ de etanol por día, con una molienda de 4000 TN/diarias de caña, esto la convierte en una empresa reconocida del sector, garantizando la sostenibilidad de los recursos y el respeto al medio ambiente. Actualmente la empresa Caña Brava en su proceso de producción de etanol cuenta con dos torres de enfriamiento de 2500 m³ y 800 m³ respectivamente. El número uno alimenta al sistema de enfriamiento del área de fermentación y destilería mientras que la torre 2 a la turbina de vapor que genera energía eléctrica para la planta de etanol. El agua de alimentación de estas torres de enfriamiento es tomada del canal norte provenientes del río Chira y son sometidas a un tratamiento físico-químico que garantizan tener controlados los parámetros de pH, conductividad, dureza, sólidos suspendidos cumpliendo con los estándares de la empresa, sin embargo se presentan problemas de incrustaciones y crecimiento microbiano (biofilm) en los intercambiadores de tubos y placas del área de fermentación y destilería del proceso de etanol (Ver figura N°5 anexos de figuras), lo cual reduce su eficiencia

originando paradas en el proceso para realizar el mantenimiento general de los equipos de enfriamiento aumentando los costos de producción.

Con esta investigación se busca determinar un tratamiento adicional con biocidas y productos secuestrantes, y lograr modificar la estructura cristalina de los precipitados de calcio en el agua de las torres de enfriamiento, y así evitar las obstrucciones por carga microbiana e incrustaciones.

Se formula como problema principal ¿En qué medida se reduce la obstrucción de las placas y tuberías en los equipos de enfriamiento con la aplicación de un tratamiento químico al agua de enfriamiento en la empresa Caña Brava-Sullana-Piura?, del cual se deriva los **problemas secundarios** que son: ¿En qué medida se reduce el crecimiento microbiano que generan la formación de biocapas en las placas y tuberías de los equipos enfriamiento mediante la dosificación de biocidas no oxidante?, ¿En qué medida se reduce la concentración de carbonatos en el agua aplicando un tratamiento alcalino en base a polifosfatos para modificar la configuración cristalina de los precipitados de calcio?.

El siguiente estudio se **justifica** porque permitirá mejorar la calidad del agua de las torres de enfriamiento de la empresa Caña Brava. La obstrucción se debe a la acumulación de bio-películas e incrustaciones en la tuberías y placas de los intercambiadores del área de fermentación y destilería de la empresa Caña Brava reduce el diámetro de las mismas disminuyendo paulatinamente la capacidad de enfriamiento e incrementando el consumo de energía eléctrica.

Para favorecer el buen funcionamiento de los equipos de enfriamiento de las áreas de fermentación – destilería; cumplir con las metas trazadas en la producción del proceso de Etanol y evitar el incremento de los costos de operación se propone determinar la dosificación de biocidas y sustancias modificadoras de la estructura cristalina de los precipitados de calcio que ayude a reducir la formación de obstrucciones por incrustaciones y crecimiento microbiano y así mantener un ritmo de operaciones constante; cumpliendo con las condiciones del proceso y alargando la vida útil de los equipos de enfriamiento.

Con este estudio la empresa Caña Brava logrará cumplir con sus indicadores de producción; eficiencia de equipos y mantener los costos de operación y mantenimiento.

Mientras que por otro lado nos beneficia en nuestra carrera, ya que vamos aprendiendo en base a la práctica en el mejoramiento de la calidad del agua para las torres de enfriamiento.

Por lo tanto, la presente investigación se ha planteado como **objetivo general**: Reducir la obstrucción de las placas y tuberías en los equipos enfriamiento mediante la aplicación de un tratamiento químico al agua de enfriamiento en la empresa Caña Brava-Sullana-Piura. Para lo cual, se tiene que lograr los siguientes **objetivos específicos**: Reducir el crecimiento microbiano que genera la formación de biocapas en los equipos enfriamiento mediante la dosificación de biocidas no oxidante. Reducir la concentración de carbonatos mediante un tratamiento alcalino a base de polifosfatos que modifiquen la configuración cristalina de los precipitados de calcio.

La presente investigación se ha planteado como **hipótesis general**: Con la aplicación de un tratamiento químico al agua de enfriamiento se podrá reducir la obstrucción de las placas y tuberías de los equipos de enfriamiento en la empresa Caña Brava- Sullana-Piura. Y como **hipótesis específicas**: Con la aplicación de biocidas no oxidante se podrá reducir el incremento microbiano que generan la creación de biocapas en los equipos de enfriamiento. Con la modificación de la estructura cristalina de los precipitados de calcio a través de un tratamiento alcalino a base de polifosfatos se podrá reducir la aglutinación de carbonatos al agua de recirculación de la torre de enfriamiento.

II. MARCO TEÓRICO

En este trabajo de investigación tomamos como guía los **antecedentes nacionales e internacionales** de trabajos similares que se han realizado. Uno de los antecedentes nacionales es:

Baldeón (2016), Tesis titulada: Implementación de un sistema de tratamiento de agua, para la reducción de costos de mantenimiento correctivo en la Empresa industria FIBRAFORTE. SA. Nos menciona que el tratamiento de agua no es nada más que el conjunto de operaciones unitarias de tipo físico, químico o biológico que tienen por finalidad acabar o disminuir la presencia de contaminantes o características no deseadas del agua. También hace mención de métodos para el tratamiento del agua y los divide en tres categorías: la purificación para uso doméstico, el tratamiento para aplicaciones industriales especializadas, el tratamiento de las aguas residuales para aceptables para su vertimiento o vertido o su reutilización.

Chulluncuy (2011), Tratamiento de agua para consumo humano. Ingeniería industrial, (029),153-170. Que el agua de procedencia superficial y subterránea se ha visto incrementado la contaminación por un aumento en la población y desarrollo industrial que cada vez aumenta más la demanda de agua para sus procesos. Algo muy importante que indica es que la contaminación del agua se debe por vertimiento de aguas servidas, basura, relaves mineros y productos químicos. Y una de las conclusiones de esta investigación: "Importante que se apliquen políticas que ayuden prevenir que el agua de fuentes superficiales se evite en diferentes maneras la contaminación de es este recurso por consiguiente los tratamientos costos para poder hacerla potable.

Y como antecedentes internacionales:

Novoa (2019), Tesis titulada: Estudio Sistema De Control Clarificador De Agua. Nos explica que el agua bruta es inyectada a la nueva etapa tratamiento de agua donde ingresa a la etapa adicción de productos químicos esta parte del proceso consta de tres cámaras donde se aplicaran los productos químicos con la finalidad de separar los residuos minerales y desinfectar el agua bruta proveniente del río.

Rodríguez Piedras, M.A (2019), Tesis titulada “Análisis de impacto que causan al ambiente los tratamientos químicos en sistemas de enfriamiento industrial” que los sistemas de enfriamiento el agua se va poder reutilizar en gran parte a los tratamientos de control de calidad también nos indica el 80 % del agua que se usa en la industria es utiliza para enfriamiento. Una manera de enfriar el agua es por medio de torres de enfriamiento, estanques de aspersion, rociamiento, tanques, intercambiadores de calor, y condensadores de evaporación. Hace mención de los sistemas de enfriamiento cerrados y sistemas de enfriamiento abiertos en el cual se encuentra las torres de enfriamiento el trabajo de este equipo es recibir el agua que recircula por los equipos de proceso cuando el agua llega a la torre el agua desprende el calor a la atmósfera. Luego el agua vuelve a los equipos de proceso y repite el ciclo. Los sistemas de enfriamiento presentan cuatro problemas básicos que son: corrosión, incrustación, ensuciamiento y contaminación microbiana.

Helo (2019), Tesis titulada: “Estudio Físico Químico de Agua de Enfriamiento Tratada por Equipos Scale Remove SYSTEM (SRS)” Menciona que la obstrucción de tuberías la cual disminuye la eficiencia del sistema, se debe al crecimiento bacteriano en el agua a temperaturas próximas a 35°C, también se tiene altas concentraciones de O₂ y luz UV, esto crea un clima adecuado para el crecimiento de microorganismos como: algas, bacterias u hongos) por lo que se establece un tratamiento químico para poder controlar lo descrito anteriormente. Los componentes de los equipos de enfriamiento son de materiales metálicos (aceros, acero galvanizado, aleaciones de cobre), se debe aplicar productos como cloro, bromo y dióxido de cloro es importante la dosificación de biosidas para cada tipo de microorganismo, para controlar incrustaciones o crecimiento microbiano, los que estarán disueltos en el agua del circuito. También se emplea inhibidores de corrosión los que actúan protegiendo la superficie del material metálico. También se utilizan tratamiento que modifiquen algunas de las sustancias presentes estos sistemas se pueden agrupar en dos categorías: tratamiento ácido: el agregado de ácido sulfúrico disminuye la alcalinidad presente en el agua. Tratamiento alcalino: este tratamiento mantiene el pH del circuito en valores alcalinos, donde mantendrán el calcio en solución, secuestrante o dispersantes, modificar la estructura cristalina de los precipitados de calcio para formar lodos los cuales serán removidos por purga al sistema.

Zamora (2016), En su trabajo de investigación titulado: Estudio, Selección y Diseño de un Sistema de Enfriamiento Destinado al uso en una Planta Química. Se debe considerar los siguientes aspectos para el agua que se empleara para las torres de enfriamiento las cuales deben tener características particulares en el control de incrustaciones: se da mediante el uso de antiincrustantes empleando el producto químico denominado CW-223, en el control de crecimiento de algas: recomienda realizar una limpieza constante del estanque de agua y además de evaluar el uso de un biocida que además funcione como alguicida, para el control de crecimiento de algas se realizara mediante de un alguicida y el nombre comercial es CW-250, control de crecimiento de microorganismos: se encuentran las bacterias y legionela, para evitar este tipo de microorganismos existen tratamientos físicos, fisicoquímicos y químicos, control de sólidos disueltos en el agua: para mantener un control de sólidos disueltos es indispensable realizar una purga automática en función de la conductividad registrada, además el nivel de dureza del agua debe ser inferior a 10 ppm.

Sosa & Ríos (2016), En su informe final: Diseño de sistema de distribución y control de una torre de enfriamiento. Nos menciona que las torres de enfriamiento es un dispositivo que se encarga de pasar el aire exterior por encima del agua para eliminar de ella el calor del sistema. La capacidad de las torres de agua está limitada por la cantidad de evaporación que esta genere.

Araujo (2015), Tesis titulada: Diseño de unidades de desmineralización del agua como medio de enfriamiento (Bachelor's thesis, Quito: UCE). Nos menciona el tipo de agua que existe: Agua cruda: es aquella que no sido sometida a ningún proceso de tratamiento. Agua desmineralizada: aquí se realiza un proceso de tratamiento para eliminar los cationes como: sodio, calcio, hierro, cobre, y otros y aniones como el carbonato, fluoruro, cloruro, etc. Mediante un proceso de intercambio iónico. La calidad del agua es determinada por la cantidad de sólidos, la cantidad y el tipo de sales disueltas, el número y el tipo de bacterias presentes y su tendencia corrosiva o incrustantes, lo que garantizado la calidad del agua ha sido la realiza de pruebas periódicas y sistemáticas en diferentes puntos del sistema. Se tiene que tener los siguientes parámetros básicos para calidad del agua: pH, conductividad, sólidos totales disueltos, alcalinidad, dureza total, cloruros, sílice y hierro.

Chaves (2013). Tesis titulada: Determinación de las mejores condiciones técnicas a utilizar en la unidad de acondicionamiento para el agua de enfriamiento del Centro de Generación Moín. Nos menciona el tipo de corrosiones que se pueden presentar en un sistema de enfriamiento las cuales son: corrosión microbiana: esto se da cuando se utilizan grandes cantidades de agua las cuales contiene microorganismos y los equipos se ven afectados como se muestra en la tabla 15.

Acosta (2013). En su Tesis titulada: Desarrollo de un Sistema de Captación de Agua Pluvial para uso Industrial. La calidad del agua para cada uno de los procesos es definida por ingenieros de manufactura y producción en conjunto con los proveedores de materiales directos para producción y que no dañen la estabilidad de los productos empleados. Parámetros de calidad del agua en tener en cuenta para los procesos: pH, sólidos disueltos, salinidad, dureza total.

Lamúa (2012), Revista técnica de medio ambiente, 25(159),96: “El tratamiento del agua en las torres de refrigeración y condensadores evaporativos”. Eficiencia energética y responsabilidad social. Menciona que el mantenimiento de las torres de enfriamiento y condensadores evaporativos son procesos sencillos y que aporta múltiples ventajas y una de esas ventajas es evitar la proliferación de la bacteria legionela y la segunda es optimizar el rendimiento y

la vida de los equipos. Y como conclusión se tiene: “Cabe apuntar que en los equipos de refrigeración evaporativa esta constituye una de las alternativas más eficientes dentro del campo de la refrigeración industrial a media que se emplean tecnologías respetuosas con el medio ambiente”

Medina Vizquete, M.A. (2011), Tesis titulada: “Optimización del Sistema de Enfriamiento-Torres Y-ME3003B de la Refinaría Estatal Esmeraldas (Bachelor's thesis)”. Menciona que las torres de enfriamiento son equipos que se emplean para enfriar agua en grandes volúmenes esta son el medio más económico para realizarlo. Las torres de enfriamiento se pueden clasificar en: torres de enfriamiento de tiro natural: es aquella en la que el aire es inducido por una gran chimenea situada sobre el relleno y torres de enfriamiento de tiro mecánico: Son aquellas donde el flujo de aire ingresa al interior de la misma por medio de la instalación de un ventilador las torres de tiro mecánico se pueden clasificar en: Torres de tiro

forzado y torres de tiro inducido. Tratamiento del agua de enfriamiento en el sistema de enfriamiento que incide en la generación de problemas de corrosión, incrustación y ensuciamiento debido a la existencia de agentes y factores en el agua de recirculación es imprescindible entonces la necesidad de acondicionar el agua de enfriamiento de manera que cumpla con su función que es de remover el calor y así garantizar un perfecto estado de limpieza y constante eficiencia de operación. El tratamiento químico se emplea para controlar: controlar la formación de depósitos de tipo incrustante y/o ensuciantes, controlar la corrosión, controlar el crecimiento microbiano microbiológico y contrarrestar la acción de agentes internos y/o externos contaminantes del agua los cuales alteran la operación del sistema global de enfriamiento.

Donato (2010), en su Tesis titulada: “Desarrollo de un programa de tratamiento químico para el sistema de enfriamiento de una refinería” tiene como objetivo general “Desarrollar un programa de tratamiento químico para el sistema de enfriamiento de una refinería, utilizando el sistema a escala piloto de la empresa LIPESA”. Y la conclusión: “Mediante la metodología empleada explica que a 40°C el agua es ligeramente incrustante y a 30°C presenta una tendencia corrosiva esto se definió utilizando el índice de Langelier”.

Diego (2010), Tesis titulada: “Desinfección de agua de torres de Refrigeración con $\text{Ca}(\text{ClO})_2 + \text{DREWBROM}$ ”. Nos indica que la forma de eliminación microorganismos patógenos contenidos en el agua es realizando una desinfección al agua. Para mantener la vida útil y eficiencia de los equipos estos microorganismos deben ser eliminados.

Axpuac (2008), en su Tesis titulada: “Operación y mantenimiento de la torre de enfriamiento de ingenio “Santa Ana”. se tiene como objetivo: “Encontrar una mejora en la generación de energía eléctrica y optimizar la condensación de vapor manteniendo una temperatura constante del agua que recircula en el condensador y la presión de vacío del hotwell”. Y su conclusión es: “Que una correcta operación de la torre de enfriamiento se obtiene varios beneficios al proceso de los cuales se puede mencionar menos consumo de combustible en la caldera, una excelente operación del condensador y turbina”.

Castillo (2007), Tesis titulada: "Optimización de torres de enfriamiento". Hace mención en su investigación de los principales factores que afectan a una torres de enfriamiento los cuales son contaminación del aire se da en el agua de la torre durante la fase evaporativa con llevando al crecimiento de algas, hongos y bacterias las cuales pueden afectar en la eficiencia de la operación de la torres de enfriamiento algo importante que indica es que temperatura, humedad, luz solar, oscuridad y nutrientes todo esto son ingredientes necesarios para el crecimiento biológico. Los sólidos disueltos concentrados en el agua de la torre cuando se evapora presentan lo siguiente sales minerales y gases disueltos como calcio y magnesio en forma de carbonatos y bicarbonatos, cloruros. Sulfatos. Silicio, oxígeno y bióxido de carbono. Descripto lo anterior queda muy evidente la aplicación de un buen tratamiento al agua de recirculación en un sistema de enfriamiento lo cual debe evitar la corrosión, incrustaciones de sales y mantener el agua en condiciones no atractivas para el crecimiento biológico.

Hermosilla, V., & René, F. (2007). En su informe de proyecto de Titulo: Estudio termodinámico para el abatimiento del penacho de la torre de enfriamiento de Petropower SA. El agua de reposición para la torre de enfriamiento pasa por una etapa de clarificación para reducir la turbidez y materiales en suspensión los pasos incluyen la adición de coagulantes químicos o controladores de pH entre 7 y 8 para evitar la corrosión de las cañerías. Es químicos reaccionan para formar flóculos, los cuales se asientan por gravedad en tanques de decantación y el agua es obtenida, en este caso por rebalse también menciona que el agua de alimentación posee dos tratamientos: unos son de fosfato coordinado y otro de ánimas neutralizantes.

Olmos, R. R. (2003). En su Libro: El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis. Plaza y Valdés. Nos indica que el agua que se emplea en la industria la demanda va depender de los siguientes cuatros actividades en que se emplea: Para enfriamiento, para calderas, para procesos, para servicios generales. También menciona que el agua para la industria debe cumplir con las normas de calidad específicas de acuerdo con los usos y el tipo de industria. Los problemas que pueden presentarse en un sistema de enfriamiento debido a la mala calidad del agua empleada son: formación de depósitos e incrustaciones, corrosión,

obstrucción de los sistemas de distribución, crecimiento de organismos y por ende un incremento en los costos de mantenimiento y operación.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño de investigación

Tipo de Estudio

El modelo de estudio que se realizó conforme su objetivo, es una investigación aplicada porque está dirigida a resolver los problemas específicos desarrollados de manera práctica. El objetivo fue reducir la obstrucción de las placas y tuberías en los equipos de enfriamiento mediante la aplicación de un tratamiento químico al agua de enfriamiento; aplicando: biocidas no oxidante y un tratamiento alcalino con polifosfatos.

Conforme el nivel de relevancia es explicativa, porque se unieron los procedimientos analíticos y sintéticos en combinación con el inductivo y deductivo ya que se inició la búsqueda en analizar las probables causas el problema de manera individual e integral, iniciando desde el aprendizaje cognoscitivo, así como los tratamientos químicos, iniciando aplicación de varias dosis para lograr disminuir la obstrucción de las placas y tuberías en los equipos de enfriamiento del agua se concluyó y se determinó la dosis exacta de tratamiento para alcanzar el objetivo general de la investigación.

Conforme el planteamiento de la importancia es una investigación cuantitativa, porque nos ayudamos de la metodología empírico-analítica empleando los resultados estadísticos para el estudio de los datos, las cuales son aprovechadas en otras empresas del mundo.

Diseño de investigación

El diseño de planteamiento que se usó en la investigación coincide a una preexperimental con un modelo factorial, como indica Hernández, Fernández y Batista (2010), los modelos factoriales se utilizan dos o más variables independientes e incorporar dos o más niveles en manera de presencia en cada una de las variables independientes. En la previa determinación se dispone que los modelos factoriales se emplean para utilizar las variables independientes al parecido intercambio entre ambas. Un modelo factorial pueden emplear dos o más variables independientes con alguna cantidad de niveles o valores para definir

estadísticamente sus resultados (Rodríguez y Pérez, 1995). Por lo general los diseños factoriales se representan como diseños 2X2, 2X3X4, 2X3X4, 2X4X8X5, etc.

3.2. Variables y Operacionalización.

Según la investigación realizada en la empresa Caña Brava Sullana-Piura, Se define como variable independiente de investigación la aplicación de un tratamiento químico al agua de enfriamiento.

Se tiene como variable dependiente de investigación a la reducción de la obstrucción de las placas y tuberías en los equipos de enfriamiento.

Tabla N°01: Variables y Operacionalización

2 variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Indicadores	Escala de medición
<p style="text-align: center;">INDEPENDIENTE tratamiento químico del agua</p>	<p>Lo definimos como el conjunto de actividades que se realizan en procesos industriales a la aplicación de un producto químico en torres enfriamiento, piscinas, el químico realiza su trabajo con los contaminantes transformándolo a una manera inocua; la dosificación se puede realizar la recirculación de las torres.</p>	<p>Se define de manera operacional la dosificación en (ppm) del biocida no oxidante y polifosfatos para bajar las obstrucciones de las placas y tubos del equipo de enfriamiento.</p>	<p>ppm del biocida no oxidante</p> <hr/> <p>ppm de polifosfatos</p>	<p style="text-align: center;">Razón</p>
<p style="text-align: center;">DEPENDIENTE reducción de la obstrucción</p>	<p>"Disminución" de la obstrucción (química, 2008)"la acumulación de materiales sólidos, de tal manera que estorban la operación del equipo o contribuyen a su deterioro"</p>	<p>En las torres de enfriamiento se llevará mediante el cálculo de ciclos de concentración al agua (CCs): expresada en relación con los sólidos disueltos presentes en el agua de las torres $CCs = X_b / X_m$</p>	<p style="text-align: center;">Ciclos de concentración</p>	<p style="text-align: center;">Razón</p>

Fuente: Elaboración Propia

3.3. Población, Muestra y Muestreo

La empresa Caña Brava- Sullana cuenta con dos torres de enfriamiento de capacidad de 800 m³ y 2500 m³. Las cuales ofrecen el servicio de enfriamiento.

Población.

se utilizará agua de la torre de enfriamiento 1.

Tabla N°02:

Lugar de toma de muestra	Capacidad de flujo
Torre de enfriamiento 1	2500 m ³

Fuente: Elaboración propia

Muestra.

Para poder seleccionar el tamaño de la muestra se utilizó el muestreo no probabilístico por conveniencia se detalla en el siguiente cuadro.

Y se dio inicio en las siguientes fechas 25/02/2014 al 14/04/2014.

Tabla N°03:

Lugar de toma de agua	Capacidad	Litros tomados
Torre de enfriamiento 1	2500 m ³	20
Total		20

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Procedimientos

Durante las pruebas se tomaron 20 litros de agua de la primera torre de enfriamiento (Ver fig. 06 de la torre de enfriamiento de la empresa Caña-Brava-anexos de figuras) que brindan el servicio de enfriamiento a los equipos de las áreas de fermentación y destilería, de donde se sacaron tres muestras de un litro cada muestra a una jarra de prueba, en el agua se agregó material de las placas de enfriamiento y tuberías por dos meses luego se preparó la solución con biocida no oxidante a las siguientes concentraciones:40; 50 y 60 ppm; la dosis será diaria. La

observación se hará semanal para determinar la formación de biofilm (o crecimiento).

Durante las pruebas se volvió a muestrear de los 20 litros extraídos al principio del agua de la torre de enfriamiento número uno que alimenta a los equipos de enfriamiento de las áreas de fermentación y destilería las cuales se dividieron en tres muestras de un litro cada una en una jarra de prueba, en el agua se alojó material de las placas de enfriamiento y tuberías por el tiempo de dos meses que duraron las pruebas durante este tiempo se dosificó el tratamiento con polifosfatos en las siguientes concentraciones: 10, 25, 20 ppm inicialmente se realizó un análisis de: pH que debe ser 6.5 a 7 y una alcalinidad de 400 ppm como CaCO₃ y semanalmente se realizó las observaciones de la formación de incrustaciones.

3.5. Técnicas e instrumentos de recopilación de datos

El método que se ejecutó es el procedimiento de la observación y recopilación de datos esto se realizó mediante la observación del experimento.

En la Tabla N°4: Se indica cada uno de los indicadores su respectivo método e instrumento a utilizar para la recopilación de datos-

Tabla 04: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Indicador	Técnica	Instrumento
ppm de biocida no oxidante	Observación del trabajo	Ficha de observación (anexo 01-A)
Ppm de polifosfatos	Observación del trabajo	Ficha de observación (anexo 01-B)
Ciclos de concentración	Observación del trabajo	Ficha de observación (anexo 01-C)

Fuente: Elaboración propia

3.6 Métodos de análisis de datos

Para el análisis de datos se emplearon técnicas estadísticas para la medición de los objetivos a alcanzar los cuales fueron de análisis cuantitativo donde se utilizaron estadísticas como.

- Distribución de frecuencia.

Durante el procedimiento se planteó en figura de tablas los resultados obtenidos durante los experimentos que se realizaron, en los dos insumos químicos (biocida no oxidante y polifosfatos). En donde se encontró la frecuencia absoluta, frecuencia relativa, frecuencia absoluta acumulada y frecuencia acumulada.

- Prueba “t” de student,

Este modelo de técnica permitió descubrir la medida de un antes y después del estudio para el químico base para lograr una disminución de obstrucciones. Posteriormente me permitió encontrar la varianza de ambos para finalmente hallar la hipótesis nula y alternativa de la hipótesis y conjetura para de esta manera conocer el punto crítico según la tabla para este procedimiento.

3.7 Aspectos éticos

En el proyecto de investigación toda la información es real y cuenta con la veracidad requerida, respetando los aspectos éticos que debe tener un profesional de la escuela académico profesional de ingeniería industrial. Se tuvo en consideración que cada respuesta obtenida fue tratada de manera confidencial y dirigida al proyecto de investigación. Asimismo, los datos obtenidos no serán manipulados o adulterados de manera que no se considere como plagio de otro proyecto así de esta manera se le dará un adecuado uso para otras investigaciones

IV. RESULTADOS

Reducción del crecimiento microbiano que forma la biocapa en los equipos enfriamiento. Se muestreo agua a la salida de la torre de enfriamiento N°1 que alimenta al sistema de enfriamiento del área de fermentación en la tabla N°05 se observa que los parámetros de pH, conductividad, dureza, solidos suspendidos y alcalinidad cumplen con los estándares de la empresa, sin embargo hay presencia de incrustaciones y crecimiento microbiano en los intercambiadores de tubos y placas del área de fermentación y destilería del proceso de etanol; para este objetivo nos concentramos en la presencia de biocapa (color verdoso).

Tabla N°05: Pre-test: Resultados de análisis Físico-Químico del agua de ingreso a las placas y tuberías de los intercambiadores y presencia de biocapa e incrustaciones

Tabla N°05: Pre- test: Resultados de análisis Físico- químicos del agua de ingreso a las placas y tuberías de los intercambiadores y presencia de biocapa e incrustaciones							
N° de muestra	Agua de enfriamiento a la salida de la torre de enfriamiento 1					Placas y tuberías de los intercambiadores	
	Ph	Alcalinidad	Conductividad (ms)	Dureza	Sst	presencia de lodos y Biocapa (color verdoso)	presencia de incrustaciones
1	8,34	343	1647	196	19	SI	SI
2	8,21	325	1810	180	21	SI	SI
3	8,01	300	1845	185	28	SI	SI
4	8,11	319	1798	192	21	SI	SI
5	8	334	1845	175	27	SI	SI
6	7,98	329	1821	186	23	SI	SI
7	7,9	305	1832	197	18	SI	SI
8	8,02	319	1734	181	28	SI	SI
9	8,13	327	1972	174	33	SI	SI
10	7,85	312	1832	198	25	SI	SI
11	8,01	308	1827	169	21	SI	SI
12	7,93	317	1798	179	20	SI	SI
13	7,99	324	1867	167	26	SI	SI
14	8,16	311	1849	189	28	SI	SI

15	8,2	342	1879	178	30	SI	SI
16	8,19	331	1881	189	24	SI	SI
17	8,1	341	1820	198	19	SI	SI
18	7,97	321	1912	190	22	SI	SI
19	8	310	1898	187	31	SI	SI
20	8,18	342	1850	189	27	SI	SI
21	7,99	321	1823	187	24	SI	SI
22	8,15	310	1799	198	21	SI	SI
23	8,03	338	1843	169	26	SI	SI
Promedio	8,06	323	1834	184,91	24,43		

Fuente elaboración propia-Empresa Caña Brava

Se procedió a realizar el experimento aplicando biocida no oxidante a 40 ppm, 50 ppm y 60 ppm como se indica en el procedimiento tomándose lectura semanalmente; obteniéndose los siguientes resultados:

El Tabla N°06 Se observa que a 40 ppm de biocida no oxidante hay presencia de formación de biocapa (color verdoso) en las placas y tuberías de los intercambiadores, pero los análisis de agua de los intercambiadores muestran un pH y dureza que cumplen con los estándares de la empresa.

Tabla N° 06: Post- Test. Aplicación de Biocida no oxidante a 40 ppm				
Placas y tuberías de los intercambiadores			agua de los intercambiadores	
Químico base utilizado	ppm de producto químico	presencia de lodos y lama (color verdoso)	pH (7.5 - 8.5)	Dureza 400 ppm
biocida no oxidante adicida 182	40ppm	SI	8,21	190
	40ppm	SI	7,99	212
	40ppm	SI	8,02	232
	40ppm	SI	8,18	214
	40ppm	SI	8	234
	40ppm	SI	7,98	221
	40ppm	SI	7,9	231
	40ppm	SI	8,02	221
	40ppm	SI	8,13	224
	40ppm	SI	7,85	214
	40ppm	SI	8,01	221
	40ppm	SI	7,93	231
	40ppm	SI	7,99	235
	40ppm	SI	8,16	233
	40ppm	SI	8,2	212
	40ppm	SI	8,19	243
	40ppm	SI	8,1	235
	40ppm	SI	7,97	231
	40ppm	SI	8	222
	40ppm	SI	8,18	220
40ppm	SI	7,99	223	
40ppm	SI	8,15	221	
40ppm	SI	8,03	226	

Fuente elaboración propia – Empresa Caña Brava

En Tabla N°07 presenta los resultados de aplicación de biocida no oxidante a 50 ppm y se observó que no hay presencia de biocapa.

Tabla N°07: Post-Test. Aplicación de biocida no oxidante a 50 ppm

Tabla 07: Post- Test. Aplicación de Biocida no oxidante a 50 ppm				
Placas y tuberías de los intercambiadores			agua de los intercambiadores	
Químico base utilizado	ppm de producto químico	presencia de lodos y lama (color verdoso)	pH (7.5 - 8.5)	Dureza 400 ppm
biocida no oxidante adicida 182	50ppm	NO	8,21	230
	50ppm	NO	8,16	222
	50ppm	NO	8,33	244
	50ppm	NO	8,19	236
	50ppm	NO	8,11	241
	50ppm	NO	8,33	236
	50ppm	NO	8,19	243
	50ppm	NO	8,11	235
	50ppm	NO	8,18	231
	50ppm	NO	8,34	214
	50ppm	NO	8,23	221
	50ppm	NO	8,31	231
	50ppm	NO	8,22	235
	50ppm	NO	8,16	248
	50ppm	NO	8,21	250
	50ppm	NO	8,23	244
	50ppm	NO	8,11	233
	50ppm	NO	8,42	233
	50ppm	NO	8,33	221
	50ppm	NO	8,31	241
	50ppm	NO	8,17	237
	50ppm	NO	8,37	240
50ppm	NO	8,42	230	

Fuente elaboración propia- Empresa Caña Brava.

Tabla N°08 se presentan los resultados de aplicación de biocida no oxidante a 60 ppm, también se obtuvieron resultados satisfactorios de ausencia de biocapa en las placas y tuberías de los intercambiadores, manteniéndose los parámetros de pH y dureza dentro del rango establecido en los procedimientos de la empresa.

Tabla N°08: Post-Tes. Aplicación de biocida no oxidante a 60 ppm

Tabla N° 08: Post- Test. Aplicación de Biocida no oxidante a 60 ppm				
Placas y tuberías de los intercambiadores			agua de los intercambiadores	
Químico base utilizado	ppm de producto químico	Presencia de lodos y lama (color verdoso)	pH (7.5 - 8.5)	Dureza 400 ppm
biocida no oxidante adicida 182	60ppm	NO	8,33	233
	60ppm	NO	8,19	233
	60ppm	NO	8,11	221
	60ppm	NO	8,18	241
	60ppm	NO	8,34	237
	60ppm	NO	8,23	240
	60ppm	NO	8,31	230
	60ppm	NO	8,22	237
	60ppm	NO	8,16	240
	60ppm	NO	8,21	230
	60ppm	NO	8,23	222
	60ppm	NO	8,31	244
	60ppm	NO	8,22	235
	60ppm	NO	8,16	248
	60ppm	NO	8,21	250
	60ppm	NO	8,23	244
	60ppm	NO	8,11	237
	60ppm	NO	8,42	240
	60ppm	NO	8,33	230
	60ppm	NO	8,11	222
	60ppm	NO	8,42	244
	60ppm	NO	8,33	235
60ppm	NO	8,31	248	

Fuente elaboración propia – Empresa Caña Brava

Reducción de la concentración de carbonatos en este objetivo se busca verificar los depósitos e incrustaciones, porque estos disminuyen la eficacia ya que actúan como aislantes, además aceleran la corrosión; en la tabla N°09 se muestran los resultados de la aplicación de polifosfato a 10, 15, y 20 ppm; manteniéndose un pH en 6.5 y 7 y una alcalinidad menor de 400 ppm se puede observar que la dosis optima de tratamiento con polifosfatos es de 20 ppm ya que en esta concentración no hay incrustaciones ni oxidación.

Tabla N°09: Tratamiento con polifosfatos a 10, 15 y 20 ppm

Tabla N° 09: Tratamiento con polifosfatos a 10, 15 y 20 ppm						
Placas y tuberías de los intercambiadores				agua de los intercambiadores		
Químico base utilizado	ppm de producto químico	presencia de oxidación	presencia de incrustaciones	pH (6.5 - 7.0)	Dureza (ppm)	Alcalinidad
TRATAMIENTO CON POLIFOSFATO	10 ppm	SI	SI	7,01	190	343
	10ppm	SI	SI	6,99	182	325
	10ppm	SI	SI	7,02	181	300
	10ppm	SI	SI	6,51	189	319
	10ppm	SI	SI	8	173	334
	10ppm	SI	SI	7,98	194	329
	10ppm	SI	SI	7,9	179	305
	15ppm	SI	SI	7,02	176	319
	15ppm	SI	SI	6,31	195	327
	15ppm	SI	SI	7,05	169	312
	15ppm	SI	SI	6,91	181	308
	15ppm	SI	SI	6,93	185	317
	15ppm	SI	SI	6,99	190	324
	15ppm	SI	SI	6,61	184	311
	15ppm	SI	SI	7,02	179	342
	20ppm	SI	SI	8,19	182	331
	20ppm	NO	NO	6,99	184	341
	20ppm	NO	NO	6,97	180	321
	20ppm	NO	NO	7	192	310
	20ppm	NO	NO	6,81	166	342
20ppm	NO	NO	6,99	184	321	
20ppm	NO	NO	6,51	189	310	
20ppm	NO	NO	7,03	190	338	

Fuente: Elaboración propia Caña Brava

Reducción de la obstrucción de las placas y tuberías en los equipos de enfriamiento. Para establecer la reducción de la obstrucción de las placas y tuberías en los equipos de enfriamiento se procedió a resolver el ciclo de concentración en las aguas de las torres de enfriamiento antes del tratamiento (Tabla N° 10).

Tabla N° 10: Ciclos de Concentración antes del tratamiento

Tabla N° 10: Ciclos de Concentración antes del tratamiento			
Nº de Muestra	Conductividad (mS)	Conductividad (mS)del agua de reposición	Ciclos de concentración
1	2647	689	3,84
2	2534	657	3,86
3	2345	687	3,41
4	2400	715	3,36
5	2444	704	3,47
6	2432	712	3,42
7	2534	735	3,45
8	2617	730	3,58
9	2333	666	3,50
10	2402	728	3,30
11	2398	666	3,60
12	2500	703	3,56
13	2523	705	3,58
14	2400	703	3,41
15	2326	657	3,54
16	2411	689	3,50
17	2345	680	3,45
18	2315	633	3,66
19	2346	700	3,35
20	2500	690	3,62
21	2444	644	3,80
22	2325	680	3,42
23	2231	634	3,52

Fuente elaboración propia – Empresa Caña Brava

Los ciclos de concentración en el pre-test sobrepasan el parámetro establecido en el instructivo de la empresa basada en el manual de operación del equipo donde indica que el ciclo de concentración debe ser tres: esta desviación por encima de ciclo de concentración estándar indica que hay acumulación de material precipitado no incrustante que se deposita en la superficie caliente.

Tabla N° 11: Ciclos de Concentración después del tratamiento Biocida no oxidante (50ppm) y polifosfatos (20ppm).

Tabla N° 11: Ciclos de Concentración después del tratamiento Biocida no oxidante (50ppm) y polifosfatos (20 ppm)			
N° de muestra	Conductividad (mS)	Conductividad (mS)del agua de reposición	Ciclos de concentración
1	2016	745	2,71
2	1884	721	2,61
3	1850	710	2,61
4	1887	705	2,68
5	1991	704	2,83
6	1989	726	2,74
7	2000	745	2,68
8	1935	743	2,60
9	1889	699	2,70
10	1885	718	2,63
11	1890	689	2,74
12	1990	722	2,76
13	2000	724	2,76
14	1996	735	2,72
15	1889	685	2,76
16	1891	699	2,71
17	1967	712	2,76
18	1997	732	2,73
19	1889	687	2,75
20	1878	699	2,69
21	1883	695	2,71
22	1889	692	2,73
23	1859	698	2,66

Fuente elaboración propia – Empresa Caña Brava

En la tabla 11 se muestra los ciclos de concentración después del tratamiento los cuales se encuentran por debajo del parámetro establecido en el instructivo de empresa basada en el manual de operación del equipo, indicando que no hay acumulación de material precipitado no incrustante que se deposita en la superficie caliente; deduciendo que el tratamiento aplicado fue eficiente.

Prueba de Hipótesis para reducir la obstrucción de las placas y tuberías en los equipos de enfriamiento.

H₀: Mediante aplicación de un tratamiento químico al agua de enfriamiento no se reduce la obstrucción de las placas y tuberías en los equipos de enfriamiento en la empresa Caña Brava – Sullana – Piura.

H₁: Mediante aplicación de un tratamiento químico al agua de enfriamiento se reduce la obstrucción de las placas y tuberías en los equipos de enfriamiento en la empresa Caña Brava – Sullana-Piura.

Tabla N°12: Estadístico del antes y después de los ciclos de concentración

Estadísticos de muestras relacionadas				
	Medía	N	Desviación típ.	Error típ. de la mediana
Pretest del ciclo de concentración	3.5304	23	0.15065	0.03141
Postest del ciclo de concentración	2.7074	23	0.05715	0.01192

Fuente: Ficha Observación de tiempo

Elaborador por: El autor

Interpretación de los resultados

Los resultados indican que la medida de los ciclos de concentración en el pre – test es de 3.5304, su desviación estándar es de 0.15065 y su error típico de la medida

es de 0.03141; y la medida de los ciclos de concentración del post – test es de 2.7074, su desviación estándar es de 0.05715 y su error típico de la medida es de 0.01192.

Tabla N°13: Prueba de muestras relacionadas

Prueba de muestras relacionadas								
	Diferencias relacionadas					t	df	Sig. (bilateral)
	Media	Desviación típ.	Error típ.de la media	95% Confidence Interval of the Difference				
				Inferior	Superior			
Ciclo de Concentración Pretest - Postest	0.823	0.16598	0.03461	0.75127	0.89482	23.78	22.00	0

Fuentes: Ficha de observación de tiempo

Elaborado por: El autor

Interpretación de resultados.

La tabla nos da la prueba t con una Alpha de 0.05 (nos brinda el nivel de significación $1 - 0.05 = 0.95 = 95\%$) y vemos como la diferencia entre las medidas es de 0.82304 y que el límite aceptable está comprendido entre los valores 0.75127 y 0.89482, como vemos, la diferencia se encuentra dentro de ese intervalo, por tanto, asumimos que las medidas son diferentes. También podemos ver el estadístico t que vale -23.781 y junto a él su significativo o valor p que vale 0.000. Dado que este valor es menor que 0.025 ($0.05/2=0.025$ dado que el contraste es bilateral) rechazamos la H_0 , entonces se acepta H_a , entonces se dice que es significativo y se puede afirmar que mediante la aplicación de un tratamiento químico al agua de enfriamiento se redujo de la obstrucción de las placas y tuberías en los equipos de enfriamiento en la empresa Caña Brava – Sullana – Piura.

V. DISCUSIÓN

En la industria las empresas que utilizan el agua como medio de enfriamiento para sus procesos, tienen que definir un tratamiento químico al agua, para controlar la formación de incrustaciones, corrosión, crecimiento microbiano, en los equipos de enfriamiento. Pauccara, J (2019), nos menciona que el agua es el medio de transferencia de gran utilidad y además que los sistemas que emplean el agua como medio de transferir el calor o de enfriamiento, estos presentaran problemas los cuales son asociados al uso del mismo, algunos de los problemas son: la corrosión, la incrustación, lodos, entre otros. Existen varias maneras de tratar los problemas que causa el agua de recirculación en los procesos. Pauccara (2019), presenta en su trabajo de investigación los métodos para disipar los problemas causados por el agua de recirculación los cuales son: método para solucionar las incrustaciones: este método puede ser a base de dosificación de ácido sulfúrico, dosificación de polifosfatos, purga continua. Método para solucionar corrosiones: presenta los siguientes métodos: método di catódico cromato-zinc, método di anódico de zinc cromato-fosfato-zinc, métodos de los fosfonatos. Métodos para solucionar problemas de materia orgánica: los separa en dos grupos: Bactericidas, agentes bacteriostáticos.

Padilla S. y Sánchez L. (2020), en su trabajo de investigación menciona que normalmente los sistemas de enfriamiento presentan problemas en su funcionamiento este se debe a las características fisicoquímicas que puedan tener las aguas que se manejan dentro de los mismos debido a los contaminantes que se encuentran inmersos dentro de este fluido, indica los inconvenientes que se pueden dar en este tipo de sistemas los cuales son: Corrosión el cual lo define como un fenómeno electroquímico, las factores que propician la corrosión es oxígeno y gases disueltos en el agua, sólidos disueltos en el agua, alcalinidad o acidez, velocidad del agua, temperatura del agua y condiciones del proceso. Incrustación son depósitos los cuales resultan de la cristalización o precipitación de sales las cuales han excedido su solubilidad a continuación se menciona algunos de los factores que propician la incrustación son temperatura, alcalinidad o acidez, concentración o saturación y sólidos disueltos. Depósitos hacen mención a los sólidos suspendidos que se tienen en los sistemas y estos son algunos de los

factores que propician los depósitos, características del agua como (turbidez y SSTD), temperatura, velocidad de flujo, crecimiento microbiológico, subproductos de la corrosión, contaminación de proceso y ambiental. Microorganismos pueden estar presentes en un sistema de enfriamiento, donde van a generar problemas de depósitos microbiológicos, a continuación, presentamos algunos factores que propician los microorganismos los cuales son cantidad de nutrientes, localización, temperatura, zonas afectadas.

Helo N (2019), en su tesis Estudio Físico Químico de Agua de Enfriamiento Tratada por Equipos Scale Remove System (SRS), nos menciona que un problema muy frecuente es el crecimiento bacteriano que constituye crecimiento microorganismos (algas, bacterias, u hongos) uno de los efectos de estas condiciones es la obstrucción de tuberías, disminuyendo la eficiencia del sistema para este caso es viable un tratamiento químico, el agua de la torre está en contacto con el aire y en cada recirculación la concentración de oxígeno disuelto será muy cercana correspondiente a la saturación. Este problema es grave pues la corrosión se dará en los equipos más caros, una posible solución, sería modificar las características agresivas del agua, controlando la concentración de oxígeno disuelto también se utiliza inhibidores de corrosión, los que actúan protegiendo la superficie del material metálico, existen dos tipos de inhibidores, anódicos y catódicos. Es posible utilizar sistemas de tratamiento que modifiquen algunas de las sustancias presentes o sus características, estos sistemas pueden agruparse en dos categorías: Tratamiento ácido y tratamiento alcalino.

Mencionado los problemas que existen en el agua de recirculación de los sistemas de enfriamiento. Se tomaron muestras de la torre de enfriamiento N° 1 que recircula agua a los sistemas de enfriamiento del área de fermentación y destilería; en la tabla N° 05 se observa que los parámetros de pH, conductividad, dureza, sólidos suspendidos y alcalinidad cumplen con los estándares de la empresa; sin embargo, hay presencia de incrustaciones y crecimiento microbiano en los intercambiadores de tubos y placas del área de fermentación y destilería.

Para disminuir el aumento microbiano expresado por la apariencia de lodos, lama o biocapa de coloración verdoso en los equipos de enfriamiento por medio de la aplicación de biocidas no oxidante adicida 182 se obtiene como resultado que a 50

ppm y 60 ppm hay ausencia de disposición de lodos y lama (color verdoso). Esto se atribuye a que (Helo 2019) menciona en su trabajo de investigación que el crecimiento bacteriano es uno de los problemas más frecuentes; el agua a temperaturas próximas a 35 °C, altas concentraciones de O₂ y luz UV, constituyen un microclima adecuado para crecimiento de microorganismos (algas, bacterias u hongos). En su trabajo de investigación (Zamora 2016), menciona los tipos de tratamientos para el control de crecimiento de algas se realizara mediante de un alguicida y el nombre comercial es CW-250, control de crecimiento de microorganismos: se encuentran las bacterias y legionela, para evitar este tipo de microorganismos existen tratamientos físicos, fisicoquímicos y químicos, control de sólidos disueltos en el agua: para mantener un control de sólidos disueltos es indispensable realizar una purga automática en función de la conductividad registrada, además el nivel de dureza del agua debe ser inferior a 10 ppm. en el control de incrustaciones: se da mediante el uso de antiincrustantes empleando el producto químico denominado CW-223

Para la disminución de la concentración de carbonatos por medio de un tratamiento alcalino a base de polifosfatos que cambien la configuración cristalina de los precipitados de calcio para inspeccionar los depósitos e incrustaciones que disminuyen la eficacia, se comprobó que a 20 ppm no hay presencia de incrustaciones ni oxidación.

Reducción de la concentración de carbonatos en este objetivo se busca verificar los depósitos e incrustaciones, porque estos disminuyen la eficacia ya que actúan como aislantes, además aceleran la corrosión; en la tabla N°09 se muestran los resultados de la aplicación de polifosfato a 10, 15, y 20 ppm; manteniéndose un pH en 6.5 y 7 y una alcalinidad menor de 400 ppm se puede observar que la dosis optima de tratamiento con polifosfatos es de 20 ppm ya que en esta concentración no hay incrustaciones ni oxidación.

Para establecer la reducción de la obstrucción de las placas y tuberías en los equipos de enfriamiento se procedió a resolver el ciclo de concentración en las aguas de las torres de enfriamiento antes del tratamiento (Tabla N° 10).

Los ciclos de concentración en el pre-test sobrepasan el parámetro establecido en el instructivo de la empresa basada en el manual de operación del equipo donde indica que el ciclo de concentración debe ser tres: esta desviación por encima de ciclo de concentración estándar indica que hay acumulación de material precipitado no incrustante que se deposita en la superficie caliente. En la tabla 11 se muestra los ciclos de concentración después del tratamiento los cuales se encuentran por debajo del parámetro establecido en el instructivo de empresa basada en el manual de operación del equipo, indicando que no hay acumulación de material precipitado no incrustante que se deposita en la superficie caliente; deduciendo que el tratamiento aplicado fue eficiente.

VI. CONCLUSIONES

- Se determinó que el tiempo que se realizaron las pruebas; en la aplicación del biocida no oxidante a 50 ppm, no se observó ataques corrosivos en las placas metálicas que se emplearon durante el tiempo que duro el experimento.
- Durante el tratamiento se evaluó que el biocida no oxidante y polifosfatos fue eficiente ya que inhibió la formación de incrustaciones y crecimiento microbiano contribuye en la formación de biocapas y además de que el pH del agua durante el experimento estuvo dentro de los parámetros y no fue necesario la adición de ácidos para poder controlar el pH esto significó un ahorro económico en los costos de operación, y se obtuvo el objetivo de la investigación de “Reducir la obstrucción de las placas y tuberías de los equipos de enfriamiento mediante la aplicación de un tratamiento químico al agua de enfriamiento de la empresa Caña Brava”
- Se determina que la concentración de 20 ppm de polifosfatos previene la oxidación y las incrustaciones en los equipos de enfriamiento. Y con esto se responde a la pregunta principal de la investigación.
- La reducción de los ciclos de concentración después de la prueba a 50 ppm de biocida no oxidante y 20 ppm de polifosfatos, es un indicador de incrementar la eficiencia del equipo y también operar con un ahorro considerable de costos de operación, así como racionar el agua de purga.

VII. RECOMENDACIONES

- Según el experimento se debe continuar la dosificación diaria de 50 ppm del biocida no oxidante para prevenir la obstrucción de los tubos y placas de los equipos de enfriamiento por la formación biocapas de microorganismos que reducen el rendimiento térmico del equipo.
- Se recomienda establecer y respetar un cronograma de mantenimiento de la torre de enfriamiento y de los equipos con el objetivo de prevenir la ausencia de incrustaciones, corrosión y constatar que el tratamiento empleado es eficaz.
- Se debe seguir llevando a cabo los análisis físicos – químicos del agua y mantenerlos dentro de los parámetros establecidos por la empresa Caña Brava basados en la ley general de aguas; a fin de asegurar la efectividad del tratamiento químico establecido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Acosta Vadillo, M. A. (2013). *Desarrollo de un Sistema de Captación de Agua Pluvial para uso Industrial. Tesis de grado.* Universidad Autónoma del estado de México Facultad de Planeación Urbana y Regional Licenciatura en Ciencias Ambientales, 2013.

Araujo Ulloa, K. D. 2015. Tesis titulada: *Diseño de unidades de desmineralización del agua como medio de enfriamiento* (Bachelor's thesis, Quito: UCE). Tesis de grado. Universidad Central del Ecuador Facultad de Ingeniería Química, 2015.

Axpuac. 2008. *Operación y mantenimiento de la torre de enfriamiento del ingenio Santa Ana. Tesis de grado.* Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería, 2008.

Baldeón León, C. E. (2016). *Implementación de un sistema de tratamiento de agua, para la reducción de costos de mantenimiento correctivo en la Empresa industria FIBRAFORTE. SA. Tesis de grado.* Universidad Privada del Norte Facultad de Ingeniería, 2016.

Castillo Sánchez, E. 2007. *Optimización de torres de enfriamiento. Tesis de grado.* Sistema Nacional de Educación Superior Tecnológica Dirección General de Educación Superior Tecnológica, 2007.

Chaves Vásquez, D. M. (2013). *Determinación de las mejores condiciones técnicas a utilizar en la unidad de acondicionamiento para el agua de enfriamiento del Centro de Generación Moín. Tesis de grado.* Universidad de Costa Rica Facultad de Ingeniería, 2013.

Chulluncuy-Camacho, N. C. 2011. *Tratamiento de agua para consumo humano. Ingeniería Industrial, (029), 153-170.* Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2011.

Diego Álvarez, J. 2010. *Desinfección de Agua de Torres de Refrigeración con Ca (ClO) 2+ DREWBROM. Proyecto fin carrera.* Departamento de Ingeniería Química y Tecnología del Medio Ambiente, 2010.

Donato Chong, Ricardo E. 2010. *desarrollo de un programa de tratamiento químico para el sistema de enfriamiento de una refinería. Tesis de pregrado.* Pto la Cruz : s.n., 2010.

Española, Real academia. 2001. *Diccionario de la lengua española.* España : s.n., 2001. Vol. 22.

Helo Olmedo, N. T. 2019. *Estudio Físico Químico De Agua De Enfriamiento Tratada Por Equipos SCALE REMOVE SYSTEM (SRS). Tesis de pregrado.* Universidad Técnica Federico Santa María Sede Viña del Mar-José Miguel Carrera, 2019.

Hermosilla, V., & René, F. (2007). *Estudio termodinámico para el abatimiento del penacho de la torre de enfriamiento de Petropower SA. Tesis de pregrado.* Universidad del Bio-Bio Facultad de Ingeniería, 2007.

Lamúa, M., & de AEFYT, A. T. 2012. *El tratamiento del agua en las torres de refrigeración y condensadores evaporativos: eficiencia energética y responsabilidad social. Retema: Revista técnica de medio ambiente, 25(159), 96.*

Litter, Marta I, Sancha, Ana María y Ingallinella, Ana María. 2010. *Tecnologías económicas para el abatimiento de arsenico en aguas.* Argentina : CYTED, 2010. 978-84-96023-74-1.

Medina Vizuite, M. A. 2011. *Optimización del Sistema de Enfriamiento-Torres Y-ME3003B de la Refinería Estatal Esmeraldas (Bachelor's thesis). Tesis de pregrado.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias, 2011.

Novoa Salgado, J. B. (2019). *Estudio Sistema de Control Clarificador de Agua. Tesis de pregrado.* Universidad Técnica Federico Santa María Sede Concepción Rey Balduino de Bélgica, 2019.

Olmos, R. R. (2003). *El agua en el medio ambiente: muestreo y análisis.* Plaza y Valdés. Libro.

Padilla Medina, S., & Sánchez Gómez, L. S. (2020). *Propuesta para la reutilización de purgas provenientes de las torres de enfriamiento de Ol Peldar, en uno de los procesos de tratamiento térmico de la fabricación del vidrio (Bachelor's thesis, Fundación Universidad de América). Tesis de pregrado.* Fundación Universidad de América Facultad de Ingenierías, 2020.

Paucara Hilario, J. G. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de control y supervisión de tratamiento de agua usada para el sistema de enfriamiento de la lubricación de molinos. Tesis de pregrado.* Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa Facultad de Ingeniería de Producción y Servicios, 2019.

Portero Lopez, Veronica Elizabeth y Valerezo Tixi, Santiago Rolando. 2012. *Diseño y construcción de una torre de enfriamiento de agua por evaporación de tiro inducido. tesis de grado.* Riobamba-Ecuador : s.n., 2012.

Quimica, Ingenieria. 2008. <http://termoelias.files.wordpress.com/2008/08/2-2-3-sistemas-de-enfriamiento-de-agua.doc>. [En línea] Universidad de Veracruz, 02 de agosto de 2008.

[Citado el: 31 de enero de 2014.] <http://termoelias.files.wordpress.com/2008/08/2-2-3-sistemas-de-enfriamiento-de-agua.doc>.

Rodriguez Piedras, 2012. *Analisis de impacto que causan al ambiente los tratamientos quimicos en sistemas de Enfriamiento Industriales. Tesis de grado.*Mexico.D.F. 2012.

RODRÍGUEZ PIEDRAS, M. A. 2011. *Análisis de Impacto que causan al ambiente los tratamientos químicos en sistemas de Enfriamiento Industriales (Doctoral dissertation). Tesis de grado.* Instituto Politécnico Nacional Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura Unidad Zacatenco Sección de Estudios de Postgrado e Investigación, 2011.

Sosa, J. A., Agudelo Hoyos, J. D., & Rios, A. G. (2016). *Diseño de sistema de distribución y control de una torre de enfriamiento. Tesis de pregrado.* Instituto Tecnológico Metropolitano Institución Universitaria Ingeniería Electromecánica, 2016.

Sucre, Yeglys del Valle Elmerida. 2008. *“Evaluación del sistema de enfriamiento del mejorador pdvsa petropiar”.* Barcelona : s.n., 2008.

Zamora Gutierrez, A. A. (2016). *Estudio, Selección y Diseño de un Sistema de Enfriamiento Destinado al uso en una Planta Química. Tesis de pregrado.* Universidad Técnica Federico Santa María Departamento de Ingeniería Química y Ambiental, 2016.

ANEXOS

Anexo 01-A :

Ficha de observación: Tratamiento con biocida no oxidante a 40 ppm

N ^o de Muestra	Agua de enfriamiento a la salida de la torre de enfriamiento sin tratamiento químico								Placas y tuberías de los intercambiadores		agua de los intercambiadores	
	pH	Alcalinidad (mg/l)	Conductividad (ms)	Cloruro (ppm)	Dureza (ppm)	Std (ppm)	Presencia de lodos y lama (color verdoso)	presencia de incrustaciones	ppm de prod. químico	Presencia de lodos y lama (color verdoso)	pH (7.5 - 8.5)	Dureza 400 ppm
1	8,34	343	1647		196	19	SI	SI	Biocida no oxidante adicida 182 (40ppm)	SI	8,21	190
2	8,21	325	1810		180	21	SI	SI		SI	7,99	212
3	8,01	300	1845		185	28	SI	SI		SI	8,02	232
4	8,11	319	1798		192	21	SI	SI		SI	8,18	214
5	8	334	1845		175	27	SI	SI		SI	8	234
6	7,98	329	1821		186	23	SI	SI		SI	7,98	221
7	7,9	305	1832		197	18	SI	SI		SI	7,9	231
8	8,02	319	1734		181	28	SI	SI		SI	8,02	221
9	8,13	327	1972		174	33	SI	SI		SI	8,13	224
10	7,85	312	1832		198	25	SI	SI		SI	7,85	214
11	8,01	308	1827		169	21	SI	SI		SI	8,01	221
12	7,93	317	1798		179	20	SI	SI		SI	7,93	231
13	7,99	324	1867		167	26	SI	SI		SI	7,99	235
14	8,16	311	1849		189	28	SI	SI		SI	8,16	233
15	8,2	342	1879		178	30	SI	SI		SI	8,2	212
16	8,19	331	1881		189	24	SI	SI		SI	8,19	243
17	8,1	341	1820		198	19	SI	SI		SI	8,1	235
18	7,97	321	1912		190	22	SI	SI		SI	7,97	231
19	8	310	1898		187	31	SI	SI		SI	8	222
20	8,18	342	1850		189	27	SI	SI		SI	8,18	220
21	7,99	321	1823		187	24	SI	SI		SI	7,99	223
22	8,15	310	1799		198	21	SI	SI		SI	8,15	221
23	8,03	338	1843		169	26	SI	SI		SI	8,03	226

Fuente elaboración propia – Empresa Caña Brava

Anexo 01-B :

Ficha de observación: Tratamiento con biocida no oxidante a 50 ppm

N ^a de Muestra	Agua de enfriamiento a la salida de la torre de enfriamiento sin tratamiento químico								Placas y tuberías de los intercambiadores		agua de los intercambiadores	
	pH	Alcalinidad (mg/l)	Conductividad (ms)	Cloruro (ppm)	Dureza (ppm)	Std (ppm)	Presencia de lodos y lama (color verdoso)	presencia de incrustaciones	ppm de prod. químico	Presencia de lodos y lama (color verdoso)	pH (7.5 - 8.5)	Dureza 400 ppm
1	8,34	343	1647		196	19	SI	SI	biocida no oxidante adicida 182 (50ppm)	NO	8,21	230
2	8,21	325	1810		180	21	SI	SI		NO	8,16	222
3	8,01	300	1845		185	28	SI	SI		NO	8,33	244
4	8,11	319	1798		192	21	SI	SI		NO	8,19	236
5	8	334	1845		175	27	SI	SI		NO	8,11	241
6	7,98	329	1821		186	23	SI	SI		NO	8,33	236
7	7,9	305	1832		197	18	SI	SI		NO	8,19	243
8	8,02	319	1734		181	28	SI	SI		NO	8,11	235
9	8,13	327	1972		174	33	SI	SI		NO	8,18	231
10	7,85	312	1832		198	25	SI	SI		NO	8,34	214
11	8,01	308	1827		169	21	SI	SI		NO	8,23	221
12	7,93	317	1798		179	20	SI	SI		NO	8,31	231
13	7,99	324	1867		167	26	SI	SI		NO	8,22	235
14	8,16	311	1849		189	28	SI	SI		NO	8,16	248
15	8,2	342	1879		178	30	SI	SI		NO	8,21	250
16	8,19	331	1881		189	24	SI	SI		NO	8,23	244
17	8,1	341	1820		198	19	SI	SI		NO	8,11	233
18	7,97	321	1912		190	22	SI	SI		NO	8,42	233
19	8	310	1898		187	31	SI	SI		NO	8,33	221
20	8,18	342	1850		189	27	SI	SI		NO	8,31	241
21	7,99	321	1823		187	24	SI	SI		NO	8,17	237
22	8,15	310	1799		198	21	SI	SI		NO	8,37	240
23	8,03	338	1843		169	26	SI	SI		NO	8,42	230

Fuente elaboración propia – Empresa Caña Brava

Anexo 01-C :

Ficha de observación: Tratamiento con biocida no oxidante a 60 ppm

N ^a de Muestra	Agua de enfriamiento a la salida de la torre de enfriamiento sin tratamiento químico								Placas y tuberías de los intercambiadores		agua de los intercambiadores	
	pH	Alcalinidad (mg/l)	Conductividad (ms)	Cloruro (ppm)	Dureza (ppm)	Std (ppm)	Presencia de lodos y lama (color verdoso)	presencia de incrustaciones	ppm de prod. químico	Presencia de lodos y lama (color verdoso)	pH (7.5 - 8.5)	Dureza 400 ppm
1	8,34	343	1647		196	19	SI	SI	biocida no oxidante adicida 182 (60ppm)	NO	8,33	233
2	8,21	325	1810		180	21	SI	SI		NO	8,19	233
3	8,01	300	1845		185	28	SI	SI		NO	8,11	221
4	8,11	319	1798		192	21	SI	SI		NO	8,18	241
5	8	334	1845		175	27	SI	SI		NO	8,34	237
6	7,98	329	1821		186	23	SI	SI		NO	8,23	240
7	7,9	305	1832		197	18	SI	SI		NO	8,31	230
8	8,02	319	1734		181	28	SI	SI		NO	8,22	237
9	8,13	327	1972		174	33	SI	SI		NO	8,16	240
10	7,85	312	1832		198	25	SI	SI		NO	8,21	230
11	8,01	308	1827		169	21	SI	SI		NO	8,23	222
12	7,93	317	1798		179	20	SI	SI		NO	8,31	244
13	7,99	324	1867		167	26	SI	SI		NO	8,22	235
14	8,16	311	1849		189	28	SI	SI		NO	8,16	248
15	8,2	342	1879		178	30	SI	SI		NO	8,21	250
16	8,19	331	1881		189	24	SI	SI		NO	8,23	244
17	8,1	341	1820		198	19	SI	SI		NO	8,11	237
18	7,97	321	1912		190	22	SI	SI		NO	8,42	240
19	8	310	1898		187	31	SI	SI		NO	8,33	230
20	8,18	342	1850		189	27	SI	SI		NO	8,11	222
21	7,99	321	1823		187	24	SI	SI		NO	8,42	244
22	8,15	310	1799		198	21	SI	SI		NO	8,33	235
23	8,03	338	1843		169	26	SI	SI		NO	8,31	248

Fuente elaboración propia – Empresa Caña Brava

Anexo 01-D :

Ficha de observación: Tratamiento con polifosfatos a 10, 15 y 20 ppm

N ^a de Muestra	Agua de enfriamiento a la salida de la torre de enfriamiento sin tratamiento químico								Placas y tuberías de los intercambiadores			agua de los intercambiadores		
	pH	Alcalinidad (mg/l)	Conductividad (ms)	Cloruro (ppm)	Dureza (ppm)	Std (ppm)	Presencia de lodos y lama (color verdoso)	presencia de incrustaciones	ppm de polifosfatos	oxidación	incrustaciones	pH (7.5 - 8.5)	Dureza (ppm)	Alcalinidad (ppm)
1	8,34	343	1647		196	19	SI	SI	10 ppm	SI	SI	7,01	190	343
2	8,21	325	1810		180	21	SI	SI	10ppm	SI	SI	6,99	182	325
3	8,01	300	1845		185	28	SI	SI	10ppm	SI	SI	7,02	181	300
4	8,11	319	1798		192	21	SI	SI	10ppm	SI	SI	6,51	189	319
5	8	334	1845		175	27	SI	SI	10ppm	SI	SI	8	173	334
6	7,98	329	1821		186	23	SI	SI	10ppm	SI	SI	7,98	194	329
7	7,9	305	1832		197	18	SI	SI	10ppm	SI	SI	7,9	179	305
8	8,02	319	1734		181	28	SI	SI	15ppm	SI	SI	7,02	176	319
9	8,13	327	1972		174	33	SI	SI	15ppm	SI	SI	6,31	195	327
10	7,85	312	1832		198	25	SI	SI	15ppm	SI	SI	7,05	169	312
11	8,01	308	1827		169	21	SI	SI	15ppm	SI	SI	6,91	181	308
12	7,93	317	1798		179	20	SI	SI	15ppm	SI	SI	6,93	185	317
13	7,99	324	1867		167	26	SI	SI	15ppm	SI	SI	6,99	190	324
14	8,16	311	1849		189	28	SI	SI	15ppm	SI	SI	6,61	184	311
15	8,2	342	1879		178	30	SI	SI	15ppm	SI	SI	7,02	179	342
16	8,19	331	1881		189	24	SI	SI	20ppm	SI	SI	8,19	182	331
17	8,1	341	1820		198	19	SI	SI	20ppm	NO	NO	6,99	184	341

18	7,97	321	1912		190	22	SI	SI	20ppm	NO	NO	6,97	180	321
19	8	310	1898		187	31	SI	SI	20ppm	NO	NO	7	192	310
20	8,18	342	1850		189	27	SI	SI	20ppm	NO	NO	6,81	166	342
21	7,99	321	1823		187	24	SI	SI	20ppm	NO	NO	6,99	184	321
22	8,15	310	1799		198	21	SI	SI	20ppm	NO	NO	6,51	189	310
23	8,03	338	1843		169	26	SI	SI	20ppm	NO	NO	7,03	190	338

Fuente elaboración propia – Empresa Caña Brava

Anexo 02:

Tabla N° 10: Ciclos de Concentración antes del tratamiento			
N° de Muestra	Conductividad (mS)	Conductividad (mS) del agua de reposición	Ciclos de concentración
1	2647	689	3,84
2	2534	657	3,86
3	2345	687	3,41
4	2400	715	3,36
5	2444	704	3,47
6	2432	712	3,42
7	2534	735	3,45
8	2617	730	3,58
9	2333	666	3,50
10	2402	728	3,30
11	2398	666	3,60
12	2500	703	3,56
13	2523	705	3,58
14	2400	703	3,41
15	2326	657	3,54
16	2411	689	3,50
17	2345	680	3,45
18	2315	633	3,66
19	2346	700	3,35
20	2500	690	3,62
21	2444	644	3,80
22	2325	680	3,42
23	2231	634	3,52

ANEXO 03:

Constancia de validación de instrumentos



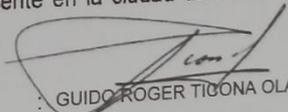
CONSTANCIA DE VALIDACIÓN

Yo, GUIDO ROGER TICONA OLARTE con DNI N.º 02655365 Doctor
 en CIENCIAS AMBIENTALES
 de profesión INGENIERO QUIMICO desempeñándome
 actualmente como DOCENTE. Por medio de la
 presente hago constar que he revisado con fines de Validación los instrumentos:
 Ficha de Observación.

Luego de hacer las observaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

Ficha Observación	DEFICIENTE	ACEPTABLE	BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE
1. Claridad					X
2. Objetividad					X
3. Actualidad					X
4. Organización					X
5. Suficiencia				X	
6. Intencionalidad					X
7. Consistencia				X	
8. Coherencia					X
9. Metodología					X

En señal de conformidad firmo la presente en la ciudad de Piura a los 22 días del
 mes de Mayo del 2014.


 Doctor : GUIDO ROGER TICONA OLARTE
 DNI : 02655365
 Especialidad : INGENIERO QUIMICO
 CIP : 27444
 E-mail : grticona@ucvvirtual.edu.pe

Anexos de tablas

Tabla 14. Impurezas comunes en el agua

Constituyente	Formula Química	Dificultad que causa
Dureza	Sales de Ca y Mg	Fuente principal de incrustaciones en tuberías
Acidez mineral libre	H ₂ SO ₄ HCl	Corrosión
Bióxido de carbono	CO ₂	Corrosión en líneas de agua
Sulfatos	SO ₄	Aumenta el contenido de sólidos en el agua. Se combina con calcio para formar sales incrustantes de sulfato de Calcio.
Cloruros	Cl (como NaCl)	Aumenta el contenido de sólidos e incrementa el carácter corrosivo del agua.
Sílice	SiO ₂	Incrustaciones en sistemas de agua de enfriamiento
Hierro	Fe ⁺² Ferroso Fe ⁺³ Férrico	Fuente de depósitos en las tuberías.
Oxígeno	O ₂	Oxidación en tuberías (hierro y acero).
Sulfuro de hidrogeno	H ₂ S	corrosión
Sólidos disueltos		Elevadas concentraciones de sólidos son indeseables debido a que originan formación de lodos
Sólidos suspendidos		Originan depósitos en equipos de intercambiadores de calor y tuberías ocasiona formación de lodos o incrustaciones.

Fuente: Del Valle Elmerida (2008)

Tabla 15. Daño a diferentes equipos debido a aguas de proceso con gran cantidad de microorganismos.

Equipo	Daño
Sistemas de enfriamiento	Corrosión severa picadura de tubos corrosión, intercambiadores de calor
Sistema de distribución	Paquetes de agua de mala calidad, biocorrosión, biofouling
Tanques o yacimientos	Grave corrosión y taponamiento de líneas de tuberías

Fuente: Chaves Vásquez (2013)

ANEXOS DE FIGURAS

Figuras 1. Nomograma para el cálculo del Índice de Langelier

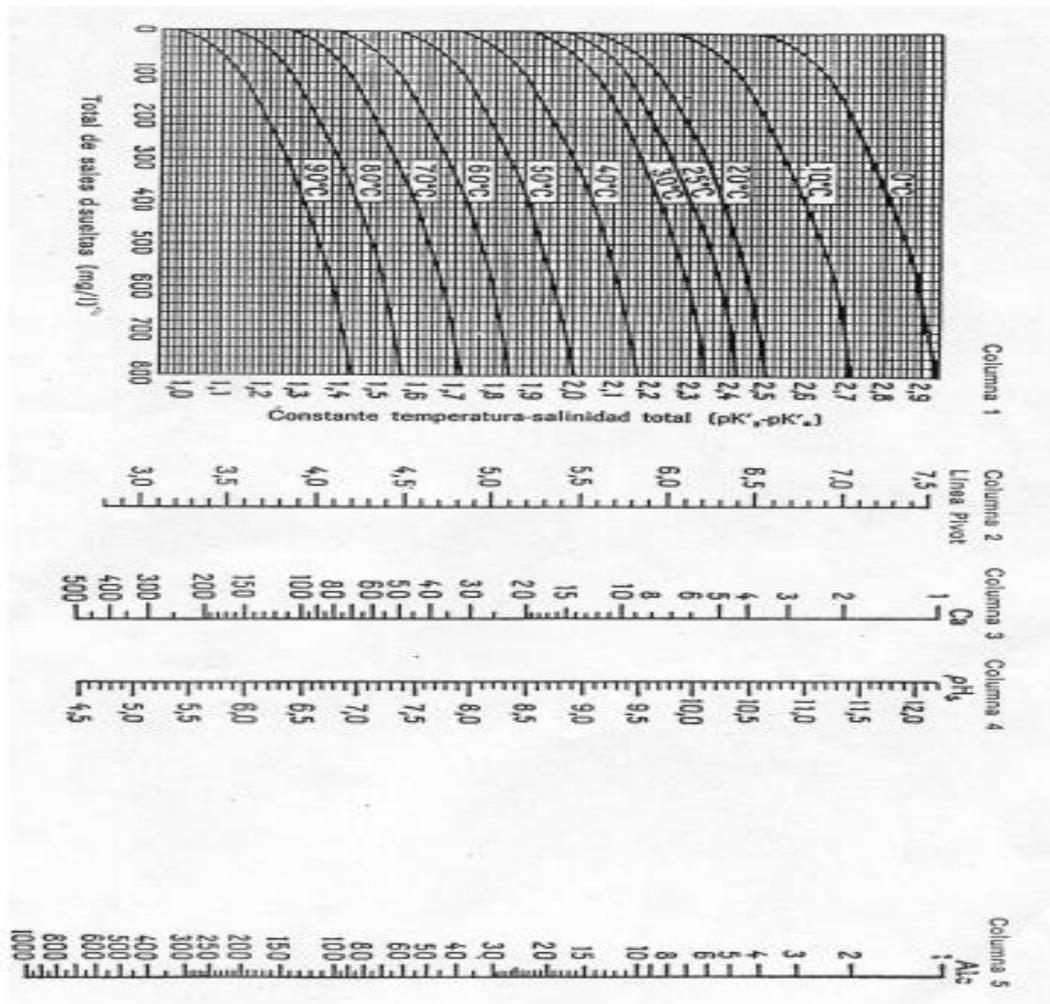
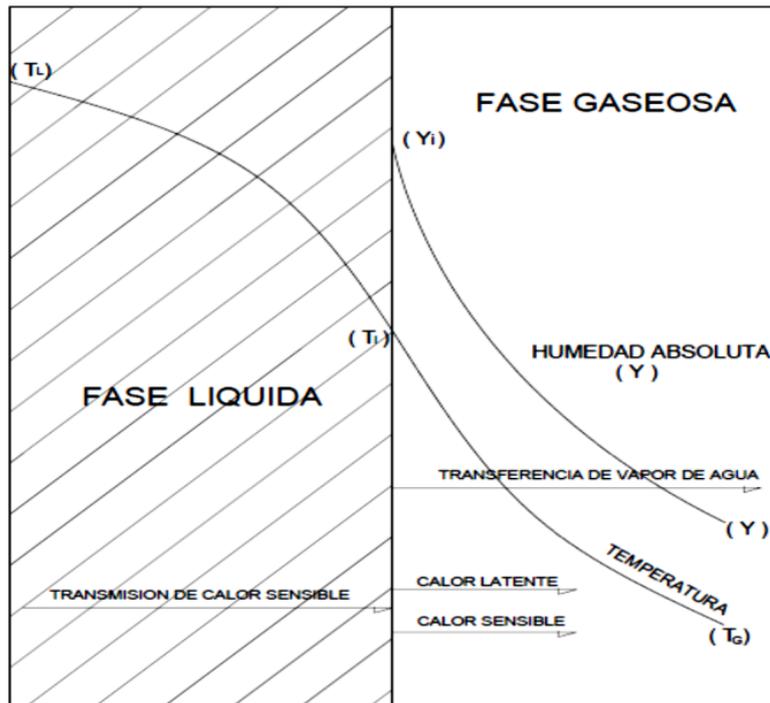


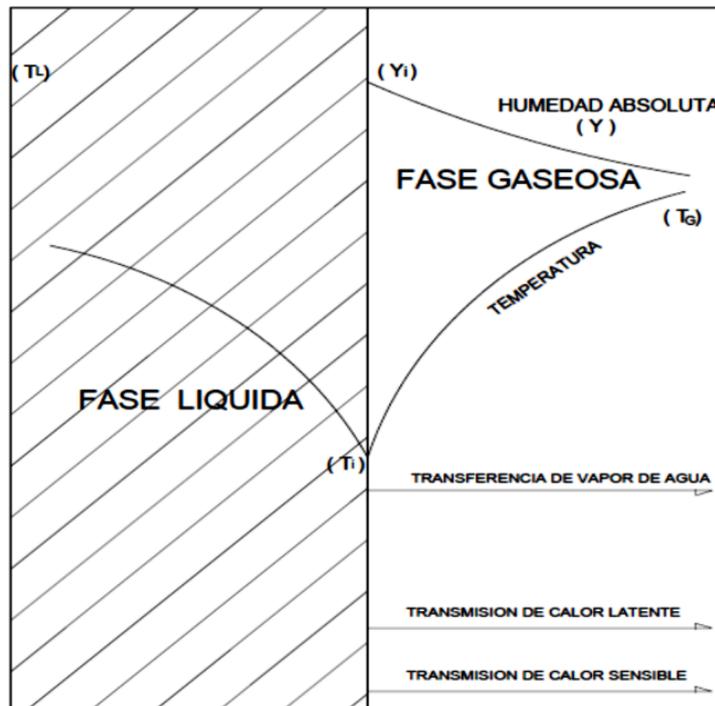
Figura 1 : Nomograma para el cálculo del índice de Langelier. Diagrama de Hoover

Figuras 2. Condiciones en una torre de enfriamiento



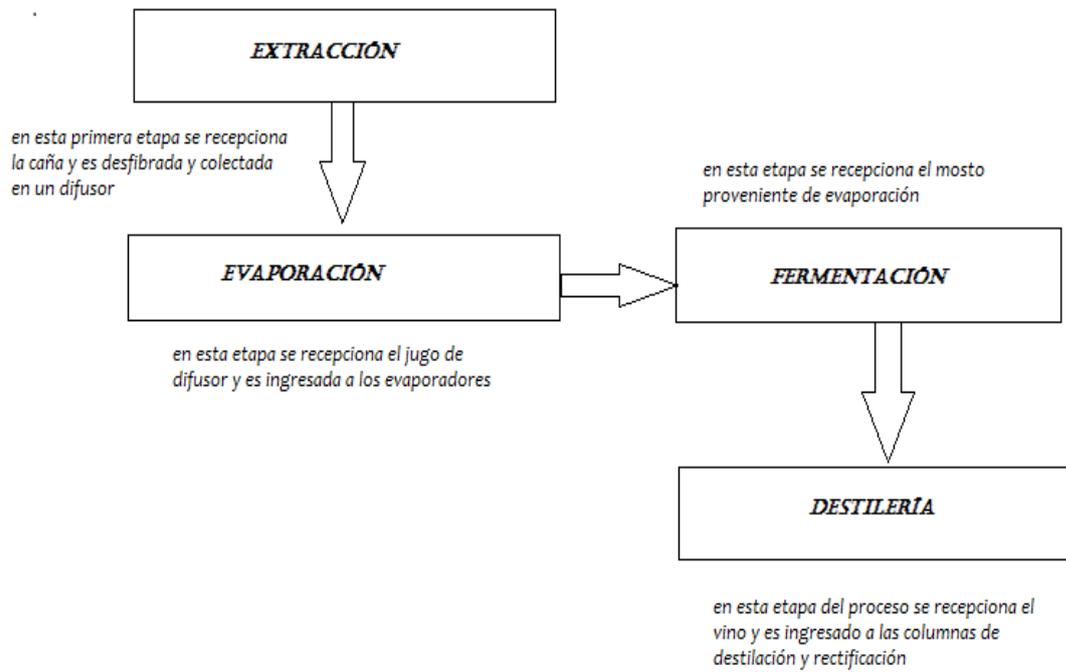
Fuente: Portero López, y otros, (2012)

Figuras 3. Condiciones para la transmisión de calores latente y sensible en direcciones opuestas.



Fuente: Portero Lopez, y otros, (2012)

Figuras 4. Procesos



Fuente: Empresa Caña Brava, (2014)

Figuras 5. Intercambiador de tubo (equipo de enfriamiento)



Fuente: Empresa Caña Brava, (2014)

Figuras 6. Torre enfriamiento 1



Fuente: Empresa Caña Brava,(2014)