

TANQ

Tratamiento No Químico del Agua

Presentado por

Manuel Bellsollell Coma

Director de EcoTermIn

Dr. Ingeniero Industrial

Diplomado por EAE, IESE e INSEAD

Profesor de la Universidad Abat Oliba

Objetivo:

EcoTermIn ha desarrollado el sistema **TANQ** por las siguientes razones:

- Es inadmisibile que por las causas que sean, la Legionela cause anualmente tantas muertes.
- Hay que apoyar a las Autoridades en su lucha contra la Legionela
- Hay que informar y orientar sin engaños a los dueños de las instalaciones de riesgo, que en algunos casos incluso desconocen que en sus locales disponen de aparatos o instalaciones, que podrían ser peligrosos para la salud humana.
- En el siglo XXI estamos obligados a respetar al máximo la Naturaleza, que ha sido terriblemente degradada durante el siglo anterior, por lo que hemos buscado **soluciones ecológicas**, sin productos químicos. Para reducir al máximo el vertido de aguas residuales con gran contenido de sales, que luego hay que recuperar.
- Los empresarios procuran gestionar sus empresas con la idea de obtener el máximo rendimiento, o sea con los costes de funcionamiento más bajos. Aceptan los cambios, si les representa una mejora económica.
- Eliminar los problemas de la Legionelosis en los circuitos de agua de refrigeración, y de agua fría o caliente de industrias, hoteles, hospitales, grandes almacenes, grandes superficies, grandes edificios, etc.
- Eliminar los problemas de corrosión e incrustaciones en los circuitos de agua fría o caliente de los edificios antes citados.
- Cumplir el reciente R. D. 865/2003
- Ayudar a las empresas a cumplir la Directiva 2000/60/CE de la Comunidad Europea, con el fin de reducir el uso de productos químicos en las instalaciones antes mencionadas

Metodología:

En lugar de luchar contra el **Efecto** (la Legionela), hemos estado investigando las **Causas** por las que se desarrolla, con objeto de minimizarlas.

- En conferencias anteriores se ha hablado extensamente de la Legionela, de las condiciones que facilitan su desarrollo, y de la dificultad de su eliminación a causa de que habita dentro del biofilm y de las incrustaciones. Cuando se la ataca con un biocida, se puede llegar a eliminar las bacterias que están paseando en el agua, pero casi nunca a las que están guarecidas en el interior del biofilm e incrustaciones.
- En la conferencia anterior se ha demostrado el importantísimo ahorro de energía que se consigue al enfriar el refrigerante de una instalación mediante Condensadores Evaporativos y algo menos con las Torres de Refrigeración. Es importante reducir el despilfarro de energía, y sobre todo evitar la formación de CO₂, aunque sea en un lugar lejano. Hemos de proteger la Naturaleza, así como a nuestros hijos y nietos contra el efecto invernadero.
- Las Torres de Refrigeración por propia naturaleza disponen de condiciones inmejorables para el desarrollo de las bacterias, entre ellas la Legionela.
 - El agua está a una temperatura muy agradable
 - Una Torre de Refrigeración que disipe un millón de kilocalorías por hora, dispone de un potente ventilador por el que pasan cerca de 82 toneladas de aire por hora (unos 72.000 m³), este aire puede transportar de todo (polvo, grasas, insectos, yerba ...) que luego queda depositado en la balsa. En fin se está facilitando nutrientes a las bacterias, virus, protozoos y algas.
 - El agua normalmente tiene un nivel de dureza, que al evaporarse hace que ésta vaya creciendo, provocando incrustaciones, en las que se cobijarán las bacterias, virus y protozoos, entre ellas la Legionela.

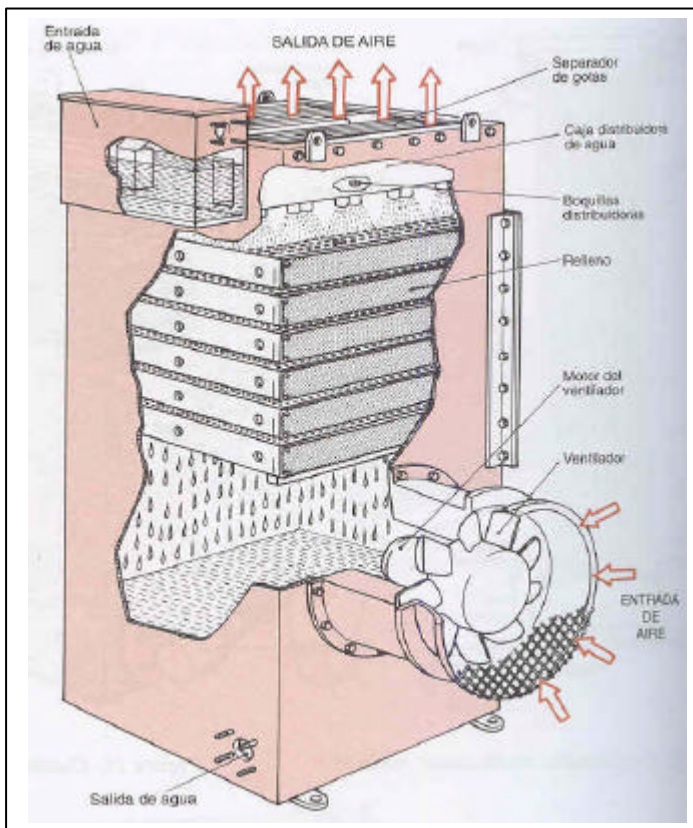
- El agua no tiene una composición constante, en las épocas de lluvia tiene menos sales y en las épocas secas tiene una gran concentración de sales, debido a lo cual se regulan las bombas de dosificación de aditivos a un término medio. Con lo que hay un riesgo de corrosiones o de incrustaciones, depende de la dosificación.
- El agua en el lago más inhóspito contiene bacterias, virus y protozoos y entre ellas está la Legionela, aunque sea en dosis muy bajas. Como también está en dosis muy bajas en el agua que suministran las Compañías de aguas.

En resumen, la **Causa** secundaria es que el agua suministrada por las Compañías siempre contiene pequeñas cantidades de Legionela, pero la **Causa** principal es la existencia de las incrustaciones provocadas mayormente por la calcita, a causa de la precipitación de los bicarbonatos del agua. En las incrustaciones y en el biofilm viven y se desarrollan las bacterias y virus, entre ellas la legionela, quedando a salvo cada vez que se hace un tratamiento de choque, en los que se destruyen a las bacterias que están en el agua, no en cambio las que están protegidas por las incrustaciones.

Por lo tanto si eliminamos las incrustaciones y el biofilm, habremos destruido la morada donde se puede guarecer la Legionela, con lo que su eliminación posterior será mucho más fácil, efectiva y económica.

¿Qué son las Torres de Refrigeración y los Condensadores Evaporativos?

Las Torres de Refrigeración y Condensadores Evaporativos son los elementos imprescindibles en las instalaciones, donde se debe eliminar gran cantidad de calor de forma continua a través de un intercambiador, cediéndolo a la atmósfera a un coste mucho más barato que los Condensadores por Aire.



Se aprovecha el hecho de que el agua a 100° necesita mucho calor para pasar del estado líquido al estado gaseoso. A efectos prácticos se considera en los cálculos, que un litro de agua precisa unas 580 kilocalorías para evaporarse a la temperatura del agua a la entrada de la Torre.

Por ejemplo en una instalación que deba eliminar calor (p. e. aire acondicionado, almacén productos congelados, inyección de plásticos y metales, sistemas de refrigeración de máquinas mediante agua, ...) se

acostumbra a enviar el calor recogido en el ámbito enfriado a través de un fluido refrigerante a un intercambiador de calor para eliminarlo.

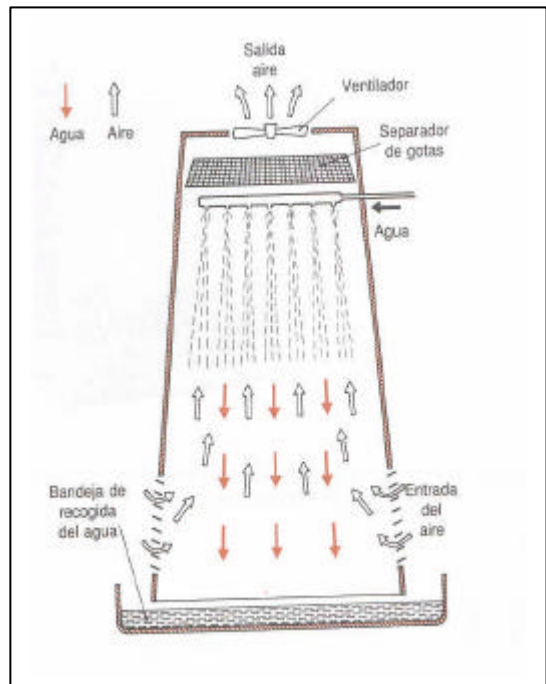
En el intercambiador se produce un intercambio de calor entre el fluido procedente de la instalación principal y el agua del circuito de refrigeración de la torre de refrigeración, o bien directamente en un Condensador Evaporativo. Para ello se hace pasar una potente corriente de aire a contracorriente con la lluvia del agua de refrigeración a enfriar en la zona de relleno de la torre o en el serpentín del condensador.

El aire evapora el agua; ésta arrastra consigo las calorías que han sido tomadas por el agua de refrigeración en el intercambiador antes citado, consiguiendo de esta forma eliminar el calor sobrante en tres etapas:

- Primera etapa. Eliminar el calor del ambiente (aire acondicionado, cámara frigorífica, máquina a enfriar, etc.) a través de un fluido líquido normalmente (refrigerante, agua, aceite, ...)
- Segunda etapa. Enfriar el fluido en el intercambiador, cediendo el calor al agua de refrigeración.

Nota: En los Condensadores Evaporativos se cede el calor al aire en esta etapa en lugar de la siguiente, ya que el intercambiador es el propio Condensador.

- Tercera etapa. Enfriar el agua de refrigeración en la Torre de Refrigeración, cediendo el calor al aire forzado, pasando a la atmósfera acompañado por una cierta cantidad de agua evaporada.

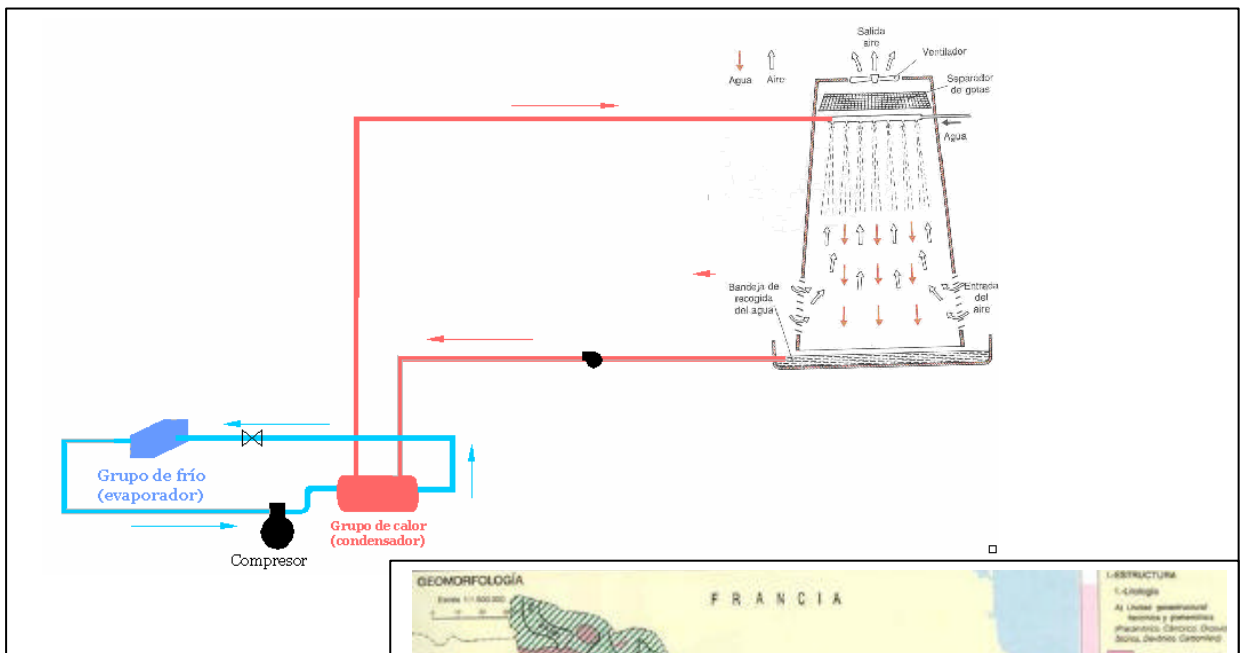


Por desgracia, no siempre los intercambiadores trabajan con el rendimiento teórico de cálculo. Los fabricantes de intercambiadores lo saben perfectamente, por esto siempre recomiendan aparatos más holgados, para que luego funcionen correctamente. Tienen en cuenta el Fouling Factor debido a las incrustaciones y al biofilm adheridos al tubo.

El principal inconveniente de los intercambiadores es que normalmente trabajan con agua, y el agua pura no existe en la naturaleza. El agua siempre va acompañada por sales disueltas, que ha ido recogiendo por su paso a través del subsuelo y superficie de la Tierra, estas sales pueden sufrir unas transformaciones debidas al calor, la temperatura, presión,... de forma que se transforman en sales menos solubles iniciándose un proceso de incrustaciones de calcita y biofilm (la una se apoya en la otra) creando una capa muy aislante en las paredes de las tuberías, haciendo bajar notablemente el rendimiento del intercambiador.

Con el tiempo, si no hay un tratamiento adecuado, se llegan a obturar las tuberías generales y sobre todo las del Intercambiador, que al estar más caliente provoca la precipitación del carbonato cálcico. O bien hay corrosión, en ambos casos se provocan enormes perjuicios económicos a la empresa.

Este fenómeno no es igual en todas las zonas, depende de la dureza del agua. Se denomina dureza al contenido del agua en sales que pueden precipitar fácilmente. La dureza depende muchísimo del subsuelo hay zonas de España en las que el agua tiene una dureza de 5º F (Madrid, Ávila,



Segovia), mientras que hay otras como Palma de Mallorca donde se alcanzan en verano los 90º F.

Bajar el rendimiento del intercambiador significa que no se elimina todo el calor deseado, con lo que el fluido llega a la máquina del sistema principal más caliente de lo debido, por lo tanto la máquina debe

trabajar más forzada para eliminar el calor previsto (similar a lo expuesto en la conferencia precedente).

Forzar la máquina significa que consume una energía extra, debido a que el fluido llega más caliente. Esta energía extra es uno de los componentes del “**Gasto Evitable**”, ya que si conseguimos eliminarlo se puede ahorrar el dinero que ahora se está desperdiciando.

Según el U. S. Bureau of Standards el incremento de consumo de energía debido al espesor de las incrustaciones es de:

	Espesor de la incrustación	Incremento Consumo de energía
1/16”	1,60 mm	15 %
1/8”	3.20 mm	20 %
1/4”	6,35 mm	39 %
3/8”	9,53 mm	55 %
1/2	12,70 mm	70 %

Esto significa que cuando el espesor de la incrustación es de 1,60 mm, se está consumiendo un 15 % más de energía en la instalación principal, el compresor debe trabajar más forzado, ya que el sistema no esta siendo debidamente refrigerado por la Torre, tal como se había calculado.

¿Cómo se forman las incrustaciones?.

El agua que entra en el intercambiador está más fresca que la que sale del mismo, ya que ha absorbido el calor del intercambiador. Con objeto de eliminar este calor que acaba de absorber el agua, se hace pasar una potente corriente de aire a contracorriente del agua en la zona de relleno de una Torre de Refrigeración con objeto de provocar un buen contacto agua aire, con lo que se evapora una cierta cantidad de agua.

Cada Torre se ha calculado y dimensionado para que se llegue a evaporar una cierta cantidad de agua. El calor eliminado se basa en que cada kilo de agua evaporada roba al sistema alrededor de unas 580 Kcal.

Además, la fuerte corriente de aire puede arrastrar una ligera cantidad de agua en forma de minúsculas gotas, a pesar de que las Torres siempre disponen de un sistema separador de gotas. Estas gotitas de agua son las responsables de la transmisión de la Legionela.

A efectos prácticos, una Torre de 1 millón de kilocalorías hora evapora alrededor de 1.725 litros de agua por hora, naturalmente sin sales al tratarse de agua evaporada. Sólo las pequeñas gotas pueden arrastrar sales y legionela, si la torre no está debidamente desinfectada.

Las sales que llevaban disueltos los 1.725 litros de agua evaporada quedan junto al resto del agua de la Torre, con lo que las sales cada vez están mas concentradas, llegando un momento que empiezan a producirse incrustaciones a causa de su concentración, de la temperatura, de la fricción y de la presión interna.

Para evitar que el agua se vaya concentrando de sales cada vez más en la Torre de Refrigeración, el intercambiador y las tuberías, es preciso purgar con frecuencia el sistema. O sea, vaciar parcialmente el sistema para permitir la entrada de agua nueva, menos salinizada. Con lo que la concentración de sales baja.

Básicamente el agua dura contiene muchos iones de calcio⁺⁺ y magnesio⁺⁺, que son excelentes para el consumo humano, junto con iones bicarbonato⁻ y otros iones de sales solubles.

Al aplicar al agua una serie de efectos físicos como:

- el incremento de concentración de sales debido a la evaporación,
- el incremento de temperatura, p. e. en el intercambiador,
- junto con un incremento de presión debido a la bomba del circuito de refrigeración,

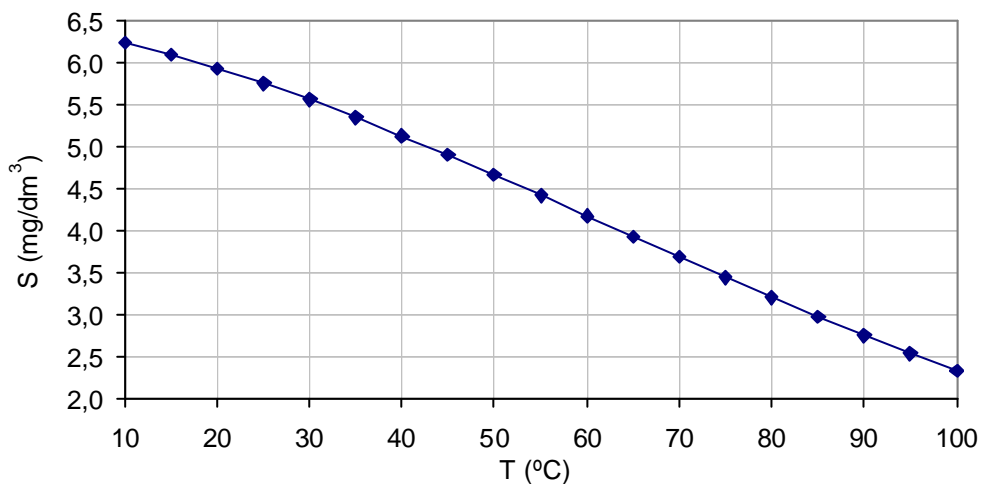
se produce la siguiente reacción química de equilibrio entre bicarbonatos y carbonatos:



El agua se incorpora al resto del agua; el anhídrido carbónico se evapora y el carbonato cálcico precipita adhiriéndose a las tuberías.

El agua dura por ejemplo puede contener de 500 a 1.000 mg de bicarbonato cálcico por litro, ya que este es bastante soluble. El problema radica en que cada vez que se produce la reacción química anterior se produce carbonato cálcico en forma de calcita, que es muy insoluble, y con el aumento de temperatura empeora, depositándose en forma de incrustaciones, como se puede observar en la gráfica siguiente:

Variación de la solubilidad de CaCO₃ con la temperatura (calcita)



Las sales del carbonato cálcico (Calcita, aragonito, vaterita) son más insolubles a medida que aumenta la temperatura del agua, como se ve en el gráfico anterior. Por esto se producen las incrustaciones de calcita en las tuberías de agua y en los intercambiadores de calor. Este hecho se ve agravado con la concentración de sales debido a la evaporación.

Para evitar las incrustaciones, la industria está empleando desde hace muchas décadas mezclas de productos químicos (antincrustantes, antioxidantes, ...). Con el agravante de que si la dosificación no está bien calculada en función de la dureza real del agua en este momento: o bien se



producen incrustaciones bajando el rendimiento de la instalación, o bien se produce corrosión con las correspondientes pérdidas de dinero y tiempo de paro de instalaciones por las perforaciones del intercambiador y/o de tuberías.

Los problemas más importantes que se pueden presentar con la utilización de inhibidores químicos de la precipitación del carbonato

cálcico son:

- El uso del ácido difosfónico (HEDP) en ausencia de dureza de calcio y magnesio (o niveles muy bajos) puede aumentar la corrosión en las tuberías. En zonas con una dureza variable, este problema se presenta con frecuencia.
- El usuario debe saber que si, por alguna causa imprevista, baja el nivel del HEDP empleado en los aditivos antincrustantes (bombona vacía), casi instantáneamente se precipita el exceso de carbonato cálcico, que el HEDP impedía, en forma de incrustaciones en toda la instalación.

Recuerden que la composición del agua de alimentación va variando en las diferentes estaciones, con lo que la dosificación de aditivos tendría que ir ajustándose a ella.

En USA anualmente se consumen 2.700 millones de dólares en productos químicos para evitar corrosiones, que en su mayor parte luego se tiran junto al agua de purga y de limpieza, provocando que tenga que invertirse mucho dinero a su vez para recuperar las aguas residuales.

Las incrustaciones son debidas al efecto, que se ha explicado ampliamente. Existe el efecto llamado corrosión que es casi el contrario, ya que las sales no se depositan en las paredes, en cambio el contenido ácido del agua corroe las paredes provocando la corrosión (recuerden que muchos biocidas son

ácidos). En este caso las paredes deben protegerse mediante la aportación de otros productos químicos adecuados. A veces es muy difícil llegar al punto de equilibrio, para no tener ni corrosión ni incrustaciones.

Hay que ir con cuidado con los productos químicos, ya que si se reducen las incrustaciones utilizando productos químicos se corre el riesgo de producir corrosión en otras zonas, con menos incrustaciones y viceversa.

En conclusión, para conseguir bajar la temperatura en el intercambiador (cuando no trabaja en las debidas condiciones debido a la suciedad e incrustaciones) debemos aumentar sensiblemente los **“Gastos Evitables”**, debidos a:

- Bajo rendimiento del intercambiador si no se controlan bien las incrustaciones, provocando un “involuntario” pero importante incremento de consumo energético en la instalación principal al trabajar forzada.
- Consumo continuo de productos químicos antincrustantes y antioxidantes, y el gasto de su manipulación, control y almacenaje en la empresa.

Tratamiento Químico Tradicional

Tal como se ha descrito antes, el agua de aportación tiene una composición química variable a través del año, por lo que el tratamiento se realiza por promedios.

Como todos Vds. deben conocer, desde hace bastantes decenios se han protegido las instalaciones mediante el siguiente proceso usando para ello productos químicos:

- Para reducir las incrustaciones y alargar las purgas se utilizan “Productos antincrustantes”
- Para luchar contra la Legionela se están empleando “Biocidas”, que normalmente son oxidantes
- Para reducir los efectos oxidantes de los biocidas se están usando “Productos antioxidantes”.
- Para conseguir los efectos deseados, estos productos deben tener una “Dosificación periódica”, tal como exige el actual Real Decreto. Pero como la dosificación de biocidas es diferente a la de aditivos, se precisan dos equipos diferentes de dosificación automática.
- Por una parte la legislación actual de aguas residuales exige que el agua residual contenga un máximo de sales, y por otra parte al evaporarse el agua las sales se concentran, por todo esto es imprescindible instalar un Conductivímetro, para que mida el contenido de sales del agua de la Torre para no sobrepasar el límite establecido.
- Cuando se alcanza el nivel prefijado en el Conductivímetro se procede a la purga del agua. Conviene recordar que cada vez que se purga el agua también se tiran una parte de los aditivos y biocida que hay en la misma, por lo que habrá que reponerlos de nuevo, ocasionando gasto reiterativo para la empresa.

Método TANQ

El agua del circuito de refrigeración de una Torre de Refrigeración se hace pasar en serie o en paralelo por:

- En primer lugar se bombea el agua procedente del depósito de la Torre cargada con suciedad y de partículas sólidas a la presión de trabajo para obligarla a pasar por los elementos del sistema **TANQ**.
- Se filtra el agua para eliminar las partículas sólidas que arrastra el agua y el carbonato cálcico, que se ha ido precipitando y él que se desconcha de las tuberías, para alcanzar el grado de turbidez que indica el nuevo Real Decreto 865/2003,
- Se polarizan los iones de las sales disueltas en el agua, transformando instantáneamente al bicarbonato soluble en carbonato insoluble **no incrustable**.
- Se ioniza el agua para incorporar en ella iones de plata y cobre, eliminando la mayor parte de las bacterias, y las algas del agua.
- Se incorpora el agua en el depósito de la Torre de Refrigeración, produciendo una turbulencia por toda la bañera, con objeto de evitar que se amontonen en su fondo las partículas sólidas.
- Eventual control del TDS del agua, con eventuales purgas, según la calidad del agua de alimentación.

Con lo que el sistema **TANQ** consigue:

- Incrementar el rendimiento del intercambiador, y la eliminación a medio plazo de todas las incrustaciones y corrosiones. Reduciendo por lo tanto el exceso de consumo energético de la instalación principal, y también el consumo de la bomba del circuito de agua de refrigeración. Consiguiendo un importantísimo ahorro de electricidad y de dinero.
- Las purgas de agua se reducen considerablemente, ya no dependen de la dureza del agua, dependen del contenido de otras sales como el cloruro sódico, consiguiendo un importantísimo ahorro en el consumo de agua al cabo del año.
- Se elimina la compra continua de aditivos químicos y biocidas, así como el gasto añadido por su manipulación, control y almacenaje en la empresa.

EcoTermIn

Ingeniería Térmica Ecológica

- Se eliminan los gastos imprevistos por escapes y corrosión, muy difíciles de calcular previamente, pero que se van produciendo inexorablemente durante el año. Los paros por problemas en las tuberías ya no se van a producir, se consigue que las incrustaciones se vayan eliminando. Pero no se consigue que los daños por corrosión en las tuberías desaparezcan, en cambio evitaremos que crezca la corrosión.

Con el procedimiento **TANQ** se evita la formación de incrustaciones, a medio plazo se eliminan las incrustaciones existentes en la actualidad, y a su vez se minimiza la Legionela.

Con el procedimiento **TANQ** se consigue un importante Ahorro de Gastos Evitables por Gestión Ecológica, basada en los principios de la Física tradicional, eliminando con ello el uso de productos químicos.

Módulo de filtraje

El agua de refrigeración en una Torre normal contiene una gran cantidad de partículas, que el viento empuja, y que son absorbidas por el tremendo caudal de aire que se introduce en la Torre con objeto de evaporar agua en la zona de relleno.

Por ejemplo, una Torre que disipa 1.000.000 Kilocalorías por hora mueve alrededor de 82 toneladas de aire por hora (unos 72.000 m³), que por limpio que esté siempre arrastrará algo o mucho polvo, tierra, humos más o menos grasos, etc. Se dice que las Torres son máquinas de limpiar aire, ya que el agua elimina todas las impurezas que arrastra el aire.

Con el tiempo se van acumulando kilos y kilos de todo, como: hojas de árboles, tierra, polvo, grasas, insectos, así como algas y un largo etcétera. Todo esto provoca que en una Torre sin tratamiento el agua se vaya pudriendo, y que se incremente su riqueza bacteriológica.

Es conveniente eliminar todo este detritus, ya que así conservaremos el agua mucho más limpia, con lo que evitaremos el crecimiento de bacterias, virus y algas.

En el artículo 6 del Real Decreto 865/2003 se detalla ***“la eliminación o reducción de zonas sucias mediante un buen diseño ... evitando las condiciones que favorecen la supervivencia y multiplicación de Legionella, ...”***

En el Anexo 4 del R. D. 865/2003, se dispone ***“Se deberá tener en cuenta la calidad del agua disponible y las limitaciones de calidad propia a fin de obtener los parámetros indicadores de calidad especificados en la tabla 1”***. En la tabla 1 se indica que la turbidez debe ser inferior a 15 UNF, lo que significa que el filtrado es completamente imprescindible.

El sistema de filtraje debe automatizarse para evitar tener una persona pendiente del sistema, que encarecería la operación. El filtraje automático tiene un coste muy elevado, pero es inadmisibles limpiar manualmente y continuamente los filtros, ya que es a la larga aún más caro e ineficaz .

Para el propio funcionamiento de los módulos **TANQ** el filtraje no sería indispensable, pero si que es necesario para cumplir el R. D. 865/2003.

Debe disponerse de un sistema que llegue a filtrar todas las partículas grandes que procedan del exterior arrastradas por el viento y los restos de incrustaciones a medida que se van desprendiendo de las tuberías e intercambiador.

Pero también debe disponerse de un sistema que llegue a filtrar al menos partículas muy pequeñas. Los flóculos de aragonito tienen el tamaño del orden de una micra, pero tienen la tendencia a juntarse entre ellos formando agujas, que permiten ser retiradas del agua a través de los filtros.

El sistema de bombeo debe dar la presión suficiente para poder obligar al agua a pasar por el filtro, la operación de limpieza de los mismos y dar la turbulencia necesaria al ser descargada en la bañera para evitar que se deposite en su fondo la suciedad. Los demás aparatos situados en el circuito apenas tienen pérdida de carga. Es una inversión obligada para cumplir el R. D. antes mencionado.

Módulo Polarizador

En los Estados Unidos y en Rusia desde hace muchos años se vienen ensayando múltiples sistemas, que utilizan su efecto polarizante. Tras una larga época de fracasos, en la actualidad hay en el mundo pocas empresas cuyos productos de polarización ondulante multicapa son adecuados en instalaciones industriales para polarizar todo el agua agitando convenientemente los iones.

Es recomendable estudiar a fondo el documento norteamericano **“DOE/EE-0162 de la Federal Technology Alert”** sobre la aplicación de esta tecnología en el **“Tratamiento no químico del agua”**, llegando a la conclusión de que recomiendan el uso de aparatos adecuados para reducir muy sensiblemente los costes de las empresas que los utilizan, además de erradicar el consumo de productos químicos.

Tanto en la **“Universidad de Cranfield”**, como en la **“London South Bank”**, han estudiado muy a fondo este fenómeno físico, llegando a las mismas conclusiones que la Federal Technology Alert, muy positivas sobre la utilización industrial de esta tecnología, cuando los polarizadores están bien diseñados.

Nosotros hemos adoptado un sistema europeo, que nos merece la máxima confianza (calidad - precio), ya que han instalado miles de aparatos tanto en su zona directa de influencia: Suiza, Alemania y Austria, como en países más remotos: Japón, Corea, Rusia, etc. Tanto para instalaciones industriales, hoteleras, hospitales, etc. como en instalaciones residenciales; tanto para instalaciones de agua fría o de agua caliente, como en Torres de Refrigeración.



Pueden ver en el Apéndice 1 una corta lista de empresas usuarias, y en el Apéndice 2 algunas cartas de referencia de importantes entidades.

Las aguas duras contienen un alto contenido de bicarbonatos, que al estar disueltos se convierten en iones Ca^{++} y HCO_3^- . Estos son muy inestables, con gran facilidad se descomponen en HO^- y CO_2 .

Por ejemplo, si se agita antes de abrir una lata de bebida con gas, agua mineral gaseosa, cava o champagne, los iones CO_3^- se descomponen liberando una enorme cantidad de gas, que observamos a través del gran chorro de burbujas que sale del envase al abrirlo.

Cuando un caudal de agua dura pasa por el Polarizador, los iones HCO_3^- al ir cruzando los numerosos campos magnéticos giran continuamente provocando una agitación interna, con lo que los iones se descomponen liberando CO_2 , y automáticamente empiezan a precipitar tantas moléculas de carbonato de calcio como moléculas de CO_2 se han desprendido, quedando muchas de ellas disueltas en el agua.

El CO_2 disuelto al circular por el interior de las tuberías roza con las incrustaciones (carbonatos) produciéndose la operación inversa, es decir los va transformando lentamente en bicarbonatos, que son solubles. Por esto al cabo de unos meses las tuberías se ven libres de incrustaciones. Este fenómeno es similar a la formación de bicarbonatos en la naturaleza, cuando el agua atraviesa un suelo de calizas.

Es indispensable que el Polarizador esté bien diseñado, para tener la capacidad de descomponer todos los bicarbonatos. Ya que si no lo fuera, solo descompondría parte de los bicarbonatos, pero al llegar el agua a las tuberías calientes se producirían incrustaciones a medida que los bicarbonatos restantes se descompusieran. Esta es la causa principal por la que algunos aparatos baratos basados en simples imanes no consiguen los resultados deseados.

En el sistema **TANQ** el agua procedente del filtro se hace pasar por un sistema Polarizador ondulante multicapa, que a medida que avanza el agua produce una reorientación de los iones positivos y negativos, que hasta ahora se movían dentro del agua de forma anárquica. Cada capa hace girar 180° a los iones, mediante este rápido movimiento se provoca una rápida agitación continua de los iones con el siguiente efecto químico:



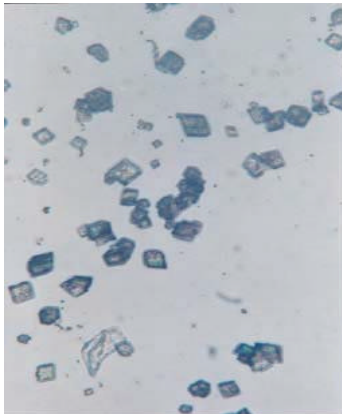
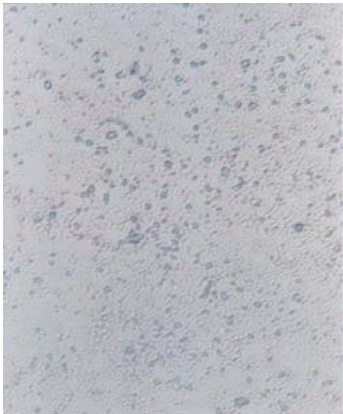
El agua se incorpora en el resto de agua, el CO_2 se evapora, mientras que el CaCO_3 precipita en forma de flóculos. Pero ahora el precipitado ya no es calcita, sino que es sobre todo aragonito y algo de vaterita. Ambos son formas alotrópicas del carbonato cálcico, que precipitan en forma de agujas el primero y en forma esférica la segunda, con la gran ventaja de que no se

adhieren ni a las paredes metálicas, ni a las de plástico, o sea **no causan incrustaciones**.

Al contrario de la calcita, el aragonito queda suspendido en forma de partículas coloidales dispersas junto a moléculas de CO₂, que no se adhieren a las tuberías. Con el tiempo el CO₂ liberado se combina con la calcita adherida transformándose en bicarbonato soluble. En esta función le prestan mucha ayuda los iones cobre y plata que destruyen la capa de biofilm, la cual se entrelazaba con la calcita. Este es uno de los componentes de los “Gastos Evitables” que reducimos: el consumo extra de electricidad a

causa de la mala transferencia calórica debido a las incrustaciones (efecto Fouling).

Cuando después de unos meses después de su instalación se hace la revisión y la limpieza semestral, se observa que en las tuberías apenas quedan rastros de incrustaciones. Con la ventaja adicional de que el restante aragonito que queda en los rincones, aún no eliminado en los filtros, puede retirarse

Formación de cristales de carbonato cálcico en un recipiente de cristal aumentada 1.000 veces	
	
Calcáreo precipitado SIN Mediagon , que se adhiere a los tubos	Calcáreo precipitado CON Mediagon , que no se adhiere a los tubos, queda en suspensión en el agua

muy fácilmente, simplemente con una manguera de agua a presión.

Al provocar que el aragonito precipite y su retirada posterior, se reduce la dureza del agua, con lo que prácticamente se eliminan las imprescindibles y obligatorias purgas habituales, que ocasionaban un elevadísimo consumo de agua, y de los productos químicos que la acompañaban. Estos son otros de los componentes de los “Gastos Evitables” que reducimos: el agua de las purgas y los aditivos.

La experiencia también demuestra que con el agua ionizada no se forma biofilm, que es mucho mas aislante que la calcita (menor rendimiento térmico de la instalación), y que además junto a las incrustaciones sirve de soporte para el desarrollo y cobijo de las bacterias.

Eliminando las incrustaciones y el biofilm mejoramos mucho el Fouling Factor del intercambiador, o sea se incrementa mucho el rendimiento térmico del mismo.

La instalación se completa con un aparato bactericida físico, que no emplea biocidas químicos, por lo que no existe peligro de contaminación por legionela, salmonela o cualquier otro tipo de bacteria.

Con nuestro sistema de polarización del agua y del bactericida, los consumos de productos químicos (aditivos y biocidas) se eliminan, con lo que también se ahorra el dinero gastado en estos conceptos. Al no emplear productos químicos, se elimina su vertido en el desagüe.

A medida que las tuberías e intercambiadores se van limpiando, la transmisión calórica en los mismos cada vez se acerca más a las cifras teóricas del estudio, con lo que el rendimiento de la instalación mejora mucho, y baja considerablemente el consumo eléctrico en la instalación principal.

La energía consumida por los aparatos de refrigeración es mucho menor al mejorar el rendimiento del intercambiador. Es conveniente recordar, que la experiencia y los estudios del U. S. Bureau of Standards demuestran que una costra de 6 mm en la tubería hace incrementar la energía consumida en los aparatos de refrigeración en un 40%.

Con las tuberías de agua no obstruidas la energía de la bomba de agua se reduce bastante, ya que el motor no trabaja forzado. En una instalación con las tuberías algo obstruidas la bomba puede consumir un 25 % más de energía, pues el consumo eléctrico sigue una curva exponencial con referencia al incremento de pérdida de carga.

Módulo ionizador.

La familia de aparatos americanos que empleamos están fabricados según una patente de la NASA.

Nuestros antepasados los griegos comprobaron que poniendo unas monedas de cobre en las tinajas se evitaba que el agua se corrompiera. Los egipcios ponían en cambio unas monedas de plata para evitar su contaminación. En la Edad Media las madres sabían que dar la comida a sus hijos con cucharas de plata les protegía de muchas enfermedades.

La NASA estuvo investigando como proteger el agua de los navegantes en los vuelos espaciales, basados en los principios antes citados, llegando a inventar y patentar los aparatos ionizadores de plata. Ver en el Apéndice 3 las características de la plata.

El cobre está reconocido como uno de los mejores algicidas que existen. El óxido y el sulfato de cobre se utilizan como pesticida, algicida y fungicida. Con frecuencia se incorpora a las pinturas y a los tratamientos de la madera para impedir el crecimiento de algas, hongos e invertebrados. Ver en el Apéndice 4 las características del cobre.

La plata tiene una larga historia como exterminador de bacterias, ya que mata tanto a las bacterias y a los virus, como a algunas algas. Con la gran ventaja de que tiene un efecto memoria, es decir que si se para la actuación del ionizador, los iones de plata continúan activos durante muchos meses impidiendo que la Legionella u otras bacterias o virus sobrevivan; a diferencia del cloro que se evapora en pocas horas, y a partir de este momento las bacterias vuelven a crecer de nuevo.

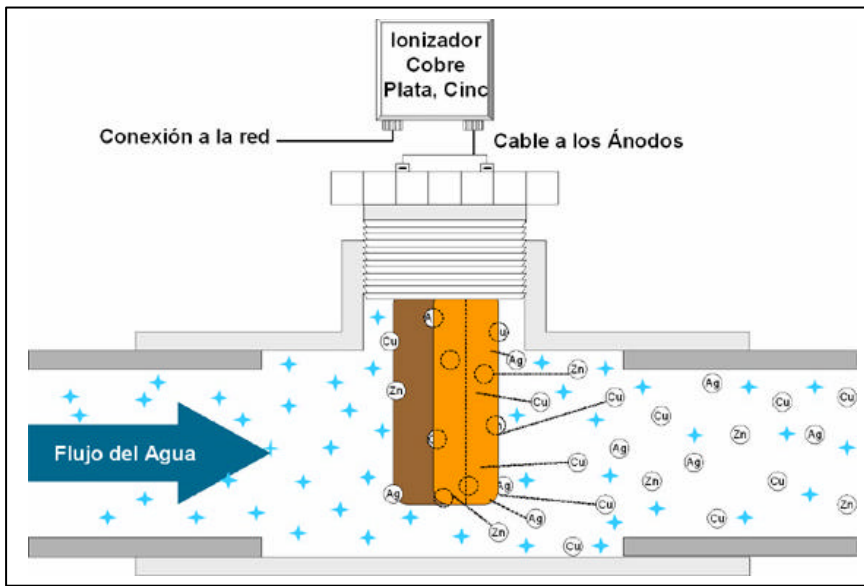
Como curiosidad, muchas líneas aéreas utilizan los iones de plata para proteger el agua que dan de beber a los pasajeros en su vuelos. En más de 70 países se añaden iones de plata a las bebidas, cervezas, licores y vinos.

Los iones de plata destruyen a centenares de bacterias y virus conocidos, entre ellos la Legionella Pneumophila. Los antibióticos conocidos apenas destruyen a algunas docenas.

En el documento **“Revisión sobre métodos de prevención y control de la Legionelosis”** sus autores de la Universidad Complutense de Madrid y del Hospital Universitario Princesa revisaron 294 artículos localizados con los

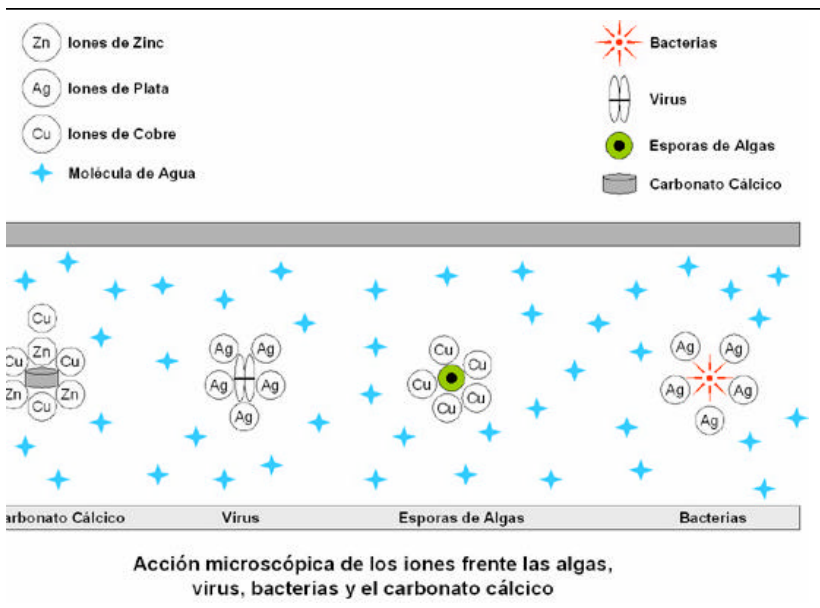
términos Legionella y Prevención, en los que se analizaba total y parcialmente algún método de prevención y control de la Legionelosis.

Leyendo atentamente los datos de la tabla al final del documento, se observa que **“la ionización cobre plata tiene más ventajas que todos los demás sistemas examinados”**, la cloración incluida, para la esterilización de bacterias, virus y algas del agua de refrigeración de las Torres de Refrigeración. Es efectivo, dura más (efecto memoria) y es más barato. Ver Apéndice 5º.



En el artículo 7 del mencionado R. D. 865/2003 se obliga a **“Disponer de sistemas de dosificación en continuo del biocida”** en las Torres de refrigeración. Los ionizadores están trabajando en continuo enviando

iones de Cu y Ag al circuito de agua sin parar.



En el artículo 13 del mencionado R. D. 865/2003 está prevista la utilización de este tipo de tratamiento, que denomina físico-químico, **“se entiende por sistema físico-químico el utilizado con el fin de destruir la carga bacteriológica del agua mediante la aplicación de procedimientos electroquímicos”**.

El sistema consiste en hacer pasar agua entre dos electrodos

fijos de una aleación de cobre y plata a una diferencia de potencial con lo que se desprenden iones de cobre y de plata. Para la mayor efectividad del

ionizador, los iones cobre deben tener una concentración del orden de 0,4 ppm, mientras que los iones de plata deben tener una concentración del orden de 0,04 ppm.

No querer proteger las Torres contra la Legionella es una acción premeditada y delictiva, ya que actualmente es de dominio público el peligro que representa la Legionella, por las muertes que por desgracia ya ha causado.

La Legionella se encuentra tanto en el agua del lago más inhóspito del Canadá, como en el agua que recibimos de la Compañía de Aguas. Cuando la Legionella llega a una Torre no tratada encuentra las condiciones óptimas para su desarrollo, alimento (suciedad) y temperatura, pudiendo llegar a crecer hasta concentraciones que superan a 10^7 por mililitro.

Hace pocos años se realizó un estudio en los Estados Unidos referente a Torres de Refrigeración trabajando en Hospitales, Hoteles y Empresas, en el que se observó que el 52% de ellas estaban contaminadas.

En un próximo futuro se impondrá y generalizará este sistema de esterilización, por su efectividad, por su precio razonable, por sus largos efectos (efecto memoria) y por no utilizar productos químicos. Ver en el Apéndice 6º la comparación con otros sistemas.

Con él ionizador se elimina el consumo de productos químicos, que inexorablemente acompañan al agua de purga, que sale como residuo de las Torres de Refrigeración de Empresas, Hospitales, Hoteles, Grandes edificios, etc. si se realiza su tratamiento de aguas con productos químicos.

Este ionizador se deberían emplear ampliamente, pues no representan un peligro para la salud en las instalaciones de agua sanitaria fría o caliente (Hoteles, Hospitales, Restaurantes, Gimnasios, Piscinas, Fuentes ornamentales, Parques acuáticos, ...), ya que los niveles de iones cobre y plata están muy por debajo de los límites establecidos por la OMS.

Ahorros conseguidos mediante el sistema TANQ:

Una vez conocidas in situ todas las características actuales de una instalación en verano, nuestros ingenieros podrán calcular caso por caso el ahorro, que pueden obtener empleando el sistema **TANQ**.

A continuación se detalla un orden de magnitud de los posibles ahorros en “**Gastos Evitables**”, utilizando el ejemplo de una Torre de Refrigeración de 1.000.000 Kilocalorías por hora.

Para ello se estudiarán a continuación por separado los **Gastos Evitables** a eliminar en las siguientes áreas:

- Fouling Factor (suciedad) mayor consumo de Electricidad
- Agua
- Biocidas
- Aditivos
- Imprevistos

El cálculo se basará en las siguientes suposiciones:

- La instalación trabaja 18 horas durante 22 días al mes
- Tal como la experiencia demuestra, el consumo de los 4 meses calurosos equivale al consumo de los 8 restantes
- La instalación está en una zona con el agua muy dura del río Llobregat con alto contenido de cloruro sódico

Si la instalación funcionara las 24 horas durante todos los días del año, el coste total sería un 84% superior

Electricidad / Fouling Factor

En primer lugar veremos lo que sucede en el intercambiador. A medida que se va incrustando la calcita en las tuberías la transmisión del calor al agua de refrigeración es inferior. Ver la tabla de la página 9.

La experiencia demuestra que la capa pegajosa de biofilm, que se produce en una instalación con agua sin tratar, es más aislante aún que la calcita.

Cuando las tuberías se van estrechando a causa de las incrustaciones, el caudal del agua se reduce, por lo que el agua se calienta un poco más, ya que pasa menor cantidad, pudiendo llegar a estar algunos grados más caliente de lo normal. A pesar de ello se transmite menos calor del previsto teóricamente. A este fenómeno los técnicos lo denominan Fouling Factor.

Por cada grado de temperatura que el agua de refrigeración sube con respecto a la temperatura normal a la salida del intercambiador, el compresor de la instalación de aire acondicionado (p. e.) consume en cualquier instalación frigorífica un 1,5% más de energía eléctrica extra. Mientras que la potencia frigorífica disminuye en otro 1,5%, como indica cualquier catálogo de compresores frigoríficos, y se ha explicado en la conferencia precedente..

En conjunto debido a las causas antes indicadas, de forma optimista se puede hablar de un incremento de sólo el 10% en el consumo de energía eléctrica en la instalación principal. En una instalación con incrustaciones importantes se hablaría de cifras mucho mayores (tabla pag. 9)

En una instalación que disipa 1 millón de kilocalorías por hora el compresor, la bomba y el ventilador precisan 460 kw, utilizando una Torre de 1,395 millones de kcal/h. Luego para una Torre de sólo 1 millón precisa 330 kw, la bomba tendrá un consumo de 25 kw, con lo que los Gastos Evitables son:

$$(330 + 25)kw * 0,10 * 18 h * 22 d * 4 m * 0,06 €/kwh = 3.374 € \text{ en verano}$$

Para el resto del año (8 meses) el Gasto Evitable es una cifra similar. Con lo que el total de Gasto Evitable en electricidad debido al Fouling Factor será de 6.748 €/año

Con el **TANQ** el gasto normal en electricidad para una Torre de 1.000.000 será de:

EcoTermIn

Ingeniería Térmica Ecológica

$$(415/1,395 + 25 + 7,5) * 18 \text{ h} * 22 \text{ d} * 4 \text{ m} * 0,06 \text{ €/kwh} * 2 = 62.725 \text{ €/año}$$

Agua

El volumen de agua contenida entre la bandeja, las tuberías y el intercambiador varía de una instalación a otra, pudiendo ir de 6.000 litros a 10.000 litros para una Torre de 1.000.000 de kilocalorías hora. En este supuesto económico supondremos 8.000 litros. Esta cifra interesa sólo para el cálculo del biocida.

Esta Torre evapora teóricamente:

$$1.000.000 \text{ kcal/h} / 580 \text{ kcal/litro} \sim 1.725 \text{ litros de agua por hora,}$$

El volumen de la purga depende muchísimo de la dureza del agua en verano y de los aditivos utilizados. En cada caso hay que ver la dureza del agua de la zona. Con un agua dura, que es muy frecuente en las zonas con subsuelo formado por calizas, algún fabricante recomienda en su catálogo que la purga sea igual al agua evaporada para evitar las incrustaciones pese a los aditivos.

El Gasto Evitable es una gran parte del coste del agua de la purga, en este ejemplo considero que se ahorrará al menos el 80% de la purga normal (al tratarse del Llobregat, ya que en el futuro habrán algunas purgas para evitar excesivas concentraciones de los cloruros y sulfatos), siendo el precio del agua muy variable de un lugar a otro.

El exceso de purga de agua mediante el tratamiento químico tradicional para una Torre de 1 millón de kcal/h es en verano de:

$$0,8 * 1.725 \text{ l} * 18 \text{ h} * 22 \text{ d} * 4 \text{ m} * 1 \text{ €/m}^3 = 2.186 \text{ €}$$

Suponiendo un **Gasto Evitable** similar para el resto del año, da un total de:

Gasto Evitable en el Agua de 4.372 €/año

Con el **TANQ** el gasto normal en agua para una Torre de 1.000.000 será de:

$$1,2 * 1.725 \text{ l} * 18 \text{ h} * 22 \text{ d} * 4 \text{ m} * 1 \text{ €/m}^3 * 2 = 6.558 \text{ €/año}$$

Aditivos

Con el **Tratamiento No Químico del Agua** ahorraremos todo el dinero gastado en aditivos, que se emplean para el tratamiento químico del agua

Suponiendo el uso de un aditivo que deba añadirse 100 gr por cada 1.000 litros de agua aportada, para un total de 1.725 litros de agua evaporada por hora más 1.725 litros de agua perdida por las purgas, da que el sistema debe alimentarse en 3.450 litros por hora.

Si el precio medio del aditivo es de 2,50 €/kg, el **Gasto Evitable** en la época calurosa para una Torre de 1 millón de kcal/h es de:

$$(0,1 \text{ kg}/1.000 \text{ l}) * 3.450 \text{ l/h} * 18 \text{ h} * 22 \text{ d} * 4 \text{ m} * 2,50 \text{ €/kg} = 1.366 \text{ €}$$

En el resto del año tendría un consumo de aditivo similar, con lo que el

Gasto Evitable en los aditivos es de 2.732 €/año.

Con el **TANQ** el gasto normal en aditivos para una Torre de 1.000.000 será nulo.

Biocida

Se podría disponer de un sistema **TANQ** sin cambiar forzosamente el biocida por un sistema físico. Creemos que es conveniente que todo el tratamiento **TANQ** del agua sea no químico, aunque el cambio no sea tan justificable económicamente en instalaciones medianas y pequeñas.

Suponiendo que se utilice un biocida que deba dosificarse a razón de 200 gr por cada 1000 litros de agua del circuito de refrigeración tres veces por semana.

Si el precio medio del biocida es de 7,50 €/Kg, el **Gasto Evitable** para una Torre de 1 millón de kcal/h en la época calurosa es de:

$$(0,2 \text{ kg}/1000 \text{ l}) * 8.000 \text{ l} * 3 * 4,3 \text{ sem} * 4 \text{ m} * 7,50 \text{ €/kg} = 619 \text{ €}$$

En el resto del año tendría un consumo de biocida similar, con lo que el

Gasto Evitable en biocidas es de 1.238 €/año.

No se han tenido en cuenta la siguiente serie de factores menores tanto para biocidas como para aditivos, pero que en conjunto también suman dinero, ya que entretienen al personal:

- Gasto transporte de los bidones de aditivos y biocidas
- Coste de la descarga del camión de los bidones
- Almacenaje y control de existencias de los bidones
- Trabajo de transporte interno y llenado de las bombas dosificadoras
- Eliminación de bidones vacíos (contenían productos químicos) y papeleo
- Bombas dosificadoras (control, mantenimiento y consumo eléctrico)

Gastos imprevistos

Tal como su nombre indica son imprevistos, las corrosiones dan muchas sorpresas imprevistas desagradables. Con objeto de no deformar este estudio, **no se van a tener en cuenta, aunque existan** y pueden llegar a ser muy importantes.

Recuerden cuanto dinero cuesta a su empresa tener el sistema principal parado. En el gasto imprevisto tiene que entrar el coste de la reparación y la pérdida por tener la instalación parada. No hay que olvidar, que si se pierde algún cliente por retraso en las entregas, la pérdida es muy importante.

Total Gastos Evitables

- Gastos Evitables en electricidad: 6.748 €/año
- Gastos Evitables en agua: 4.372 €/año
- Gastos Evitables en aditivos: 2.732 €/año
- Gastos Evitables en biocidas: 1.238 €/año
- Gastos Evitables en imprevistos: _____¿?
- **Total Gastos Evitables:** **15.090 €/año**

Para una Torre que disipa 1.000.000 de kilocalorías a la hora, el ahorro real será de 15.090 €/año.

Suponiendo una vida útil de la instalación de 20 años, pero que hace 5 que está trabajando. El ahorro en el resto de su vida útil será de:

15.090 x 15 = 226.350 € equivalentes a 37,7 mill. de pesetas

El gasto normal anual para una Torre que disipa 1 millón de kilocalorías utilizando el sistema **TANQ** al año es de:

- Electricidad 62.725 €/año
- Agua 6.558 €/año
- Aditivos 0 €/año
- Biocida 0 €/año
- TOTAL GASTO 69.283 €/año

El gasto actual es: 15.090 + 69.283 = 84.373 €/año

El ahorro anual representa el 17,88% del actual gasto, y además sin contaminar la Naturaleza.

Resumen del estudio económico:

- Un ahorro anual de **15.090 €**/año para alcanzar el gasto normal del **69.283 €**/año, mediante el sistema **TANQ** se consigue un ahorro del **17,88 % sobre el gasto real actual de 84.373 €/año**, sin contar con el **ahorro conseguido sobre la anulación de la mayor parte de los gastos imprevistos, además de prolongar sensiblemente la vida de las instalaciones.**

REDUCIMOS SU GASTO ACTUAL de la instalación frigorífica en un 17,88 %. ¿Cuántas inversiones le reducen un gasto tan importante en un porcentaje similar?

- Suponiendo una vida útil de la instalación de 20 años, pero que está trabajando desde hace 5. El ahorro en el resto de su vida útil será de: **15.090 x 15 = 226.350 €** equivalentes a **37,7 millones de ptas.**
- Como el ahorro anual es de unos 15.090 € para una Torre de 1.000.000 de kilocalorías, y como casi todos los gastos hasta ahora descritos son directamente proporcionales a la capacidad refrigeradora de la Torre, extrapolando puede decirse que con el sistema **TANQ** se puede pensar en un ahorro anual de Gastos Evitables aproximado de **15 €** por cada **1.000 kilocalorías** por hora de capacidad.
- Con este dato aproximadamente se conocerá el Gasto Evitable promedio en una instalación de una capacidad de enfriamiento determinada. Pero conociendo todos los datos reales de una instalación real se podría calcular con más aproximación el valor total de los Gastos Evitables que se pueden eliminar con el sistema **TANQ**.
- En la página siguiente se da una idea del Pay Back en una instalación con una ligera capa de incrustación, con agua dura, trabajando 18 horas al día y 22 días al mes (si fuera una instalación que trabajara las 24 horas diarias todo el mes, el ahorro sería un 85% mayor). Con excepción de las máquinas más pequeñas, las demás tienen un Pay Back abordable las medianas y excelente las mayores.
- El sistema **TANQ** ayuda a rentabilizar las inversiones obligadas (filtraje y dosificación del aditivo y del biocida) según el Real Decreto.

Pay Back de la instalación

Los módulos **TANQ** están formados esencialmente por un ionizador y un polarizador. El ahorro de gastos evitables es el que se debe comparar con la inversión en estos dos aparatos de tratamiento no químico del agua.

De todas formas según el R. D. 865/2003 se debe instalar:

- Sistemas de filtración, la inversión de los filtros automáticos van desde cerca de unos 1.000 € a 8.000 € (más instalación) según el volumen de agua a filtrar, de la turbidez deseada y del sistema adoptado.
- Dada la pérdida de carga de los filtros se debe colocar además una bomba que mueva el agua y permita el lavado del filtro, cuyo coste puede oscilar entre 400 € y 1.200 € (sin instalar).

A continuación se detalla aproximadamente una comparación entre la potencia frigorífica de la instalación y el sistema **TANQ** instalado:

Potencia Frigorífica Kilocal/h	Potencia frigorífica Kw.	PVP TANQ instalado euros	Ahorro anual euros	Pay Back inversión meses
500.000	600	9.500	7.500	15
1.000.000	1.200	12.000	15.000	10
2.000.000	2.400	15.000	30.000	6
3.000.000	3.600	18.000	45.000	5

Características del sistema TANQ

- **Tranquiliza a los propietarios de las Torres**
- **Erradica la LEGIONELA, ...**
- **No pone en peligro la Salud Pública**
- **Tranquiliza a las Autoridades**
- **Alarga la vida de las instalaciones**
- **Elimina las incrustaciones**
- **Mejora la Eficiencia Térmica**
- **Mejora mucho la Eficiencia Económica de la instalación (se gasta menos de lo proyectado en su día, y se eliminan los Gastos Evitables)**
 - **Se reduce el consumo de electricidad**
 - **Se reduce sensiblemente el consumo de agua**
 - **Se elimina el consumo continuo de Productos Químicos (aditivos y biocidas)**
 - **El “Pay Back” de la inversión es inferior a un año en las instalaciones medias y grandes, incluyendo las inversiones obligatorias según el R. D. 865/2003. Mientras que en las Torres tratadas químicamente es un gasto, que no se recupera.**
- **Cumple el R. D. 865/2003**
- **Cumple la Directiva 2000/60/CE**