



ASIGNATURA: MÁQUINAS TÉRMICAS –AÑO 2020

UNIDAD TEMÁTICA N° 5: TRATAMIENTO DE AGUA

Tratamiento de agua de alimentación y de refrigeración. Impurezas del agua según la fuente. Análisis químico y conductividad. Aguas de alimentación para calderas. Características. Purgas, eliminación de lodos. Circuitos de refrigeración, aplicaciones a las máquinas térmicas. Métodos de tratamientos, desmineralizadores por resinas de intercambio iónico. Desgasificación.

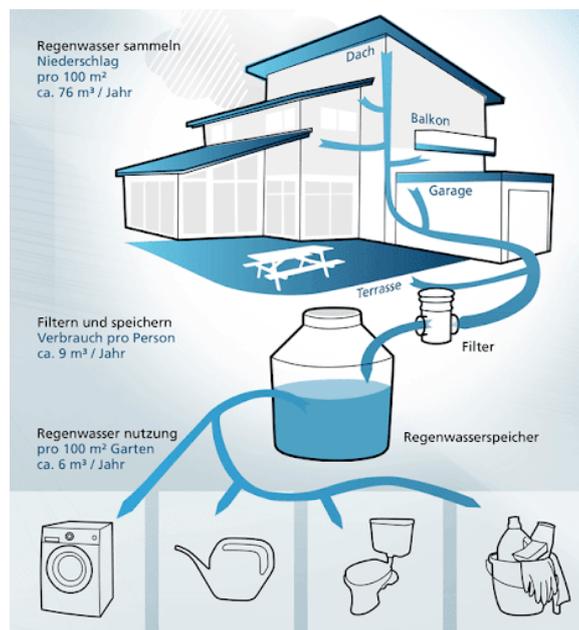
5.1 GENERALIDADES:

El agua es la materia prima por excelencia, que interviene en forma directa o indirecta, en todos los procesos de obtención de bienes de uso por el hombre.

La misma nunca se encuentra en estado puro en la naturaleza. La que mas se aproxima al "agua pura", es el agua de lluvia o meteórica, aunque siempre contiene pequeñas cantidades de materia orgánica y gases disueltos, principalmente oxígeno (O₂) y anhídrido carbónico (CO₂), proveniente del aire. Si bien el agua de lluvia es el origen de todas las existencias, normalmente se las clasifica en

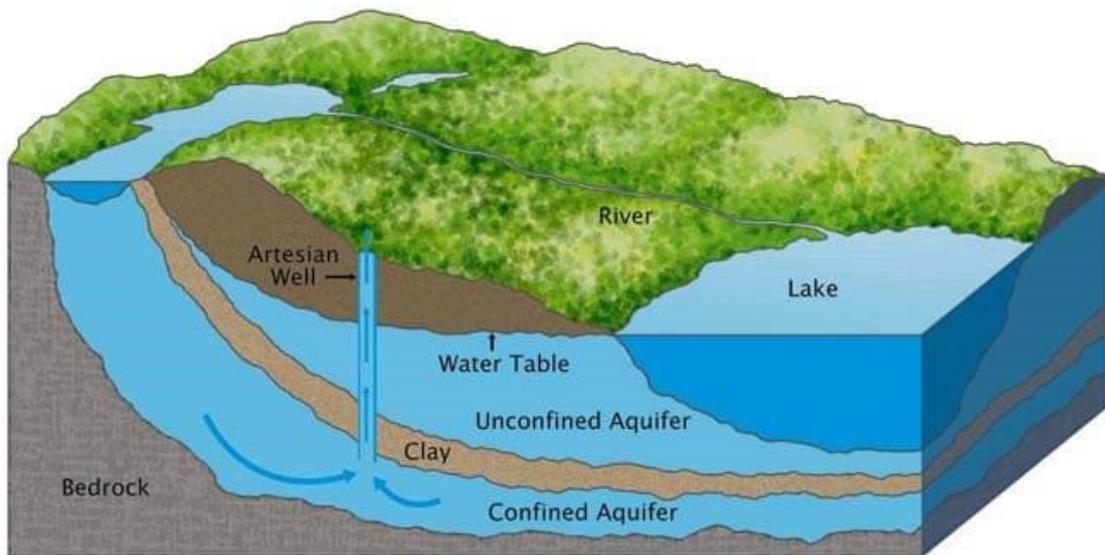
- Agua de lluvia o meteórica
- Agua subterránea
- Agua de superficie.

a) Agua de lluvia: comprende el agua de lluvia propiamente dicha, y la proveniente de nieve y/o granizo. Es común sobre todo en zonas rurales, recoger esta agua en cisternas, a través de cubiertas de chapas y canaletas recolectoras. Se la utiliza para la cocción de alimentos, para lavar, e inclusive como agua potable.

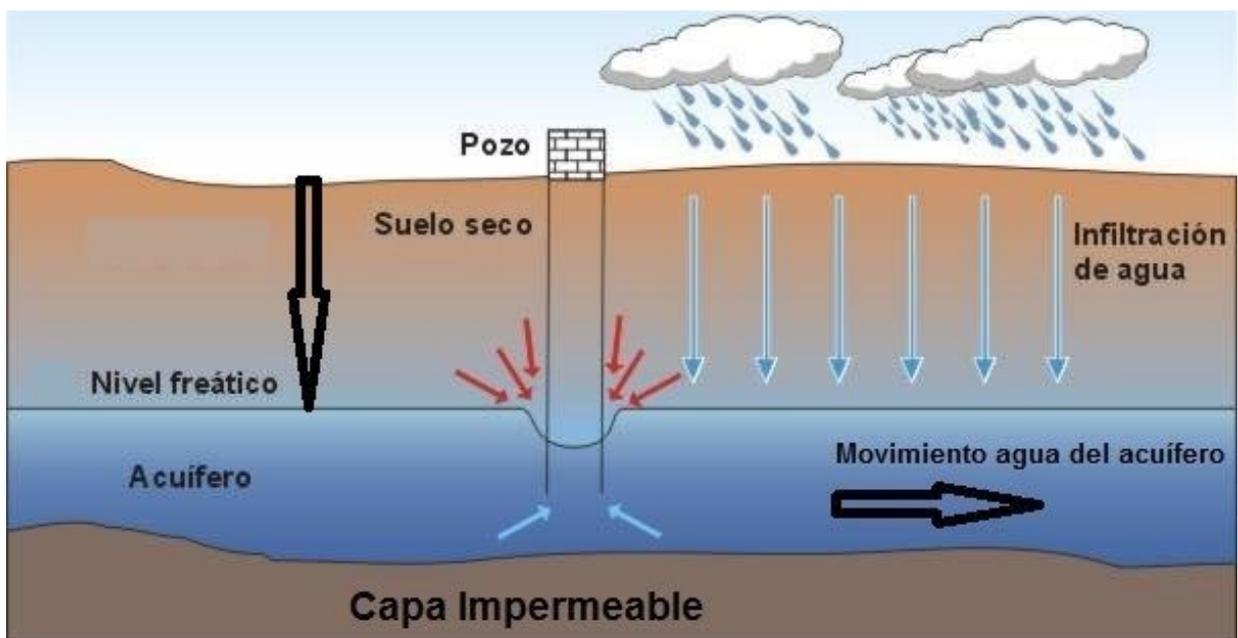




b) Agua subterránea: como su nombre lo indica, son aquellas que corren por debajo de la superficie de la tierra. Son normalmente claras, sin material en suspensión, pero con un alto contenido en sales minerales, cuyo tipo y porcentaje depende el tipo de estratos, que atraviesan el agua de lluvia, hasta formar los ríos subterráneos.

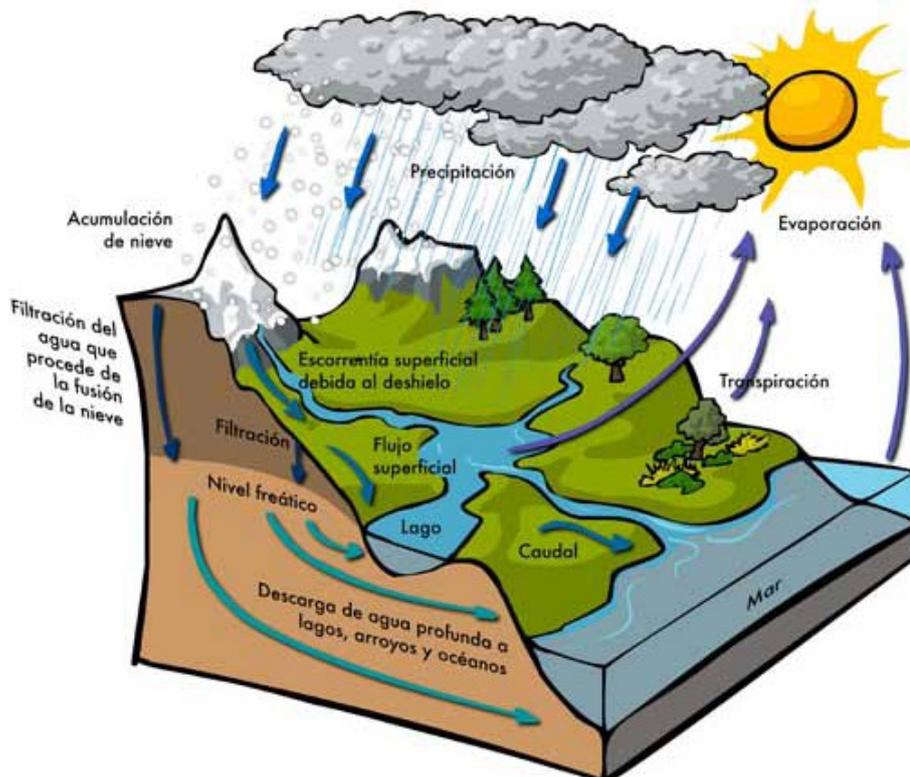
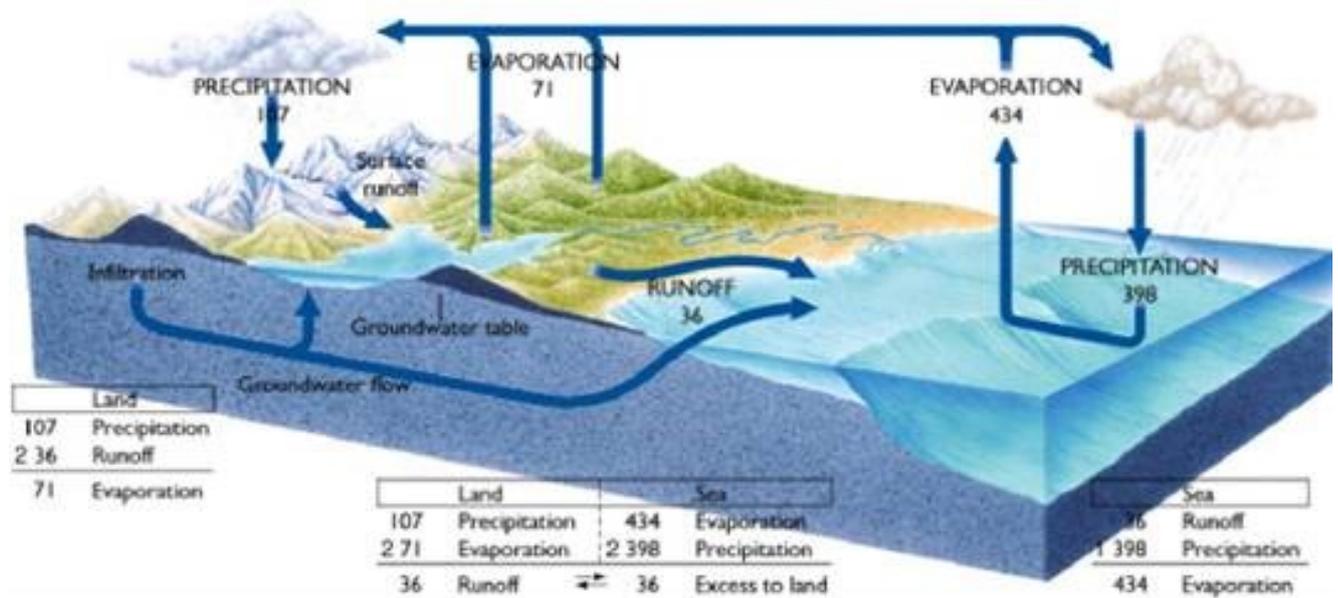


nationalgeographic.org





c) Agua de superficiales: comprende las aguas de ríos (de llanura y de montaña), de lagos, lagunas y mares. Si bien su origen es también el agua de lluvia, al no filtrarse a través del suelo, tiene relativamente, bajo contenido de sales minerales, en comparación con las subterráneas, pero presentan materiales en suspensión y turbidez, principalmente en los ríos de llanura, disminuyendo en los de montaña, lagunas y lagos.





5.2 IMPUREZAS DEL AGUA

Independientemente de su presencia o no, ya que dependerá del tipo de agua, las impurezas que contienen se clasifican en.

- Materiales disueltos
- Materiales en suspensión
- Sustancias coloidales

a) Materiales disueltos: son sales minerales y gases, cuyos porcentajes varían según el tipo de agua, es decir no la tiene el agua de lluvia pero si la subterránea y la superficial.



Las sustancias normalmente presentes son sales de calcio (Ca), de magnesio (Mg), de sodio (Na), de potasio (K), de aluminio (Al), de hierro (Fe) y sílice, en forma de bicarbonatos, sulfatos, cloruros y silicatos.

Normalmente las que se encuentran en mayor cantidad son sales de calcio, y magnesio, cuya concentración en el agua se denomina DUREZA, y se expresa en partes por millón (p.p.m) que se define como "la cantidad de gramos disueltos en un millón de gramos de agua". Por ejemplo 200 p.p.m de carbonato de calcio, significa que existen 200 gramos de dicha sal, disuelta en 10^6 gramos de agua.

La concentración de sales de bicarbonato se denominaban antiguamente durezas temporarias, por ser fácilmente eliminable por calentamiento, pero actualmente se las denomina dureza de carbonatos. Al hervir el agua el bicarbonato presente se transforma en carbonato de calcio, con mayor solubilidad en caliente que en frío, con desprendimiento de anhídrido carbónico (CO_2) de acuerdo a la siguiente reacción:



Las sales de sulfatos y cloruros, no se eliminan por simple ebullición, y por tal motivo se las indica como durezas permanente, y actualmente, como dureza de NO carbonatos. La dureza se expresa en distintas escalas, y así tenemos:

Grados Franceses	1 parte/100.000 expresada como CO_3Ca
Grados Ingleses	1 parte/70.000 expresada como CO_3Ca
Grados Alemanes	1 parte/100.000 expresada como OCa
Grados Americanos	1 parte/1.000.000 expresada como CO_3Cs

b) Materiales en suspensión: normalmente son materiales orgánicos, barro, arena, bacterias, pudiendo estar incrementada por desechos industriales.

c) Sustancias coloidales: comprende las materias colorantes y sales de sílice, que normalmente se encuentran en suspensión coloidal.

d) Es evidente que el agua que contiene todas estas impurezas, no puede o no debe ser utilizada. En este aspecto sin embargo debemos aclarar, que, por necesidades de subsistencia, en muchos lugares se utilizan aguas únicamente sujetas a una simple decantación y en otros como contenidos arsenical, perjudicial para el ser humano.

Es decir, el agua para su utilización correcta, debe ser sometida a un tratamiento físico-químico. El tipo de tratamiento y su magnitud, dependerá del uso que se le va a dar. Es decir no es lo mismo tratar



agua para consumo humano que el que se va a utilizar por ejemplo, como refrigerante para un proceso industrial. Todo tratamiento, por más simple que sea, tiene un COSTO, por lo tanto, es de fundamental importancia, aplicar el que más sea adecuado y de menor costo para el uso del agua tratada.

Por la naturaleza de nuestra asignatura nos referiremos específicamente, al tratamiento que debe ser sometida el agua que se utiliza para alimentar los generadores de vapor, no solo son un elemento electromecánico, sino que internamente se comporta como un "reactor químico".

5.3 CONDICIONES QUE DEBE REUNIR EL AGUA DE ALIMENTACION DE LOS GENERADORES DE VAPOR

En general el agua de alimentación de los generadores de vapor no debe:

- Formar incrustaciones
- Ser corrosiva
- No tener acción caustica quebradiza
- No formar espuma

a). Incrustaciones. Se denomina de esta manera al depósito de sales inorgánicas de características esponjosas, que se forman sobre las paredes metálicas en contacto con el agua. Las sustancias principales que originan su formación son compuestas de calcio y de magnesio y en menor escala de hierro, aluminio y manganeso. Se las clasifica en blandas y duras.

Las primeras (blandas) son debidas principalmente a sales de carbonato de calcio, de mayor solubilidad en caliente por lo cual se depositan en las zonas más frías (Parte inferior de las calderas) y son fácilmente removibles por extracciones periódicas de cierta cantidad de agua denominada "purgas".

Las segunda (duras) se forman principalmente por depósitos de sulfatos de calcio y silicatos dobles de calcio y magnesio, que son menos solubles en caliente que en frío. El depósito de estas sales aumentan el espesor de las paredes que disminuyen la transmisión de la energía en forma de calor entre los gases de combustión y el agua, es decir hay menos efecto refrigerante, y como consecuencia de ello el metal se deteriora, produciéndose su rotura que comúnmente se las denominan "picaduras", y que según el lugar donde se producen pueden ser motivo de explosión. Por ser las sales de sílice las que confieren mayor resistencia a las incrustaciones, se recomienda que entre dos tipos de agua, elegir la que tiene menor contenido de dichas sales, aunque el contenido de otros tipos de sales sea mayor.

b) Acción corrosiva: El oxígeno y el anhídrido carbónico disueltos en el agua se liberan al calentarse la misma, el oxígeno actúa sobre el metal provocando su corrosión y posterior rotura.



c) Acción caustica quebradiza: si bien el agua tiene que tener cierto grado de alcalinidad, el exceso de iones oxhidrilos (HO^-), se produce un efecto de cristalización del metal, que también lleva a su rotura.

d) Formación de espumas: se denomina espuma a la acumulación de burbujas estables que arrastran agua líquida a la línea de vapor, cuya formación en mayor o menor grado, pareciera depender de la concentración y composición de las sustancias disueltas en el agua. Es decir la formación de espumas en un fenómeno de solución, ya que los líquidos puros, no lo forman.

5.4 ETAPAS DE TRATAMIENTO

En general, sin que ello signifique que se deben realizar todas, ya que ello dependerá del tipo de agua a tratar, las etapas de acondicionamiento son las siguientes:

- Clarificación
- Ablandamiento
- Eliminación de gases disueltos.

a). Clarificación: tiene por finalidad eliminar materias orgánicas y partículas finas en suspensión en el agua que originan turbidez y color. Comprende las siguientes sub etapas.

Coagulación-sedimentación-filtración.

a.1) Coagulación: tiene por finalidad formar un precipitado denominado "floculo" que durante su formación envuelve a la mayor parte de las partículas suspendidas, parte de las bacterias y absorbe el color por combinación química. El floculo se deposita lentamente. El coagulante normalmente utilizado es el sulfato de aluminio, pero también se puede utilizar sulfato ferroso mezclado con cal, cloruro férrico, un producto derivado del tanino y que se conoce como flocotan, etc.

a.2) Sedimentación: como el floculo se deposita lentamente es necesario un periodo de sedimentación o decantación, cuyo lapso depende de las dimensiones y numero de decantadores, eficiencia de la clarificación, etc.

a.3) Filtración: si los materiales en suspensión en el agua sin tratar (agua cruda), son muy finos, la coagulación no los elimina por completo, en cuyo caso es necesario una posterior filtración.

b) Ablandamiento: Comprende todos los procesos, tendientes a eliminar sales minerales que le confieren, lo que definimos, lo que definimos anteriormente como DUREZA. Los dos métodos de



ablandamiento de agua mas utilizados son el de cal-soda ($(OH)_2Ca + CO_3Na_2$) y el intercambio iónico o de bases.

En el proceso cal-soda, las sales de calcio y de magnesio son convertidas, partes en sales de sodio y las otras en sales insolubles que precipitan en los tanques de sedimentación. A tal efecto se utiliza el fosfato de sodio para precipitar la dureza residual como un barro blando, que es eliminado por purgas.

En el de intercambio iónico, los iones de material utilizado son transferidos al agua y a la inversa. Es decir el intercambio de iones es un proceso reversible entre un sólido y un líquido, no produciéndose ningún cambio radical en la estructura del sólido. El material utilizado son resinas, denominadas ZEOLITAS. Las mismas de manera general se clasifican en zeolitas de intercambio de cationes y de intercambio de aniones. La existencia de un intercambiador de cationes (iones positivos) y de aniones (iones negativos), es necesario porque primero la sal presente se convierte en un ácido equivalente que luego debe ser absorbido por el material iónico, juntamente con la sílice y el anhídrido carbónico proveniente de los carbonatos.

Por ejemplo, el carbonato de calcio se convierte en ácido carbónico, siendo retenido el calcio en el intercambiador catiónico y luego el ácido es absorbido en el intercambiador aniónico. En un principio el intercambio se realiza en equipos separados. En la actualidad ambos materiales están dispuestos en el mismo equipo. Durante el funcionamiento normal del mismo el agua que se está tratando circula en forma descendente a través de los materiales intercambiadores de iones, saliendo del fondo por medio de una colectora. Como los materiales intercambiadores se van saturando, es decir van perdiendo efectividad, deben ser regenerados periódicamente. El fin del ciclo funcional se determina en base a la conductividad del agua tratada, cuando llega a un valor predeterminado, que por lo general es de un (1) micromho. Para ello se utiliza un instrumento de medición que indica permanentemente la calidad del agua tratada, y que puede disponerse de tal manera que accione una alarma sonora o visual, cuando se llega al valor de conductividad establecido.

La regeneración del lecho agotado se realiza en cuatro operaciones:

1º) El lecho de intercambio iónico, es separado en capas aniónicas y catiónicas superpuestas, debido a su distinta densidad, inyectando agua a presión por la parte inferior.

2º) Se inyecta una solución alcalina a través de un distribuidor fijo encima de la capa aniónica, que escurre a través del material.

3º) Se inyecta solución ácida a través de un distribuidor fijo encima de la capa catiónica que también escurre a través del material.



4°) Se vuelve a mezclar los intercambiadores catiónicos y aniónicos separados.

En la actualidad existen equipos, lógicamente con un mayor costo, que eliminan todas las sales, que se denominan DESMINERALIZADORES, obteniéndose directamente agua destilada.

En el agua subterránea, principalmente cuando su extracción se realiza a grandes profundidad, pueden tener alto contenido de hierro, ya que comunica, no solo olor desagradable al agua, sino que aumenta el efecto de corrosión de las partes metálicas. Su separación se realiza oxidando los compuestos ferrosos a férricos y luego se precipitan al estado de hidróxido.

c). Eliminación de gases disueltos: la eliminación del oxígeno, que el que tiene mayor efecto corrosivo, puede realizarse por un proceso de desgasificación térmica o química.

c.1) Desgasificación térmica:

Se utiliza la propiedad que presentan tanto el oxígeno como el anhídrido carbónico de perder solubilidad a medida que aumenta la temperatura.

El proceso consiste en:

Calentar el agua hasta su temperatura de saturación a la presión de trabajo del desgasificador.

Agitar el agua para separar del seno del líquido los gases a separar.

Efectuar una ventilación adecuada para eliminar a los mismos.

c.2) Desgasificación química:

En este tratamiento los gases se eliminan agregando al agua compuestos oxidables, como por ejemplo el sulfito de sodio para eliminar el oxígeno e hidrogeno de sodio para eliminar el anhídrido carbónico.

En la práctica, y teniendo en cuenta que el "proceso de tratamiento" del agua, tiene un costo no solo de productos químicos, sino también de equipos, tienen un COSTO, e necesario establecer el mínimo de etapas a realizar y de equipos a utilizar, compatible con la calidad de agua que se desea obtener. A tal efecto se deberá seguir los siguientes pasos (no excluyente).

- Toma de muestra de acuerdo a las normas establecidas al respecto, de la fuente de suministro.
- Efectuar el análisis físico-químico correspondiente, a fin de determinar la composición del agua en materiales en suspensión, disueltos y sustancias coloidales.
- Efectuar ensayos de coagulación y tiempo de sedimentación para establecer la dosificación del coagulante y número de equipo de sedimentación
- Establecer las etapas y tipo de tratamiento a realizar



REACCIONES QUIMICAS INDESEABLES.

- I) Precipitación de carbonato de calcio: $\text{CO}_3^{=} + \text{Ca}^{++} \longrightarrow \text{CO}_3\text{Ca (ppta)}$
 II) Precipitación del magnesio: $\text{Mg} + 2 \text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{Mg (OH)}_2 \text{ (ppta)} + \text{H}_2 \text{ (gas)}$
 III) Precipitación del sulfato de calcio: $\text{SO}_4^{=} + \text{Ca}^{++} \longrightarrow \text{SO}_4\text{Ca (ppta)}$
 IV) Precipitación de silicatos complejos:
 $6 \text{SiO}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2 \text{Na}^+ + 4\text{Ca} \longrightarrow \text{Na}_2\text{OCaO}6\text{SiO}_2\text{H}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} + 5 \text{H}_2$
 V) Oxidación del metal de la caldera: $4 \text{Fe} + 3\text{O}_2 \longrightarrow 2 \text{Fe}_2\text{O}_3$

REACCIONES QUIMICAS FAVORBLES PARA EL TRATAMIENTO

- I) Precipitación del calcio como fosfato hidratado
 $6 \text{PO}_4^{=} + 10 \text{Ca}^{++} + 2 (\text{OH})^- \longrightarrow 3 (\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3\text{Ca (OH)}_2$
 II) Precipitación del magnesio como hidróxido: $\text{Mg}^{++} + 2 (\text{OH})^- \longrightarrow \text{Mg (OH)}_2$
 III) Eliminación de oxígeno con sulfito: $\text{O}_2 + 2 \text{SO}_3^{=} \longrightarrow 2 \text{SO}_4^{=}$

VALORES A MANTENER EN EL AGUA PARA CALDERA

PARAMETRO	VALORES	
	MAXIMO	MINIMO
Total de sales disueltas	3.000 p.p.m	2.500 p.p.m
pH	11,9	11,8
Hidróxidos libres (CO3Ca)	300	180
fosfatos	60	30
sulfitos	35	25
sílice	180	--

ANEXO I: TRATAMIENTO DE AGUA PARA CALDERAS

Normalmente el agua que se utiliza para alimentar una CALDERA (de vapor o agua caliente) es de origen superficial o subterráneo (de pozos), en la zona el agua es:

- a) Laguna: generalmente clara, sobre todo si esta cubierta de camalotes, con poca sales minerales disueltas y materias orgánicas en suspensión.



- b) Rio: presenta cierta turbidez debido a materiales en suspensión (tierra, arena, otros), con mayor cantidad de sales minerales y oxígeno disuelto
- c) Subterránea: (de pozo) son de agua claras, sin materiales en suspensión, pero gran cantidad de sales minerales disueltas, cuyo tenor depende del terreno a través del cual se ha producido la filtración del agua meteórica.

Si bien los límites de impurezas (sales minerales y gases) varían según el tipo y presión de trabajo de la caldera, en general NO DEBEN SER DURAS, es decir exentas de sales minerales, no tener gases disueltos principalmente oxígeno y anhídrido carbónico (óxido ácido de carbono), bajo contenido de sílice y pH mayor de 10.

Las etapas de acondicionamiento varían por lo tanto según el origen del agua a utilizar. Para establecer las mismas, y cualquiera sea su origen se debe realizar la "toma de muestra" de acuerdo a las normas vigentes y efectuar su análisis químico, que deberá indicar como mínimo.

- a). Materiales en suspensión
- b). Materiales disueltos.
- c). Contenido de sales minerales (dureza de carbonatos, de no carbonatos, y total).
- d). Oxígeno disuelto.
- e). Porcentaje de sílice
- f). pH.

Sin que ello sea taxativo, describiremos las etapas más comunes que se realiza en el agua que se extrae del Rio Paraná.

1°) Eliminación de materiales en suspensión: hasta cierta granulometría el material en suspensión se elimina por medio de filtros colocados en la toma de agua. Para separarlas el material que no ha sido retenida por el/los filtros, puede ser separada por:

- a). Sedimentación simple:

Este sistema se utiliza si el material tiene un tamaño que permite su separación por acción de la gravedad y consiste disminuir al mínimo posible la velocidad de escurrimiento del agua. Si bien el método económico, se necesita una gran superficie de decantación, y que periódicamente se debe dejar el sistema fuera de servicio, para proceder a retirar el material que ha decantado.

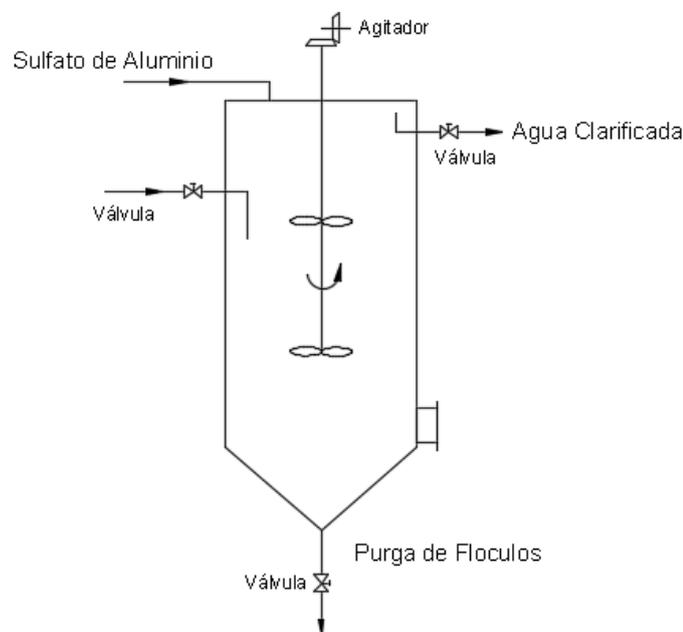
- b). Sedimentación artificial:



En este método el agua es tratada con un producto químico que forman precipitados floculantes y gelatinosos que envuelven a las partículas en suspensión, formando lo que comúnmente se denomina "coágulo", en un tamaño que permite su precipitación por acción de la gravedad. La sustancia química más utilizada, hasta la fecha es el sulfato de aluminio; pudiendo utilizarse un derivado de tanino (flocotan) sulfato ferroso, cloruro férrico.

En el caso del equipo de tratamiento de agua de alimentación de la caldera, es un tanque, de capacidad suficiente, que termina en un cono en su parte inferior, provisto de agitador y de sistema de dosaje del floculante y separación de los coágulos que precipitan (válvula, entrada de hombre, etc.). Normalmente se utilizan dos equipos, para poder efectuar la limpieza respectiva y no detener el proceso.

La mezcla del coagulante, con el agua tratar debe hacerse en forma rápida y continua, lográndose este efecto por dispositivos mecánicos que provoquen una franca turbulencia del agua (paletas, inyección de aire comprimido, otros). La mezcla rápida del coagulante, debe ser seguida de un periodo de formación de los flóculos en un tamaño tal que permita se decantación, debiendo continuar la agitación en forma lenta.



Sedimentación Artificial

2). El agua clara obtenida en este proceso, debe pasar a una etapa de filtración para eliminar partículas que no han precipitado. En las instalaciones de tratamiento de agua para calderas, normalmente se utilizan filtros a presión (pueden ser también de gravedad), que pueden ser verticales u horizontales. El lecho filtrante está formado por capas alternativas de arena fina y partículas de material sólido inerte (pedregullo). Durante la filtración de agua es admitida, bajo presión por parte superior del filtro, pasando

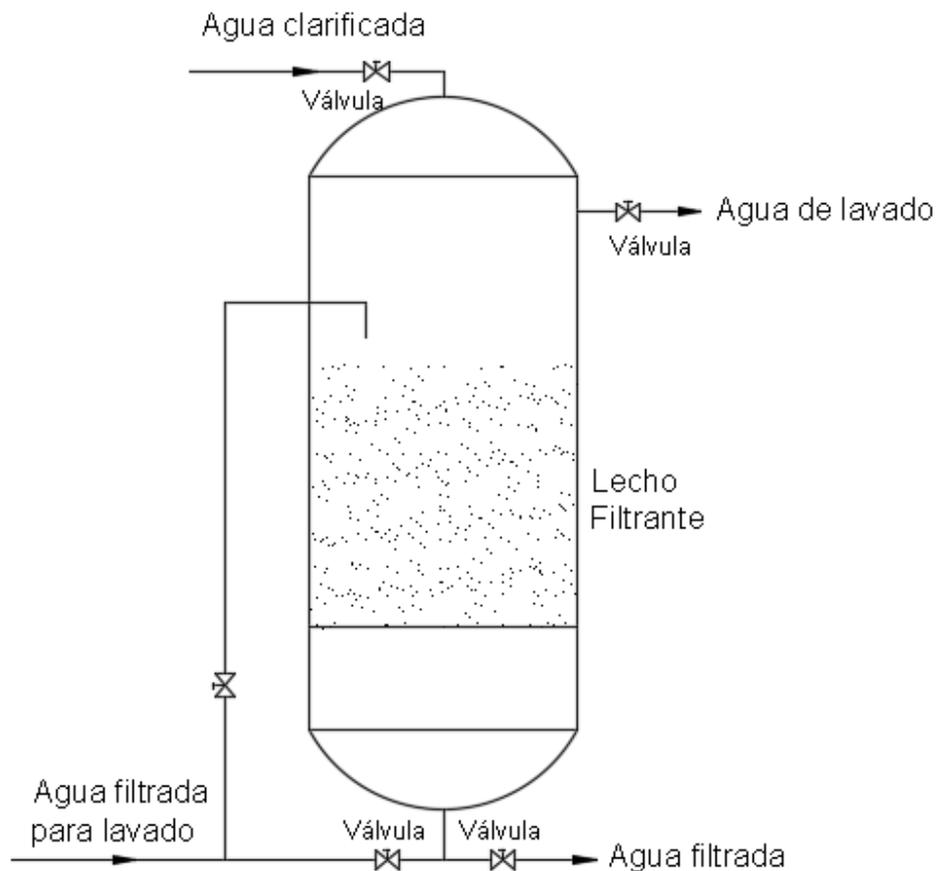


hacia abajo a través del lecho filtrante, saliendo por la parte inferior. Cuando la presión, en la parte superior del filtro es de 0,5 atm, se debe proceder a su lavado. Esta situación indica la necesidad de instalar como mínimo dos unidades filtrantes.

El lavado se realiza de la siguiente manera:

Se cierra la válvula de entrada y se envía por la parte inferior del lecho filtrante una fuerte corriente ascendente de agua, que lleva las capas de arena en un 40-50 % de su espesor y transporta el desagüe toda su suciedad. Cuando el agua de lavado sale limpia, se suspende la entrada de agua inferior.

Luego se hace funcionar el filtro con agua limpia que se introduce por la parte superior a fin de asentar la arena, con lo cual el filtro queda en condiciones de uso.



3). La etapa siguiente a realizar es eliminar la dureza (principalmente la de carbonatos), para lo cual existen dos métodos:

- a) Por medio de sustancias químicas
- b) Por intercambiadores iónicos (zeolitas)

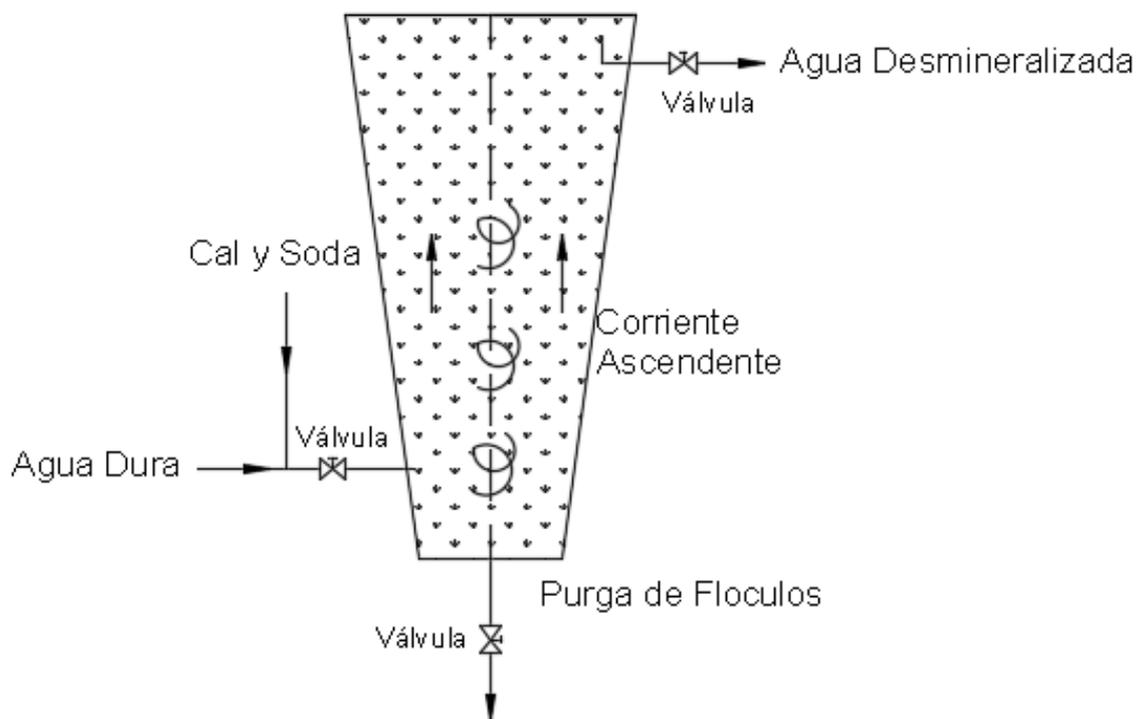
a) Por sustancias químicas:



Se utiliza una mezcla de cal hidratada (hidróxido de calcio) y soda (carbonato de sodio), y el proceso se puede efectuar en frío (el más común) o en caliente.

La cal elimina el anhídrido carbónico, transforma los bicarbonatos en carbonatos, los compuestos de magnesio en hidróxidos.

El carbonato de sodio elimina los NO carbonatos. Si bien el método es relativamente económico, se necesita un proceso posterior de filtrado. Por lo general el tanque de decantación es un cilindro vertical, con un fondo cónico para facilitar la remoción (limpieza) del precipitado, extrayéndose el agua tratada por la parte superior, que se envía a los filtros.



Eliminación por sustancias químicas

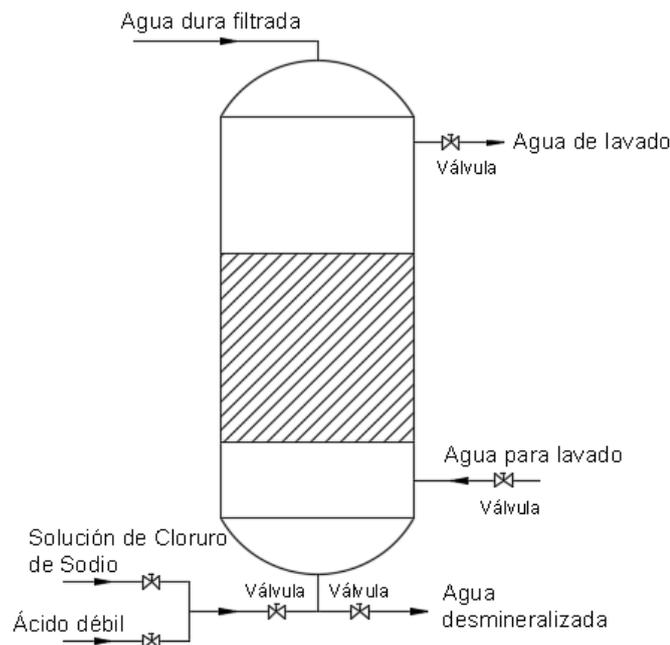
b). Por intercambiadores iónicos:

Se los denomina comúnmente "Zeolitas" que pueden ser de sodio o de hidrogeno. Las primeras son silicatos dobles de sodio y aluminio. Al pasar el agua con contenido de sales de calcio y de magnesio la zeolita cede los iones de sodio reteniendo el calcio y el magnesio, formándose carbonatos y sulfato de sodio soluble que no confieren dureza al agua. Periódicamente la Zeolita debe ser regenerada, es decir eliminar los cation calcio y magnesio y restituir los de sodio.



La necesidad de regenerar la Zeolita, se determina en base a la conductividad eléctrica del agua tratada, si la misma tiene baja proporción de solidos disueltos su conductividad será baja aumentando cuando aumenta el contenido soluble. Por tal motivo cuando la conductividad media supera los valores límites establecidos por los fabricantes de los intercambiadores, se debe proceder a la regeneración de la zeolita. Para ello se procede de la siguiente manera.

- Se lava la zeolita haciendo circular agua blanda en contracorriente (sentido inverso a la entrada del agua dura).
- Se procede a la regeneración haciendo pasar, también en contracorriente solución de cloruro de sodio (sal común), que desplaza los iones de calcio, en forma de cloruros.
- Se realiza un enjuague final con agua tratada, siempre en contracorriente para eliminar el exceso de cloruro de sodio, quedando el intercambiador en condiciones de uso.



Eliminación por intercambiadores iónicos



Sistemas De Tratamiento De Agua Con Intercambio Ionico

En las zeolitas de hidrogeno, se libera este elemento reteniéndose los iones de calcio y de magnesio, pero formándose ácido sulfúrico y clorhídrico, que deben ser neutralizados con un álcalis. La regeneración se efectúa con ácido sulfúrico diluido, que elimina los iones de calcio y magnesio formando sulfatos y reintegrando el hidrogeno a la zeolita, debiéndose efectuar un enjuague posterior para eliminar el exceso de ácido y los sulfatos formados.

El agua blanda obtenida se envía a torres de aireación para eliminación gases disueltos (principalmente oxígeno), si el análisis inicial indica la presencia de sílice, se elimina la misma enviando el agua después



de su paso por el aireador, a un tratamiento con fosfato o magnesio. Finalmente se regula el pH alrededor de 10, cuidando de no sobrepasar este valor, porque puede producir el fenómeno de fragilidad caustica.

Existen intercambiadores iónicos que están constituidos por dos tipos diferentes de materiales intercambiadores de iones; un intercambiador catiónico y un intercambiador aniónico.

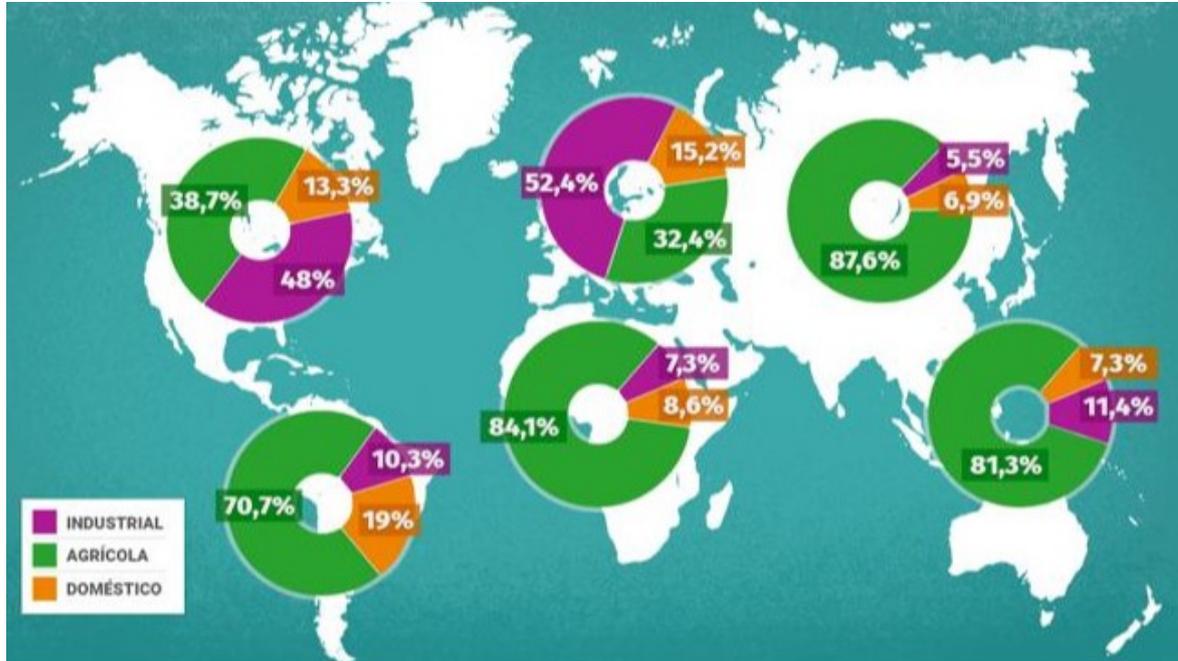
El catiónico retiene los iones metálicos del agua, formándose los ácidos correspondientes, que junto a la sílice si la hubiera es retenida por el material aniónico. La efectividad del intercambiador también se determina en base a la conductividad del agua tratada, que por lo general se admite un máximo de 1 micromho. La regeneración del equipo, se realiza de la siguiente manera:

1) El lecho de intercambio iónico es separado en capas iónicas y catiónicas por una corriente de agua tratada que se inyecta por la parte inferior, y en base a que el material aniónico es más liviano que el catiónico. Esto permite que los dos intercambiadores se separen en lechos bien definidos.

2) Separados los intercambiadores en capas, se inyecta solución alcalina sobre la capa aniónica que escurre a través del material y sobre la capa catiónica, solución acida.

3) Se vuelve a mezclar ambas capas haciendo circular agua tratada que se inyecta por la parte superior.

El agua obtenida es de gran calidad, debido a que durante el tratamiento en el lecho mezclado, el agua se pone en contacto repetidamente con los granos del intercambiador catiónico y aniónico, es decir es sometida a una serie de etapas de tratamiento.







Los sedimentadores industriales, también llamados espesadores industriales, consisten en un depósito cilíndrico que suele tener fondo cónico de poca inclinación.

La suspensión se alimenta por el centro del sedimentador, a una cierta profundidad por debajo del nivel del líquido y el líquido claro se retira por la parte superior a través de un rebosadero.

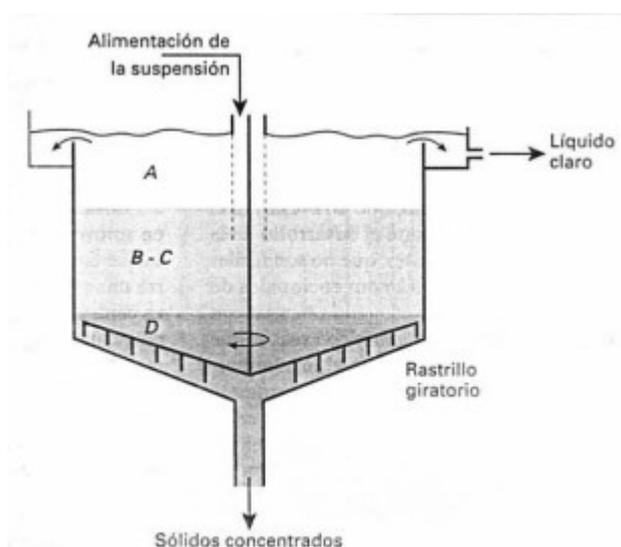
Para facilitar la separación, los equipos están dotados de unos rastrillos que giran lentamente, desplazando los sólidos hacia la parte central del fondo, desde donde se retiran mediante una bomba de lodos. Las dimensiones de estos equipos superan frecuentemente los diez metros de diámetro y los dos de altura.

La capacidad de operación de un sedimentador (volumen de líquido claro por unidad de tiempo) depende de su sección transversal.

Un caso concreto de sedimentación industrial es un sedimentador continuo. Este tipo de equipo consta además de zonas de clarificación(A), zonas de sedimentación (B-C), y zonas de compresión (D).

La zona de clarificación está casi exenta de sólidos y la velocidad ascendente del líquido debe ser inferior a la velocidad terminal de todas las partículas sólidas que deseen separarse para asegurar así el objetivo de la sedimentación: obtener un líquido claro. En caso contrario(sobrecarga del sedimentador), las partículas sólidas serán arrastradas con el líquido que abandona el equipo por la parte superior.

Cuando el objetivo de la sedimentación es obtener una suspensión con una concentración elevada en sólidos, el diámetro del equipo viene determinado por la velocidad másica de los sólidos en las zonas de sedimentación y de compresión, y por tanto, por la sección transversal de éstas. El diseño del sedimentador consiste en el cálculo de la sección transversal del mismo a partir de los datos experimentales de laboratorio de las velocidades de sedimentación en una probeta obtenidos con la misma suspensión.





BIBLIOGRAFIA

- Combustión y Generación de Vapor. Torreguitar Weiss. Ed. M. Goodwin-1968
- Generación del Vapor. Marcelo Mesny. Ed. Marimar-1976
- Fundamentos de Termotecnia. F. Gascón Latasa. Ed. Tecnos-1976
- Problemas de Ingeniería Química. Ocom Tojo. Tomo I-II- .Aguilar-1980
- Termotecnia. L. Del Arco Vicente. Ed. Mitre- 1984
- Termotecnia. Ignacio Lira C. Ed. Universidad Católica de Chile - 1991
- Manual de Ingeniero Químico. Perry. Ed. Mc Graw Hill - 1992
- Centrales Térmicas de ciclo combinado- S. Sabugal García, F.Gomez Monux-Ed.Endesa 2006
- Thermodynamics with Chemical Application. Abbott- Van Ness- Mc Graw Hill-1989