



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA**

**"Sistema de Refrigeración y disponibilidad de un Sistema
Centralizado de Aceite en una máquina papelera"**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Mecánico Electricista**

AUTOR:

Alva Reyes, Jhon Victor Hugo (<https://orcid.org/0000-0002-6798-8581>)

ASESOR:

Dr. Luján López, Jorge Eduardo (<https://orcid.org/0000-0003-1208-1242>)

Mg. Castro Anticona, Walter (<https://orcid.org/0000-0002-8127-4040>)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos.

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático.

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

El presente proyecto está dedicado:

A mis padres Victor y Angela, quienes, con su amor, esfuerzo, perseverancia han logrado inculcarme valores y en todo momento me estuvieron apoyando sobre todo anímicamente, haciéndome saber que no debo temer a las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

En especial a mi amada hija Jhoneli Angely la cual es mi motor y motivo a seguir superándome día a día y así poder luchar para que la vida nos depare algo mejor.

A mi hermana Sonia y mis sobrinas Lucero, Marycielo y Mia Shantall por su cariño y apoyo incondicional, a mi cuñado Lucho por sus consejos y por animarme en este proceso y a toda mi familia por estar siempre presente en sus oraciones, consejos, palabras de aliento y sobre todo por las buenas vibras transmitidas para poder concretar todas mis metas.

A mi amigo Julio Costa por su apoyo incondicional, sus consejos y sobre todo por siempre creer en mí y brindarme siempre palabras alentadoras.

Finalmente quiero dedicar este proyecto a mis amigos de la oficina Christian, Carlos, Deyvi, Manuel, Brenda por apoyarme cuando más lo necesito y por compartir sus conocimientos, alegrías, tristezas y ser partícipes de mi crecimiento profesional.

Agradecimiento

A Dios todo poderoso por darme la vida y la sabiduría para poder afrontar este gran reto como es adquirir una carrera profesional.

A mis padres, mi hija y a toda mi familia, por ser mis pilares de motivación.

A mis asesores Ing. Jorge Lujan y Walter Castro por brindarme su apoyo para la elaboración del presente proyecto.

Al ing. Mirko Flores Alegría y Ing. Oscar Ojeda García por la confianza depositada en el cargo encomendado, para poder realizar la elaboración del presente proyecto de investigación.

Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	15
3.2. Variables y operacionalización	15
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis.....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
3.5. Procedimientos	17
3.6. Método de análisis de datos	17
3.7. Aspectos éticos.....	17
IV. RESULTADOS	18
V. DISCUSIONES.....	42
VI. CONCLUSIONES.....	42
VII. RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS.....	44
ANEXOS	51

Índice de tablas

<i>Tabla 1: Clasificación de la dureza del agua según "mg/ Lt." de CaCO₃</i>	6
<i>Tabla 2: Propiedades del acero estructural ASTM A36</i>	13
<i>Tabla 3: Indicadores de la disponibilidad</i>	14
<i>Tabla 4: Técnicas e instrumentos de recolección de datos</i>	16
<i>Tabla 5: Operacionalización de las variables</i>	51
<i>Tabla 6: Datos técnicos de bomba de engranaje del sistema centralizado</i>	54
<i>Tabla 7: Datos técnicos del intercambiador de calor del sistema centralizado</i>	55
<i>Tabla 8: Caudales que fluyen en el lado motriz de la "MP7"</i>	63
<i>Tabla 9: Caudales que fluyen en el lado operador de la "MP7"</i>	65

Índice de gráficos y figuras

<i>Imagen 1: Sistema de enfriamiento industrial.....</i>	<i>4</i>
<i>Imagen 2: Cationes de calcio + magnesio (dureza total).....</i>	<i>5</i>
<i>Imagen 3: "Incrustación de minerales en tuberías debido a la alta concentración de dureza de agua"</i>	<i>6</i>
<i>Imagen 4: "Formas de transferencia de calor"</i>	<i>7</i>
<i>Imagen 5: Intercambiador de calor de carcaza y tubo.....</i>	<i>8</i>
<i>Imagen 6: Intercambiador de flujo paralelo</i>	<i>9</i>
<i>Imagen 7: Intercambiador de contraflujo</i>	<i>9</i>
<i>Imagen 8: Intercambiador de flujo cruzado</i>	<i>9</i>
<i>Imagen 9: Ecuación de la continuidad en un tubo.....</i>	<i>10</i>
<i>Imagen 10: Tanque para almacenamiento de agua</i>	<i>11</i>
<i>Imagen 11: Bomba centrífuga</i>	<i>12</i>
<i>Imagen 12: Diagrama del nuevo sistema de refrigeración</i>	<i>31</i>
<i>Imagen 13: Paradas no programadas en el año 2021 (Total de horas)</i>	<i>32</i>
<i>Imagen 14: Tiempos muertos por paradas no programadas y beneficios obtenidos en horas</i>	<i>34</i>
<i>Imagen 15: Pérdidas y beneficios obtenidos (S/.) por implementación del nuevo diseño.....</i>	<i>35</i>
<i>Imagen 16: Ramificaciones del sistema centralizado de lubricación.....</i>	<i>62</i>
<i>Imagen 17: Características físicas del aceite "SHELL OMALA S2 G 150":.....</i>	<i>68</i>
<i>Imagen 18: tabla de propiedades de los líquidos (aceite de motor) para hallar el calor específico, tomando como referencia @ 40 °C.....</i>	<i>68</i>

Resumen

El presente proyecto de investigación describe el sistema de refrigeración actual, del sistema centralizado de lubricación, de una máquina papelera; el cual debido a la calidad de agua que es suministrada, hacia el área de máquina papelera (MP7), presenta problemas de encalichamiento en las tuberías de ingreso de agua al intercambiador de calor(enfriador de aceite), pero sobre todo, en la obstrucción del haz de tubos de dicho enfriador de aceite, lo que ocasiona el aumento de trabajos correctivos, provocando con ello perdidas de producción muy significativas y costos elevados de mantenimiento.

Al realizar un nuevo diseño se trata de reducir, los costos de trabajos correctivos (tiempo perdido por limpieza de haz de tubos de enfriador de aceite); reduciendo significativamente los problemas de encalichamiento en las tuberías y sobre todo en el haz de tubos del enfriador de aceite, aumentando con ello la disponibilidad del sistema centralizado, tratando de realizar un diseño que pueda cumplir con los requisitos obtenidos mediante el cálculo de calor absorbido y haciendo un comparativo entre diferentes tipos de sistemas , seleccionando el más conveniente y seleccionando equipos e insumos que puedan ayudar a mejorar la eficiencia del intercambiador de calor. Para ello se agencio de información de artículos científicos, tesis e información de sitios web.

Palabras clave:

Diseño, Ablandamiento, refrigeración, disponibilidad.

Abstract

This research project describes the current cooling system, of the centralized lubrication system, of a paper machine; which, due to the quality of water that is supplied, to the paper machine area (MP7), presents problems of scaling in the water inlet pipes to the heat exchanger (oil cooler), but above all, in the obstruction of the tube bundle of said oil cooler, which causes an increase in corrective work, thereby causing very significant production losses and high maintenance costs.

When carrying out a new design, it is about reducing the costs of corrective work (time lost due to cleaning the oil cooler tube bundle); significantly reducing the problems of scaling in the pipes and especially in the oil cooler tube bundle, thereby increasing the availability of the centralized system, trying to carry out a design that can meet the requirements obtained by calculating the heat absorbed and making a comparison between different types of systems, selecting the most convenient and selecting equipment and supplies that can help improve the efficiency of the heat exchanger. For this, information from scientific articles, theses and information from websites was obtained.

Keywords:

Design, softening, cooling, availability.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente podemos hablar de disponibilidad como el objetivo principal del mantenimiento y definirla como la confianza de un activo, para ejercer su función en un tiempo dado, al realizarse un rediseño al sistema de refrigeración del sistema centralizado de aceite, se mejorará considerablemente la disponibilidad del intercambiador de calor (enfriador de aceite) y del sistema de filtrado de agua, disminuyendo con esto, las paradas por limpieza del enfriador que se realizan de una a dos veces por mes lo cual afecta significativamente a los costos (perdida de producción de papel) y a los costos de mantenimiento de enfriador, que se realiza anualmente; disminuyendo con esto el riesgo de una parada de planta y obteniendo con ello una producción más sostenida.

(Mesa Grajales, y otros, 2006) indican que, para la fase de diseño, se busca un equilibrio entre el costo y la disponibilidad. Dependiendo de los requisitos del sistema, se puede alterar los niveles de disponibilidad, confiabilidad y mantenibilidad, de forma a disminuir el costo total del ciclo de vida.

Como antecedentes internacionales (Sánchez Vera, 2019) que nos dice que si bien no hay un límite establecido de la dureza en España, en el sector industrial se lleva a cabo múltiples métodos para lograr valores óptimos de dureza de agua, siendo uno de los eficientes el método de intercambio iónico que no es más que el intercambio de iones de calcio y magnesio por iones de sodio que se quedan atrapados en la resina, hasta que esta llegue a un punto de saturación y necesite de una regeneración que se da mediante sal.

Como antecedentes nacionales (Baldeón León, 2016) nos dice que las industrias tienen como objetivo lograr la máxima eficiencia; tratando de encontrar los cuellos de botella de los procesos, optimizando sus operaciones, su investigación se centró en un problema en el área de mantenimiento por causa de trabajar con agua no tratada, por lo que se vio la forma de poder darle solución a esta problemática, sabiendo las causas del problema se encontró la solución más adecuada para sus procesos, decidiendo realizar la implementación de un sistema de refrigeración, teniendo como resultado un ahorro significativo al reducir el mantenimiento correctivo debido a la dureza del agua.

El presente proyecto se realizó en una empresa dedicada al rubro de papeles y cartones teniendo como materia prima al bagazo de caña de azúcar (González Velandia, y otros, 2016) nos dice que para que la pureza de la pulpa sea evaluada se realizan diferentes estudios a sus contenidos de celulosa, lignina y cenizas, encontrando en la caña de azúcar y bagazo de maíz unas de las materias primas alternativas, para la preparación de pulpa de papel, con el detalle que para su pulverización y blanqueo se requiere de un mayor trabajo. Para la fabricación del papel existen diferentes procesos industriales, así como diferentes líneas de producción, la presente investigación se centrará en la línea en donde se forma el papel hasta llegar como producto terminado una bobina de papel. La "MP7" o máquina papelera 07 cuenta con una unidad de lubricación centralizada de aceite que es el equipo más importante de esta área, el cual es un sistema de recirculación compuesto por un cárter con una capacidad total de 5000 Lt.; que cuenta con dos bombas de engranajes, una válvula reguladora de presión, dos filtros metálicos de aceite, un intercambiador de calor, un sistema de microfiltrado de aceite, una centrifuga y dos filtros de agua.

El problema en los últimos años se puede apreciar en las tuberías internas del intercambiador de calor, del sistema de refrigeración de aceite, tiende a obstruirse rápidamente (encalicharse), provocando que la temperatura del aceite trabaje en el rango límite y que el agua de salida que va hacia el tanque de agua caliente disminuya su presión; todo esto debido a la dureza del agua que obstruye y/o disminuye la sección de las tuberías. Según (Condori Mamani, y otros, 2017) debido a la formación geológica del subsuelo el agua natural contiene (478,11 mg/l) de carbonato de calcio, originando un problema tecnológico el cual se requiere de un tratamiento químico, afectando a los equipos, reduciendo la sección de tuberías y más tiempo en el calentamiento del agua originando incremento de costos en un 20%. Otro factor que se ve afectado en este sistema son los filtros de agua los cuales se encuentran discontinuados y no cumplen con su función de filtrar el agua eficientemente, por tal motivo el flujo de agua es by paseado antes de pasar por los filtros de agua, pasando directamente al enfriador de aceite.

Las consecuencias que tendría el intercambiador de calor si no se llegara a mejorar la calidad de agua que ingresa al haz de tubos sería la disminución de la sección de las

tuberías lo que ocasionaría un impacto significativo en la transferencia de calor entre los fluidos, afectando el rendimiento del proceso debido al aumento de la resistencia de los fluidos, trayendo como consecuencias caídas de presión y en el peor de los casos una falla grave en el proceso.

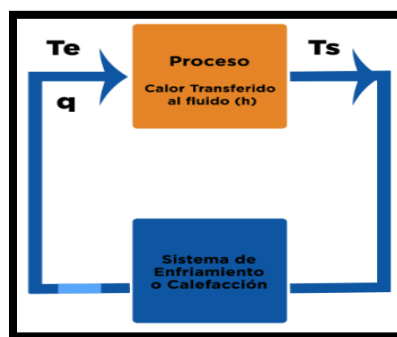
El problema formulado para la presente investigación está orientado a responder la siguiente pregunta: ¿De qué manera influye el diseño de un sistema de refrigeración, para una unidad centralizada de lubricación, en una máquina papelera para aumentar su disponibilidad?

El proyecto se justifica porque al disminuir la frecuencia de tareas correctivas (limpieza de has de tubos) y tareas preventivas (cambio anual de intercambiador de calor) que ocasionan las paradas no programadas; aumentará significativamente la producción del papel, lo cual se resumirá en ganancias; por otro lado, disminuirá significativamente la probabilidad de que el equipo falle y con ello los gastos por mantenimiento y horas hombre por montaje de intercambiador que se realiza anualmente.

El objetivo principal es evaluar la implementación de un sistema de refrigeración para incrementar la disponibilidad en un sistema centralizado de lubricación. (Cañarejo Changuan, 2022) define a la disponibilidad como la confianza de un equipo para que funcione correctamente según lo que espera el operador, en un determinado tiempo. Los objetivos específicos del proyecto fueron evaluar el requerimiento de refrigeración del sistema centralizado de lubricación; seleccionar el sistema de refrigeración más adecuado; diseñar el sistema de refrigeración y por último evaluar el costo beneficio de la implementación del sistema de refrigeración.

II. MARCO TEÓRICO

(Aguilar Moran, y otros, 2012) nos indica que un sistema de refrigeración tiene como principio disminuir la temperatura de un espacio y mantenerla baja (transferencia de energía de un cuerpo a otro), teniendo como finalidad enfriar (alimentos, conservar sustancias) y conseguir que un ambiente sea agradable (imagen 1). En la parte industrial (Froztec, 2019) nos dice que es un proceso donde se transfiere el calor absorbido hacia el medio ambiente o hacia otro fluido que puede ser agua o aire para su enfriamiento. Se pueden distinguir tres tipos de sistemas: Sistema sin recirculación: El agua que llega de la fuente térmica después de ser utilizada es descargada sin reutilizarla, usada comúnmente con grandes caudales y con un gran consumo de agua. Sistema con recirculación en circuito abierto: El agua de enfriamiento recircula extrayéndose el calor absorbido en contacto directo con el medio ambiente y por evaporación del elemento enfriador. Sistema con recirculación en circuito cerrado: El calor absorbido se extrae mediante tubos o serpentines y no existe contacto directo con el elemento enfriador. (Pérez López, 2016) comenta que la composición del agua está formada por dos elementos químicos: hidrógeno y oxígeno (H_2O). El agua como sustancia, es incolora (no tiene color), inodora (no huele) e insípida (no sabe). El agua es el solvente universal, puede liberar y absorber calor mejor que cualquier sustancia. (Ospino Tolora, y otros, 2000) nos dicen que el agua en una planta industrial, tiene principalmente la función de enfriar los equipos que están implicados en sus procesos; en cuanto a la dureza del agua, esta se da debido a la presencia de cationes multivalentes de calcio (dureza cálcica), magnesio (dureza magnésica) y a la suma de los dos, se le conoce con el nombre de dureza total (imagen 2).



*Fuente: "Sistema de enfriamiento para procesos Industriales".
Froztec. Asesoría industrial y distribución de*

Imagen 1: Sistema de enfriamiento industrial



Fuente: "Dureza del agua.
¿Qué es?". Carbotecnia.
Química del agua".

Imagen 2: Cationes de calcio + magnesio (dureza total)

(Gallego Maya, 2021) nos dice que, la dureza del agua, depende de la cantidad de metales alcalinotérreos contenidos en esta, debido al calcio (Ca) y al magnesio (Mg). Habitualmente la dureza del agua se mide en función de la cantidad (mg) de carbonato cálcico (CaCO_3) que hay presentes en un litro de agua o en ppm (tabla 1). Por eso en las empresas, la instalación de un ablandador de agua trae muchos beneficios como la prevención ante el deterioro de los accesorios por donde pasa el agua (tuberías, válvulas, etc.), evitando con ello la formación de sarro, mejorando en los sistemas su eficiencia térmica. (Moreira Romero, 2016) nos dice que Un ablandador de agua es una unidad que realiza un proceso muy importante, en donde la dureza domiciliar e industrial es disminuida, mediante la eliminación de sus minerales, mayormente de "cal" la cual puede ocasionar bloqueos o disminución de la sección en las tuberías por donde fluye el agua (imagen 3). (Sánchez Vera, 2019) por su parte indica que el principio de un ablandador de agua por intercambio iónico es bastante simple, esto consiste en el reemplazo de los iones presentes en el agua (calcio y magnesio), por iones de sodio, eliminando con este proceso los minerales perjudiciales y prevenimos la formación de sarro. (Mendoza Cevallos, y otros, 2018) nos dice que, para ablandar agua, hay varios procesos, utilizándose mayormente dos métodos; el ablandamiento por tratamiento químico el cual se agrega sustancias al agua; pudiendo ser ablandamiento del agua con cal; con carbonato sódico y cal; con soda cáustica (hidróxido sódico); otro método es la desmineralización la cual no elimina totalmente la dureza, pero si disminuye el porcentaje de calcio y magnesio conjuntamente con otros iones, este proceso es mucho más caro pero mejor que el ablandamiento químico.

TIPO DE AGUA	DUREZA (mg/ Lt. CaCO ₃)
Agua muy blanda	0 – 79
Agua blanda	80 – 149
Agua semi dura	150 – 329
Agua dura	330 – 549
Agua muy dura	> 550

Fuente: “La clasificación del agua en función de su dureza”. Según la escala de Merk. (Aigües de Mataró, 2020)

Tabla 1: Clasificación de la dureza del agua según "mg/ Lt." de CaCO₃

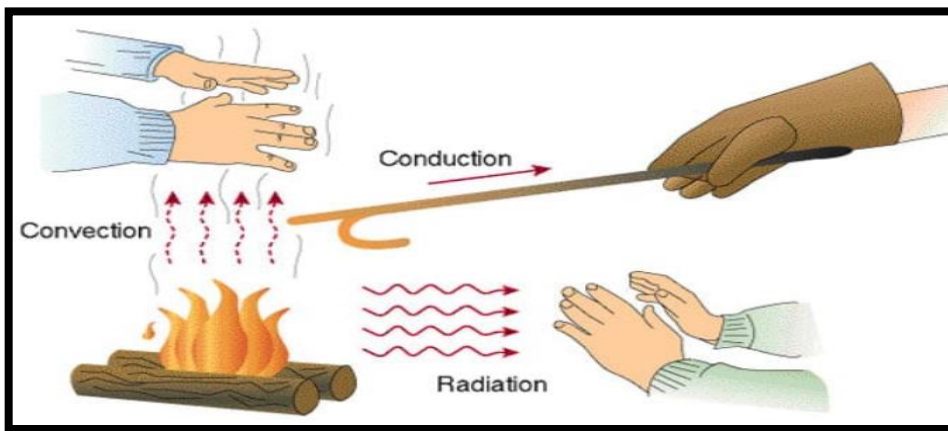


Fuente: “Dureza del agua. ¿Qué es?”. Carbotecnia. Química del agua”.

Imagen 3: "Incrustación de minerales en tuberías debido a la alta concentración de dureza de agua"

(Cengel, y otros, 2011) nos indica que la transferencia de calor se da por conducción, convección y radiación (imagen 4). “La conducción se da por un transporte energético de molécula a molécula (las con más energía la ceden a la con menos energía) sin desplazamiento global de material, al interactuar entre ellas”; “La convección se da por

desplazamiento global de material, cuando una superficie sólida y un líquido o gas a que están en movimiento transfieren su energía” y “La radiación es la emisión de la energía en forma de ondas electromagnéticas. A diferencia de la conducción y la convección, la transferencia de calor por radiación no requiere la presencia de un medio interventor”. (Pardo Figueroa, 2017) nos dice que debido a que no hay equilibrio térmico entre dos cuerpos, la diferencial de temperatura es diferente de cero ($\Delta T \neq 0$); entonces, existe un intercambio de energía (calor) conocido también como transferencia de calor. (Alvarez, y otros, 2020) por su parte nos dicen que se genera una transferencia térmica entre dos fluidos, transmitiendo su temperatura el equipo que contenga más energía. Las razones para utilizar intercambiadores de calor son para aumentar o disminuir la temperatura de un fluido; para conducir hasta su punto de ebullición a un fluido con otro fluido de mayor temperatura o para condensar un fluido en estado gaseoso mediante un fluido frío; existen dos tipos de intercambiadores de calor los de contacto indirecto y los de contacto directo



Fuente: “Diferencias entre conducción, convección y radiación, para aislar térmicamente”. Campermania.

Imagen 4: “Formas de transferencia de calor”

(SPIRAX SARCO, 2010) indica que, en lo que corresponde a un intercambiador de calor se puede producir desgaste, causado por arrastre de sustancias extrañas que se encuentran presente en los fluidos e incrustaciones debido a sustancias, transportadas por el fluido, por ejemplo, los gases que se separan del agua durante el calentamiento o por el fenómeno de contaminación del agua generando depósitos de sílice y lodos.

(Aguilar Moran, y otros, 2012) nos dicen que en los intercambiadores de carcasa y tubos; los fluidos circulan; uno por el interior de los tubos y el otro fluido es forzado hacia la carcasa y también sobre la superficie externa de los tubos (imagen 5). El fluido no se hace circular lo largo de los tubos sino sobre ellos, ocasionando un flujo transversal que genera que el coeficiente de transferencia de calor sea mayor que el de flujo paralelo a los tubos, colocándose para ello deflectores en su interior. (García Soutullo, 2020) comenta que, según su operación en los intercambiadores de calor, se ve la dirección en la que circulan los dos flujos; dividiéndose así, en tres categorías: El flujo paralelo que existe cuando el flujo interno (tubos) y el flujo externo (carcasa) fluyen en la misma dirección (ingresan al intercambiador por el mismo extremo); en este flujo el fluido más caliente nunca es alcanzado por el de menor temperatura (imagen 6). Contraflujo el ingreso de cada fluido se da por diferentes extremos del intercambiador es más eficiente que el de flujo paralelo, ya que se obtiene un intercambio de temperatura más alto (imagen 7). Flujo cruzado se da cuando uno de los fluidos fluye, formando un ángulo de 90° con respecto al otro fluido (perpendicular). Estos intercambiadores son usados donde uno de los fluidos presenta un cambio de fase. Un ejemplo típico de este tipo de intercambiador es en los sistemas de condensación de vapor (imagen 8).

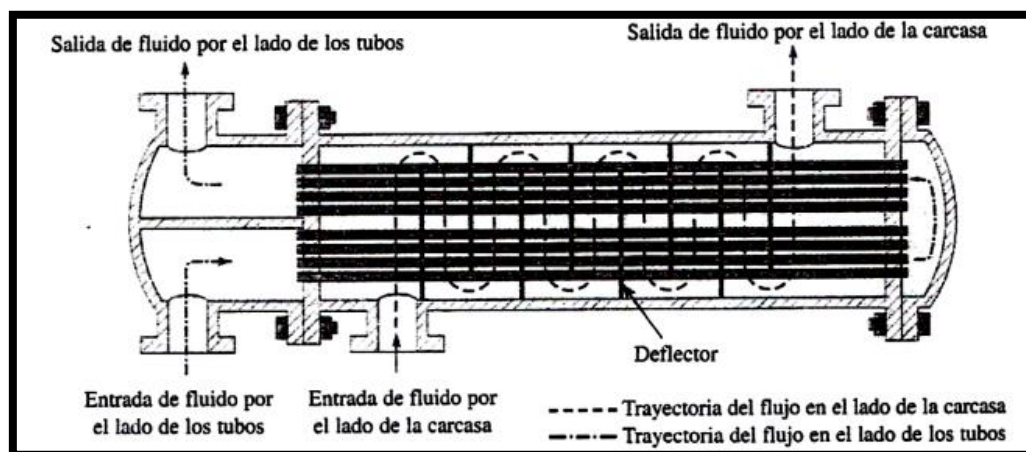


Imagen 5: Intercambiador de calor de carcasa y tubo

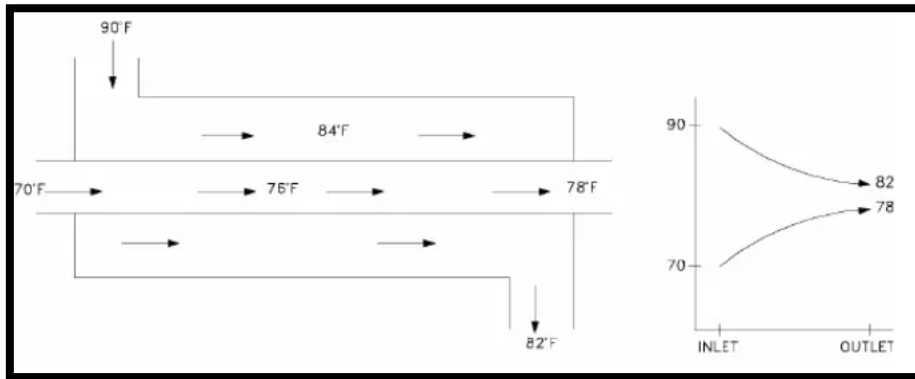


Imagen 6: Intercambiador de flujo paralelo

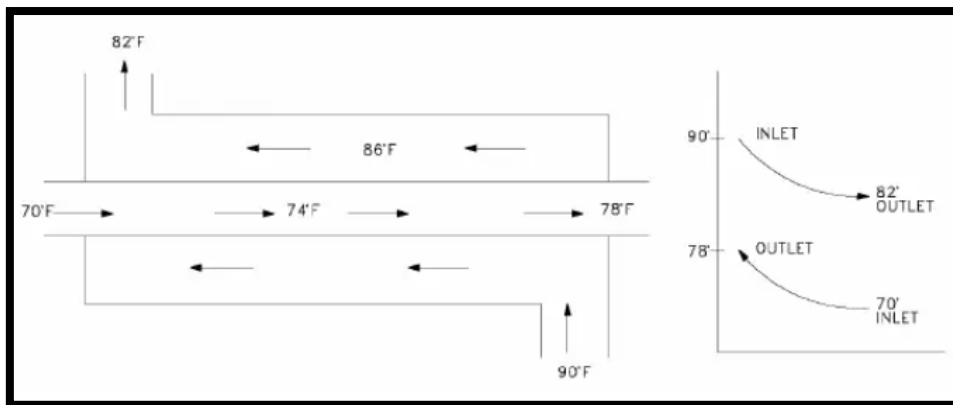


Imagen 7: Intercambiador de contraflujo

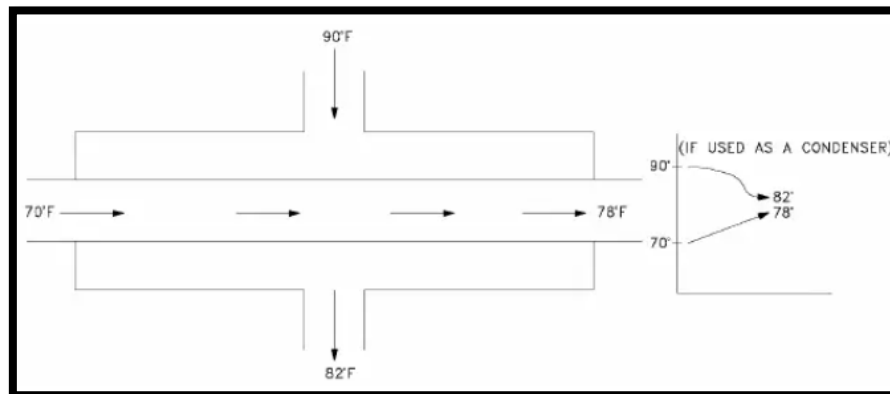


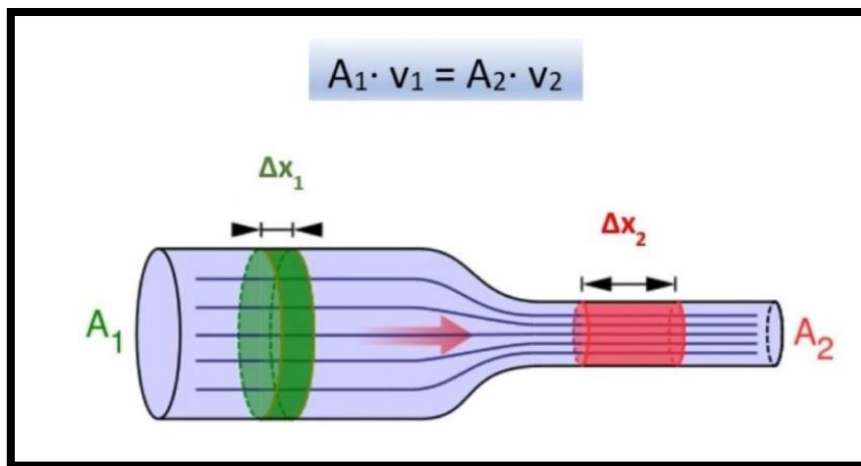
Imagen 8: Intercambiador de flujo cruzado

(Jiménez Carballo, 2018) nos dice que, si dentro de una tubería no existe perdidas, ni ganancia de fluidos, la masa de fluido que entra es igual a la que sale en un determinado tiempo (imagen 9). Cuando la densidad permanece constante mientras fluye se puede decir que se trata de un fluido incompresible. (Zapata, 2021) nos dice que hay una forma matemática de expresar la conservación de la masa, en la ecuación de continuidad, dada por: $A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2$

Donde v_1 y v_2 son la velocidad del fluido en dos secciones de una tubería, mientras que A_1 y A_2 son las áreas de sección transversal en dos puntos diferentes.

El producto del área y la velocidad se le conoce como caudal y con la ecuación de continuidad implica que el caudal es constante: $Q(\text{ingresa}) = Q(\text{sale})$. El caudal también se puede medir como el volumen por unidad de tiempo, al disminuir el área del tubo, el fluido aumenta su velocidad, y viceversa, si aumenta la sección transversal, entonces la velocidad disminuye, pero el caudal se mantiene constante. Como el fluido es incompresible, su densidad es la misma en todos sus puntos, siendo la densidad el cociente de la masa sobre el volumen y teniendo como unidades $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$:

$$\rho = \frac{m}{V}$$



Fuente: "Ecuación de la continuidad".
Lifeder

Imagen 9: Ecuación de la continuidad en un tubo.

(Manzanero Sánchez, 2015) indica que los tanques de almacenamiento de materias primas y productos de la planta se diseñan según el código API 650, para el diseño de tanques que trabajan a presión atmosférica y contienen productos (líquidos o sólidos) en su interior. En los tanques cilíndricos- verticales de fondo plano, se puede almacenar grandes volúmenes de fluido y a un bajo costo, el tanque a emplear se diseñará dependiendo del fluido que va a ser almacenado en su interior, pudiendo tener techo (fijo o flotante) o ser sin techo. Para el diseño y cálculo de los tanques de almacenamiento los datos mínimos a conocer son el volumen del tanque, temperatura, peso específico del fluido.

El volumen de los recipientes; como el volumen del cilindro ($V_{cilindro} = \pi \cdot R^2 \cdot H$); el volumen del cono ($V_{cono} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R^2 \cdot h_{cono}$); el volumen de cabeza ($V_{cabeza} = (\pi \cdot D^2 \cdot h_{cab}) / 6$); y el volumen del tanque para líquidos ($V_{Tanque\ Líquidos} = V_{cono} + 2 \cdot V_{cabeza}$), por seguridad los recipientes estarán llenos como máximo un 80%. En función del volumen se establece el valor de la altura (H), y en función de éste el resto de dimensiones del tanque.



*Fuente: "SYNERTECH".
Fabricación e
implementación de
plantas de tratamiento
de agua.*

Imagen 10: Tanque para almacenamiento de agua

(Direct Industry) nos dice que una bomba es un dispositivo mecánico que transforma la energía eléctrica de un motor en energía hidráulica; para ello se debe saber el tipo de fluido a bombear, teniendo en cuenta sus características y propiedades físicas lo cual nos ayudara a seleccionar bien el material de nuestra bomba a elegir. (InoxMIM, 2020) una empresa dedicada a la fabricación de bombas industriales dice que como principales características del fluido debemos tener en cuenta la presión, el caudal que influirá en el tamaño de la bomba; debemos conocer la altura de aspiración de la bomba, la que no debe exceder los 10 m; la altura y longitud del circuito de descarga, la temperatura del fluido y las perdidas por tuberías y accesorios. (imagen 11)



*Fuente: "Eficiencia
energética en
bombas centrífugas".*

*Sitio web:
Todoproductividad*

Imagen 11: Bomba centrífuga

(Guzhñay Miranda, 2012) nos dice que el acero estructural ASTM A-36 es el material estructural más utilizado en el mundo, siendo una aleación de hierro (mínimo 98 %), con pequeños contenidos de carbono (1%) y manganeso que sirve para mejorar su resistencia, y para mejorar su soldabilidad tiene, fósforo, azufre, sílice y vanadio. Es utilizado mayormente para las estructuras, de bajo costo. Se encuentra con varios perfiles estructurales de secciones (I, H, L, T), para el uso industrial. Tiene su punto de fluencia de 36000 psi (2530 kgf/cm²) (tabla 2).

ACERO ESTRUCTURAL ASTM A36	
Fluencia - S_y - Mpa (Kpsi)	250 (36)
Resistencia última a la tracción - S_u - Mpa (Kpsi)	400 (58)
Módulo de Young (módulo de elasticidad) - E - Gpa	200
Densidad kg/m^3 (lb/in^3)	7850 (28)

Tabla 2: Propiedades del acero estructural ASTM A36

(Mendoza Cevallos, y otros, 2018) nos dice que las zeolitas son un medio de filtración granular, pudiendo ser naturales o sintéticas, que posee una excelente estabilidad y microporosidad, lo que la hace ideal para la filtración de piscinas y tratamientos de agua, gracias a su baja densidad, puede retener partículas de 3 a 5 micras, conservando grandes volúmenes al deshidratarse, pudiendo neutralizar elementos y remover sustancias inorgánicas, disminuyendo también la acidez del agua, puede durar aproximadamente más de 5 años , requiriéndose únicamente retro lavados para mantener su desempeño.

(García Garrido, 2016) comenta que un jefe o líder de una instalación o empresa en la actualidad debe ser capaz de conocer y calcular los indicadores claves del mantenimiento o KPI (Key Performance Indicator). Se puede decir que los indicadores que están relacionados con la disponibilidad son por lo menos seis; encontrándose primero la disponibilidad propiamente dicha que resulta del cociente del tiempo

disponible (tiempo total menos todos los tiempos de mantenimiento programados y no programados) entre las horas totales del periodo. Luego la fiabilidad que es el cociente del tiempo disponible total pero solo se resta las horas de mantenimiento por paradas no programadas; entre las horas totales del periodo. Otro indicador es el tiempo medio entre paradas y se calcula mediante el cociente de las horas totales del periodo entre el número de paradas; también otro indicador es el tiempo medio hasta puesta en marcha que se calcula mediante el cociente de todas las horas de paradas ocurridas entre el número de ellas (ver tabla 3), otros indicadores son los números de paradas y las horas totales de paradas.

INDICADORES DE LA DISPONIBILIDAD	
INDICADOR	FORMULA
Disponibilidad.	$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada por mantenimiento}}{\text{Horas Totales}}$
Fiabilidad.	$\text{Fiabilidad} = \frac{\text{Horas Totales} - \text{Horas parada por mantenimiento no programado}}{\text{Horas Totales}}$
Tiempo medio entre paradas.	$\text{TMEP} = \frac{\text{Horas Totales del periodo}}{\text{Numero de paradas}}$
Tiempo medio hasta puesta en marcha.	$\text{TMPM} = \frac{\text{Horas Totales de parada}}{\text{Numero de paradas}}$

Tabla 3: Indicadores de la disponibilidad

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

El proyecto de investigación es de tipo Aplicada, debido a que se aplican los conocimientos básicos de ingeniería como el diseño mecánico, electricidad y automatización y el enfoque de investigación es cuantitativa (Martínez de Sánchez, 2013).

Diseño de investigación

El diseño de investigación es no experimental porque no existe control de las variables. Considerándose solo como variable 1 y variable 2.

3.2. Variables y operacionalización

Variable 1: Sistema de refrigeración.

Variable 2: Disponibilidad del sistema centralizado.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población:

La población estaría conformada por 4 sistemas de refrigeración de sistemas centralizados de lubricación de máquinas papeleras en el ámbito nacional.

Muestra:

La muestra estuvo conformada por el sistema de refrigeración del sistema centralizado de lubricación de la máquina papeleras en la empresa Trupal S.A.

Unidad de análisis:

Un sistema de refrigeración de un sistema centralizado de lubricación en una máquina papeleras.

Muestreo:

No probabilístico por conveniencia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas de recolección de datos

Las técnicas en la presente investigación se centraron, en toda la data (análisis documental) que se pudo recolectar del área de proyectos de la empresa Trupal S.A, en la observación.

Instrumentos de recolección de datos

Se realizó una ficha de registro documental (historial del sistema) y ficha de registro de observación.

TÉCNICA	INSTRUMENTO	FUENTE	RESULTADO
Observación y análisis documental	Hojas técnicas, planos, diagramas de procesos, etc.	Departamento de planificación, observación del sistema in situ.	Identificar el proceso de funcionamiento del sistema.
Análisis documental	Cuadro de resúmenes de mantenimiento anual	Área de Mantenimiento	Conocer la disponibilidad del intercambiador de calor del sistema de refrigeración.
Análisis de costos	Hojas de Excel	Departamento de mantenimiento.	Determinar los costos de paradas por mantenimiento y/o reparación del intercambiador de calor del sistema centralizado de lubricación.
Entrevistas	cuestionarios	Supervisores de planta.	Mediante juicio de expertos, según experiencia encontrar nuevos equipos para seleccionar y otros a diseñar
Tablas comparativas	Hojas de Excel	Planner de mantenimiento y Departamento de costos.	Determinar el porcentaje de ahorro en mantenimiento y producción de la maquina papelera.

Tabla 4: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.5. Procedimientos

Primero se recolecto toda la data necesaria en el área de proyectos (lugar donde se encuentra todos los planos, diagramas, fichas técnicas, datos de mantenimiento preventivo, de toda la planta), principalmente la data del sistema centralizado de aceite y de su subsistema de refrigeración. Luego se empezó a revisar los parámetros de operación a la que el sistema está sometido (calidad de agua de refrigeración, temperatura de operación, ambiente al que está sometido, etc.); procesando la Información, tanto documental como la de las entrevistas. Una vez que tenemos los parámetros de operación procesada la información elaboramos las generalidades (introducción al tema, desarrollo del plan de investigación, la metodología y los aspectos administrativos. Se obtuvo los resultados realizándose primero la descripción del funcionamiento del sistema centralizado de aceite, luego realizando el análisis de requerimiento de refrigeración, haciéndose los cálculos de calor absorbido y por último efectuando el análisis económico, financiero e interpretación de elaboración de informe final de proyecto de tesis.

3.6. Método de análisis de datos

Se analizaron todas las mejoras a realizar, haciéndose comparativos entre los elementos para poder obtener un mejor control de calidad de agua, seleccionando componentes para instalar (bomba de agua, ablandador de agua, válvulas de control para agua, intercambiador de calor, etc.) y otros para diseñar (tanque de almacenamiento de agua, filtros, etc.) por último se evalúa los costos.

3.7. Aspectos éticos

Para poder realizar el presente proyecto se contó con la autorización de la empresa TRUPAL S.A (colaboradores, supervisores, etc.) y sobre todo con la veracidad y autenticidad de los datos por parte del área de proyectos en donde se encuentra toda la data de equipos, planos, diagramas y file de cada activo con el fin de poder contribuir a la mejora de la empresa.

RESULTADOS

- Objetivo específico 1: “Evaluar el requerimiento de refrigeración del sistema centralizado de lubricación”

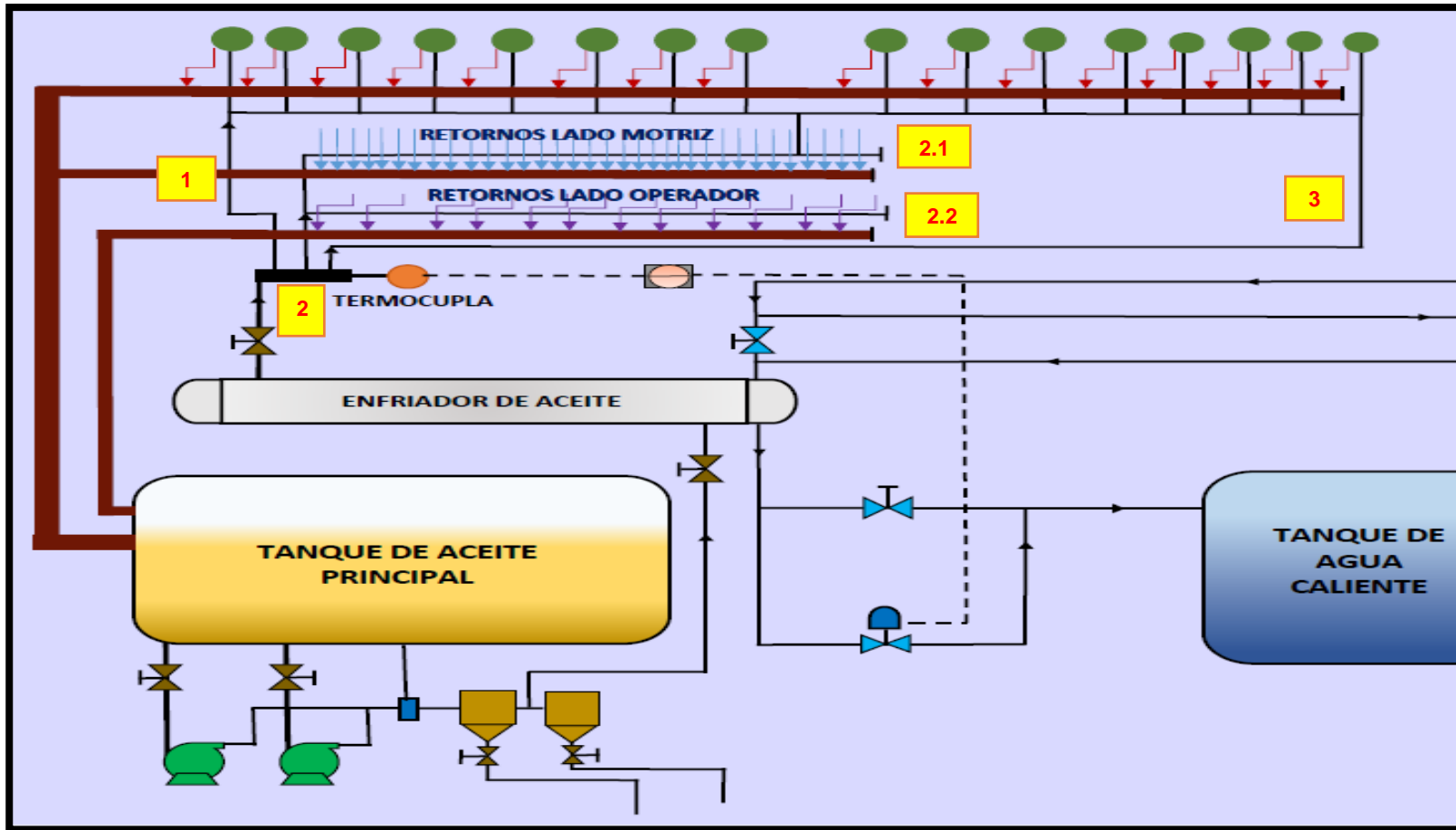


Imagen 10: Diagrama de distribución de aceite (Lado motriz y lado operador).

Análisis del calor absorbido por el aceite en el lado motriz y lado operador

ZONA	PARÁMETROS	FORMULAS	RESULTADO	UNIDADES
LADO MOTRIZ	CAUDAL QUE INGRESA ($Q_{\text{lado motriz}}$)	$Q_{\text{lado motriz}} = Q_1 + Q_{2.1} + Q_3$	366655.00	$\frac{cm^3}{min}$
	FLUJO MASICO DE ACEITE (\dot{m})	$\dot{m} = d^* V$	5.48	$\frac{kg}{s}$
	CALOR ABSORBIDO ($Q_{\text{Absorbido lado motriz}}$)	$Q = \dot{m} * C_p * \Delta T$	269.14	Kw
LADO OPERADOR	CAUDAL QUE INGRESA ($Q_{\text{lado operador}}$)	$Q_{\text{lado operador}} = Q_{2.2}$	73335.00	$\frac{cm^3}{min}$
	FLUJO MASICO DE ACEITE (\dot{m})	$\dot{m} = d^* V$	1.10	$\frac{kg}{s}$
	CALOR ABSORBIDO ($Q_{\text{Absorbido lado operador}}$)	$Q = \dot{m} * C_p * \Delta T$	32.30	Kw
CALOR ABSORBIDO POR EL SISTEMA		$Q_{\text{Absorbido lado motriz}} + Q_{\text{Absorbido lado operado}}$	301.11	Kw

INTERPRETACIÓN:

Para evaluar el requerimiento de un sistema de refrigeración, primero se realizó el cálculo del calor absorbido, por el aceite que transporta el sistema centralizado de lubricación; teniendo en cuenta dos parámetros importantes para poder hallarlo: el caudal y el flujo másico del fluido (aceite). Para ello, como se aprecia en el diagrama se tuvo que dividir en dos subsistemas (imagen 10): **Sistema de lubricación lado motriz (Salidas: 1; 2.1; 3) y Sistema de lubricación lado operador (Salida: 2.2)**. El caudal medido antes de ingresar a las ramificaciones (1; 2 (2.1-2.2) y 3) fue de

116 gal/min; pero luego por no existir manera de realizar las mediciones de caudal en cada una de las ramificaciones y al verificar que los diámetros de tuberías de cada ramificación eran iguales y que no existían fugas entre ellas y según el profesor -Físico (Jiménez Carballo, 2018) en su informe educativo denominado **“DINAMICA DE FLUIDOS IDEALES”** nos dice que, si dentro de una tubería no existe perdidas, ni ganancia de fluidos, la masa de fluido que entra es igual a la que sale en un determinado tiempo, entonces al ser fluidos ideales se considera la misma densidad y se desprecia las perdidas por fricción entre las tuberías, utilizándose las fórmulas de la ecuación de la continuidad (el caudal se conserva entre las ramificaciones) entonces hallamos el caudal en el lado motriz y lado operador; para hallar los flujos masicos se tuvo que utilizar el producto de la densidad del fluido aceite “Shell Omala S2 G -150” con el flujo volumétrico. Por último, se utilizó la tabla de las propiedades de los líquidos para un aceite de motor (Tabla A-13) de (Cengel, y otros, 2011) sobre calor específico y se aplicó la formula del calor cedido por un fluido es igual al calor absorbido por el otro fluido; luego de hallar dichos resultados se sumó ambos calores absorbidos (lado operador y motriz) y se obtuvo el calor absorbido por el sistema.

- **Objetivo específico 2: “Seleccionar el sistema de refrigeración más adecuado”.**



Se sabe que, un sistema de enfriamiento disipa el calor absorbido durante todo el proceso de funcionamiento de las máquinas o equipos; intercambiando calor hacia el medio ambiente o a hacia otro fluido (agua o comúnmente aire).

Antes de seleccionar un sistema de enfriamiento adecuado, se obtuvo el calor absorbido (potencia térmica) en el proceso de secado del papel (lado motriz – lado operador) para luego darse cuenta que la temperatura con la que termina el fluido al finalizar su proceso (T_s) es mayor a la temperatura que ingresa (T_e) de ahí la necesidad de enfriar el sistema.

ANÁLISIS DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN MAS ADECUADO

CRITERIO ALTERNATIVA	BAJO COSTO (30%)	FÁCIL ADQUI- SICIÓN DE REPUESTOS (15%)	FÁCIL MANTE- NIMIENTO (20%)	ALTA EFI- CIENCIA (20%)	FÁCIL OPERA- CIÓN (15%)	TOTAL	
TIPOS DE SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN	SISTEMA SIN RECIRCULACIÓN	3	3	3	4	3	3.2
	SISTEMA CON RECIRCULACIÓN EN CIRCUITO ABIERTO	3	3	3	4	3	3.2
	SISTEMA CON RECIRCULACIÓN EN CIRCUITO CERRADO	4	4	4	3	3	3.8
TIPOS DE INTERCAMBIADORES DE CALOR	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE CARCAZA Y TUBOS DE FLUJO PARALELO	4	4	4	3	4	3.9
	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE CARCAZA Y TUBOS A CONTRAFLUJO	4	4	3	4	4	3.8
	INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS	3	3	3	4	3	3.1
TIPOS DE FILTROS	FILTRO DE CARTUCHO	3	3	4	3	4	3.3
	FILTRO DE MEDIOS GRANULARES	4	3	4	3	4	3.6

	FILTRO DE DISCO	3	3	4	4	4	3.4
	ABLANDAMIENTO POR OSMOSIS INVERSA	2	3	3	4	3	3.3
TIPOS DE ABLANDAMIENTO	ABLANDAMIENTO POR INTERCAMBIO IÓNICO	3	3	4	4	3	3.6
	ABLANDAMIENTO POR DESMINERALIZACIÓN POR ELECTRODIALISIS	2	3	3	4	3	3.4

INTERPRETACIÓN:

Para la selección del mejor sistema de refrigeración, se tuvo que realizar un análisis de las alternativas existentes teniendo como primera alternativa a un sistema de refrigeración sin recirculación donde el agua que llega de la fuente térmica después de ser utilizada es descargada sin reutilizarla, la alternativa dos es un sistema de refrigeración con recirculación en circuito abierto donde el agua de enfriamiento recircula extrayéndose el calor absorbido en contacto directo con el medio ambiente y por evaporación del elemento enfriador y como tercera alternativa se tuvo a un sistema de refrigeración con recirculación en circuito cerrado donde el calor absorbido se extrae mediante tubos o serpentines y no existe contacto directo con el elemento enfriador; mediante el método de cuadros comparativos con ponderación, se buscó las alternativas más convenientes teniéndose en cuenta las tablas de criterios, basándonos en un análisis de encuesta por juicio de expertos realizado a los ing. de planta Trupal S.A.; de igual manera se hizo para hallar el puntaje ponderado de los demás equipos y accesorios. **(ver anexo).**

LEYENDA

CRITERIO	%	DESCRIPCIÓN
BAJO COSTO	30	Costo de mantenimiento menor a 10000
FÁCIL ADQUISICIÓN DE REPUESTOS	15	Repuestos de fácil adquisición
FÁCIL MANTENIMIENTO	20	Mantenimiento menor a 8 hrs.
ALTA EFICIENCIA	20	Equipo con eficiencia mayor a 85 %
FÁCIL USO/ OPERACIÓN	15	Condiciones para operación favorables

Tabla: Leyenda de criterio

LEYENDA

CLASIFICACIÓN	VALOR
MUY BUENO	4
BUENO	3
ADECUADO	2
TOLERABLE	1
INADECUADO	0

Tabla: Leyenda de calificación

- **Objetivo específico 3: “Diseñar el sistema de refrigeración”.**

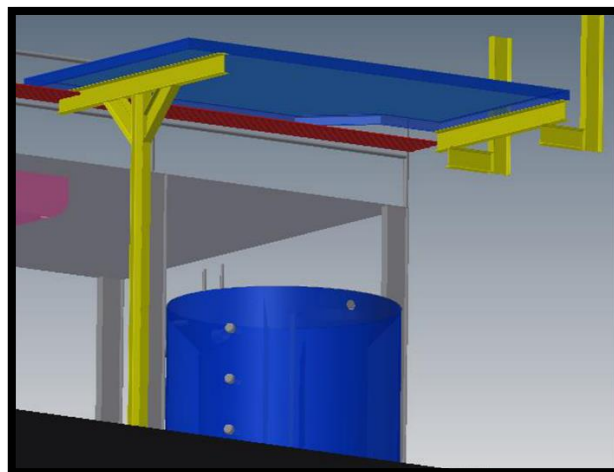
ZONA	CÁLCULOS	FORMULAS	RESULTADO	UNIDADES
TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE AGUA	VOLUMEN NOMINAL DEL TANQUE	$V = \pi * R^2 * H$	8.00	m^3
	VOLUMEN REAL DEL TANQUE	$V_{real} = V_{\acute{u}til} * \frac{100}{96}$	8.33	m^3
	ALTURA DEL TANQUE	<i>Por restricciones de espacio, se dimensiono</i>	2.40	m
	RADIO DEL TANQUE	$R = \sqrt{\frac{V}{\pi * H}}$	1.05	m
	DIÁMETRO DEL TANQUE	$D = \sqrt{\frac{4 * V}{\pi * H}}$	2.10	m

INTERPRETACIÓN:

Para diseñar el tanque de almacenamiento de agua blanda, se tenía que hallar primero el volumen nominal del tanque teniendo como restricción de espacio, la altura por donde pasan las tuberías de agua y pasta, que era una altura de 6 m; entonces la altura del tanque a diseñar no podría pasar los 2.5 m, donde como primer parámetro se dimensiona a una altura de 2.4 m. Luego al tener la temperatura de ingreso del fluido caliente y la temperatura de salida del mismo fluido, se realiza el cálculo de calor ganado y cedido por el intercambiador, obteniendo que el flujo másico de agua para poder realizar el intercambio de calor era de 4.12 kg/ s y con un caudal de 247.6 l/ min o 65 gpm de agua, a pasar por el haz de tubos. Convirtiendo el caudal a m^3/s se tiene 0.00413; dándonos cuenta que en media hora se debería consumir $7.43 m^3$ de agua, partiendo de eso se decide como volumen nominal del tanque $8m^3$; pero teniendo como factor de seguridad que el tanque solo se llena un 96 % de su capacidad hallamos el volumen

real del tanque que sería $8.33m^3$; con estos datos ya se puede aplicar la fórmula y obtener el diámetro del tanque que por cálculo salió 2.09 m, redondeándose a 2.10 m. Para hallar la forma del tanque (Manzanero Sánchez, 2015) nos indica que los tanques cilíndricos - verticales de fondo plano, almacenan grandes volúmenes y a un bajo costo, eligiéndose como material de construcción al acero inoxidable de espesor 6 mm donde por temas de ahorro de material y sabiendo que no existe contaminación en el área, el tanque a construir será sin techo.

PLATAFORMA	<i>PESO PROPIO – PLATAFORMA ACERO A-36</i>	<i>Especificaciones ASTM A36</i>	<i>680.00</i>	<i>Kg</i>
	<i>CARGA MUERTA</i>	<i>\sum pesos muertos que van en la plataforma</i>	<i>1460.00</i>	<i>Kg</i>
	<i>CARGA VIVA</i>	<i>\sum pesos vivos que van en la plataforma</i>	<i>340.00</i>	<i>Kg</i>
	<i>CARGA TOTAL</i>	<i>\sum pesos vivos y pesos muertos que van en la plataforma</i>	<i>1800.00</i>	<i>Kg</i>
	<i>ÁREA DE LA PLATAFORMA</i>	<i>$A = \text{Largo} * \text{Ancho}$</i>	<i>10.80</i>	<i>m²</i>
	<i>ESPESOR DE LA PLANCHA</i>	<i>$t = \text{espesor hallado} * \text{factor de seguridad}$</i>	<i>$\frac{5}{16}$</i>	<i>pulg.</i>



Fuente:
Campoverde
y Zhingre

COLUMNA	CARGA DE LA COLUMNA	$P = \text{Carga total} / 2 * \text{gravedad}$	8.83	KN
	SELECCIÓN DEL PERFIL - IPN 200	Área	33.50	cm ²
		Radio de giro	1.87	cm
		I_y	117.00	cm ⁴
	SELECCIÓN DEL PERFIL - IPN 120	Área	14.20	cm ²
		Radio de giro	1.23	cm
		I_y	21.50	cm ⁴
	VIGA TRANSVERSAL	$M_{max.} = \frac{W * L^2}{8}$	3456.00	Nm
		$\delta_{diseño} = \frac{S_y}{N}$	200.00	MPa
		$S = \frac{M_{maximo}}{\delta_{diseño}}$	17.28	cm ³
$P_{total} = \frac{\text{carga}}{n^{\circ} \text{pies amigo}}$		4.42	KN	
PIES DE AMIGO POSTERIOR	Longitud	0.41	m	
	$M_{max.} = P_{total} * L$	1810.15	Nm	
	$S = \frac{M_{maximo}}{\delta_{diseño}}$	9.05	cm ³	

INTERPRETACIÓN:

Para el diseño la plataforma que ira sobre el tanque a una altura de 3 m; se eligió como material al acero estructural ASTM A-36 por ser un material con mucha resistencia y con buena soldabilidad según (Guzhñay Miranda, 2012). Pero antes de eso se tiene que hacer un cálculo de todos los esfuerzos y pesos a lo que será sometido, la plataforma, obteniendo la carga muerta que será el peso de la

plataforma, más el peso del intercambiador, pasamanos, tuberías y accesorios, soportes metálicos que suma aproximadamente 1460 kg ; sumado a esto la carga viva que sería el personal de mantenimiento o de operación que sube a la plataforma, asumiendo 3 personas de 90 kg c/u más el peso de las herramientas que en total sumarían 340 kg de carga viva. Para hallar la carga total soportada sumaría la carga viva más la carga muerta, obteniéndose 1800 kg, luego se halla el área de la plataforma teniendo en cuenta el espacio para las tuberías y el desplazamiento del personal; las medidas de la plataforma: sería 2.4 m x 4.5 m (area de plataforma = 10.2 m²), la presión que soporta la plataforma sería P= 1634.47 Pa.

Luego se halla la fuerza que se ejerce en la plataforma F=17652.27 N, teniendo la fuerza y la longitud de la viga se halla la carga máxima en la viga que sería igual a 3922.73 Nm. Con los esfuerzos de diseño, el momento máximo y la otra medida de la plancha (2.4 m) se halla el espesor de la plancha, saliendo una plancha de 3.38 mm, pero por un factor de seguridad de (2) nos sale 6.76 mm eligiendo una plancha de 5/16". Para los cálculos en la columna, hallamos su carga siendo la carga total dividida entre dos y multiplicada por la acción de la gravedad, dándonos un resultado de 8.83 KN. entonces seleccionamos un perfil para la columna (IPN 200) y para su viga (IPN 120). Luego hacemos lo mismo en el siguiente lado de los pies de amigos siendo la longitud del pie de 0.41 m.

	DIÁMETRO DE TUBERÍA DE SUCCIÓN	$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}}$	6	pulg.
TUBERÍAS DE AGUA	DIÁMETRO DE TUBERÍA DE DESCARGA	$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}}$	4	pulg.
	DIÁMETRO DE TUBERÍA DE RETORNO	$D = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v}}$	4	pulg.

INTERPRETACIÓN:

Para el cálculo del diámetro de tuberías se tuvo que saber que la velocidad estimada para tuberías está, entre el rango de 0.5 m/s a 5 m/s, pero las velocidades más usuales en las bombas centrífugas son, en la succión un rango de 0.5 m/s a

2.5 m/s y en la expulsión de 1.5 m/s a 4.5 m/s en agua (Renedo Estébanez, 2016).

<u>SELECCIÓN DE BOMBA</u>	DATOS TÉCNICOS	
 <p>Recomendada para bombear agua limpia, sin partículas abrasivas y líquidos químicamente no agresivos con los materiales de la bomba.</p> <p>Utilización en instalaciones de lavado de fruta, verdura, pescado, en instalaciones industriales de lavado y de circulación para sistemas de enfriamiento.</p> <p>Ubicación en instalación o lugares cerrados y protegidos de la intemperie.</p>	MARCA:	PEDROLLO
	MODELO:	NGA 1A - PRO
	CAUDAL:	250 Lt / min
	ALTURA MANOMÉTRICA:	12.5 m
	CONEXIÓN:	Trifásica 220/440 V
	FRECUENCIA:	60 Hz
	POTENCIA	1HP
	PRESIÓN (máxima):	6 bar
	TIPO DE SELLO:	Sello mecánico
	IMPULSOR:	Abierto
	RODAMIENTOS:	6203 ZZ (2)
MATERIAL DE LA BOMBA:	Acero inoxidable AISI 316	

INTERPRETACIÓN:

Para poder dimensionar y calcular correctamente el punto de funcionamiento de una bomba, (InoxMIM, 2020) una empresa dedicada a la fabricación de bombas industriales dice que como principales características del fluido debemos tener en cuenta la presión, el caudal que influirá en el tamaño de la bomba, la altura de aspiración que no debe exceder los 10 m, la altura de descarga y las pérdidas de carga, etc.

**SELECCIÓN DE ABLANDADOR O
SUAVIZADOR DE AGUA:**



El suavizador de agua Purikor ofrece una solución para prevenir la formación de sarro ocasionado por los minerales de calcio y magnesio disueltos en el agua (Dura)

DATOS TÉCNICOS

MARCA:	PURIKOR
MODELO:	SOFT26D-2
CAUDAL:	15 gal/ min
PRESIÓN (mínima):	25 psi
VÁLVULA CONTROLADORA:	Digital por demanda PKV526D
TANQUE ABLANDADOR: (INTERNO)	Fibra de vidrio 12"x 48" Recubierto por polietileno de alta densidad
TANQUE ABLANDADOR: (EXTERNO)	Base de polietileno de alta resistencia a los impactos
CAPACIDAD ABLANDADOR:	3 ft. cúbicos
CAPACIDAD TANQUE DE REGENERACIÓN:	100 Lt.
TANQUE DE REGENERACIÓN:	polietileno de alta densidad
TIPO DE RESINA PARA TANQUE:	Resina catiónica (5 Años aprox.)

SELECCIÓN DE ZEOLITA



Es el medio de filtración granular con el mejor desempeño, hecho a base de un mineral con propiedades únicas.

Su estabilidad y microporosidad lo hacen el medio de filtración perfecto para prácticamente cualquier aplicación como sistemas de tratamiento de agua y filtración de piscinas.

DATOS TÉCNICOS

MARCA:	PURIKOR
NOMBRE:	Zeolita
RETENCIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS (TAMAÑO):	3 a 5 micras
CONTENIDO DEL SACO:	22 kg
TIEMPO DE DURACIÓN:	Más de 4 años (aprox.)
AFILIADO A:	Water Quality Association (WQA)

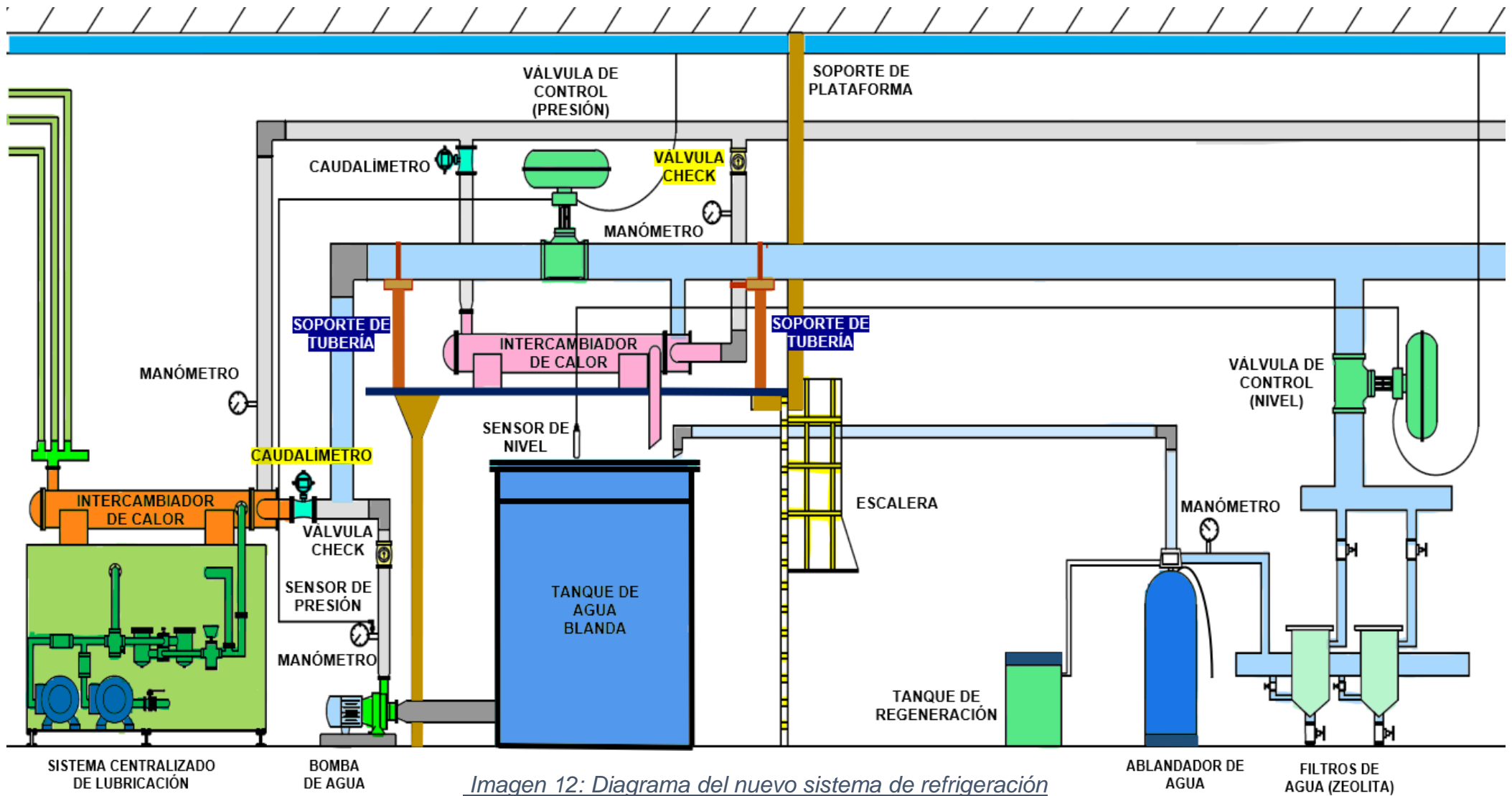
SELECCIÓN DE SAL PARA REGENERACIÓN



La sal en pellets Purikor (gránulos) es un producto elaborado de cloruro de sodio proveniente de fuentes naturales como el agua de mar. Su presentación es en forma de comprimidos de sal, solubles en el agua.

DATOS TÉCNICOS

MARCA:	PURIKOR
NOMBRE:	Sal en Pellets
HUMEDAD RELATIVA DE ALMACENAMIENTO:	Menor a 70%
TEMPERATURA DE ALMACENAMIENTO:	Menor de 30 °C
ESTADO DE AMBIENTE DE ALMACENAMIENTO:	Limpio y libre de aromas
PRODUCTO CERTIFICADO BAJO LA NORMA:	norma NMX-F-CC-22000-NORMEX-IMNC-2007




Objetivo específico 4: “Evaluar el costo beneficio de la implementación del sistema de refrigeración”.

PARADAS NO PROGRAMADAS AÑO 2021				
TOTAL :	118	horas		
NO PROGRAMADOS POR ROTURAS DE PAPEL, MANTTO CORRECTIVO :	85	horas	(PROBLEMAS EN EQUIPOS , ROTURAS CONSTANTE DE PAPEL)	72%
NO PROGRAMADOS POR LIMPIEZA DE INTERCAMBIADOR DE CALOR :	33	horas	(PROBLEMAS EN LA PRESIÓN DE AGUA, CALENTAMIENTO DEL ACEITE DEL SISTEMA CENTRALIZADO)	28%

Imagen 13: Paradas no programadas en el año 2021 (Total de horas)

CUADRO DE PARADAS POR LIMPIEZA DE INTERCAMBIADOR DE CALOR POR CADA MES - AÑO 2021.

MES	N° DE SEMANA	N° LIMPIEZAS AL MES	N° HORAS DE PARADA POR LIMPIEZA POR MES
Enero	1; 4; 5	3	5
Febrero	7	1	2
Marzo	10; 12	2	4
Abril	14	1	2
Mayo	22	1	2
Junio	27	1	2
Julio	30	1	2
Agosto	33	1	2
Setiembre	37; 40	2	4
Octubre	43	1	2
Noviembre	46; 49	2	4
Diciembre	51	1	2
	TOTAL:	17	33
Promedio de paradas por limpieza (mensual):	1.45		
			
POR LIMPIEZA DE INTERCAMBIADOR DE CALOR			

DETALLE DE PÉRDIDAS (ANUALMENTE) POR LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DEL INTERCAMBIADOR DE CALOR – SIN EL NUEVO DISEÑO DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

TOTAL, DE TIEMPO DE PARADA POR LIMPIEZA DE INTERCAMBIADOR DE CALOR (HORAS)	TON PRODUCIDAS / HORA	SE DEJA DE PRODUCIR POR LIMPIEZA EN EL INTERCAMBIADOR (TONELAS)	COSTO TONELADA DE PAPEL - VENTA MP7 (SOLES)	COSTO POR DEJAR DE PRODUCIR POR LIMPIEZA DE INTERCAMBIADOR: (SOLES)
33	9	297	S/.1 500.00	S/. 445 500.00
COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL DE INTERCAMBIADOR DE CALOR (SOLES)				S/. 6 000.00
PÉRDIDA ANUAL POR LIMPIEZA DE INTERCAMBIADOR DE CALOR (SOLES)				S/. 451 500.00

INTERPRETACIÓN:

La dureza con la que el agua sale, de la planta de tratamiento de agua hacia el sistema de refrigeración del sistema centralizado de lubricación; tiene como parámetro 400 mg/Lt. de CaCO₃ o 400 ppm de dureza y al no contar con un sistema de refrigeración y ablandamiento adecuado las tuberías del intercambiador de calor tienden a encalicharse, llegando a producirse problemas en la presión del agua, hasta llegar al calentamiento de todos los componentes del sistema centralizado, lo que corresponde a un 28 % de las paradas no programadas.

En el cuadro mostrado se puede apreciar el detalle total de paradas por mantenimiento preventivo al intercambiador de calor (limpieza del haz de tubos); en este registro anual se puede apreciar, cuanto se deja de producir en horas (297 toneladas) y el impacto que este genera anualmente (perdida de S/.445 500.00 anuales), adicionándolo a esto se suma el costo por mantenimiento y prueba hidrostática que se le realiza al intercambiador de calor (terceriza) en la parada de planta anual que se da por mantenimiento (S/.6 000.00) siendo la pérdida anual por limpieza y mantenimiento de intercambiador de calor de S/.451 500.00.

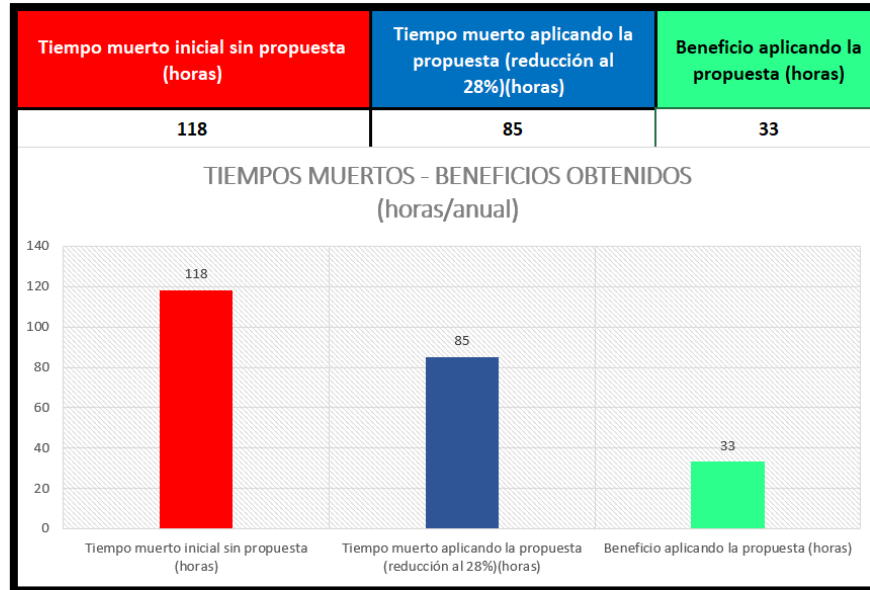


Imagen 14: Tiempos muertos por paradas no programadas y beneficios obtenidos en horas

DETALLE DE HORAS PERDIDAS POR MANTENIMIENTO ANUAL (PROGRAMADO Y NO PROGRAMADO) – CONSIDERANDO UN AHORRO DEL 28% EN EL TIEMPO CON UN NUEVO DISEÑO DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

TOTAL, DEL TIEMPO POR PARADAS NO PROGRAMADAS (HORAS)	TON PRODUCIDAS / HORA	SE DEJA DE PRODUCIR POR PARADAS NO PROGRAMADAS (TM)	COSTO TONELADA DE PAPEL - VENTA MP7 (SOLES)	COSTO POR DEJAR DE PRODUCIR POR PARADAS NO PROGRAMADAS: (SOLES)
118	9	1062	S/. 1500.00	S/. 1,593 000.00
COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL DE INTERCAMBIADOR DE CALOR (SOLES)				S/. 6 000.00
TOTAL, DE COSTO POR PARADAS NO PROGRAMADAS (ANUAL)				S/. 1,599 000.00
TOTAL, DE COSTO POR PARADAS NO PROGRAMADAS ANUAL CON NUEVO DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN (SOLES)				S/. 1,147 500.00
AHORRO ANUAL - CON NUEVO DISEÑO DE UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN (SOLES)				S/. 451 500.00

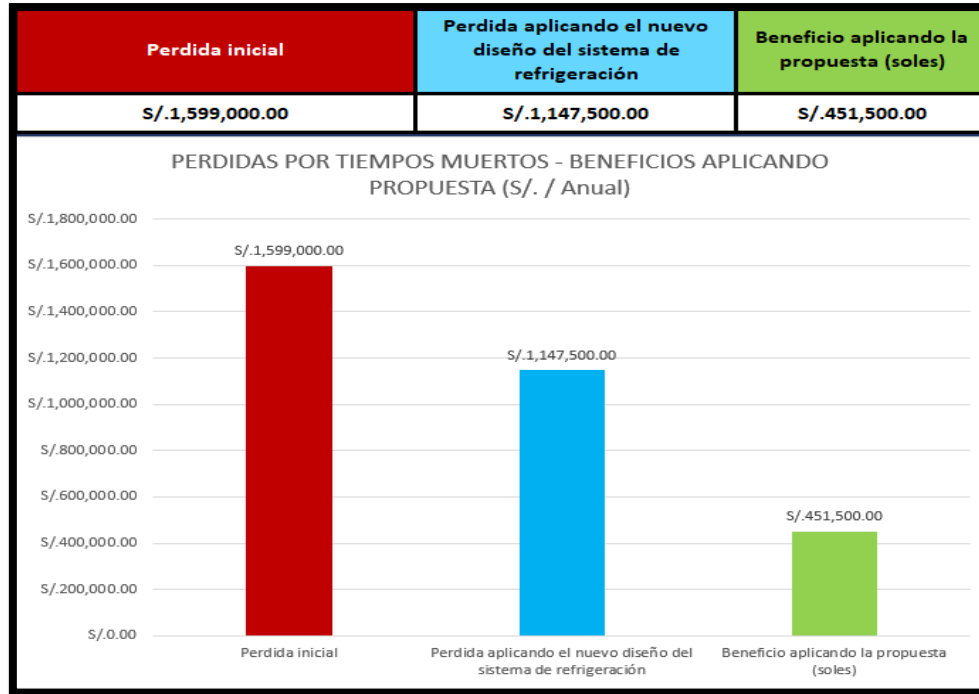


Imagen 15: Pérdidas y beneficios obtenidos (S/.) por implementación del nuevo diseño.

INTERPRETACIÓN:

En el cuadro mostrado se puede apreciar que las horas por paradas no programadas (Anualmente) son de 118 horas, pasándolo a TM. de papel que se deja de producir sería 1062 (toneladas) sabiendo que la venta por cada tonelada de papel es S/1.500.00, calculamos que la pérdida anual la cual sería de S/ 1,593 000.00 sumándolo a esto el mantenimiento y prueba hidrostática del intercambiador de calor que se realiza anualmente (S/ 6 000.00) (terciarizado) nos da una pérdida de S/ 1,599 000.00. Con la implementación del nuevo diseño disminuye un 28% de las paradas no programadas, teniendo como costo anual S/ 1,147 500.00, entonces el beneficio que se obtendría anualmente sería de S/451 500.00.

Para la evaluación económica y financiera, se elaboró un cuadro detallando el costo de las inversiones para poder realizar el nuevo diseño de sistema de refrigeración del sistema centralizado de lubricación de una máquina papelera.

Tabla : Inversión en personal fabricación e instalación de sistema de refrigeración			
Personal	CANT	Remuneración (S./MES)	Total de Remuneración(S./)
Soldadores	2	1,800.00	3,600.00
Calderero	1	2,000.00	2,000.00
Supervisor de mantenimiento	1	3,500.00	3,500.00
Mecánicos de mantenimiento	2	1,800.00	3,600.00
Electricista industrial	1	1,900.00	1,900.00
Instrumentista	1	2,000.00	2,000.00
TOTAL (S./MES)			S/. 16,600.00

Tabla: Inversión de materiales y equipos			
Compra	CANT	Costo Unidad (S./)	Costo Total (S./)
Plancha de acero inoxidable 316 (1/4" x 4 ft x 8 ft)	6	2,400.00	14,400.00
Soldadura inox. (kg)	50	50.00	2,500.00
Ablandador de agua de 3 ft3 con válvula automática	1	59,672.00	59,672.00
3 ft cubicos de resina catiónica	3	700.00	2,100.00
Sal para regeneración (Purikor)	25	654.00	16,350.00
Tubería de 6"x 6 mt	1	1,960.00	1,960.00
Tubería de 4"x 6 mt	6	1,540.00	9,240.00
Tubería de 2"x 6 mt	4	930.00	3,720.00
Tubería de 1 1/2" x 6 mt	2	750.00	1,500.00
Válvulas de control neumático	2	2,200.00	4,400.00
Válvula de bolas	6	35.00	210.00
zeolita	2	1,122.00	2,244.00
Válvula check (4")	2	450.00	900.00
Codos inox. (4")	4	50.00	200.00
te inox. (4")	4	114.00	456.00
Sensor de nivel	1	1,783.00	1,783.00
Sensor de presión	1	2,939.00	2,939.00
Bomba centrífuga 1 HP	1	1,200.00	1,200.00
vigas en I (IPN 120)	2	1,100.00	2,200.00
Columnas en I (IPN 200)	1	1,700.00	1,700.00
Manómetros de presión	4	420.00	1,680.00
caudalímetros	2	2,500.00	5,000.00
Angulo de 4"	2	1,600.00	3,200.00
Angulo de 2"	3	850.00	2,550.00
COMPRA TOTAL (S/)			S/. 142,104.00
INVERSIÓN TOTAL (S/)			S/. 158,704.00

Tabla: Evaluación económica y financiera.

EVALUACIÓN ECONOMICA - FINANCIERA

Inversión inicial **S/. 158,704.00**

ESTADO DE RESULTADOS

AÑO	2021	1° AÑO DE IMPLEMENTACIÓN	2° AÑO DE IMPLEMENTACIÓN	3° AÑO DE IMPLEMENTACIÓN	4° AÑO DE IMPLEMENTACIÓN	5° AÑO DE IMPLEMENTACIÓN	6° AÑO DE IMPLEMENTACIÓN	7° AÑO DE IMPLEMENTACIÓN	8° AÑO DE IMPLEMENTACIÓN	9° AÑO DE IMPLEMENTACIÓN	10° AÑO DE IMPLEMENTACIÓN
Inversión		S/. 158,704.00	S/. 16,350.00	S/. 16,350.00	S/. 16,350.00	S/. 18,450.00	S/. 16,350.00	S/. 16,350.00	S/. 16,350.00	S/. 16,350.00	S/. 18,450.00
Perdidas de producción por limpieza de intercambiador de calor	S/. 445,500.00	S/. 286,796.00	S/. 429,150.00	S/. 429,150.00	S/. 429,150.00	S/. 427,050.00	S/. 429,150.00	S/. 429,150.00	S/. 429,150.00	S/. 429,150.00	S/. 427,050.00
Mantenimiento de intercambiador de calor (anual)	S/. 6,000.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 6,000.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 6,000.00	S/. 0.00	S/. 0.00	S/. 6,000.00	S/. 0.00
Anualmente	S/. 451,500.00	S/. 286,796.00	S/. 429,150.00	S/. 423,150.00	S/. 429,150.00	S/. 427,050.00	S/. 423,150.00	S/. 429,150.00	S/. 429,150.00	S/. 423,150.00	S/. 427,050.00
	SE PERDÍA ANUALMENTE	GANANCIA 1° AÑO	GANANCIA 2° AÑO	GANANCIA 3° AÑO	GANANCIA 4° AÑO	GANANCIA 5° AÑO	GANANCIA 6° AÑO	GANANCIA 7° AÑO	GANANCIA 8° AÑO	GANANCIA 9° AÑO	GANANCIA 10° AÑO

**CÁLCULO DE LA DISPONIBILIDAD DE PARADAS POR MANTENIMIENTO
ANTES Y DESPUÉS DEL DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN**

**DISPONIBILIDAD ANTES DEL NUEVO DISEÑO DE SISTEMA DE
REFRIGERACIÓN**

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{8760 \text{ horas} - 920 \text{ horas}}{8760 \text{ horas}} \times 100$$

DISPONIBILIDAD = 89.50%

Donde:

HORAS TOTALES :	8760	horas	(365 DÍAS)
MANTTO PROGRAMADO :	744	horas	(PARADA DE PLANTA)
PROGRAMADOS POR LIMPIEZA DE TELA, OTROS PROBLEMAS :	58	horas	(PROBLEMAS EN LA CALDERA, TURBOGENERADOR, PTA PULPA, MÁQUINA.)
NO PROGRAMADOS POR ROTURAS DE PAPEL, MANTTO CORRECTIVO :	85	horas	(PROBLEMAS EN EQUIPOS, ROTURAS CONSTANTE DE PAPEL)
NO PROGRAMADOS POR LIMPIEZA DE INTERCAMBIADOR DE CALOR :	33	horas	(PROBLEMAS EN LA PRESIÓN DE AGUA, CALENTAMIENTO DEL ACEITE DEL SISTEMA CENTRALIZADO)

DISPONIBILIDAD DESPUES DEL NUEVO DISEÑO DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

$$\text{DISPONIBILIDAD} = \frac{8760 \text{ horas} - 887 \text{ horas}}{8760 \text{ horas}} \times 100$$

DISPONIBILIDAD = 89.9%

Donde:

HORAS TOTALES :	8760	horas	(365 DÍAS)
MANTTO PROGRAMADO :	744	horas	(PARADA DE PLANTA)
PROGRAMADOS POR LIMPIEZA DE TELA, OTROS PROBLEMAS :	58	horas	(PROBLEMAS EN LA CALDERA, TURBOGENERADOR, PTA PULPA, MÁQUINA.)
NO PROGRAMADOS POR ROTURAS DE PAPEL, MANTTO CORRECTIVO :	85	horas	(PROBLEMAS EN EQUIPOS , ROTURAS CONSTANTE DE PAPEL)
NO PROGRAMADOS POR LIMPIEZA DE INTERCAMBIADOR DE CALOR :	0	horas	(PROBLEMAS EN LA PRESIÓN DE AGUA, CALENTAMIENTO DEL ACEITE DEL SISTEMA CENTRALIZADO)

PORCENTAJE DE AUMENTO DE DISPONIBILIDAD, APLICADO EL NUEVO DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

% DISPONIBILIDAD = 0.4%

IV. DISCUSIONES

En la presente investigación se planteó como primer objetivo específico evaluar el requerimiento de refrigeración del sistema centralizado de lubricación. (Bonilla Novillo, y otros, 2018) nos dicen que el proceso de refrigeración tiene como finalidad, disminuir y mantener la temperatura de procesos industriales y productivos, por otro lado, (Yory, y otros, 2008) dice que el término calor, se debe entender como energía transferida en un proceso, en la presente investigación lo primero que se realizó fue hallar el cálculo, de calor absorbido por el flujo de aceite, desde su salida del enfriador, pasando por tuberías (zona de secado) y luego retornando al cárter del sistema; por falta de acceso e instrumentos no se pudo obtener el caudal real en cada ramificación entonces según (Jiménez Carballo, 2018) indica que mientras no exista pérdidas ni ganancias entre los fluidos dentro de una tubería, la masa que ingresa es igual a la que sale en un determinado tiempo, entonces al saber que cada ramificación tiene el mismo diámetro y no existe pérdidas por las tuberías se puede operar como si fuera un fluido ideal aplicando la ecuación de la continuidad y tomándolo como un fluido incompresible. (Zapata, 2021) sí un fluido es incompresible, entonces su densidad es la misma en todos los puntos.

El segundo objetivo específico fue seleccionar el sistema de refrigeración más adecuado, este objetivo viene seguido del anterior que era hallar la necesidad de refrigeración en el sistema. (Froztec, 2019) una empresa dedicada a la ingeniería, asesoría y distribución de componentes para la refrigeración nos dice que para seleccionar un sistema de refrigeración adecuado debemos tener en cuenta varias limitantes como la disponibilidad del espacio, factores ambientales, temperatura objetivo a salir del sistema etc, suministro eléctrico, pero en el caso del presente proyecto, aparte de verificar las mejores alternativas en el mercado, nos apoyaremos en la experiencia de los ingenieros a cargo de la planta papelera Trupal S.A, mediante una encuesta de juicio de expertos.

En este objetivo se concuerda con el autor, debido a que en su aporte nos hace ver la gran eficiencia que tiene el ablandamiento por intercambio iónico en la dureza del

agua. (Sánchez Vera, 2019) que nos dice que la dureza del agua se debe a la presencia de iones de Ca y Mg, la cual para su eliminación es necesario utilizar el intercambio iónico que no es más que el intercambio de iones de calcio y magnesio por iones de sodio que se quedan atrapados en la resina, hasta que esta llegue a un punto de saturación y necesite de una regeneración que se da mediante sal.

El tercer objetivo específico fue diseñar el sistema de refrigeración, los siguientes cálculos coincidieron con los autores (Campoverde Quito, y otros, 2016) una vez que ya hemos seleccionado un sistema de refrigeración adecuado, tenemos que analizar y seleccionar, los equipos, materiales y accesorios que vamos a utilizar para nuestro diseño. (Zamarripa Muñoz, 2019) nos dice que para realizar proyectos metalmecánicos el grupo de trabajo responsable debe tener una buena base en conocimientos teóricos y prácticos, en este caso la experiencia es la que ayudará a reducir los tiempos en el desarrollo del proyecto de diseño; por tal motivo el equipo que realizará el trabajo tiene que ser altamente calificado y con años de experiencia.

El último objetivo específico fue evaluar el costo beneficio de la implementación del sistema de refrigeración, en donde se tuvo que realizar un análisis de todas las paradas que se realizaron en el año por motivo de limpieza de haz de tubos de intercambiador de calor, haciendo los cálculos de las horas perdidas de producción de papel y luego realizando un cálculo de los costos que llevará realizar el nuevo diseño de sistema de refrigeración, verificando si es viable o no, la realización del nuevo proyecto de diseño (Sobrero, 2009) comenta que la viabilidad es la capacidad de que un proyecto se desempeñe bien (buen rendimiento), se puede utilizar como sinónimo de rentabilidad. En este objetivo se concuerda con el autor, debido a que en su aporte (Baldeón León, 2016) nos dice que para optimizar los procesos que utilizan agua dura se debe implementar, un sistema de refrigeración, donde se trate el causante principal del problema, y así poder solucionar los cuellos de botellas. de los problemas de la empresa lo que traerá como resultados un ahorro significativo al reducir las paradas por mantenimiento y al aumentar la productividad.

V. CONCLUSIONES

1.-Se evaluó el requerimiento de un sistema de refrigeración, realizándose un análisis general al proceso de funcionamiento en donde actúa el sistema de refrigeración, agenciándonos de toda la data que podamos conseguir.

2.-Se seleccionó un sistema de refrigeración adecuado partiendo de la investigación de todas las alternativas posibles en el mercado y de la experiencia de los ingenieros de planta (juicios de expertos); de tal manera que se pudo elegir el sistema y los accesorios que más útil sean (nuevas tecnologías).

3.-Se realizó un nuevo diseño de sistema de refrigeración, teniendo en cuenta en cuenta todos los parámetros necesarios como son la temperatura, el caudal que tiene que llegar al intercambiador de calor para un buen proceso de enfriamiento, etc.

4.-Se evaluó el costo beneficio teniendo en cuenta, las pérdidas que ocasiona el mantenimiento y/o reparación del intercambiador de calor y el impacto que este puede traer si llegara a fallar, sobre todo en la producción y de esta manera ver la viabilidad económica, en un nuevo diseño de sistema y en la inversión de equipos o accesorios, mano de obra, etc.

VI. RECOMENDACIONES

1. El personal de operación y/o mantenimiento que va a empezar a utilizar el nuevo sistema debe capacitarse sobre el funcionamiento de cada uno de los equipos o elementos que lo componen para que se encuentren preparados ante cualquier incidencia.
2. Se debe llevar un control de las regeneraciones del ablandador y de los filtros de zeolita para tener un historial de trabajo.
3. Se debe considerar un puesto adicional de trabajo, porque en el lugar de trabajo debe existir un operador que este pendiente de colocar la sal al tanque para las regeneraciones correspondientes y se encargue de controlar los parámetros de operación.

BIBLIOGRAFÍA

1. CAMPOVERDE, CHRISTIAN; ZHINGRE, IVAN (2016); "Diseño e implementación de un sistema de enfriamiento de agua con control de PH y agentes contaminantes, para el proceso de refrigeración en la sección de la tubera doble de la empresa continental tire Andina S.A". Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca – Ecuador. pp.151. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13148/1/UPS-CT006799.pdf>
2. GRAJALES, DARIO; Y. ORTIZ; M. PINZÓN (2006); "La confiabilidad, la disponibilidad y la mantenibilidad, disciplinas modernas aplicadas al mantenimiento"- Scientia Et Technica, vol. XII, núm. 30, mayo, 2006, pp. 155-160 Universidad Tecnológica de Pereira Pereira, Colombia. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84920491036.pdf>
3. BALDEÓN LEÓN, CARLOS ENRIQUE (2016); "Implementación de un sistema de tratamiento de agua, para la reducción de costos de mantenimiento correctivo en la empresa Industria Fibraforte S.A ", Lima- Perú. Disponible en: https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10820/T055_40485141_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
4. FILTOMAT WATER SYSTEMS; "Ablandador de Agua, Soluciones y tecnología de agua". [sitio web]. Disponible en: <http://www.f-w-s.com/sistemas-tratamiento-agua-efluentes-aceite/planta-ablandadoragua-potable.html>
5. GARCÍA SOUTULLO, ROBERTO (2020); "Intercambiadores de calor". Ingeniero marino. 25 agosto 2020. Disponible en: <https://ingenieromarino.com/intercambiadores-de-calor/>
6. OIL-CONTROL (2021); "Sistema de lubricación centralizada". Gerenciamiento en lubricación. Disponible en: <https://www.oilcontrol.com.ar/website/category/otros->

7. SACOME (2019); "Intercambiador de calor, usos, ventajas y aplicaciones". "Intercambiadores de calor". 21 octubre 2019. Disponible en:
<https://www.sacome.com/casos-estudio-intercambiadores-tubulares/>

8. WILSON, KALLISTA (2021); "Intercambiadores de calor y fluidos térmicos en la industria procesadora de alimentos". Thermtest.
<https://thermtest.com/latinamerica/intercambiadores-de-calor-y-fluidos-termicos-en-la-industria-procesadora-de-alimentos>

9. MOREIRA ROMERO, ÁNGEL (2016); "Consideraciones sobre ablandadores de agua". revista Dominio de las ciencias. Universidad Laica "Eloy Alfaro" de Manabí, Manta, Ecuador. Vol.2, núm.4, octubre 2016, pp.334-345. Disponible en:
http://www.stheciologia.cl/p_ablandador-de-agua/

10. GONZÁLEZ, KRYSTLE; D. DAZA; P. CABALLERO; CH. MARTÍNEZ (2016); "valuación de las propiedades físicas y químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel", revista Luna Azul núm. 43, julio-diciembre 2016, pp. 499-517. Universidad de Caldas Manizales, Colombia. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/3217/321745921021.pdf>

11. DIEZ, P. FERNANDEZ; "Intercambiadores de calor método de la LMTD"
Disponible en:
<https://lopezva.files.wordpress.com/2011/10/intercambiadoreslmt.pdf>

12. AGUILAR MORAN, DOUGLAS; I. GONZALES; N. RUIZ; O. TINETTI (2012); "Propuesta de diseño de un sistema de refrigeración por absorción para mejorar la eficiencia de operación de planta en una central geotérmica", El Salvador , Centro America. Trabajo de graduación, pp. 435. Disponible en:

https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/1793/1/PROPUESTA_DE_DISE%C3%91O_DE_UN_SISTEMA_DE_REFRIGERACION_POR_ABSORCION.pdf

13. PÉREZ LÓPEZ, ESTEBAN (2016); "Control de calidad en aguas para consumo humano en la región occidental de Costa Rica". Tecnología en marcha. Costa Rica. Disponible en:
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0379-39822016000300003
14. OSPINO TOLORA, JUAN; A. ZAMBRANO (2000); "Rediseño del sistema de enfriamiento de las Máquinas involucradas en los procesos de fabricación de TUBOCARIBE S.A". Cartagena de Indias. 29 febrero 2000. Disponible en:
<https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0000204.pdf>
15. GALLEGO MAYA, ROCÍO (2000); "Análisis de ciclo de vida aplicado a sistemas de ablandamiento del agua". Sevilla 2021, Universidad de Sevilla, Trabajo de fin de graduación. Disponible en: <https://idus.us.es/handle/11441/126545>
16. SÁNCHEZ VERA, RODRIGO (2019); "Diseño de un sistema de control para el proceso de ablandamiento de agua mediante resinas de intercambio iónico". Madrid 2019. Escuela técnica superior de ingenieros industriales. Informe final de Grado. pp.73 Disponible en:
https://oa.upm.es/56831/1/TFG_RODRIGO_SANCHEZ_VERA.pdf
17. MENDOZA CEVALLOS, MARÍA GABRIELA; SALTOS INTRIAGO, CINTHIA ADRIANA (2018); "Sistema de abastecimiento de agua mediante procesos de filtración, ablandamiento y desinfección para zonas rurales de Manabí, Ecuador". Informe de trabajo de titulación, Calceta 2018. pp. 95 Disponible en:
<https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/878/1/TTMA28.pdf>
18. GARCÍA GARRIDO, SANTIAGO (REPORTERO INDUSTRIAL- 2016); "Formulas de cálculos de indicadores de disponibilidad". Blog sitio web: "MANTENIMIENTO 3.0". Disponible en: <https://www.reporteroindustrial.com/blogs/Formulas-de->

[calculo-de-indicadores-de-disponibilidad+115450#:~:text=La%20f%C3%B3rmula%20real%20es%20MTBF,tu%20equipo%20resuelve%20las%20fallas.](#)

19. MARTÍNEZ DE SÁNCHEZ, ANA MARÍA (2013); "Diseño de investigación. principios teórico metodológicos y prácticos para su concreción". Escuela de Archivología IV 2012-2013. Córdoba. artículo científico. pp.1-27. Disponible en: file:///C:/Users/JHON%20VICTOR/Downloads/moyas,+Journal+manager,+05+-+MARTINEZ-IV-2012-2013_037-063.pdf
20. JIMÉNEZ CARBALLO, CARLOS ADRIÁN (2018); "Dinámica de fluidos". CEDA-TEC Digital. Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. pp. 15. Disponible en: <https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10195/Dinamica%20de%20fluidos%20ideales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
21. CENGEL, YUNUS; J. GHAJAR (2011); "Transferencia de calor y masa". MEXICO D.F., Editorial Mcgraw Hill. 4ª edición. pp. 945. Disponible en: <https://itscv.edu.ec/wp-content/uploads/2019/06/Transferencia-de-calor-y-masa.-Fundamentos-y-aplicaciones-Cuarta-Edici%C3%B3n.pdf>
22. MANZANERO SÁNCHEZ, JAVIER (2015); "Diseño de una hoja excell, para un tanque de almacenamiento de gasóleo de automoción". Madrid, Escuela técnica superior de ingenieros de minas y energía. pp. 99. Disponible en: <https://oa.upm.es/37785/>
23. GUZHÑAY MIRANDA, FERNANDO (2012); "Estudio del comportamiento del acero A36 mediante ensayos de tracción para determinar fallas en elementos estructurales, mediante la norma ASTM E-8". Universidad técnica de Ambato. Ecuador, Tesis. pp. 265. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3035>
24. InoxMIM (2020); "Bombas Centrifugas" 20 de diciembre 2020.

Disponible en: <https://www.inoxmim.com/blog-c/como-elegir-una-bomba-centrifuga>

25. BONILLA NOVILLO, SAYURI; J. CASTELO; L. OROZCO; E. JÁCOME (2018); "Análisis del funcionamiento de sistemas de refrigeración por compresión y absorción". Ecuador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Artículo científico. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/03/sistemas-refrigeracion.html#:~:text=Los%20sistema%20de%20refrigeraci%C3%B3n%20por,C%20a%20%2D55%C2%B0C>
26. YORY, JORGE; G. MEJÍA (2008); "Explicación, demostración y evaluación de un nuevo método para hallar n cuerpos con cambio de fase". Pontificia Universidad Javeriana. Colombia, vol.13, núm. 3. Artículo científico. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49913014006>
27. ZAPATA, FANNY (2021); "Ecuación de la continuidad", LIFEDER. 19 de abril 2021. Disponible en: <https://www.lifeder.com/ecuacion-de-continuidad/>
28. FROZTEC (2019); "Sistema de enfriamiento para procesos Industriales". blog informativo: Refrigeración industrial y comercial. Disponible en: <https://blog.froztec.com/sistemas-de-enfriamiento-para-procesos-industriales-es>
29. ZAMARRIPA MUÑOZ, MIGUEL; P. OJEDA (2019); "Enseñanza del diseño mecánico mediante un proyecto CAD documentado". Revista de Ingeniería mecánica, España, 30 de setiembre del 2019, Universidad Tecnológica de Aguascalientes. vol, 3 N° 11. pp. 24-33. Disponible en: https://www.ecorfan.org/spain/researchjournals/Ingenieria_Mecanica/vol3num11/Revista%20de%20Ingenier%C3%ADa_Mec%C3%A1nica_V3_N11_4.pdf
30. SOBRERO, FRANCISCO SANTIAGO (2009); "Análisis de Viabilidad: La cienicienta en los Proyectos de Inversión". Chile 2009. pp 1-20. Disponible en: <http://www.asociacionag.org.ar/pdfcap/5/Sobrero,%20Francisco%20-%20ESTUDIOS%20DE%20VIABILIDAD%20LA%20CENICIENTA%20DE%20LOS%20PROYECTOS%20DE%20INVERSION.pdf>

31. SPIRAX SARCO (2010); "Intercambiadores de calor de tubos: Manual de instrucciones de instalación y mantenimiento"; Disponible en:
https://content.spiraxsarco.com//media/spiraxsarco/international/documents/es/im/intercambiador_de_calor_de_tubos-im-p476-02-es.ashx?rev=ef802c0b829c44af8f9f4aefabe60839

32. AIGÜES DE MATARÓ (2022); "Dureza del agua". "Medida de la dureza y clasificación del agua". Ajuntament de Mataró 2022. Disponible en:
<https://www.aiguesmataro.com/es/dureza-del-agua>

33. LÓPEZ VARGAS, ARMANDO FABRIZIO (2019); "Diseño e implementación de una torre de enfriamiento con un relleno alternativo identificando las correlaciones de la tasa global de transferencia de calor y caída de presión". Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Unidad de Posgrado Doctorado en Ingeniería Industrial. Lima - Perú. pp.163. Disponible en:
<https://industrial.unmsm.edu.pe/UPG/archivos/TESIS2019/DOCTORADO/tesis37.pdf>

34. GONZALES GAMARRA, KAREN TATIANA (2017); Diagnóstico y propuesta de control del sistema de tratamiento de efluente de la empresa papelera nacional S.A., Paramonga – 2017". Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Huacho – Perú. Disponible en:
<http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/4316/KAREN%20TATIANA%20GONZALES%20GAMARRA.pdf?sequence=4>

35. BURGOS VILLEGAS, MARIBEL (2015). "Tratamiento del efluente generado en la fabricación de papel de la Empresa Trupal S.A. para su reúso en el proceso" (Tesis de maestría). Recuperado de
<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/3161/TESIS%20MAESTRIA%20MARLY%20MARIBEL%20BURGOS%20VILLEGAS.pdf?sequence=1&isAllo>

[wed=y](#)

36. CÉSPEDES PANDURO, GENOVÉS. (2016). "Control de los procesos de clarificación y tratamiento biológico en la Industria del Papel Tissue". Lima Perú (Tesis de grado). Recuperado de:
https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/10752/T055_17562452_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
37. GONZALES, M. (2015). Optimización del tratamiento biológico de la planta de aguas residuales de Papelera Nacional S.A. (Tesis de maestría). Recuperado de
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20907>
38. LOZANO, J. (2005). Memoria Técnica de la implementación del Sistema de Tratamiento Externo de Efluentes en Papelera Nacional S.A. (Tesis de grado). Recuperado de
<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/14564/2/PORTADA.pdf>
39. ORDÓÑEZ, R. (2013). Tratamientos avanzados de regeneración de efluentes en la producción de papel. (Tesis doctoral). Recuperado de
<http://eprints.ucm.es/18022/1/T34154.pdf>
40. RIVERA, Y. (2017). Evaluación del impacto de vertimiento de aguas residuales de una industria papelera a un tramo del río Rímac. (Tesis de grado). Recuperado de
http://repositorio.untels.edu.pe/bitstream/UNTELS/197/1/Rivera_Yosselin_Trabajo_Profesional_2017.pdf
41. RODRÍGUEZ, J., MAÑUNGA, T., & CÁRDENAS, C. (2012). Influencia de las fracciones de materia orgánica sobre el desempeño de un sistema de tratamiento de agua residual de una industria papelera. Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, 15(2), 447-455. Recuperado de:
<https://revistas.udca.edu.co/index.php/ruadc/article/view/846>

ANEXOS

Anexo 1.- Operacionalización de las variables:

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	MEDICIÓN
<p>Variable 1:</p> <p>Sistema de refrigeración</p>	<p>En la parte industrial (Froztec, 2019) la define como un proceso donde se transfiere el calor absorbido hacia el medio ambiente o hacia otro fluido que puede ser agua o aire para su enfriamiento.</p>	<p>Mediciones resultantes de sensores de temperatura; manómetros de presión y controladores de flujo.</p>	<p>Temperatura</p> <p>Presión manométrica</p> <p>Caudal</p>	<p>De Intervalo</p> <p>De Razón</p>
<p>Variable 2:</p> <p>Disponibilidad del sistema centralizado.</p>	<p>(Cañarejo Changuan, 2022) define a la disponibilidad como la confianza de un equipo para que funcione correctamente según lo que espera el operador, en un determinado tiempo.</p>	<p>Mediciones resultantes de hojas de cálculo, mediante análisis de datos a historiales de equipos</p>	<p>Horas de paradas por mantenimiento</p> <p>Horas totales de funcionamiento</p>	<p>De Razón</p>

Tabla 5: Operacionalización de las variables

Anexo 2.- Validación de datos de registro:

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	FICHA DE DATOS DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRICACIÓN DE MAQUINA PAPELERA MP7 - TRUPAL
Objetivo del instrumento	MEDIR DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL SISTEMA CENTRALIZADO
Nombres y apellidos del experto	RONALD BENJAMIN PLASENCIA MEDINA
Documento de identidad	18858558
Años de experiencia en el área	4 AÑOS
Máximo Grado Académico	UNIVERSITARIO – INGENIERIA MECANICA ELECTRICA
Nacionalidad	PERUANO
Institución	TRUPAL S.A
Cargo	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO
Número telefónico	948612337
Firma	 Ing. Ronald Plasencia Medina SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO
Fecha	22 /04 / 2022

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	FICHA DE DATOS DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRICACIÓN DE MAQUINA PAPELERA MP7 - TRUPAL
Objetivo del instrumento	MEDIR DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL SISTEMA CENTRALIZADO
Nombres y apellidos del experto	OSCAR ENRIQUE OJEDA GARCÍA
Documento de identidad	45523903
Años de experiencia en el área	08 AÑOS
Máximo Grado Académico	UNIVERSITARIO – INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
Nacionalidad	PERUANO
Institución	TRUPAL S.A
Cargo	SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO – MP7
Número telefónico	949533521
Firma	 Ing. Oscar Ojeda Garcia SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO
Fecha	22 /04 / 2022

FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

Nombre del instrumento	FICHA DE DATOS DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRICACIÓN DE MAQUINA PAPELERA MP7 - TRUPAL
Objetivo del instrumento	MEDIR DISPONIBILIDAD DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL SISTEMA CENTRALIZADO
Nombres y apellidos del experto	JAIME PAUL TORRES ROJAS
Documento de identidad	41140019
Años de experiencia en el área	12 AÑOS
Máximo Grado Académico	UNIVERSITARIO – INGENIERIA INDUSTRIAL
Nacionalidad	PERUANO
Institución	TRUPAL S.A
Cargo	PLANIFICADOR DE MANTENIMIENTO
Número telefónico	969151941 
Firma	 ***** Ing Jaime Torres Rojas 1° PLANIFICADOR DE MANTENIMIENTO
Fecha	22 /04 / 2022

Datos técnicos de la bomba y del intercambiador de calor, obtenidos de manual de montaje y mantenimiento del sistema centralizado (**FUENTE: Departamento de Proyectos y Planificaciones.**)

Tabla 6: Datos técnicos de bomba de engranaje del sistema centralizado

DATOS TÉCNICOS DE BOMBA DE ENGRANAJE	
MARCA:	IVO - TURROLLO
CAUDAL:	440 Lt. / min
DIÁMETRO DE TUBERIA SUCCIÓN:	3"
DIÁMETRO DE TUBERIA DESCARGA:	2"
TENSIÓN:	440
POTENCIA DE BOMBA:	22 KW.
VELOCIDAD DE BOMBA:	1760 RPM.
PRESIÓN MÁXIMA DE BOMBA:	285 PSI.
FRECUENCIA:	60Hz.

DATOS TÉCNICOS DE INTERCAMBIADOR DE CALOR	
LONGITUD:	2.5 m
MATERIAL DE CARCASA:	Acero nodular
DIÁMETRO DE CARCASA EXTERIOR:	320 mm
DIÁMETRO DE CARCASA INTERIOR:	300 mm
NUMERO DE TUBOS:	316
MATERIAL DE LOS TUBOS:	cobre
DIÁMETRO DE TUBOS EXTERIOR:	10 mm
DIÁMETRO DE TUBOS INTERIOR:	8 mm
TEMPERATURA INICIAL (ACEITE):	65 °C
TEMPERATURA FINIAL (ACEITE):	40 °C
TEMPERATURA INICIAL (AGUA):	25 °C
TEMPERATURA FINAL (AGUA):	52 °C

Tabla 7: Datos técnicos del intercambiador de calor del sistema centralizado

ANEXO 3:

RESULTADOS

• **Objetivo específico 1: “EVALUAR EL REQUERIMIENTO DE REFRIGERACIÓN DEL SISTEMA CENTRALIZADO DE LUBRICACIÓN”**

Cálculo de calor absorbido:

Realizamos el cálculo de caudal real de la bomba de engranaje del sistema centralizado y encontramos que el caudal:

$$Q = 116 \frac{\text{Gal}}{\text{min}}$$

Conversiones:

$$Q = 0.007333 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = 439.06 \frac{\text{Lt}}{\text{min}}$$

$$Q = 439980 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

❖ De la ecuación de la continuidad podemos ver:

$$Q = A * v \quad (1)$$

Donde:

$$Q = \text{caudal} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)$$

$A = \text{área de la sección transversal de la tubería} (\text{m}^2)$

$v = \text{velocidad media del fluido} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right)$

❖ Entonces:

$$Q_{total} = Q_{ramif.} \quad (2)$$

Donde:

$Q_{total} = \text{caudal total que sale del enfriador.}$

$Q_{ramif.} = \text{caudal de las ramificaciones.}$

El caudal total; sale del enfriador en una tubería de diámetro $\emptyset = 2''$ y se distribuye entre tres ramificaciones (tuberías de diámetro $\emptyset = 1''$) (ver imagen 13)

Por ley de continuidad podemos decir:

$$Q_{total} = Q_{ramif.1} + Q_{ramif.2} + Q_{ramif.3} \quad (3)$$

Ahora podemos encontrar la velocidad del fluido y el área; teniendo como dato el caudal total y los diámetros de las tuberías.

CAUDAL EN LA SALIDA DEL ENFRIADOR:

$$Q_{SE} = A_{SE} * v_{SE} \quad (4)$$

Donde:

$$Q_{SE} = \text{caudal a la salida del enfriador} \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

$$A_{SE} = \text{área de la sección transversal de la tubería a la salida del enfriador} (m^2)$$

$$v_{SE} = \text{velocidad media del fluido a la salida del enfriador} \left(\frac{m}{s} \right)$$

Para efectuar el problema hallamos el Área en m^2 :

- ❖ El diámetro interno de una tubería de 2" es 50 mm, pero para efectuar, primero lo convertimos a "m".

$$A_{SE} = \pi * \frac{(0.05)^2}{4}$$

$$A_{SE} = 0.00196350 m^2$$

Ahora remplazamos el área obtenida en la ecuación (4); para obtener la velocidad del fluido a la salida del enfriador:

$$Q_{SE} = A_{SE} * v_{SE}$$

$$0.007333 \frac{m^3}{s} = 0.00196350 m^2 * v_{SE}$$

$$v_{SE} = \frac{0.007333 \frac{m^3}{s}}{0.00196350 m^2}$$

$$v_{SE} = 3.73466 \frac{m}{s}$$

Luego de esto el caudal, se ramifica en tres tuberías de igual diámetro:

$$Q_{total} = n(A_{IR} * v_{IR}) \quad (5)$$

Donde:

$Q_{total} = Q_{SE} =$ caudal de salida del enfriador.

A_{IR} = área de la sección transversal de la tubería de ramificación.

v_{IR} = velocidad media del fluido en las ramificaciones.

n = número de ramificaciones.

CAUDAL EN EL INGRESO A CADA RAMIFICACIÓN:

Sabiendo el diámetro de las tuberías de las ramificaciones, encontramos el área y luego la velocidad del fluido que pasa por las tuberías, reemplazando los datos en la ecuación (5).

Para efectuar el problema hallamos el Área en m^2 :

- ❖ El diámetro interno de una tubería de $\varnothing = 1"$ es 25 mm, pero para efectuar, primero lo convertimos a "m".

$$A_{IR} = \pi * \frac{(0.025)^2}{4}$$
$$A_{IR} = 0.000490874 \text{ m}^2$$

Ahora hallamos la velocidad del fluido en las ramificaciones:

$$Q_{total} = (A_{IR} * v_{IR})$$
$$0.007333 \frac{m^3}{s} = (0.000490874 \text{ m}^2 * v_{IR})$$
$$v_{IR} = \frac{0.007333 \frac{m^3}{s}}{0.000490874 \text{ m}^2}$$
$$v_{IR} = 4.980 \frac{m}{s}$$

Entonces:

$$Q_{ramif.1} = Q_{ramif.2} = Q_{ramif.3} \quad (6)$$

Una vez que hemos hallado la velocidad y teniendo el área de las ramificaciones reemplazamos en la ecuación (7) para de esta manera obtener el caudal que fluye por cada tubería.

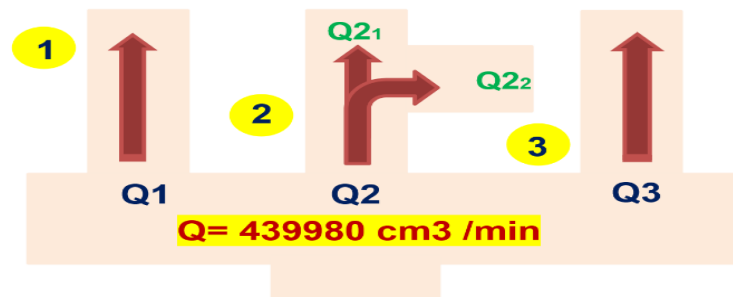
$$Q_{ramif.} = A_{ramif.} * v_{ramif.} \quad (7)$$

$$Q_{ramif.} = 0.000490874 \text{ m}^2 * 4.980 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$Q_{ramif.} = 0.002445 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q_{ramif.} = 146660 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

En el siguiente dibujo se divide el caudal en cada ramificación (1; 2 y 3):



RAMIFICACIÓN DE ZONA 1:

$$Q_1 = Q_{ramif.1} = 146660 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

RAMIFICACIÓN DE ZONA 2:

$$Q_2 = Q_{ramif.2} = 146660 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

RAMIFICACIÓN DE ZONA 3:

$$Q_3 = Q_{ramif.3} = 146660 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

En la ramificación 2 hay dos sub-ramificaciones (2.1 y 2.2), donde hallaremos el caudal por ramificación, el área y su velocidad, sabiendo que se ramifican en dos tuberías de diámetro 1”:

$$Q_2 = Q_{2.1} + Q_{2.2} \quad (8)$$

El caudal Q_2 se ramifica en dos partes iguales, según el principio de continuidad o conservación del caudal, son iguales porque tienen la misma área y la misma velocidad:

$$Q_{2.1} = Q_{2.2}$$

$$\frac{0.0024445 \frac{m^3}{s}}{2}$$

$$0.00122225 \frac{m^3}{s}$$

$$73335 \frac{cm^3}{min}$$

Entonces:

$$Q_{2.1} = Q_{2.2} = 0.00122225 \frac{m^3}{s}$$

Para efectuar el problema hallamos el Área en Q_1 y Q_2 en m^2 :

- ❖ El diámetro interno de una tubería de 1" es 25 mm, pero para efectuar, primero lo convertimos a "m".

$$A_{ramif.} = \pi * \frac{(0.025)^2}{4}$$

$$A_{ramif.} = 0.000490274 m^2$$

Ahora hallamos la velocidad del fluido en las ramificaciones de la salida N°2:

$$Q_{ramif.} = A_{ramif.} * v_{ramif.}$$

$$0.00040718 \frac{m^3}{s} = 0.000490874 m^2 * v_{ramif.}$$

$$v_{ramif.} = \frac{0.00040718 \frac{m^3}{s}}{0.000981748 m^2}$$

$$v_{ramif.} = 0.4148 m/s$$



Imagen 16: Ramificaciones del sistema centralizado de lubricación

1. CÁLCULO DEL CALOR OBTENIDO EN EL SISTEMA DE LUBRICACIÓN LADO MOTRIZ.

Por datos técnicos del manual de operaciones y mantenimiento del sistema centralizado, nos indica que el flujo volumétrico que debe ser entregado al sistema de lubricación lado motriz (**tabla 5**) es el siguiente:

$$V = 301200 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

Convertimos a otras unidades:

$$V = 5020 \frac{\text{cm}^3}{\text{s}}$$

$$V = 0.00502 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Donde:

V = flujo volumétrico.

m^3 = metros cúbicos.

cm^3 = centímetros cúbicos.

s = segundos.

- ❖ Estos datos fueron obtenidos del manual de operaciones y mantenimiento de la unidad hidráulica del sistema centralizado de aceite:

CAUDALES DE PUNTOS DE LUBRICACIÓN – LADO MOTRIZ					
N° CAJAS RESTRICTORAS	N° CAJAS REDUCTORAS	CAJAS DISTRIBUIDORAS (N° SALIDAS)	CAUDAL POR CAJA RESTRICTORA (cm^3/min)	CAUDAL TOTAL (cm^3/min)	CAUDAL POR PUNTO EN CAJA DISTRIBUIDORA (cm^3/min)
15	-	10	1000	15000	100
3	-	6	600	1800	100
1	-	12	1200	1200	100
3	-	10	1000	3000	100
2	-	6	600	1200	100
15	-	6	2400	36000	400
3	-	3	1200	3600	400
4	-	6	2400	9600	400
2	-	3	1200	2400	400
1	-	4	400	400	100
3	3		-	6000	-
13	13		-	221000	-
				301200	cm^3/min

Tabla 8: Caudales que fluyen en el lado motriz de la "MP7"

Fuente: "Manual de unidad hidráulica del sistema centralizado de aceite".

Según tabla de caudales, nos indica que para el buen funcionamiento de la parte motriz se necesita $301200 \text{ cm}^3/min$

El caudal real enviado, es la sumatoria de los caudales que van a alimentar a todas las cajas reductoras lado motriz:

$$Q_{\text{lado motriz}} = Q_1 + Q_{2.1} + Q_3$$

$$Q_{\text{lado motriz}} = 146660 + 73335 + 146660$$

$$Q_{\text{lado motriz}} = 366655 \frac{cm^3}{min}$$

$$Q_{\text{lado motriz}} = 0.0061109 \frac{m^3}{s}$$

Ahora podemos hallar el flujo másico; teniendo como datos la densidad del aceite “SHELL OMALA S2 - G 150” y el caudal real que circula por la tubería. (*obtenido de ficha técnica del aceite utilizado en el sistema centralizado de lubricación*) **(Tabla 7)**:

$$\dot{m} = \delta * \dot{v}$$

$$\dot{m} = 897 \frac{kg}{m^3} * 0.0061109 \frac{m^3}{s}$$

$$\dot{m} = 5.4815 \frac{kg}{s}$$

Donde:

\dot{m} = Flujo másico.

δ = Densidad.

\dot{v} = Flujo volumétrico.

kg = kilogramos.

s = Segundos.

- Ahora calculamos el calor absorbido en el lado motriz, teniendo los siguientes datos:

$$T_o = 40 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ ó } 313.15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$T_f = 65 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ ó } 338.15 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$C_{\dot{e}} = 1964 \frac{J}{Kg*^{\circ}K} \text{ (Tabla 8: libro de Cengel “Tabla A-13”)}$$

$$Q = \dot{m} * C_{\dot{e}} * \Delta T$$

$$Q = 5.4815 \frac{kg}{s} * 1964 \frac{J}{Kg*^{\circ}K} * (338.15 - 313.15) \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q = 5.4815 \frac{kg}{s} * 1964 \frac{J}{Kg*^{\circ}K} * 25 \text{ } ^\circ\text{K}$$

$$Q = 269141.65 \frac{J}{s} \text{ (watt)}$$

$$\underline{\underline{Q = 269.14165 Kw \text{ (LADO MOTRIZ)}}}$$

Donde:

Q = Calor Absorbido.

\dot{m} = Flujo másico.

C_e = Calor específico.

ΔT = Diferencial de temperatura.

2. Cálculo del calor obtenido en el Sistema de lubricación lado operador.

- Por datos técnicos del manual de operaciones y mantenimiento del sistema centralizado, nos indica que el flujo volumétrico entregado al sistema de lubricación lado operador (**Tabla 6**):

$$\dot{v} = 5400 \frac{cm^3}{min}$$

Convertimos a otras unidades:

$$\dot{v} = 90 \frac{cm^3}{s}$$

$$\dot{v} = 9 * 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

Donde:

\dot{v} = flujo volumétrico.

cm^3 = centímetros cúbicos.

s = segundos.

m^3 = metros cúbicos.

Tabla 9: Caudales que fluyen en el lado operador de la "MP7"

CAUDALES DE PUNTOS DE LUBRICACIÓN – LADO OPERADOR					
N° CAJAS RESTRICTORAS	N° CAJAS REDUCTORAS	CAJAS DISTRIBUIDORAS (N° SALIDAS)	CAUDAL POR CAJA RESTRICTORA (cm^3/min)	CAUDAL TOTAL (cm^3/min)	CAUDAL POR PUNTO EN CAJA DISTRIBUIDORA (cm^3/min)
1	-	8	800	800	100
7	-	6	600	4200	100
11	-	4	400	400	100
				5400	cm^3/min

Fuente: "Manual de unidad hidráulica del sistema centralizado de aceite".

Según tabla de caudales obtenida del manual técnico del sistema centralizado nos

indica que para el buen funcionamiento de la parte operador se necesita 5400 cm³/min. El caudal real enviado al lado operador es:

$$Q_{\text{lado operador}} = Q_{2.2}$$

$$Q_{\text{lado operador}} = 73335 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

$$Q_{\text{lado operador}} = 0.00122225 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

- Ahora podemos hallar el flujo másico; teniendo como datos la densidad del aceite “SHELL OMALA S2 - G 150” y el caudal real que circula por la tubería. (*obtenido de ficha técnica del aceite utilizado en el sistema centralizado de lubricación*) (**ver imagen xxx**):

$$\dot{m} = \delta * \dot{v}$$

$$\dot{m} = 897 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.00122225 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$\dot{m} = 1.0964 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Donde:

\dot{m} = Flujo másico.

δ = Densidad.

\dot{v} = Flujo volumétrico.

kg = kilogramos.

s = Segundos.

Ahora calculamos el calor absorbido, teniendo los siguientes datos:

T_o = 40°C ó 313.15 °K

T_f = 55°C ó 328.15 °K

C_ę = 1964 $\frac{\text{J}}{\text{Kg} * \text{°K}}$ (Tabla 8: libro de Cengel “Tabla A-13”)

$$Q = \dot{m} * C_{ę} * \Delta T$$

$$Q = 1.0964 \frac{m^3}{s} * 1964 \frac{J}{Kg * ^\circ K} * (338.15 - 313.15) ^\circ K$$

$$Q = 0.943106 \frac{kg}{s} * 1964 \frac{J}{Kg * ^\circ K} * 15 ^\circ K$$

$$Q = 32299.944 \frac{J}{s} \text{ (watt)}$$

$$\underline{\underline{Q = 32.299 Kw \dots\dots\dots (LADO OPERADOR)}}$$

Donde:

Q = Calor Absorbido.

\dot{m} = Flujo másico.

C_p = Calor específico.

ΔT = Diferencial de temperatura.

Hallamos el total de calor absorbido por el aceite que circula en el sistema centralizado de aceite:

$$Q \text{ (LADO MOTRIZ)} + Q \text{ (LADO OPERADOR)}$$

$$Q = 269.14165 + 32.299 Kw$$

$$\underline{\underline{Q = 301.11065 Kw \dots\dots\dots (POTENCIA TÉRMICA O CALORÍFICA)}}$$

Properties			Method	Omala S2 G 150
Grado ISO de Viscosidad			ISO 3448	150
Viscosidad Cinemática	@40°C	mm ² /s	ISO 3104	150
Viscosidad Cinemática	@100°C	mm ² /s	ISO 3104	15
Índice de Viscosidad			ISO 2909	100
Densidad	@15°C	kg/m ³	ISO 12185	897
Punto de Inflamación (COC)			ISO 2592	240
Punto de Escurrimiento			ISO 3016	-24

Imagen 17: Características físicas del aceite "SHELL OMALA S2 G 150":

TABLA A-13								
Propiedades de líquidos								
Temp., T, °C	Densidad, ρ , kg/m ³	Calor específico, c_p , J/kg · K	Conducti- vidad térmica, k, W/m · K	Difusividad térmica, α , m ² /s	Viscosidad dinámica, μ , kg/m · s	Viscosidad cinemática, ν , m ² /s	Número de Prandtl, Pr	Coficiente de expan- sión volu- métrica, β , 1/K
<i>Aceite para motor (no usado)</i>								
0	899.0	1 797	0.1469	9.097×10^{-8}	3.814	4.242×10^{-3}	46 636	0.00070
20	888.1	1 881	0.1450	8.680×10^{-8}	0.8374	9.429×10^{-4}	10 863	0.00070
40	876.0	1 964	0.1444	8.391×10^{-8}	0.2177	2.485×10^{-4}	2 962	0.00070
60	863.9	2 048	0.1404	7.934×10^{-8}	0.07399	8.565×10^{-5}	1 080	0.00070
80	852.0	2 132	0.1380	7.599×10^{-8}	0.03232	3.794×10^{-5}	499.3	0.00070
100	840.0	2 220	0.1367	7.330×10^{-8}	0.01718	2.046×10^{-5}	279.1	0.00070
120	828.9	2 308	0.1347	7.042×10^{-8}	0.01029	1.241×10^{-5}	176.3	0.00070
140	816.8	2 395	0.1330	6.798×10^{-8}	0.006558	8.029×10^{-6}	118.1	0.00070
150	810.3	2 441	0.1327	6.708×10^{-8}	0.005344	6.595×10^{-6}	98.31	0.00070


Imagen 18: tabla de propiedades de los líquidos (aceite de motor) para hallar el calor específico, tomando como referencia @ 40 °C

- Objetivo específico 2: “Seleccionar el sistema de refrigeración más adecuado” // Se realizó la siguiente encuesta.

CUESTIONARIO DE PREGUNTAS SOBRE SELECCIÓN DE EQUIPOS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE LA MP7

APLICACIÓN: PAPELERA TRUPAL S.A

OBJETIVO: SELECCIÓN ADECUADA DE EQUIPOS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADO EN LA MP7

NOMBRE: Oscar Enrique Ojeda García ÁREA: MTTO. FIRMA: 
Ing. Oscar Ojeda García
SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO
CIP: 186275

CLASIFICACIÓN	VALOR
MUY BUENO	4
BUENO	3
ADECUADO	2
TOLERABLE	1
INADECUADO	0

CRITERIO	%	DESCRIPCIÓN
BAJO COSTO	30	Costo de mantenimiento menor a \$5000
FÁCIL ADQUISICIÓN DE REPUESTOS	15	Repuestos de fácil adquisición
FÁCIL MANTENIMIENTO	20	Mantenimiento menor a 8 hrs.
ALTA EFICIENCIA	20	Equipo con eficiencia mayor a 85 %
FÁCIL USO/ OPERACIÓN	15	Condiciones para operación favorables

Tabla: Leyenda de calificación

Tabla: Leyenda de criterio

Según los criterios descritos, colocar la ponderación adecuada, basandose en la experiencia y conocimientos adquiridos, según tabla de clasificación:
 MUY BUENO (4) ; BUENO (3); ADECUADO (2); TOLERABLE (1); INADECUADO (0)

ITEM	ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA PARA DISEÑAR UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN MÁS ADECUADO	CRITERIO DE CALIFICACIÓN				
		BAJO COSTO	FÁCIL ADQUISICIÓN DE REPUESTOS	FÁCIL MANTENIMIENTO	ALTA EFICIENCIA	FÁCIL USO/ OPERACIÓN
1	TIPO DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN SIN RECIRCULACIÓN	3	2	3	3	3
2	TIPO DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON RECIRCULACIÓN EN CIRCUITO ABIERTO	4	3	4	4	4
3	TIPO DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON RECIRCULACIÓN EN CIRCUITO CERRADO	4	4	4	4	3
4	TIPO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR DE CARACAZA Y TUBOS DE FLUJO PARALELO	2	3	3	3	3
5	TIPO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR DE CARACAZA Y TUBOS A CONTRAFLUJO	3	3	2	3	3
6	TIPO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS	2	2	2	3	3
7	FILTROS TIPO CARTUCHO	2	3	3	3	3
8	FILTROS POR MEDIOS GRANULARES	2	2	2	3	2
9	FILTROS TIPO DISCO	2	2	2	3	2
10	ABLANDAMIENTO POR OSMOSIS INVERSA	2	2	2	3	2
11	ABLANDAMIENTO POR INTERCAMBIO IÓNICO	3	3	3	2	2
12	ABLANDAMIENTO POR DESMINERALIZACIÓN POR ELECTRODIÁLISIS	2	2	2	3	2

CUESTIONARIO DE PREGUNTAS SOBRE SELECCIÓN DE EQUIPOS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE LA MP7

APLICACIÓN: PAPELERA TRUPAL S.A

OBJETIVO: SELECCIÓN ADECUADA DE EQUIPOS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADO EN LA MP7

NOMBRE: Jaime Paúl Torres Rojas

ÁREA: Planificación


Ing. Jaime Torres Rojas
 INGENIERO ESPECIALISTA EN MANTENIMIENTO

FIRMA: _____

LEYENDA	
CLASIFICACIÓN	VALOR
MUY BUENO	4
BUENO	3
ADECUADO	2
TOLERABLE	1
INADECUADO	0

Tabla: Leyenda de calificación

LEYENDA		
CRITERIO	%	DESCRIPCIÓN
BAJO COSTO	30	Gosto de mantenimiento menor a \$5000
FÁCIL ADQUISICIÓN DE REPUESTOS	15	Repuestos de fácil adquisición
FÁCIL MANTENIMIENTO	20	Mantenimiento menor a 8 hrs.
ALTA EFICIENCIA	20	Equipo con eficiencia mayor a 85 %
FÁCIL USO/ OPERACIÓN	15	Condiciones para operación favorables

Tabla: Leyenda de criterio

Según los criterios descritos, colocar la ponderación adecuada, basandose en la experiencia y conocimientos adquiridos, según tabla de clasificación: MUY BUENO (4); BUENO (3); ADECUADO (2); TOLERABLE (1); INADECUADO (0)

ITEM	ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA PARA DISEÑAR UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN MÁS ADECUADO	CRITERIO DE CALIFICACIÓN				
		BAJO COSTO	FÁCIL ADQUISICIÓN DE REPUESTOS	FÁCIL MANTENIMIENTO	ALTA EFICIENCIA	FÁCIL USO/ OPERACIÓN
1	TIPO DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN SIN RECIRCULACIÓN	3	3	3	3	4
2	TIPO DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON RECIRCULACIÓN EN CIRCUITO ABIERTO	3	3	3	4	3
3	TIPO DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON RECIRCULACIÓN EN CIRCUITO CERRADO	4	4	4	3	4
4	TIPO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR DE CARACAZA Y TUBOS DE FLUJO PARALELO	4	4	4	3	4
5	TIPO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR DE CARACAZA Y TUBOS A CONTRAFLUJO	4	4	3	4	4
6	TIPO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS	3	3	3	3	3
7	FILTROS TIPO CARTUCHO	2	3	4	3	4
8	FILTROS POR MEDIOS GRANULARES	4	4	4	3	4
9	FILTROS TIPO DISCO	3	3	4	4	4
10	ABLANDAMIENTO POR OSMOSIS INVERSA	2	3	3	4	3
11	ABLANDAMIENTO POR INTERCAMBIO IÓNICO	3	3	4	4	3
12	ABLANDAMIENTO POR DESMINERALIZACIÓN POR ELECTRODIÁLISIS	2	3	3	4	3

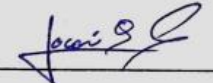
CUESTIONARIO DE PREGUNTAS SOBRE SELECCIÓN DE EQUIPOS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE LA MP7

APLICACIÓN: PAPELERA TRUPAL S.A

OBJETIVO: SELECCIÓN ADECUADA DE EQUIPOS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADO EN LA MP7

NOMBRE: CHRISTIAN LOCOMI GONZALES

ÁREA: MANT. PREDICTIVO

FIRMA: 

LEYENDA	
CLASIFICACIÓN	VALOR
MUY BUENO	4
BUENO	3
ADECUADO	2
TOLERABLE	1
INADECUADO	0

Tabla: Leyenda de calificación

LEYENDA		
CRITERIO	%	DESCRIPCIÓN
BAJO COSTO	30	Costo de mantenimiento menor a \$5000
FÁCIL ADQUISICIÓN DE REPUESTOS	15	Repuestos de fácil adquisición
FÁCIL MANTENIMIENTO	20	Mantenimiento menor a 8 hrs.
ALTA EFICIENCIA	20	Equipo con eficiencia mayor a 85 %
FÁCIL USO/ OPERACIÓN	15	Condiciones para operación favorables

Tabla: Leyenda de criterio

Según los criterios descritos, colocar la ponderación adecuada, basandose en la experiencia y conocimientos adquiridos, según tabla de clasificación: MUY BUENO (4) ; BUENO (3); ADECUADO (2); TOLERABLE (1); INADECUADO (0)

ITEM	ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA PARA DISEÑAR UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN MÁS ADECUADO	CRITERIO DE CALIFICACIÓN				
		BAJO COSTO	FÁCIL ADQUISICIÓN DE REPUESTOS	FÁCIL MANTENIMIENTO	ALTA EFICIENCIA	FÁCIL USO/ OPERACIÓN
1	TIPO DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN SIN RECIRCULACIÓN	2	3	3	3	3
2	TIPO DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON RECIRCULACIÓN EN CIRCUITO ABIERTO	2	2	3	3	3
3	TIPO DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON RECIRCULACIÓN EN CIRCUITO CERRADO	3	3	3	4	4
4	TIPO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR DE CARACAZA Y TUBOS DE FLUJO PARALELO	4	4	4	3	4
5	TIPO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR DE CARACAZA Y TUBOS A CONTRAFLUJO	4	3	3	4	4
6	TIPO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS	2	3	2	4	3
7	FILTROS TIPO CARTUCHO	3	3	3	3	3
8	FILTROS POR MEDIOS GRANULARES	4	3	4	3	4
9	FILTROS TIPO DISCO	2	3	3	4	3
10	ABLAMIENTO POR OSMOSIS INVERSA	2	3	3	4	3
11	ABLAMIENTO POR INTERCAMBIO IÓNICO	3	3	4	4	3
12	ABLAMIENTO POR DESMINERALIZACIÓN POR ELECTRODIÁLISIS	2	3	3	4	3


CUESTIONARIO DE PREGUNTAS SOBRE SELECCIÓN DE EQUIPOS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE LA MP7

APLICACIÓN: PAPELERA TRUPAL S.A

OBJETIVO: SELECCIÓN ADECUADA DE EQUIPOS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DEL SISTEMA DE LUBRICACIÓN CENTRALIZADO EN LA MP7

NOMBRE: Ronald Plasencia Medina

ÁREA: Mantenimiento.

FIRMA: 
CIP: 191536.

LEYENDA	
CLASIFICACIÓN	VALOR
MUY BUENO	4
BUENO	3
ADECUADO	2
TOLERABLE	1
INADECUADO	0

Tabla: Leyenda de calificación

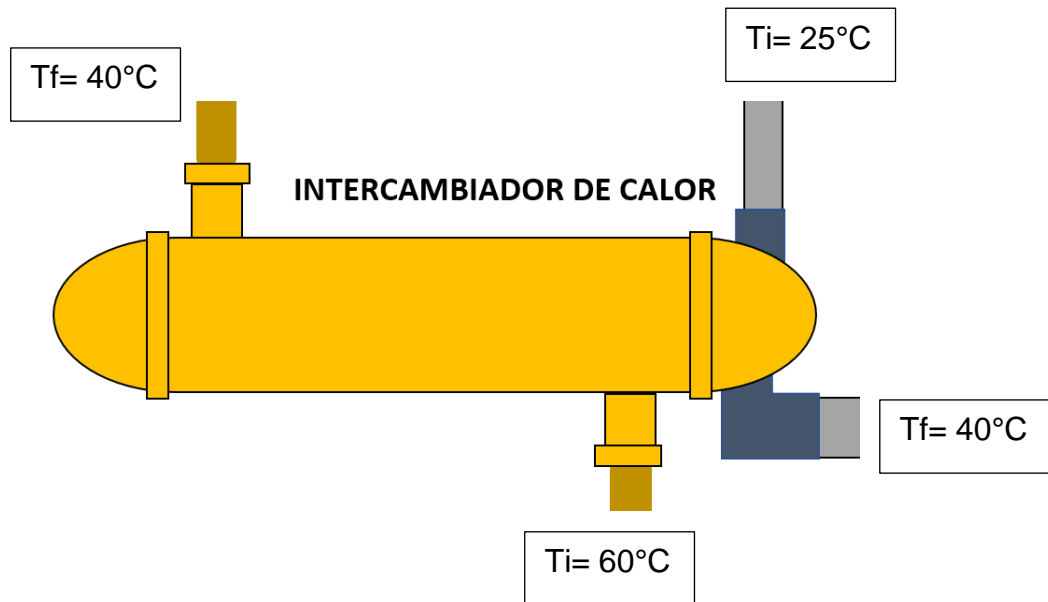
LEYENDA		
CRITERIO	%	DESCRIPCIÓN
BAJO COSTO	30	Costo de mantenimiento menor a \$5000
FÁCIL ADQUISICIÓN DE REPUESTOS	15	Repuestos de fácil adquisición
FÁCIL MANTENIMIENTO	20	Mantenimiento menor a 8 hrs.
ALTA EFICIENCIA	20	Equipo con eficiencia mayor a 85 %
FÁCIL USO/ OPERACIÓN	15	Condiciones para operación favorables

Tabla: Leyenda de criterio

Según los criterios descritos, colocar la ponderación adecuada, basándose en la experiencia y conocimientos adquiridos, según tabla de clasificación: MUY BUENO (4) ; BUENO (3); ADECUADO (2); TOLERABLE (1); INADECUADO (0)

ITEM	ANÁLISIS DE LA ALTERNATIVA MÁS ADECUADA PARA DISEÑAR UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN MÁS ADECUADO	CRITÉRIO DE CALIFICACIÓN				
		BAJO COSTO	FÁCIL ADQUISICIÓN DE REPUESTOS	FÁCIL MANTENIMIENTO	ALTA EFICIENCIA	FÁCIL USO/ OPERACIÓN
1	TIPO DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN SIN RECIRCULACIÓN	3	3	3	4	3
2	TIPO DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON RECIRCULACIÓN EN CIRCUITO ABIERTO	3	3	3	4	3
3	TIPO DE SISTEMA DE REFRIGERACIÓN CON RECIRCULACIÓN EN CIRCUITO CERRADO	4	4	4	3	3
4	TIPO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR DE CARACAZA Y TUBOS DE FLUJO PARALELO	4	4	4	3	4
5	TIPO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR DE CARACAZA Y TUBOS A CONTRAFLUJO	4	4	3	4	4
6	TIPO DE INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS	3	3	3	4	3
7	FILTROS TIPO CARTUCHO	3	3	4	3	4
8	FILTROS POR MEDIOS GRANULARES	4	3	4	3	4
9	FILTROS TIPO DISCO	3	3	4	4	4
10	ABLANDAMIENTO POR OSMOSIS INVERSA	2	3	3	4	3
11	ABLANDAMIENTO POR INTERCAMBIO IÓNICO	3	3	4	4	3
12	ABLANDAMIENTO POR DESMINERALIZACIÓN POR ELECTRODIÁLISIS	2	3	3	4	3

- Objetivo específico 3: “Diseñar el sistema de refrigeración”.



$$Q_{cede} = Q_{gana}$$

$$\dot{m}_{aceite} * C_p * \Delta T = \dot{m}_{agua} * C_p * \Delta T$$

$$6.575 \text{ kg/s} * 1964 \text{ j/kg}^\circ\text{C} * 20^\circ\text{C} = \dot{m}_{agua} * 1964 \text{ j/kg}^\circ\text{C} * 15^\circ\text{C}$$

$$\dot{m}_{agua} = 4.115 \text{ kg/s}$$

Una vez que hallamos el flujo masico de agua podemos el gasto volumétrico o caudal del agua para que pueda existir la transferencia de calor.

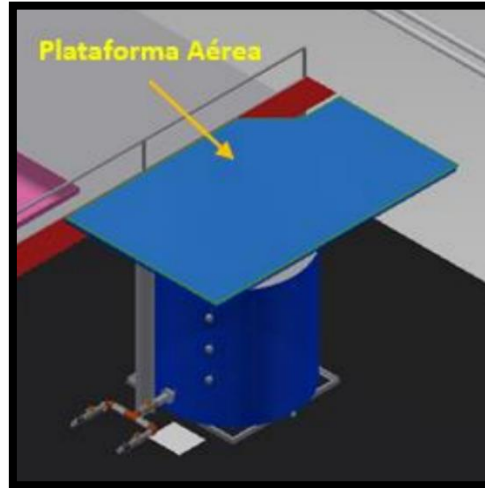
$$\dot{m}_{agua} = \delta * \dot{v}$$

$$\dot{v} = \frac{4.115 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{997 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$\dot{v} = 0.0041273 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

DISEÑO DE LA PLATAFORMA:

Para poder caminar y realizar el mantenimiento necesario se está considerando, que las dimensiones de la plataforma serian de 2.4m x 4.5m para su construcción.



*Fuente:
Campoverde
y Zhingre*

DIMENSIONAMIENTO Y CARGAS A SOPORTAR:

CARGA MUERTA	
DESCRIPCIÓN	PESO
Plataforma de acero A-36 (Peso propio)	680 kg.
Intercambiador de carcaza y tubos	500 kg.
Pasamanos	80 kg.
Instalación de tuberías y accesorios	80 kg.
Soportes metálicos de tuberías	120 kg.
TOTAL:	1460 kg.

CARGA VIVA	
DESCRIPCIÓN	PESO
Personal de mantenimiento (3 personas)	270 kg.
Herramientas	70 kg.
TOTAL:	340 kg.

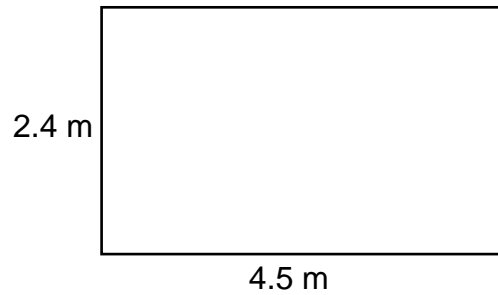
CARGA TOTAL:

$$C_{total} = C_{viva} + C_{muerta}$$

$$340 \text{ kg} + 1460 \text{ kg}$$

$$1800 \text{ kg}$$

Área de la plataforma:



$$\text{Área de la plataforma} = 10.8 \text{ m}^2$$

Presión:

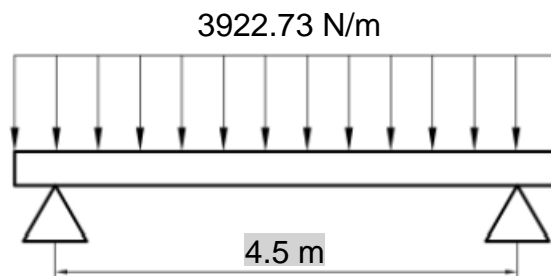
$$P = \frac{\text{Carga}_{total}}{\text{Area}}$$

$$P = \frac{1800 \text{ kg}}{10.8 \text{ m}^2}$$

$$P = 1634.47 \text{ Pa}$$

Cálculo del espesor para la plancha:

Primer sentido



Hallar la Fuerza:

$$P = \frac{F}{A}$$

$$\text{Entonces: } F = P \times A$$

$$F = 1634.47 \text{ N/m}^2 \times 10.8 \text{ m}^2$$

$$F = 17652.27 \text{ N}$$

Pero necesitamos hallar la carga máxima:

$$\text{Carga}_{(\text{max.})} = \frac{F}{\text{Long. viga}}$$

$$\text{Carga}_{(\text{max.})} = \frac{17652.27 \text{ N}}{4.5 \text{ m}}$$

$$\text{Carga}_{(\text{max.})} = 3922.73 \text{ N/m}$$

Cálculo del momento máximo:

$$M_{\text{max}} = \frac{W \cdot L^2}{8}$$

Donde:

$W = \text{Carga Distribuida}$

$L = \text{Longitud de la viga}$

$$M_{(\text{max.})} = \frac{3922.73 \text{ N/m} \cdot (4.5\text{m})^2}{8}$$

$$M_{(\text{max.})} = 9929.39 \text{ N/m}$$

Esfuerzo normal por flexión:

$$\sigma = \frac{M \cdot c}{I}$$

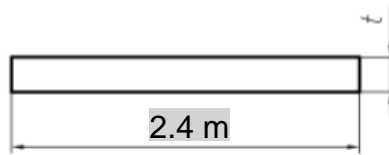
Donde:

$M = \text{Momento maximo.}$

$c = \text{Distancia del centro a la fibra mas lejana.}$

$I = \text{Inercia}$

Cálculo de Inercia:



$$I = \frac{1}{12} (L) (t)^3$$

$$I = \frac{1}{12} (2.4 \text{ m}) (t)^3$$

$$\sigma = \frac{M \cdot t/2}{\frac{1}{12} (2.4 \text{ m}) (t)^3}$$

$$\sigma = \frac{6 \cdot M}{(2.4 \text{ m}) (t)^2}$$

Esfuerzo de Diseño:

$$\sigma_d = \frac{S_u}{8} \longrightarrow \text{Patrón de carga repetida}$$

Donde:

$$S_u = \text{Esfuerzo ultimo} = 400 \text{ MPa}$$

(Apéndice: Datos estructurales del acero A-16 "Mott, Diseño de máquinas-2006")

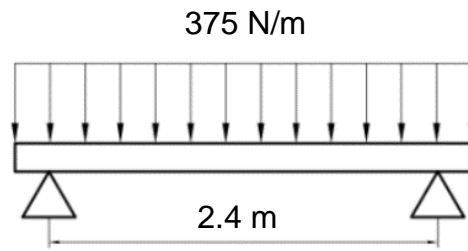
$$\sigma_d = \frac{400 \text{ MPa}}{8}$$

$$\sigma_d = 50 \text{ MPa}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot 9.93 \cdot 10^3 \text{ N/m}}{2.4 \text{ m} \cdot 10^3 \cdot 50 \text{ N/mm}^2}}$$

$$t = 0.70 \text{ mm}$$

Segundo sentido:



Cálculo del momento máximo:

$$M_{max} = \frac{W \cdot L^2}{8}$$

Donde:

$W =$ Carga Distribuida

$L =$ Longitud de la viga

$$M_{(max.)} = \frac{375 \text{ N/m} \cdot (2.4\text{m})^2}{8}$$

$$M_{(max.)} = 270 \text{ N/m}$$

Cálculo de espesor:

$$\sigma = \frac{6 \cdot M}{(4.5 \text{ m}) (t)^2}$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot 270 \text{ N/m}}{4.5 \text{ m} \cdot 50 \text{ N/mm}^2}}$$

$$t = 2.68 \text{ mm}$$

CÁLCULO DE LA COLUMNA:

Relación de esbeltez:

$$SR = \frac{K \cdot L}{r}$$

Donde:

K = Factor según la articulación de la columna

L = Longitud de la columna

r = Radio de giro

$K = 0,65$ = Columna fija en ambos extremos

Relación de esbeltez de transición: (C_c)

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot E}{S_y}}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 \cdot \pi^2 \cdot 207 \text{ GPa}}{0.248 \text{ GPa}}}$$

$$C_c = 128.36$$

Donde:

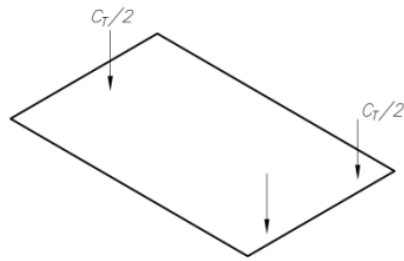
E = módulo de elasticidad (207 Gpa)

S_y = resistencia a la fluencia acero A-36 (248 Mpa)



Fuente:
Campoverde
y Zhingre

Hallamos la carga de la columna:



Carga total = 1800 kg

$$P = \frac{C_T}{2}$$

$$P = 900 \text{ kg}$$

$$P = 900 \text{ kg} \times 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$P = 8.83 \text{ KN}$$

Selección del perfil: "IPN 200"

$$\text{Área} = 33.50 \text{ cm}^2 \quad I_y = 117 \text{ cm}^2$$

Cálculo del radio de giro:

$$r = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$r = \sqrt{\frac{117 \text{ cm}^2}{33.50 \text{ cm}^2}}$$

$$r = 1.86 \text{ cm}$$

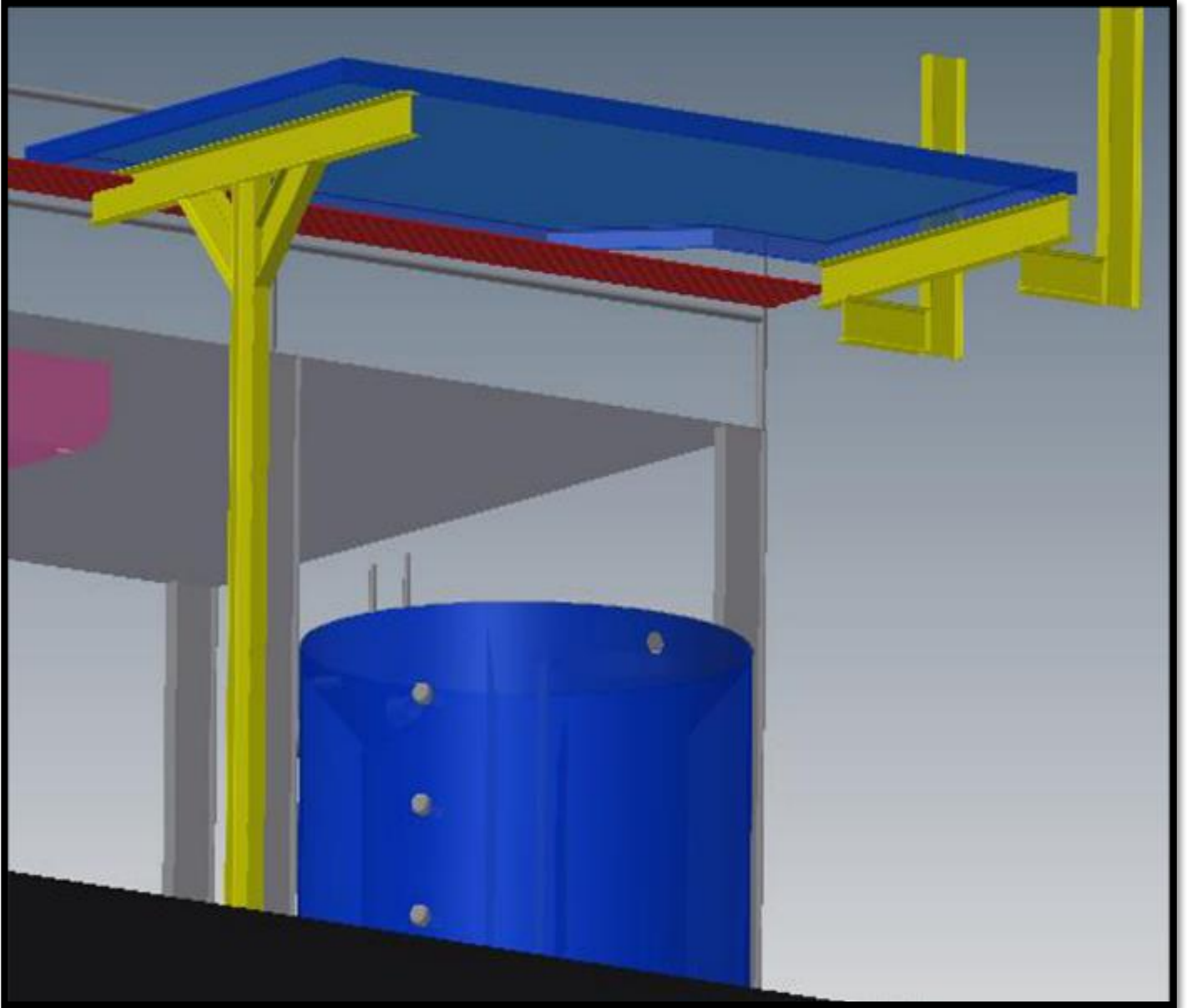
Aplicamos la relación de esbeltez

$$SR = \frac{0.65 \times 3.7}{0.0186}$$

$$SR = 129.3$$

$$SR > C_c$$

$$129.30 > 128.36$$



PROYECCIÓN DEL TANQUE Y PLATAFORMA

Fuente: Campoverde y Zhingre.

PLANCHA PARA PLATAFORMA:

Planchas de Acero ASTM A36



PLANCHAS DE ACERO A36

Planchas de acero, también conocido como laminado en caliente (LAC) de acero en calidad A36. La plancha es una placa de acero estructural utilizado para la construcción en general y aplicaciones industriales.

Especificaciones: ASTM A36, AISI A36

Fácil de soldar, cortar, dar forma y maquinarse.

Se mide en espesor x ancho x largo

Propiedades Mecánicas	Límite de Fluencia (kg/mm ²)	24 min.
	Resistencia a la Tracción (kg/mm ²)	41 min
	Alargamiento (%) en 50 mm	18 min.

NORMA TÉCNICA	GRADO B				
	C	Mn	P	S	Si
A36	0.25	0.8-1.2 máx	0.040 máx	0.050 máx	0.40 máx

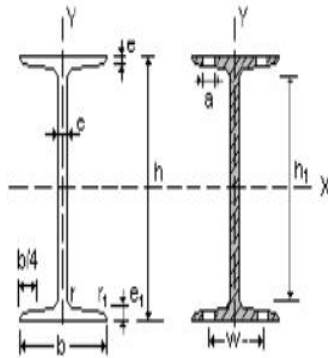
Espesor		Ancho		Largo		Peso Teórico
mm	pulg	mm	pie	mm	pie	Kg/plancha
1.5	1/16"	1200	4	2400	8	33.91
2.0	5/64"	1200	4	2400	8	44.05
2.5	3/32"	1200	4	2400	8	55.55
2.9	1/8"	1200	4	2400	8	67.08
3.0	1/8"	1200	4	2400	8	67.08
		1500	5	3000	10	109.2
4.4	3/16"	1200	4	2400	8	99.48
4.5	3/16"	1200	4	2400	8	100.50
		1500	5	3000	10	164.5
5.9	1/4"	1200	4	2400	8	133.39
6.0	1/4"	1200	4	2400	8	134.81
		1500	5	3000	10	212.00
		1500	5	6000	20	423.90
7.9	5/16"	1200	4	2400	8	178.34
8.0	5/16"	1200	4	2400	8	180.60
		1500	5	6000	20	565.20
		2400	8	6000	20	904.32
8.9	3/8"	1200	4	2400	8	201.00
9.0	3/8"	1200	4	2400	8	203.26
		1500	5	3000	10	318.00
		1500	5	6000	20	635.85
		2400	8	6000	20	10173.36
11.9	1/2"	1200	4	2400	8	278
12.0	1/2"	1200	4	2400	8	279.90
		1500	5	3000	10	424.00
		1500	5	6000	20	847.80
		2400	8	6000	20	1356.48
		3000	10	6000	20	1695.60
16	5/8"	1200	4	2400	8	363.74
		1500	5	6000	20	1130.40
		2400	8	6000	20	1808.64
		3000	10	6000	20	2260.80
19	3/4"	1200	4	2400	8	433.60
		1500	5	3000	10	671.175
		1500	5	6000	20	1342.35
		2400	8	6000	20	2147.76
25	1"	3000	10	6000	20	2684.70
		1500	5	6000	20	1766.25
		2400	8	6000	20	2826.00
		3000	10	6000	20	3532.50
32	1 1/4"	1500	5	6000	20	2260.80
		2400	8	6000	20	3617.28
		3000	10	6000	20	4521.60
38	1 1/2"	1500	5	6000	20	2684.70
		2400	8	6000	20	4295.52
		3000	10	6000	20	5369.40
50	2"	1500	5	6000	20	3532.50
		2400	8	6000	20	5652.00
		3000	10	6000	20	7065.00

* Equivalencias de conversión son aproximadas.

* Fotos y datos referenciales. No aceptamos responsabilidad por usos incorrectos o mal interpretaciones de estos datos.

PERFILES DE VIGAS Y COLUMNAS:

Perfiles IPN



Perfil	Dimensiones							Términos de sección										Agujeros			Peso p kp/m
	h mm	b mm	e = r mm	e ₁ mm	r ₁ mm	h ₁ mm	u mm	A cm ²	S _x cm ³	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	I _t cm ⁴	I _a cm ⁶	w mm	a mm	e ₂ mm	
IPN 80	80	42	3,9	5,9	2,3	59	304	7,58	11,4	77,8	19,5	3,20	6,29	3,00	0,91	0,93	87,5	22	-	4,43	5,95
IPN 100	100	50	4,5	6,8	2,7	75	370	10,6	19,9	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07	1,72	268	28	-	5,05	8,32
IPN 120	120	58	5,1	7,7	3,1	92	439	14,2	31,8	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23	2,92	685	32	-	5,67	11,2
IPN 140	140	68	5,7	8,8	3,4	109	502	18,3	47,7	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,40	4,66	1540	34	11	6,29	14,4
IPN 160	160	74	6,3	9,5	3,8	125	575	22,8	68,0	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55	7,08	3138	40	11	6,91	17,9
IPN 180	180	82	6,9	10,4	4,1	142	640	27,9	93,4	1450	181	7,20	81,3	19,8	1,71	10,3	5924	44	13	7,53	21,9
IPN 200	200	90	7,5	11,3	4,5	159	709	33,5	125	2140	214	8,00	117	26,0	1,87	14,6	10520	48	13	8,15	26,3
IPN 220	220	98	8,1	12,2	4,9	175	775	39,6	162	3060	278	8,80	162	33,1	2,02	20,1	17760	52	13	8,77	31,1
IPN 240	240	106	8,7	13,1	5,2	192	844	46,1	206	4250	354	9,59	221	41,7	2,20	27,0	28730	56	17	9,39	36,2
IPN 280	280	113	9,4	14,1	5,6	208	906	53,4	257	5740	442	10,4	288	51,0	2,32	36,1	44070	60	17	10,15	41,9
IPN 280	280	119	10,1	15,2	6,1	225	966	61,1	316	7590	542	11,1	364	61,2	2,45	47,8	64580	62	17	11,04	48,0
IPN 300	300	125	10,8	16,2	6,5	241	1030	69,1	381	9800	653	11,9	451	72,2	2,56	61,2	91850	64	21	11,83	54,2
IPN 320	320	131	11,5	17,3	6,9	257	1090	77,8	457	12510	782	12,7	555	84,7	2,67	78,2	128800	70	21	12,72	61,1
IPN 340	340	137	12,2	18,3	7,3	274	1150	86,8	540	15700	923	13,5	674	98,4	2,80	97,5	176300	74	21	13,51	68,1
IPN 360	360	143	13,0	19,5	7,8	290	1210	97,1	638	19610	1090	14,2	818	114	2,90	123	240100	76	23	14,50	76,2
IPN 380	380	149	13,7	20,5	8,2	306	1270	107	741	24010	1260	15,0	975	131	3,02	150	318700	82	23	15,29	84,0
IPN 400	400	155	14,4	21,6	8,6	323	1330	118	857	29210	1460	15,7	1160	149	3,13	183	419600	86	23	16,18	92,6
IPN 450	450	170	16,2	24,3	9,7	363	1478	147	1200	45850	2040	17,7	1730	203	3,43	288	791100	94	25	18,35	115

A = Área de la sección

S_x = Momento estático de media sección, respecto a X.

I_x = Momento de inercia de la sección, respecto a X.

W_x = 2I_x : h. Módulo resistente de la sección, respecto a X.

i_x = (I_x : A)^{1/2}. Radio de giro de la sección, respecto a X.

I_y = Momento de inercia de la sección, respecto a Y.

W_y = 2I_y : b. Módulo resistente de la sección, respecto a Y.

i_y = (I_y : A)^{1/2}. Radio de giro de la sección, respecto a Y.

I_t = Módulo de torsión de la sección.

I_a = Módulo de alabeo de la sección.

u = Perímetro de la sección.

a = Diámetro del agujero del roblón normal.

w = Gramil, distancia entre ejes de agujeros.

h₁ = Altura de la parte plana del alma.

e₂ = Espesor del ala en el eje del agujero.

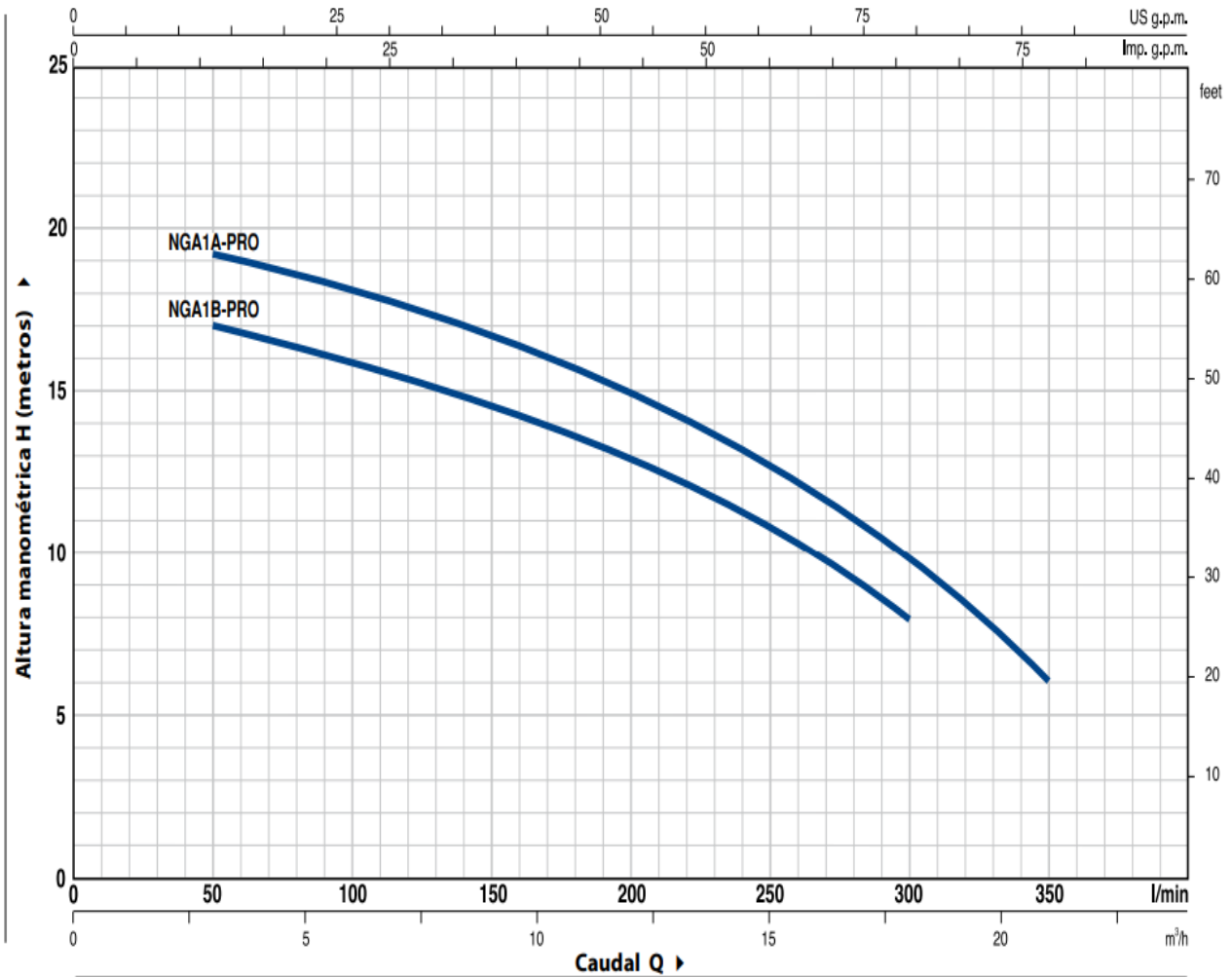
p = Peso por metro.

DATOS DE LA BOMBA:



CURVAS Y DATOS DE PRESTACIONES

60 Hz n= 3450 rpm HS= 0 m

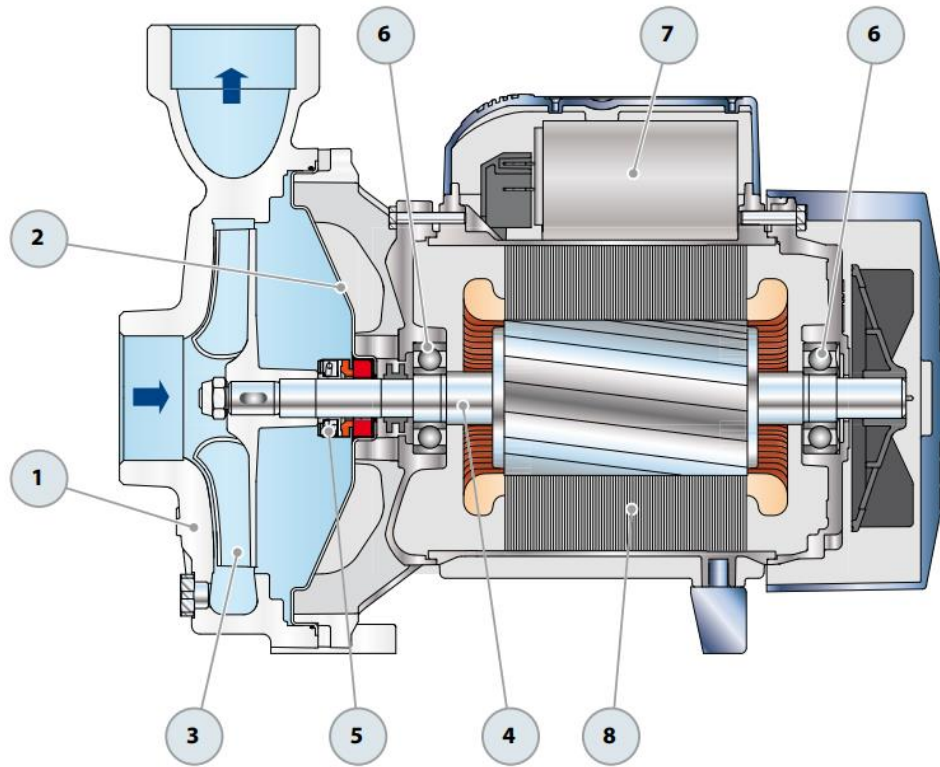


MODELO		POTENCIA (P ₂)		Q	H metros								
Monofásica	Trifásica	kW	HP		m ³ /h	0	3	6	9	12	15	18	21
				l/min	0	50	100	150	200	250	300	350	
NGAm 1B - PRO	NGA 1B - PRO	0.55	0.75	H metros	18	17	16	14.5	13	10.5	8		
NGAm 1A - PRO	NGA 1A - PRO	0.75	1	H metros	20	19.5	18	16.5	15	12.5	10	6	

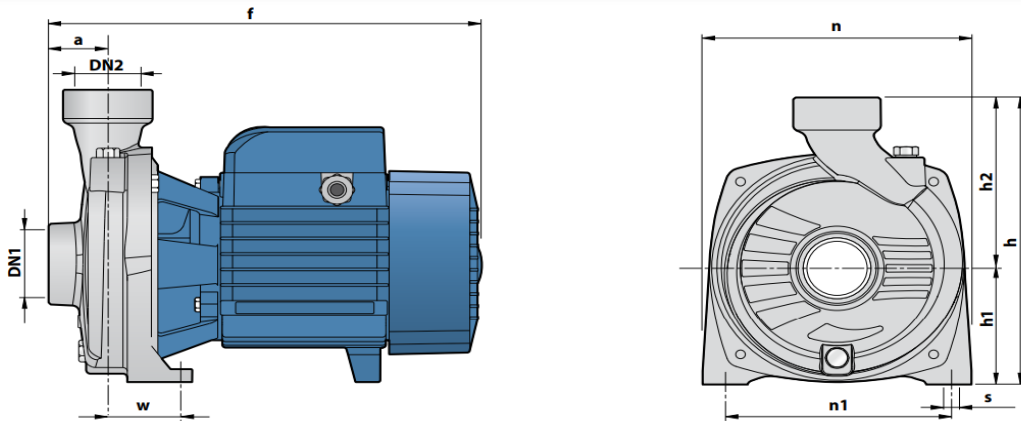
Q = Caudal H = Altura manométrica total HS = Altura de aspiración

Tolerancia de las curvas de prestación según EN ISO9906 Grado 3B.

COMPONENTE	CARACTERÍSTICAS															
1 CUERPO BOMBA	Acero inoxidable AISI 316 con bocas roscadas ISO 228/1															
2 TAPA	Acero inoxidable AISI 316															
3 RODETE	Rodete abierto en acero inoxidable AISI 316															
4 EJE MOTOR	Acero inoxidable AISI 316															
5 SELLO MECANICO	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="591 842 792 873"><i>Sello</i></th> <th data-bbox="829 842 927 873"><i>Eje</i></th> <th colspan="3" data-bbox="1170 842 1276 873"><i>Materiales</i></th> </tr> <tr> <th data-bbox="591 879 662 905"><i>Modelo</i></th> <th data-bbox="829 879 915 905"><i>Diámetro</i></th> <th data-bbox="1040 879 1122 905"><i>Anillo fijo</i></th> <th data-bbox="1170 879 1276 905"><i>Anillo móvil</i></th> <th data-bbox="1317 879 1409 905"><i>Elastómero</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="591 911 672 936">AR-14S</td> <td data-bbox="829 911 927 936">Ø 14 mm</td> <td data-bbox="1029 911 1133 936">Cerámica</td> <td data-bbox="1170 911 1252 936">Grafito</td> <td data-bbox="1317 911 1393 936">Viton</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Sello</i>	<i>Eje</i>	<i>Materiales</i>			<i>Modelo</i>	<i>Diámetro</i>	<i>Anillo fijo</i>	<i>Anillo móvil</i>	<i>Elastómero</i>	AR-14S	Ø 14 mm	Cerámica	Grafito	Viton
<i>Sello</i>	<i>Eje</i>	<i>Materiales</i>														
<i>Modelo</i>	<i>Diámetro</i>	<i>Anillo fijo</i>	<i>Anillo móvil</i>	<i>Elastómero</i>												
AR-14S	Ø 14 mm	Cerámica	Grafito	Viton												
6 RODAMIENTOS	6203 ZZ / 6203 ZZ															
7 CONDENSADOR	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="691 1123 846 1150"><i>Electrobomba</i></th> <th colspan="2" data-bbox="922 1123 1040 1150"><i>Capacidad</i></th> </tr> <tr> <th data-bbox="691 1161 797 1186"><i>Monofásica</i></th> <th data-bbox="922 1161 987 1186"><i>(220 V)</i></th> <th data-bbox="1182 1161 1308 1186"><i>(110 V o 127 V)</i></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="691 1192 862 1218">NGAm 1B - PRO</td> <td data-bbox="922 1192 1068 1218">16 µF - 450 VL</td> <td data-bbox="1182 1192 1333 1218">60 µF - 300 VL</td> </tr> <tr> <td data-bbox="691 1224 862 1249">NGAm 1A - PRO</td> <td data-bbox="922 1224 1068 1249">20 µF - 450 VL</td> <td data-bbox="1182 1224 1333 1249">60 µF - 300 VL</td> </tr> </tbody> </table>	<i>Electrobomba</i>	<i>Capacidad</i>		<i>Monofásica</i>	<i>(220 V)</i>	<i>(110 V o 127 V)</i>	NGAm 1B - PRO	16 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL	NGAm 1A - PRO	20 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL			
<i>Electrobomba</i>	<i>Capacidad</i>															
<i>Monofásica</i>	<i>(220 V)</i>	<i>(110 V o 127 V)</i>														
NGAm 1B - PRO	16 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL														
NGAm 1A - PRO	20 µF - 450 VL	60 µF - 300 VL														
8 MOTOR ELECTRICO	<p>NGAm - PRO: monofásica 220 V - 60 Hz con protección térmica incorporada en el bobinado.</p> <p>NGA - PRO: trifásica 220/380 V - 60 Hz o 220/440 V - 60 Hz.</p> <p>⇒ Las electrobombas trifásicas están equipadas con motores de alto rendimiento en clase IE2 (IEC 60034-30)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aislamiento: clase F - Protección: IP X4 															



DIMENSIONES Y PESOS



MODELO		BOCAS		DIMENSIONES mm									kg	
Monofásica	Trifásica	DN1	DN2	a	f	h	h1	h2	n	n1	w	s	1~	3~
NGAm 1B - PRO	NGA 1B - PRO	1½"	1½"	41	297	227	92	135	190	160	50	10	12.6	12.6
NGAm 1A - PRO	NGA 1A - PRO												12.7	12.6




TUBERIA DE ACERO AL CARBONO
ASIM A53 / A106
Area de La Superficie del Tubo

Diámetro Nominal NPS DN		Diámetro Exterior Real		Espesor de Pared		Identificación		Peso del Tubo		Área de La Superficie Exterior en mt2 por metro lineal de tubería
Pulgadas in.	Milímetros mm.	(in.)	mm.	Pulgadas (in.)	Milímetros (mm.)	Weight Class	Schedule	lb/pie	kg/m	
1/2	15	0.840	21.3	0.109	2.77	STD	40	0.85	1.27	
				0.147	3.73	XS	80	1.09	1.62	
3/4	20	1.050	26.7	0.113	2.87	STD	40	1.13	1.69	0.084
				0.154	3.91	XS	80	1.47	2.20	
1	25	1.315	33.4	0.133	3.38	STD	40	1.68	2.50	0.105
				0.179	4.55	XS	80	2.17	3.24	
1-1/4	32	1.660	42.2	0.140	3.56	STD	40	2.27	3.39	0.132
				0.191	4.85	XS	80	3.00	4.47	
1-1/2	40	1.900	48.3	0.145	3.68	STD	40	2.72	4.05	0.152
				0.200	5.08	XS	80	3.63	5.41	
2	50	2.375	60.3	0.154	3.91	STD	40	3.65	5.44	0.190
				0.218	5.54	XS	80	5.02	7.48	
2-1/2	65	2.875	73.03	0.203	5.16	STD	40	5.79	8.63	0.229
				0.276	7.01	XS	80	7.66	11.41	
				0.375	9.52	-	160	-	-	
				0.552	14.02	XXS	-	-	-	
3	80	3.500	88.90	0.125	3.18	-	-	4.51	6.72	0.279
				0.156	3.96	-	-	5.57	8.29	
				0.188	4.78	-	-	6.65	9.92	
				0.216	5.49	STD	40	7.58	11.29	
				0.250	6.35	-	-	8.68	12.93	
				0.281	7.14	-	-	9.66	14.40	
4	100	4.500	114.30	0.125	3.18	-	-	5.84	8.71	0.359
				0.156	3.96	-	-	7.24	10.78	
				0.188	4.78	-	-	8.66	12.91	
				0.219	5.56	-	-	10.01	14.91	
				0.237	6.02	STD	40	10.79	16.07	
				0.250	6.35	-	-	11.35	16.90	
				0.281	7.14	-	-	12.66	18.87	
				0.312	7.92	-	-	13.98	20.78	
				0.337	8.56	XS	80	14.98	22.32	
				0.438	11.13	-	120	19.00	28.32	
5	125	5.563	141.29	0.188	4.78	-	-	10.79	16.09	0.444
				0.219	5.56	-	-	12.50	18.61	
				0.258	6.55	STD	40	14.62	21.77	
				0.281	7.14	-	-	15.85	23.62	
				0.312	7.92	-	-	17.50	26.05	
				0.344	8.74	-	-	19.17	28.57	
6	150	6.625	168.28	0.188	4.78	-	-	12.92	19.27	0.529
				0.219	5.56	-	-	14.98	22.31	
				0.250	6.35	-	-	17.02	25.36	
				0.280	7.11	STD	40	18.97	28.26	
				0.312	7.92	-	-	21.04	31.32	
				0.344	8.74	-	-	23.08	34.39	
				0.375	9.52	-	-	25.02	37.28	
				0.432	10.97	XS	80	28.57	42.56	
				0.562	14.27	-	120	36.39	54.20	
				0.719	18.26	-	160	45.35	67.56	
0.864	21.95	XXS	-	53.16	79.22					

T-01/E-201 (0254) 260 2008 260 2487

Objetivo específico 4: “Evaluar el costo beneficio de la implementación del sistema de refrigeración”.

- Total, de horas de parada en el año 2021(programadas y no programadas) = 920 horas(anuales)

MES	N° DE HORAS PARADAS POR MES	
Enero	27	
Febrero	17	
Marzo	13	
Abril	744	PARADA PROGRAMADA POR MANTENIMIENTO
Mayo	7	
Junio	15	
Julio	22	
Agosto	9	
Setiembre	8	
Octubre	17	
Noviembre	22	
Diciembre	19	
	920	
Promedio de horas de parada (mensual):		16
 NO PROGRAMADAS		

- El costo por dejar de producir anualmente asciende a S/. 12,420 000.00 que corresponde a 8280 TM.

TIEMPO Y COSTO TOTAL PERDIDO POR DEJAR DE PRODUCIR			
Total tiempo perdido por paradas	920	Hr	
Toneladas producidas por hora	9		
Costo tonelada de papel	S/. 1,500.00		
			ANUALMENTE
Dejo de producir total	8280.00	Tn	
Costo total por dejar de producir	S/. 12,420,000.00		

- De estas 920 horas, 744 horas son horas programadas por mantenimiento anual de equipos

Cálculo de n° de regeneraciones anuales para que el agua mantenga una dureza de 60 ppm

AGUA DE INGRESO : 400 mg/ Lt. CaCO₃ o (ppm)

Para convertirlo a granos de dureza se divide entre: 17.1

Entonces: 23.39181287 granos de dureza

MUY DURA (10.5 a 29) GRANOS DE DUREZA

Para un ablandador de 3 ft³ consumo normal es 9 Lb de sal o sea 75000 granos de sal = 4.08 kg sal por regeneración.

flujo a suavizar:	1703.02	gpm
dureza del agua:	23.39	granos de dureza

hallamos la cantidad de granos por día de sal	39836.76	granos de sal por día
---	----------	-----------------------

Usaremos 11 Lb o sea 81000 granos de sal = 4.98 kg por regeneración (1 bolsa = 4 regeneraciones)

INTERVALO DE REGENERACIONES	2.03329783	días por regeneración
-----------------------------	------------	-----------------------

	REGENERACIÓN	N° REGENERACIONES	TIEMPO REGENERACIONES (HORAS)	
ENERO	1°	2	48.72	243.6
	2°	2	48.72	HORAS
	3°	2	48.72	ó
	4°	2	48.72	10.15
	5°	2	48.72	REGENERACIONES
FEBRERO	6°	2	48.72	194.88
	7°	2	48.72	HORAS
	8°	2	48.72	8.12
	9°	2	48.72	REGENERACIONES
MARZO	10°	2	48.72	243.6
	11°	2	48.72	HORAS
	12°	2	48.72	ó
	13°	2	48.72	10.15
	14°	2	48.72	REGENERACIONES
ABRIL	PARADA DE PLANTA POR MANTENIMIENTO			
MAYO	15°	2	48.72	194.88
	16°	2	48.72	HORAS
	17°	2	48.72	8.12
	18°	2	48.72	REGENERACIONES

720	lt/ min
-----	---------

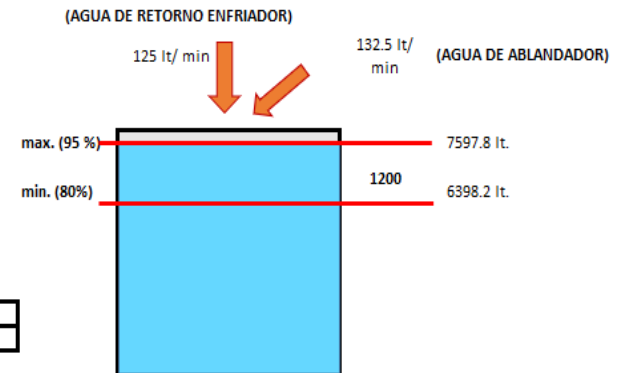
2.66666667	horas
------------	-------

190.2	gpm	2.6	horas
1703.02	gpm	23.28	horas

Clasificación de dureza del Agua:

Granos por Galón (gpg)	Dura/Suave
Menos de 1 gpg	Suave
1 - 3.5 gpg	Ligeramente Dura
3.5 - 7.0 gpg	Moderadamente Dura
7.0 - 10.5 gpg	Dura
10.5 o más gpg	Muy Dura
30 o más gpg	Extremadamente Dura

Para un ablandamiento optimo el flujo de agua que debe pasar por el ablandador de 3 ft³ es 15 gpm pero en este caso tenemos 35 gpm. Lo que quiere decir que lo maximo que se puede ablandar es a 40 ppm = (17.1 * 2.3)



Capacidad de tanque: 2113 gal. o 7997.7 lt.

SUMATORIA DEL AGUA DE INGRESO :	257.5	lt/ min
AGUA DE SALIDA :	250	lt/ min
GANANCIA DE LITROS DE AGUA POR MINUTO:	7.5	lt/ min
GANANCIA DE LITROS DE AGUA POR HORA:	450	lt/ hora

JUNIO	19ª	2	48.72	243.6 HORAS ó 10.15 REGENERACIONES
	20ª	2	48.72	
	21ª	2	48.72	
	22ª	2	48.72	
	23ª	2	48.72	
JULIO	24ª	2	48.72	243.6 HORAS ó 10.15 REGENERACIONES
	25ª	2	48.72	
	26ª	2	48.72	
	27ª	2	48.72	
	28ª	2	48.72	
AGOSTO	29ª	2	48.72	194.88 HORAS 8.12 REGENERACIONES
	30ª	2	48.72	
	31ª	2	48.72	
	32ª	2	48.72	
SETIEMBRE	33ª	2	48.72	194.88 HORAS 8.12 REGENERACIONES
	34ª	2	48.72	
	35ª	2	48.72	
	36ª	2	48.72	
OCTUBRE	37ª	2	48.72	243.6 HORAS ó 10.15 REGENERACIONES
	38ª	2	48.72	
	39ª	2	48.72	
	40ª	2	48.72	
	41ª	2	48.72	
NOVIEMBRE	42ª	2	48.72	194.88 HORAS 8.12 REGENERACIONES
	43ª	2	48.72	
	44ª	2	48.72	
	45ª	2	48.72	
DICIEMBRE	46ª	2	48.72	243.6 HORAS ó 10.15 REGENERACIONES
	47ª	2	48.72	
	48ª	2	48.72	
	49ª	2	48.72	
	50ª	2	48.72	
		100	ANUALES	25 BOLSAS DE SAL CATIONICA

TOTAL DE HORAS PARA LLENAR EL ESPACIO DE 4000 LITROS	2.67	HORAS
	160	MINUTOS

EN 3 HORAS, SE TIENE 180 MINUTOS	20	minutos
----------------------------------	----	---------

TIEMPO EN LLEGAR AL NIVEL MINIMO	4.8	minutos
----------------------------------	-----	---------

1	DÍA	24	HORAS
1	HORA	60	MINUTOS
1	DÍA	1440	MINUTOS

1 DÍA	4.8	minutos
	160	minutos
	4.8	minutos
	160	minutos
	4.8	minutos
	160	minutos
	4.8	minutos
	160	minutos
	4.8	minutos
	160	minutos
	4.8	minutos
	160	minutos
	4.8	minutos
	160	minutos
	4.8	minutos
	116.8	minutos
1440	minutos	

1 DÍA TRABAJA:	1396.80	minutos
	23.28	horas



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: " SISTEMA DE REFRIGERACIÓN Y DISPONIBILIDAD DE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE ACEITE EN UNA MÁQUINA PAPELERA", cuyo autor es ALVA REYES JHON VÍCTOR HUGO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 09 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
LUJÁN LÓPEZ JORGE EDUARDO DNI: 17897692 ORCID: 0000-0003-1208-1242	Firmado electrónicamente por: JLUJAN el 22-07- 2022 10:55:01

Código documento Trilce: TRI - 0331186