



Universidad de Sonora

División de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Química y Metalurgia

Reporte de prácticas profesionales

Proyecto:

Mejora al sistema de tuberías de agua desmineralizada del
tanque de condensados del evaporador al tanque de agua de
contraincendios

Alumno: Alan Daniel Matzumiya Zazueta

Tutor: Dr. Jesús Fernando Hinojosa Palafox

Abril 2016

INDICE

INDICE.....	1
INTRODUCCION.....	2
DESCRIPCION DEL AREA.....	2
JUSTIFICACION.....	3
OBJETIVOS.....	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
FUNDAMENTOS TEORICOS.....	5
RESULTADOS OBTENIDOS.....	7
PRESUPUESTO	14
CONCLUSIONES.....	14
FORTALEZAS Y DEBILIDADES.....	15
BIBLIOGRAFIA.....	16

INTRODUCCION

El presente reporte explica una iniciativa de mejora al sistema de tuberías de aguas tratadas físicamente, en la planta tratadora de aguas de la central de Ciclo Combinado de CFE de Hermosillo, Sonora. Específicamente en el servicio del sistema de enfriamiento de destilado del evaporador cristalizador hacia el tanque 5103 de la planta.

El objetivo de esta sección de la planta es disminuir la temperatura del agua caliente recuperada hasta los 34°C. El agua viene de los condensados de transición en el tanque TK-5503 de 10 m³, a una temperatura máxima de 62°C y un flujo aproximado de 19.5 m³/h. Lo anterior a través de un sistema de enfriamiento formado por un aroenfriador, un intercambiador de placas y un circuito cerrado de enfriamiento auxiliar alimentado por un enfriador de agua (chiller). El aroenfriador de aire forzado (TIT-5603) está formado por 8 ventiladores con funcionamiento sincronizado de acuerdo a los requerimientos de temperatura, generando un enfriamiento de 62°C a 45°C. El intercambiador de placas (IP-5600) enfría el agua de 45°C a 34°C para que finalmente el agua de condensados sea enviada al tanque de agua de servicios (TK-5103).

La modificación que se presenta será de la tubería ubicada desde el tanque de condensados del evaporador (5503) y bombas, hasta el primer tanque de agua contra incendios (5103) con el fin de reducir la longitud de la tubería así como sus respectivos accesorios. Lo anterior reduce pérdidas de presión y de flujo, lo que hará que la bomba requiera de una menor potencia y evitara que esta llegue a forzarse, así como los ocasionales derrames de agua en el tanque 5503.

DESCRIPCION DEL AREA DONDE SE DESARROLLO EL PROYECTO

Departamento químico: Responsable de la producción de agua para la generación de energía, control químico interno del ciclo agua y del sistema de

reciclaje de agua de desecho. Adicionalmente se encarga del control ambiental específicamente en emisiones atmosféricas, manejo y disposición de residuos peligrosos y no peligrosos, administración del sistema integral de gestión y tratamiento de aguas sanitarias.

La capacidad de producción de agua desmineralizada es de 10.5 m³/hr: 2 m³/hr de agua para uso en estaciones de servicio, 2 m³/hr de agua potable y 16.6 m³/hr de agua para agua contraincendios y otros servicios contando con un almacenamiento de 260 m³ en total. El método de tratamiento de agua es por osmosis inversa y equipos de intercambio iónico de lecho mixto.

JUSTIFICACION

El proyecto tiene como finalidad lograr reducir las pérdidas de carga para maximizar los beneficios de rehúso para esta zona de la Planta Tratadora de Agua (PTA), pero sobretodo de esta forma evitar derrames del tanque condensados 5503 mejorando el rendimiento operativo de la planta tratadora de aguas.

Al mejorar el estado operativo de la planta de tratamiento de aguas se puede incrementar la eficiencia energética de ésta, ayudando a obtener el agua tratada para la reutilización al ciclo sin problemas de bombeo.

OBJETIVOS

1. Evitar derrames del tanque de condensados TK-5503, Pues siendo de 5 Hp la potencia de la bomba corre riesgos de ser forzada provocando que no alcance a bombear el agua eficientemente y se derrame del tanque de condensados.
2. Evitar o reducir las pérdidas de carga o presión de la tubería que va desde el tanque de condensados del evaporador (5503) hasta el primer tanque de agua contra incendios (5103) al reducir la longitud de tuberías y accesorios.

3. Evitar forzar la bomba al no poder alcanzar bombear el agua suficiente del tanque de condensados por el sistema de tuberías hasta el tanque TK-5103 por la trayectoria y accesorios que hacen ineficiente al sistema.
4. Aprovechar la tubería ya instalada que va desde el cuarto de osmosis (la que proviene del tanque de condensados TK-5503) al segundo tanque de agua de servicios (5104) para usarla como salida de agua del enfriador hasta el chiller y finalmente al tanque 5103 (Tubería actualmente fuera de servicio).

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Originalmente la instalación que se hizo de la tubería que va desde el tanque de condensados del evaporador (5503) y bombas, al primer tanque de agua de servicios (5103) conectada de forma directa sin un previo sistema de enfriamiento, y puesto que salía del evaporador cristalizador a una temperatura de 62°C el agua se calentaba demasiado antes de entrar al tanque 5103, por lo que se instaló un sistema de enfriamiento para disminuir la temperatura del agua caliente recuperada que viene de los condensadores almacenada en el tanque TK-5503 de 10m³ y con un flujo de 19.5m³/h hasta los 34°C; esto a través de un sistema aroenfriador, intercambiador de placas y un chiller.

Entonces se optó por ese arreglo en vez de utilizar la tubería del tanque de condensados 5503 al 5103 que sale a partir del cuarto de osmosis para el tanque 5104 ya que ésta tubería se encuentra actualmente fuera de servicio.

Por consiguiente, adquirió una longitud mayor y con esto mayores pérdidas de presión y mayor esfuerzo de la bomba, pues no alcanzaba a bombear el agua del tanque de condensados provocando que el agua contenida en este se derramara. Al solucionar el problema de enfriamiento surgió uno nuevo, los derrames del tanque, y dicho cambio no ha sido solucionado hasta la fecha. Fue por eso que se analizó esta problemática para poder ingeniar un arreglo nuevo que no implicara tantas pérdidas de presión.

La importancia de esta mejora radica en varios aspectos, pero principalmente sería que, al disminuir la longitud de la tubería, así como sus accesorios eso evitará derrames en el tanque 5103 pues esto podría provocar que se tenga que parar esa área de la Planta Tratadora de Agua (PTA), deteniendo el ciclo de tratamiento de agua o forzando la bomba cuya potencia es limitada.

En base a investigaciones de campo y un análisis del mejor reacomodo de tuberías para lograr evitar la mayor cantidad de pérdidas de presión se llegó a la mejor opción, según cálculos que serán mostrados en la siguiente sección se presenta la situación actual y el arreglo propuesto. Una vez habiendo hecho el estudio conveniente y fundamentándose con los propios cálculos se tomará el método más adecuado, que es la propuesta del presente proyecto.

FUNDAMENTOS TEORICOS Y HERRAMIENTAS APLICADAS

Para calcular las pérdidas de carga por los accesorios se utilizaron las siguientes expresiones (referencia bibliográfica):

Para los codos de 90°: $K = 30f$

Para la T recta: $K = 60f$

Para las curvaturas de 45°; $K = 1.263f$

Para la válvula de globo; $K = 340f$

Para la válvula tipo bola; $K = 150f$

Donde K es la perdida de carga debido a un solo accesorio y f es el factor de fricción. El factor de fricción fue calculado por la siguiente expresión matemática (referencia bibliográfica):

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2.0 \log \left(\frac{\frac{\epsilon}{D}}{3.7} + \frac{2.51}{N_{Re} \sqrt{f}} \right) \quad (1)$$

Para calcular el número de Reynolds se utiliza la siguiente ecuación:

$$Re = \frac{\rho v_s D}{\mu} \quad (2)$$

Dónde:

ϵ = Rugosidad del tubo (m).

D = Diámetro interior de la tubería (m).

ρ = Densidad del fluido (kg/m³).

Vs = Velocidad del fluido (m/s).

μ = Densidad del fluido (N-s/m²).

Para las pérdidas de carga para la tubería se utilizó la expresión de Darcy-Weisbach:

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

Para calcular la potencia requerida de la bomba primero se utilizó la ecuación de Bernoulli tomando en cuenta las pérdidas de carga o presión:

$$\frac{v_1^2}{2g} + \frac{P_1}{\gamma} + Z_1 + W = h_f + \frac{v_2^2}{2g} + \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 \quad (4)$$

Dónde:

V₁ = Velocidad del fluido en el punto de referencia (m/s).

V₂ = Velocidad del fluido en el punto final de la trayectoria (m/s).

g = Aceleración de la gravedad (m/s²).

P₁ = Presión inicial o en el punto de referencia (N/m²).

P₂ = Presión Final o en el punto final de la trayectoria (N/m²).

γ = Peso específico del fluido (kN/m³).

Z_1 = Elevación en el punto inicial o de referencia (m).

Z_2 = Elevación en el punto final de la trayectoria (m).

H_f = pérdida de carga total debido a la tubería y accesorios (m).

W = Cabezal de la bomba (m).

Despejando de la ecuación de Bernoulli el cabezal de la bomba (W):

$$W = (Z_2 - Z_1) + \frac{1}{2g}(V_2^2 - V_1^2) + \frac{1}{\gamma}(P_2 - P_1) \quad (5)$$

La potencia requerida (P) se obtiene como:

$$P = \frac{\gamma Q W}{\eta} \quad (6)$$

donde η es la eficiencia de la bomba.

RESULTADOS OBTENIDOS

Se consultaron manuales y planos isométricos del área donde se desarrolló el proyecto para obtener los datos necesarios y poder realizar los cálculos que se requerían para justificar la propuesta que se dio para la modificación de tuberías.

Los planos isométricos que se consultaron no estaban actualizados por lo cual se requirió ir a tomar algunas medidas de las tuberías que no se presentaban en este plano, y también se contaron los accesorios que realmente se encontraban instalados en la tubería.

A continuación se exponen todos los datos, diseño y características requeridas que debe presentar el arreglo de tuberías de dicha sección de la planta tratadora. La información fue obtenida como resultado de los cálculos desarrollados en los correspondientes anexos y que permiten marcar la diferencia entre la situación

actual y el arreglo propuesto. En ellos se realizó un estudio de ingeniería en base al análisis de mecánica de fluidos con el cual se llegó a un presupuesto de la modificación total que se obtendría tras la puesta en marcha de esta.

Características determinadas de la bomba tipo centrifuga:

- Potencia = 5.0 HP; 3,461 rpm
- Capacidad máxima: 30.26 gpm
- Pmax = 232 psi
- Tmax: 248 °F
- Frecuencia 60 Hz

Tipo de tubería: Acero inoxidable; ASTM –A106 cedula 80

Tipos de codos:

Codos 90°: Acero forjado. ASTM A105 ASME B16.11 3000 #

Te Recta: Acero forjado. ASTM A105 ASME B16.11 3000 #

Tipos de válvulas:

Se cuenta con dos tipos de válvulas en toda la instalación, válvulas de globo y de bola manuales.

Para hacer una comparación entre la instalación actual y la modificación que se requiere, se utilizaron las condiciones de flujo y temperatura de los fluidos almacenados en el tanque TK-5503 de 10 m³ según los manuales de CFE que se consultaron: Caudal = 19.5 m³/hr y temperatura 62 °C. Se evaluaron las propiedades del fluido a la temperatura de 50°C (Tabla 1).

Tabla 1 Propiedades del agua a 50°C.

Datos del fluido		
Densidad	988	kg/m ³
viscosidad Dinámica	0.000541	N-s/m ²
Peso específico del agua	9.69	kN/m ³

Se utilizaron los siguientes datos de la tubería según el tipo de esta:

Especificaciones generales de la tubería		
UNIDADES	plg	m
Diámetro nominal	2	0.0508
Rugosidad (m)		0.000045

Las pérdidas de carga para la tubería instalada actualmente se calcularon con las formulas mostradas anteriormente:

Perdidas de carga por accesorios		
Accesorio	Cantidad	Perdida
Codos 90°	45	27.62
Codos tipo T	6	7.36
Curvaturas 45°	1	0.025
válvulas globo	4	27.82
válvulas tipo bola	3	9.20
Longitud tubería	145	58.40
Perdida de carga total (hf)	47.48	

Los parámetros a utilizar en los cálculos de la configuración original se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2 Parámetros utilizados en los cálculos de la configuración original.

velocidad del fluido (m/s)	2.67
numero de Reynolds	247935.20
L/D	2854.33
factor de fricción (f)	0.020

Para aplicar la ecuación de Bernoulli, se tomaron los siguientes puntos de referencia para calcular el cabezal de la bomba (W):

Puntos de análisis	
$V_1=V_2$	$V_2=V_1$
$P_1=0$	$P_2=0$
$Z_1=0$	$Z_2=12.01$ m

Se obtuvieron los siguientes resultados:

Potencia requerida de la bomba (Hp)
4.23

	Metros	Pies
W	59.49	195.20

Las pérdidas de carga para la tubería con las modificaciones propuestas fue la siguiente:

Perdidas de carga por accesorios		
Accesorio	Cantidad	Perdidas
Codos 90°	35	20.02

Codos tipo T	4	4.57
Curvaturas 45°	3	0.07
Válvulas globo	4	25.93
Válvulas tipo bola	3	8.58
Longitud tubería	125	46.92
Perdida de carga total (h_f)	38.62	

Los parámetros utilizar en los cálculos de la propuesta se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3 Parámetros utilizados en los cálculos de la configuración modificada.

Velocidad (m/s)	2.67
Número de Reynolds (NRE)	247935.20
L/D	2460.62
Factor de fricción (f)	0.020

Aplicando de nuevo la ecuación de Bernoulli para calcular (W), se obtiene:

	Metros	Pies
W	50.63	166.12

Potencia de la bomba requerida (Hp)
3.60

Comparación de potencia requerida suponiendo una eficiencia de la bomba del 100 %:

	Modificación	Actual
Potencia requerida (Hp)	3.60	4.23

Si la bomba trabaja en un 80 % la potencia que requiere esta es:

	Modificación	Actual
Potencia requerida (Hp)	4.50	5.29

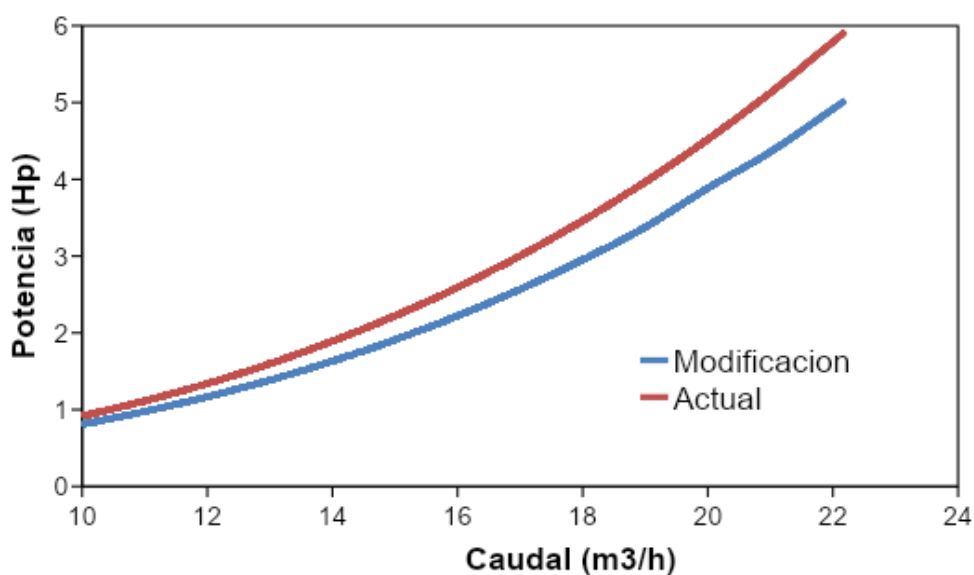
Lo cual se sobrepasa de la potencia disponible de la bomba en la instalación actual. En la tabla 4 se presenta la potencia requerida para diferentes caudales.

Tabla 4 Potencia requerida de la bomba para diferentes caudales.

Sistema actual			Sistema con modificación propuesta	
Caudal (m³/h)	Potencia (Hp)		Caudal (m³/h)	Potencia (Hp)
10	0.91		10	0.80
11	1.11		11	0.97
12	1.34		12	1.167
13	1.59		13	1.38
14	1.89		14	1.63
15	2.22		15	1.90
16	2.59		16	2.22
17	3.00		17	2.56

18	3.46		18	2.95
19	3.96		19	3.37
20	4.52		20	3.88
21	5.12		21	4.35
22	5.78		22	4.91
22.2	5.92		22.2	5.03

En la gráfica 1 se muestran dos curvas en función del caudal, que se encuentra fluctuando entre los 10 y 23 m³/h y que alcanza una potencia requerida (HP) desde 0.8 hasta 5 hp. El comportamiento de ambas curvas nos ayuda a comprender como funciona el arreglo propuesto y el actual ya que así podemos notar que en la curva roja que representa la actual tubería alcanza de forma más rápida la máxima potencia de la bomba que son 5 Hp a diferencia de la curva azul que representa la modificación donde se comporta más favorablemente puesto que tarda más en alcanzar la máxima potencia (5 hp) y esto evita que se forzara la bomba y con ello los derrames.



Gráfica 1 Variación de la potencia requerida por la bomba al variar el caudal requerido.

PRESUPUESTO

Para llevar a cabo la modificación se requerirán aproximadamente 3 metros de tubería para hacer las nuevas conexiones desde la tubería ya instalada que no está en servicio hacia la tubería que va al Aero enfriador.

La tubería a instalar se puede reutilizar de la tubería que se va a retirar que son aproximadamente 20 metros que aún están en buenas condiciones de uso contando los codos de 90° que también se encuentran en las mismas condiciones.

CONCLUSIONES

Al hacer estas modificaciones de tuberías según los cálculos realizados se podrán reducir las pérdidas de presión que se presentan en la tubería actualmente instalada que provoca derrames en el tanque de condensados TK-5503 y también se podrá aprovechar la tubería retirada para hacer tales modificaciones para así tener una operación en el área de tratamiento de agua eficiente.

FORTALEZAS Y DEBILIDADES

Al realizar este proyecto me ayudo a comprender el análisis de un problema real y la resolución de este mediante la búsqueda de datos mediante manuales, diagramas y planos de los cuales tuve que consultar información para poder interpretarlos, pero sin embargo al realizar los cálculos me fue fácil atacarlo ya que me apoye en los conocimientos que ya había adquirido de la asignatura de flujo de fluidos ya cursada.

Al momento de estar realizando esta práctica profesional me sirvió para conocer a detalle cómo funciona una planta tratadora de agua por mediante diferentes procesos como, por ejemplo:

- Osmosis inversa por mediante membranas
- Intercambio iónico utilizando lechos mixtos
- Microfiltración mediante membranas
- Filtros de arena
- Suavizadores
- Clarificadores
- Evaporación y cristalización

Fue importante para mi conocer esta planta tratadora de agua ya que comprendí a detalle algunos temas de operaciones unitarias y los equipos utilizados para llevarlas a cabo, siendo estos procesos esenciales en la planta para la generación de energía a través del ciclo de Rankine o mediante turbinas de vapor debido a que el agua utilizada debe de tener ciertas restricciones en los parámetros como pH, dureza, conductividad, oxígeno disuelto, etc. para el buen funcionamiento del ciclo.

BIBLIOGRAFIA

1. Mecánica de Fluidos, Robert Mott, Sexta Edición. 2006.
2. Manual de ayudante de operación de la CFE ciclo combinado.