

GESTIÓN DEL AGUA EN LA INDUSTRIA LIBERTEÑA – PERÚ

Ing. Marcos Baca López, MSC

Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú, mbi@upnorte.edu.pe

Ing. Raúl Paredes Rosario, MSC

Universidad Privada del Norte, Trujillo, Perú, rpr@upnorte.edu.pe

RESUMEN

Se presenta un análisis técnico económico financiero para implementar un sistema de Gestión del Agua Industrial, pues la mayor parte de empresas industriales Liberteñas en el Perú, no tiene sistemas de agua en circuito interno ni de tratamiento de agua contaminada, para su reutilización en Planta.

El costo del m³ de agua industrial es de 2.15 USA\$ y que, en promedio, las Plantas industriales de La Libertad consumen 200 a 250 m³/h, representando un gasto mayor de 80,000 USA\$/mes y ocasionando que la napa freática aumente a niveles peligrosos en la ciudad de 1m a 1.5 m que ocasionan hundimiento de tierras (ejemplo: Urbanización El Golf)

Se plantea instalar sistemas tecnológicos de Clarificación química y física, desalinización, de Enfriamiento, para tratar y recircular del agua y tener circuito cerrado de agua, con inversiones de 1.5 a 2.5 millones USA\$ que tendrían retornos de entre 2 a 2.5 años.

Entre los beneficios se incluyen mayor disponibilidad para agua de riego, agua potable para zonas carentes, menores costos de producción industrial, menor contaminación por reducción de efluentes, etc.

ABSTRACT

By 2025, 1,800 million people will live with a dramatic lack of water and 2 / 3 of the world's population will face shortage (FAO).

Agriculture: first consumer of water worldwide (developed countries: 70% and developing countries: 90%).

The efficient use of water is one of the key objectives for development. However, in Peru, which is 5% of the world's drinking water, there is not a rational and farsighted water management.

A technical, economic and financial analysis will be presented to implement an Industrial Water Management system, based on water treatment technologies, as most Peruvian industrial companies do not have neither water systems in internal circuit nor treatment of contaminated water.

The cost of industrial water is 2.15 U.S. \$ / m³ average, the factories from La Libertad consume 200 to 250 m³/hour, representing an expense greater than U.S. \$ 80,000 per month and causing the water table rise to dangerous levels in the city.

It is proposed to install technology systems of chemical- physical clarification, desalination and cooling, to treat and recirculate water, and have closed circuit, with investments of 1.5 to U.S. \$ 2.5 million which would return in 2 or 2.5 years.

The benefits include increased availability of water for irrigation, drinking water to deprived areas, lower industrial production costs and lower pollution by reducing waste.

Keywords: : Industrial Water Management, technical - economic and financial analysis, physical-chemical water clarification, desalination and cooling.

INTRODUCTION

EL GASTO DE AGUA CRECE EL DOBLE QUE LA POBLACIÓN MUNDIAL

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) el consumo de agua ha crecido en el último siglo a un ritmo más de dos veces superior al de la población mundial.

En el 2025 1.800 millones de personas vivirán en países o regiones con una drástica falta de agua y dos tercios de la población mundial se enfrentarán a la escasez del líquido.

«La gestión sostenible, eficaz y equitativa de unos recursos hídricos cada vez más escasos será un desafío clave para los próximos cien años», destacó el experto de la FAO Pasquale Steduto presidente del organismo de coordinación de las Naciones Unidas ONU-Agua.

La FAO coordinará también este año el Día Mundial del Agua, que se celebrará el próximo 22 de marzo con el tema “Afrontar la escasez de agua”, que pretende resaltar la necesidad de una mayor cooperación local e internacional para proteger los recursos hídricos.

Para afrontar la escasez la FAO recuerda la necesidad de ocuparse de la protección del medio ambiente, el calentamiento global, el reparto equitativo del agua para el regadío, la industria y el uso doméstico.

La FAO indica que 1.100 millones de personas no tienen acceso a agua potable en cantidad y calidad adecuada para sus necesidades diarias y 2.600 millones carecen de instalaciones de saneamiento aceptables.

La agricultura es el primer consumidor de agua a nivel mundial, con un 70% de toda el agua dulce de lagos y acuíferos y la cifra alcanza el 90% en varios países en desarrollo.

El Perú posee 5% del agua potable del mundo pero maneja este recurso, cada vez más escaso, de manera inadecuada, advirtieron expertos.

La distribución del agua no es equitativa, según el informe "El medio ambiente en Perú año 2000". La sierra y la costa, donde viven 90% de los peruanos, tienen menos de 2% del recurso.

La costa, en donde reside 60% de la población, recibe una precipitación anual de 38 milímetros, 16 veces menos que la región andina y 100 veces menos que su selva amazónica.

No hay políticas adecuadas de manejo y aprovechamiento, incluso en las áreas con menos fuentes naturales. El resultado, es el derroche.

La falta de un criterio estratégico sobre el manejo del agua disponible perjudica los cultivos de la costa, la zona peruana menos dotada de agua dulce adecuada para el riego.

Los campesinos costeros de Perú prefieren sembrar caña de azúcar y arroz, cultivos de alto consumo de agua, y el Estado no incentiva el empleo de técnicas modernas y eficientes de riego, como la aspersión y el goteo.

ANTECEDENTES

El agua no solo es indispensable para el consumo doméstico y la irrigación de las zonas agrarias, sino también para la industria.

Para producir una tonelada de acero se requieren 325.000 litros de agua. Una refinería emplea 10 litros de agua por cada litro de gasolina. Para extraer una tonelada de petróleo hacen falta 10.000 litros de agua.

Para producir una tonelada de fibra sintética se usan 5,6 millones de litros de agua, y para mantener en funcionamiento una central térmica de un millón de kilowatts de potencia se deben utilizar cada año entre 1.200 y 1.600 millones de metros cúbicos de agua.

El Perú ocupa el puesto décimo séptimo entre los 180 países con mayor disponibilidad y acceso de agua en el mundo.

El 31 de julio de 2008, mediante Decreto Supremo N° 002-2008 DEL MINAM, se aprobó los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establece el nivel de concentración de sustancias físicas, químicas y biológicas presentes en el agua, cuyos niveles no deberán representar riesgo para la salud de las personas ni para el ambiente.

Lima arroja al año 400 millones de m³ de aguas servidas al mar, a pesar que sólo en la ciudad capital hay cerca de un millón de habitantes que no cuentan con agua potable. Si estos millones de metros cúbicos de aguas servidas se volvieran a usar no habría escasez.

De los 1836 municipios que existen en el país, al menos 1820 arrojan sus aguas servidas a los ríos, los lagos o al mar.

Villa El Salvador es el único municipio limeño que no arroja sus desagües al mar, porque tiene una planta de tratamiento y lagunas de oxidación.

Luego de casi 18 años se aprobó la Ley de Recursos Hídricos y enfatiza el reconocimiento del valor económico del recurso hídrico como patrimonio de la nación.

El Perú posee el 70% de los glaciares tropicales del mundo, siendo la principal reserva de agua dulce de la humanidad.

Cada habitante peruano dispone al año, en promedio, de una dotación de 77,600 m³ de agua dulce, el mayor volumen de América Latina.

REALIDAD PROBLEMÁTICA

Existe actualmente un incremento de costos de producción por utilizar sistema de agua industrial en circuito abierto en las Plantas Agroindustriales de La Libertad - Perú

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

¿En qué medida la instalación de un sistema de agua industrial en circuito cerrado reducirá los costos de producción en la agroindustria de La Libertad Perú?

FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

La instalación de un sistema de agua industrial en circuito cerrado reducirá los costos de producción en la agroindustria de La Libertad Perú

LA VISION DE LA COMPLETA GESTION DEL AGUA

El objetivo o meta de la completa gestión del agua es obviamente el reciclado razonable de circuitos de agua. No significa ello el cierre completo, sino el equilibrio entre la alta calidad del producto, buen funcionamiento de las máquinas y calidad de agua de proceso estable con la mejor y más competitiva tecnología disponible al seleccionar los equipos.

Es obvio, que la mejor tecnología disponible en los tratamientos del agua bruta, así como todos los métodos anteriormente descritos, incluyendo los tratamientos biológicos, la tecnología de membranas y la evaporación, serán parte del concepto de gestión del agua, cuando los circuitos de agua se estén cerrando en equilibrio con la calidad final del producto y el funcionamiento de las máquinas.

El objetivo de una completa gestión del agua es, en definitiva, reciclar todo aquel material útil de nuevo al proceso de fabricación y reutilizar el agua en la circulación de aguas de proceso. Las grandes ventajas que aporta una buena gestión del agua son todos aquellos ahorros que ello genera: la disminución del consumo y del coste de agua bruta, la disminución de los costes de inversión y de mantenimiento operativo de tratamiento de efluentes, el mejor funcionamiento de la máquina de papel/cartón y los menores problemas de calidad en el producto final. Además, se minimiza el impacto ambiental.

EL AGUA EN LA INDÚSTRIA

1.1 SITUACIÓN

El agua es un recurso fundamental para la actividad industrial, su utilización ha variado a lo largo del tiempo, disminuyendo su aprovechamiento local o puntual como fuente de energía primaria (molinos y turbinas), pero continúa siendo imprescindible para el desarrollo industrial usada como medio de reacción y disolvente o como regulador térmico en calderas y torres de refrigeración.

Ha aumentado de forma casi exponencial su valor, pasando de ser un bien libre y muy barato a considerarse como primera materia, cara y muy regulada. En la cumbre de la Tierra de Johannesburgo se la considero materia prima estratégica y posible fuente de conflictos internacionales, ejemplos próximos de conflictividad los podemos ver en los proyectos de trasvase planteados en España. Desde la crisis del petróleo de los setenta, tanto en la industria como en la sociedad civil nos acostumbramos a hablar del coste y de la gestión de la energía, actualmente en muchos procesos industriales el valor de esta se puede equiparar al del agua.

1.2 CAUSAS DEL ENCARECIMIENTO.

Podemos definir cuatro causas básicas, que además están relacionadas entre si:

Escasez, contaminación, evolución tecnológica y de calidad, entorno legal.

1.2.1 ESCASEZ.

Una de las principales causas del aumento de valor es la relativa escasez, debida a diversos motivos, que podemos resumir en tres: disminución de los recursos hidráulicos, concentración urbana e industrial, contaminación

Un primer balance de las disponibilidades de agua nos indica que hay suficiente. Si consideramos que un balance hídrico global permite disponer de un flujo de retorno (aguas superficiales y subterráneas) de 40.000 km³/año, que de estos 26.000 llegan al mar como escorrentía rápida no aprovechable y 5.000 transcurren por zonas deshabitadas, quedan 9.000 km³/año suficientes para una población de 20.000 millones de personas (actualmente hay en la tierra algo más de 6.000 millones).

De todas formas, se han de considerar distintas variables. En primer lugar agua y población están desigualmente repartidas. Por lo que nos encontramos con zonas excedentarias en agua y otras con deficiencia crónica, la concentración industrial y urbana aumenta este desequilibrio, por tanto es necesaria una planificación territorial y también del consumo.

La evolución actual tiende a una disminución progresiva de los recursos hídricos.

A pesar de que no hay unanimidad en los procesos de cambio climático y sus consecuencias como sería la modificación de los niveles medios de precipitación anual, se puede constatar una distribución diferente de las precipitaciones, de tal forma que aún manteniéndose el mismo valor medio, estas se dan con mayor intensidad y menor tiempo, lo que conlleva a una disminución del aprovechamiento directo en las zonas no reguladas y a una menor capacidad de recarga de los acuíferos.

La presión urbana, con una mayor ocupación del territorio, disminución de la permeabilidad y agresión al medio (incendios, desforestación, ..) contribuyen también a los efectos mencionados anteriormente.

La degradación de los recursos, tanto por una sobreexplotación de los acuíferos y aguas superficiales, como por la ausencia de control en los vertidos ha conllevado una disminución de la calidad del agua y por tanto a una inmovilización o disminución de recursos (salinización de acuíferos, contaminación superficial y subterránea, ...)

Todas estas situaciones conllevan una disminución del agua disponible y a un encarecimiento progresivo de la misma.

1.2.2 CONTAMINACIÓN

La industria tiene normalmente sus propias fuentes de abastecimiento de agua, superficial o subterránea. El aumento de la contaminación de estas fuentes obliga a tratarla con más intensidad o en último extremo a cambiar de suministro, usando un agua ya tratada (compañías suministradoras de agua potable) mucho más cara.

1.2.3 EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA Y DE LA CALIDAD DEL PRODUCTO

Entre los usos específicos del agua en la industria están los relacionados con el proceso productivo, este es en general el uso más importante después de la refrigeración. En algunas industrias como las tenerías, textil, alimentaria, papel, etc. el uso del agua en el proceso productivo es el principal.

La mayoría de procesos productivos han evolucionado hacia tecnologías que proporcionan una mayor calidad de producto, pero que al mismo tiempo exigen una calidad más alta en las materias primas que intervienen, y entre ellas el agua de proceso.

Es por eso que los de acondicionamientos de la misma han de ser más intensos y consecuentemente más caros

1.2.4 ENTORNO LEGAL

La entrada en la Comunidad Europea y una mayor sensibilización social respecto al medio ambiente ha comportado una legislación más estricta en el uso y tratamiento del agua.

Esta legislación (inicialmente Ley 29/1985 y su desarrollo tanto a nivel estatal como autonómico) implica un aumento de coste en el uso del agua. Ya que el vertido implica el pago del canon o tasa de saneamiento proporcional a la carga contaminante emitida, al mismo tiempo están reguladas las concentraciones de vertido de cada parámetro, esta limitación obliga en algunos casos a una depuración con el coste añadido que esto implica.

La sensibilidad social se refleja en la misma ley:

- La recaudación que se obtenga del canon o tasa de saneamiento se dedicará a actuaciones ambientales en el ciclo del agua, no serán solo instrumentos coactivos y/o de fiscalidad general (Titulo VI).

- No se tratara la contaminación de forma individual, sino como planificación hidrológica global, el Titulo III, artículo 38 especifica entre otros objetivos generales:

Conseguir la mejor satisfacción de las demandas de agua.

Incrementar las disponibilidades del recurso.

Proteger la calidad.

Racionalizar los usos en armonía con el medio ambiente.

- El artículo 93 autorizaba al establecimiento de fases para adecuar las características del vertido a los límites de vertido fijados.

Hay que remarcar que aunque la ley implica en estos momentos un claro y elevado coste del agua, a medio y largo plazo, a medida que disminuya la contaminación, se puede invertir la tendencia, tanto por la disminución de los tratamientos de acondicionamiento al no estar esta tan contaminada, como por la liberación de recursos hoy inutilizables por su grave degradación.

NECESIDADES DE LA GESTIÓN

Las necesidades de la gestión no son únicamente económicas, derivadas de estas podemos deducir otras.

2.1.1 AUTOSUFICIENCIA

Una buena gestión nos permitirá reducir el consumo, y por tanto depender menos de suministros externos. Esto es válido incluso para industrias con sus propias fuentes de abastecimiento, ya que las necesidades de agua son además de en cantidad, en calidad y no poder disponer de una calidad mínima puede encarecer o inhabilitar una fuente de suministro.

2.1.2 ESTRATEGIA

Menor dependencia del consumo de agua permite ser competitivo en tiempos de escasez respecto a otras industrias afines, tanto en costes como en capacidad de producción.

2.1.3 CALIDAD DEL PRODUCTO

Si la calidad del producto está relacionada con la calidad del agua, una buena gestión permitirá adecuarlas, y por tanto asegurar la calidad.

2.2 OBJETIVOS DE LA GESTIÓN

- Garantizar el proceso productivo.
- Asegurar las necesidades de costos y de suministros.
- Reducir la contaminación y su coste.

2.3 PRINCIPIOS DE ACTUACIÓN EN LA GESTIÓN DEL AGUA

2.3.1 DIAGRAMA DE FLUJO

Fundamental es el conocimiento exhaustivo del uso del agua, totalmente especificado en caudales y calidades usadas, pérdidas y cargas contaminantes producidas, por procesos de producción, de acondicionamiento, y de depuración, así como caudales y calidades de recirculación y reutilización. Una de las maneras más gráficas es disponerlo en forma de diagrama. Conocida la situación a través del diagrama, este ayuda a definir las actuaciones.

2.3.2 DETERMINACIÓN DE USOS ESPECÍFICOS

Antes de emprender cualquier acción hemos de conocer las necesidades reales del proceso, tanto de caudales como de calidades. Con este análisis podemos obtener en muchos casos una reducción de caudales, además de apreciar problemas debidos al uso del agua tanto en el proceso como en el producto final.

2.3.3 CORRESPONDENCIA ENTRE CALIDADES Y USOS

Complementaria a la anterior, muchas veces se usan calidades superiores u inferiores a las necesarias, con el problema que esto comporta.

2.3.4 REVISIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE FABRICACIÓN

Ésta nos puede aportar:

- Reducción de las cantidades de agua.
- Reducción de la contaminación.
- Reducción de las exigencias de calidad.

Como consecuencia podemos tener de forma individual o combinada, una reducción en el coste de suministro, de acondicionamiento y de contaminación.

De todas formas esta es una de las propuestas más difíciles de plantear en las empresas, ya que existe una elevada inercia a los cambios, sobre todo en procesos.

2.3.5 RECIRCULACIÓN DE BAÑOS

Permite un ahorro elevado de agua y de productos, es importante en aguas de lavado entre operación y operación, ya que son relativamente limpias y con reactivos no agotados.

2.3.6 ANÁLISIS Y MEJORA DE LOS PROCESOS DE ACONDICIONAMIENTO

La mayoría de los procesos de acondicionamiento consumen agua. Es por eso que mejorando la tecnología y adecuando las calidades podemos disminuir el coste y el consumo.

2.3.7 SEGREGACIÓN DE LOS EFLUENTES A TRATAR

No todos los efluentes tienen el mismo grado de contaminación, normalmente elevados grados de contaminación los presentan caudales pequeños y muy concretos.

La segregación de efluentes permite:

- La disminución de los volúmenes a tratar.
- La eliminación de la contaminación más gravada por el canon
- La reducción de los costos de explotación de la planta de tratamiento.
- La mejora en los rendimientos de depuración.

Este aumento de rendimiento permite unas calidades de vertido mejores y un posible aumento de recuperación o de recirculación.

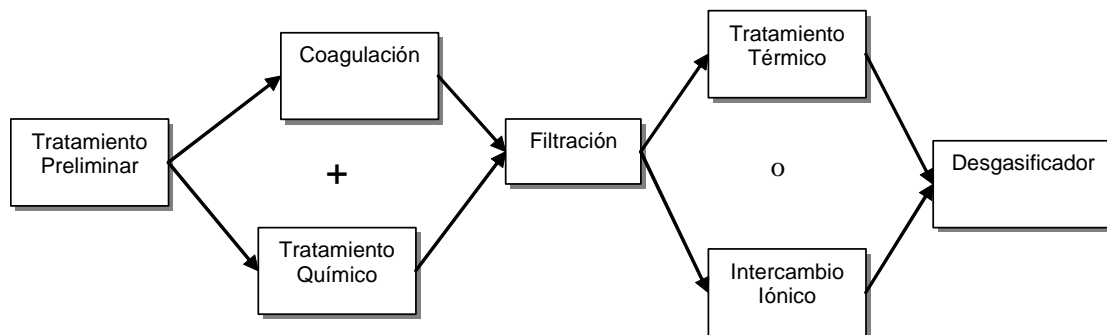
2.3.8 REUTILIZACIÓN DE EFLUENTES DEPURADOS

Una buena depuración permite en ciertos casos el aprovechamiento de las aguas de vertido, con una buena desinfección podemos usarlas en procesos de remojo.

La secuencia expuesta en estos principios de actuación no es lineal, sino que los principios pueden interactuar entre ellos. Esto implica que las medidas adoptadas en un punto determinado tienen repercusión en el proceso de uso del agua, y permite nuevos ajustes.

SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUA INDUSTRIAL

Los métodos y su sucesión persiguen el retiro de las impurezas en orden decreciente de las dimensiones de las partículas contenidas en el agua.



1. – TRATAMIENTO PRELIMINAR

Comprende la suma de los sistemas físicos o mecánicos por los cuales se asegura el retiro del agua de las partículas que por su naturaleza o dimensiones, impedirán el funcionamiento de las redes hidráulicas. El sistema

acciona en el dominio de dimensiones macroscópicas de las partículas del agua y no modifica su composición química. Hacen parte:

Retención de cuerpos flotantes en placas perforadas.

Desarenamiento

Filtrado

Se usa en ciertos sistemas el carbón activado, para retener aceites, no se regenera y retiene hasta 20 % del peso propio a temperatura normal y hasta 30 % a temperatura mayor.

2. - TRATAMIENTO FISICO QUIMICO = COAGULACION

Consta en la aglomeración de partículas coloidales muy finas en un cuerpo precipitado pesado y voluminoso para su separación de la fase líquida por decantación.

La coagulación se realiza por introducción en el agua de un producto capaz de anular la carga eléctrica de las sustancias coloidales y dar nacimiento a un precipitado.

Como productos de coagulación se usan sales de Fe o Al: FeCl_3 , FeSO_4 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Los coagulantes de Aluminio accionan bien a ph: 5.8 hasta 7.4

Los coagulantes de Fierro accionan bien a pH: 5.5. hasta 14

3. – TRATAMIENTO QUIMICO

Consta en el retiro de ciertas sales contenidas en el agua por precipitación o por óxido reducción, con la ayuda de reactivos dosificados para tal fin.

4. – FILTRADO DE AGUA

Se utiliza la propiedad de los medios porosos de retener las suspensiones de una mezcla sólido – líquida que los atraviesa.

TIPOS

En función de la relación entre la dimensión de la suspensión / dimensión poro filtrante:

De superficie: Cuando las dimensiones de la suspensión es menor que la de los poros.

En capa filtrante o de profundidad: Las dimensiones de las suspensiones es menor que la de los poros del material filtrante. La retención se hace por adsorción.

DESARROLLO

INGENIERÍA BÁSICA

CÁLCULO DEL CONSUMO DE AGUA CALIENTE Y AGUA DE ENFRIAMIENTO EN PLANTA

La Planta Industrial tiene dos sistemas: de enfriamiento y calentamiento con agua industrial; el primero tiene 200 kw y el segundo consume en total 250 kw. A ambos enfriadores ingresa agua industrial a 30°C y sale a 42°C

Demanda de agua industrial para enfriamiento sin mezcla en Planta:

Carga térmica total: 450 kw

Del balance térmico: $450\text{kw} = \dot{m}_{\text{agua}} * c_p * (t_{\text{salida}} - t_{\text{entrada}})$

$$\dot{m}_{\text{agua}} = \frac{450\text{kw}}{4.187 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} * (42 - 30)^\circ\text{C}} = 8.96 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

Resulta:

$$V_{\text{agua}} = \frac{\dot{m}_{\text{agua}}}{\rho_{\text{agua}}} = \frac{8.96 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{995 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0.009 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 32.40 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

En flujo volumétrico de agua:

DIMENSIONAMIENTO DE TORRE DE ENFRIAMIENTO

Se asume los siguientes datos:

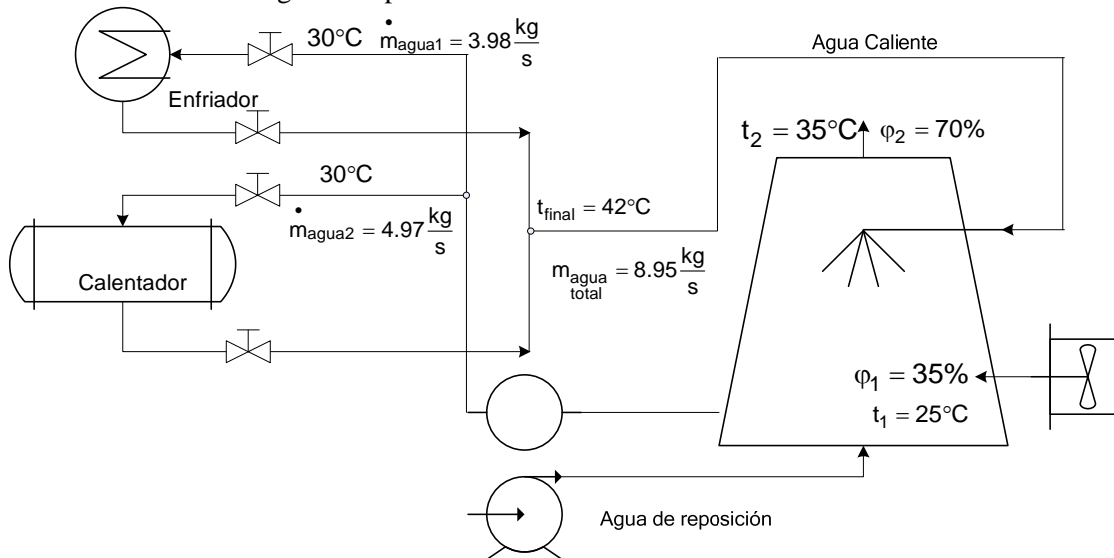
La torre utiliza aire a $t_1 = 25^\circ\text{C}$ y $\phi_1 = 35\%$, el cual sale de la torre a $t_2 = 35^\circ\text{C}$ y $\phi_2 = 70\%$. El agua de reposición tiene 20°C

Del balance térmico en los intercambiadores de calor sin mezcla:

El enfriador consume 3.98 kg/s y el calentador consume 4.97 kg/s

Se halla la capacidad necesaria de la torre de enfriamiento, con factor de servicio de 1.20

Se halla la cantidad de agua de reposición



CAPACIDAD DE ENFRIAMIENTO DE LA TORRE:

Calor evacuado = $8.95 * 4.187 * (42 - 30) = 449.70 \text{ kw}$

En toneladas de refrigeración: $C = 1.20 * 449.70 / (4.396) = 122.757 \text{ Toneladas de refrigeración}$

1 Tonelada de refrigeración = $4.396 \text{ kw} = 15000 \text{ btu/h}$

FLUJO DE AIRE SECO:

$$\dot{m}_{\text{aire seco}} = \frac{\dot{m}_{\text{agua}} * (h_1' - h_2')}{h_{\text{as4}} - h_{\text{as3}} + x_4 * h_4'' - x_3 * h_3'' - (x_4 - x_3) * h_5'}$$

$$\dot{m}_{\text{as}} = \frac{8.95 \frac{\text{kg}}{\text{s}} * (182.30 - 125.61) \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{308.15 - 298.15 + 0.0254 * 2564.55 - 0.0076 * 2546.51 - (0.0254 - 0.0076) * 83.91} = 9.35 \text{ kg/s}$$

FLUJO MÁSICO DE AIRE HÚMEDO:

$$\dot{m}_{\text{humedo}}^{\text{aire}} = (1 + 0.0076) * 9.36 = 9.43 \text{ kg/s}$$

FLUJO VOLUMÉTRICO DEL AIRE A LA ENTRADA A LA TORRE:

$$\dot{V}_{\text{humedo}}^{\text{aire}} = \frac{9.43}{1.20} = 7.86 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

FLUJO MÁSICO AGUA DE REPOSICIÓN:

$$\dot{m}_{\text{ar}} = 9.35 \text{ kg/s} * (0.0254 - 0.0076) = 0.1664 \text{ kg/s} = 599 \text{ kg/h}$$

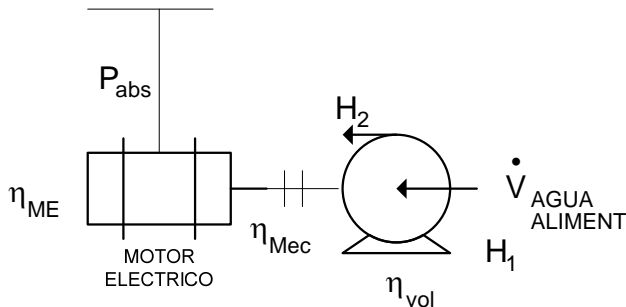
FLUJO VOLUMÉTRICO AGUA REPOSICIÓN:

$$\dot{V}_{\text{ar}} = 599.04 / 995 = 0.602 \text{ m}^3 / \text{h}$$

CÁLCULO BOMBA AGUA DE ENFRIAMIENTO

Se hace el análisis, similar al caso del análisis de los ventiladores

DEMANDA DE POTENCIA EN EL EJE DE LA BOMBA



Con las notaciones de la figura:

$$P_{\text{abs}} = \frac{P_{\text{Bomba}}}{\eta_{\text{Mec}} * \eta_{\text{ME}}} = \frac{\dot{V}_{\text{Agua Aliment}} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) * \rho_{\text{Agua Aliment}} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * H_{\text{Neta Bombeo}} \text{ (m.c.H}_2\text{O)} * g \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)}{\eta_{\text{Bomba}} * \eta_{\text{Mec}} * \eta_{\text{ME}} * 1000} \text{ [kw]}$$

$H_{\text{Neta de Bombeo}} = H_{\text{Salida}} - H_{\text{Succion}}$

En la ecuación anterior:

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

ρ Es la densidad del agua, se toma de tablas, en función de la temperatura

1 bar = 10 metros columna de agua

Potencia absorbida por el motor eléctrico que acciona la bomba de agua:

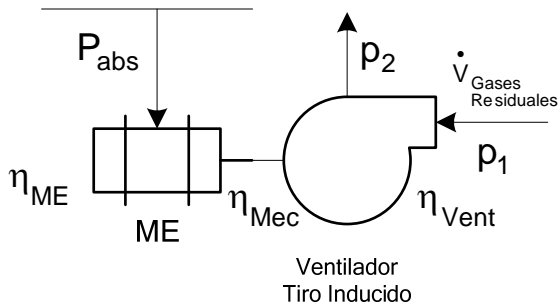
$$P_{\text{abs}} = \frac{0.009 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) * 995 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * 35 \text{ (m.c.H}_2\text{O)} * 9.81 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)}{0.80 * 0.97 * 0.85 * 1000} = 4.66 \text{ [kw]}$$

CÁLCULO BOMBA AGUA DE REPOSICIÓN

$$P_{\text{abs}} = \frac{0.0001672 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) * 995 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) * 40 (\text{m.c.H}_2\text{O}) * 9.81 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)}{0.75 * 0.97 * 0.82 * 1000} = 0.1094 [\text{kw}]$$

CÁLCULO DE VENTILADORES PARA TORRE DE ENFRIAMIENTO

Potencia demandada por el ventilador de Tiro Inducido:



POTENCIA EN EJE DEL VENTILADOR.

$$P_{\text{Vent}} = \frac{\dot{V}_{\text{aire humedo}} * \Delta p}{\eta_{\text{Vent}}} = \frac{\dot{V} \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) * (p_2 - p_1) \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right)}{\eta_{\text{Vent}} * 1000} [\text{kw}]$$

Con las notaciones de la figura:

Potencia eléctrica absorbida por el motor eléctrico que acciona el ventilador de la torre:

$$P_{\text{ME}} = \frac{7.86 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) * 2000 \left(\frac{\text{N}}{\text{m}^2} \right)}{0.75 * 0.97 * 0.85 * 1000} = 25.42 [\text{kw}]$$

FUERZAS IMPULSORAS PARA MEJORAR LA GESTIÓN DEL AGUA EN LA INDUSTRIA:

- Cada vez más estricta regulación de los vertidos.
- La opinión pública.
- La imagen en los mercados.
- La escasez y el coste del agua bruta.
- El coste del tratamiento de los efluentes.
- Problemas de fabricación originados por la calidad del agua de proceso.

CONCEPTO PARA REALIZAR UN DISEÑO EFICIENTE Y SEGURO DEL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

- Estudio detallado de las características del efluente, origen, compuestos químicos, biodegradabilidad de sus compuestos.
- Eficaz preclarificación antes del tratamiento aeróbico.
- Selección de la biomasa óptima mediante la utilización de un proceso de tratamiento de fangos activados.
- Formación de una población de biomasa capaz de descomponer los compuestos biodegradables lentos, que generalmente requieren mayor edad del fango.
- Control de la temperatura, mediante tecnologías demostradas y adecuadas en cada caso.
- Rápida y eficiente separación del fango y del agua tratada.
- Mínima utilización de coagulantes y floculantes químicos, que viene a reducir los compuestos no biodegradables.
- Eficaz y flexible deshidratación del fango.

ANÁLISIS DE COSTOS DE OPERACIÓN:

SITUACION ACTUAL:

. Costo de agua no recuperada

El costo unitario del agua industrial es de $2.15 \frac{\text{USA\$}}{\text{m}^3}$

Costo horario del uso de agua en Planta (por no tener circuito cerrado de recuperación):

$$C_h = \dot{V}_{\text{agua}} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] * C_u \left[\frac{\text{USA\$}}{\text{m}^3} \right] = 32.40 * 2.15 = 69.66 \frac{\text{USA\$}}{\text{h}}$$

Tiempo de operación anual de la Planta:

Trabaja en dos turnos de 8 horas cada uno, durante 300 días al año, en promedio. El proceso dura 1.50 horas y se realiza dos veces por turno.

Entonces, el tiempo efectivo de operación es:

$$1.5 \text{ h/vez} * 2 \text{ veces/turno} * 2 \text{ turnos/día} * 300 \text{ días / año} = 1800 \text{ horas/año}$$

Costo anual del proceso (del consumo de agua industrial en enfriamiento y calentamiento sin mezcla):

$$C_{\text{anual}} = 69.66 \frac{\text{USA\$}}{\text{h}} * 1800 \frac{\text{h}}{\text{año}} = 125388 \frac{\text{USA\$}}{\text{año}}$$

COSTOS EN QUE SE INCURREN AL PONER EN OPERACIÓN LA TORRE DE ENFRIAMIENTO

A) COSTO DE LA ENERGÍA CONSUMIDA POR EL MOTOR ELÉCTRICA QUE ACCIONA LA BOMBA:

$$C_{\text{ME Bomba}} = 4.66 \text{kw} * 1800 \frac{\text{h}}{\text{año}} * 0.33 \frac{\text{N.S.}}{\text{kw-h}} = 2768.0 \frac{\text{N.S.}}{\text{año}} = 865 \frac{\text{USA\$}}{\text{año}}$$

B) COSTO DE LA ENERGÍA CONSUMIDA POR EL MOTOR ELÉCTRICA QUE ACCIONA LA BOMBA:

$$C_{\text{ME Bomba}} = 0.1094 \text{kw} * 1800 \frac{\text{h}}{\text{año}} * 0.33 \frac{\text{N.S.}}{\text{kw-h}} = 64.98 \frac{\text{N.S.}}{\text{año}} = 20.30 \frac{\text{USA\$}}{\text{año}}$$

C) COSTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA QUE CONSUME EL VENTILADOR:

$$C_{\text{T-Vent}} = 25.42 \text{kw} * 1800 \frac{\text{h}}{\text{año}} * 0.33 \frac{\text{N.S.}}{\text{kw-h}} = 15099.48 \frac{\text{N.S.}}{\text{año}} = 4718.60 \frac{\text{USA\$}}{\text{año}}$$

D) COSTO DEL AGUA DE REPOSICIÓN:

$$C_{\text{agua reposicion}} = 0.602 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * 1800 \frac{\text{h}}{\text{año}} * 2.15 \frac{\text{USA\$}}{\text{año}} = 357.6 \frac{\text{USA\$}}{\text{año}}$$

TOTAL COSTOS EN QUE SE INCURREN AL PONER EN OPERACIÓN LA TORRE DE ENFRIAMIENTO

$$a) + b) + c) + d) = 865 + 20.30 + 4718.60 + 357.60 = 5961.50 \text{ USA } \$/\text{año}$$

BENEFICIOS BRUTOS AL PONER EN SERVICIO LA TORRE DE ENFRIAMIENTO

Beneficio bruto = costo del agua no recuperada – costos de operación de la torre de enfriamiento: $125388 - 5961.50 = 119426.50 \text{ USA\$}/\text{año}$

DETERMINACIÓN DE INVERSIONES USA\$

1. - Torre de enfriamiento:	60000
2. - Ventilador de tiro forzado	6500
3. – Accesorios para ventilador: válvulas, tuberías:	3500
4. - Bombas de agua	5500
5. - Accesorios para bombas. Válvulas, tuberías.	4000
6. - Instrumentación de proceso	4500
7. – Mano de obra Montaje	10000
8. – Obras de Ingeniería Civil	35000
9. – Otros	5000

Total monto de inversión en Sistema de enfriamiento de agua industrial en circuito cerrado:
Inversión = 134000 USA \$

CONCLUSIONES

En este estudio de prefactibilidad se puede observar a priori una inversión de 134 mil USA\$, que comparandolo solo con el beneficio del primer año sería de 119 mil USA\$, por lo que se concluye que a partir del primer trimestre del segundo año se obtendría utilidades, demostrando que la instalación de un sistema de agua industrial en circuito cerrado reducirá los costos de producción en la agroindustria de La Libertad – Perú.

RECOMENDACIONES

Desarrollar el estudio de factibilidad para la instalación de un sistema de agua industrial en circuito cerrado en los sistemas de producción en la agroindustria de La Libertad – Perú.

REFERENCIAS

1. Dr. Mariano Seoanez Calvo. “Ingeniería del Medio Ambiente-aplicada al medio natural” 2ª Edición. Editorial: Ediciones Mundi-Prensa 1999
 2. C. Negro, M.A. blanco, I. Gaspar y J. Tijero. “El Agua en la Industria Papelera”. Editorial: Ingeniería Química, Octubre 1995
 3. R.S. Ayers y D.W. Westcot, "La Calidad del Agua en la Agricultura". Estudios FAO. Serie Riego y Drenaje, n° 29. Rev. 1. Ed. FAO., Año 1987, Roma.
- ✓ <http://www.deia.com/es/imprensa/2007/02/15/bizkaia/gizartea/337542.php>
 - ✓ <http://www.tierramerica.net/2000/1119/noticias2.html>
 - ✓ <http://www.minam.gob.pe>
 - ✓ <http://www.euetii.upc.es/continguts/APUNTS/CURTIDOS/Master/Aguas%20residuales/1%20Gestion%20agua%20industria.pdf>

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en los procedimientos de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.