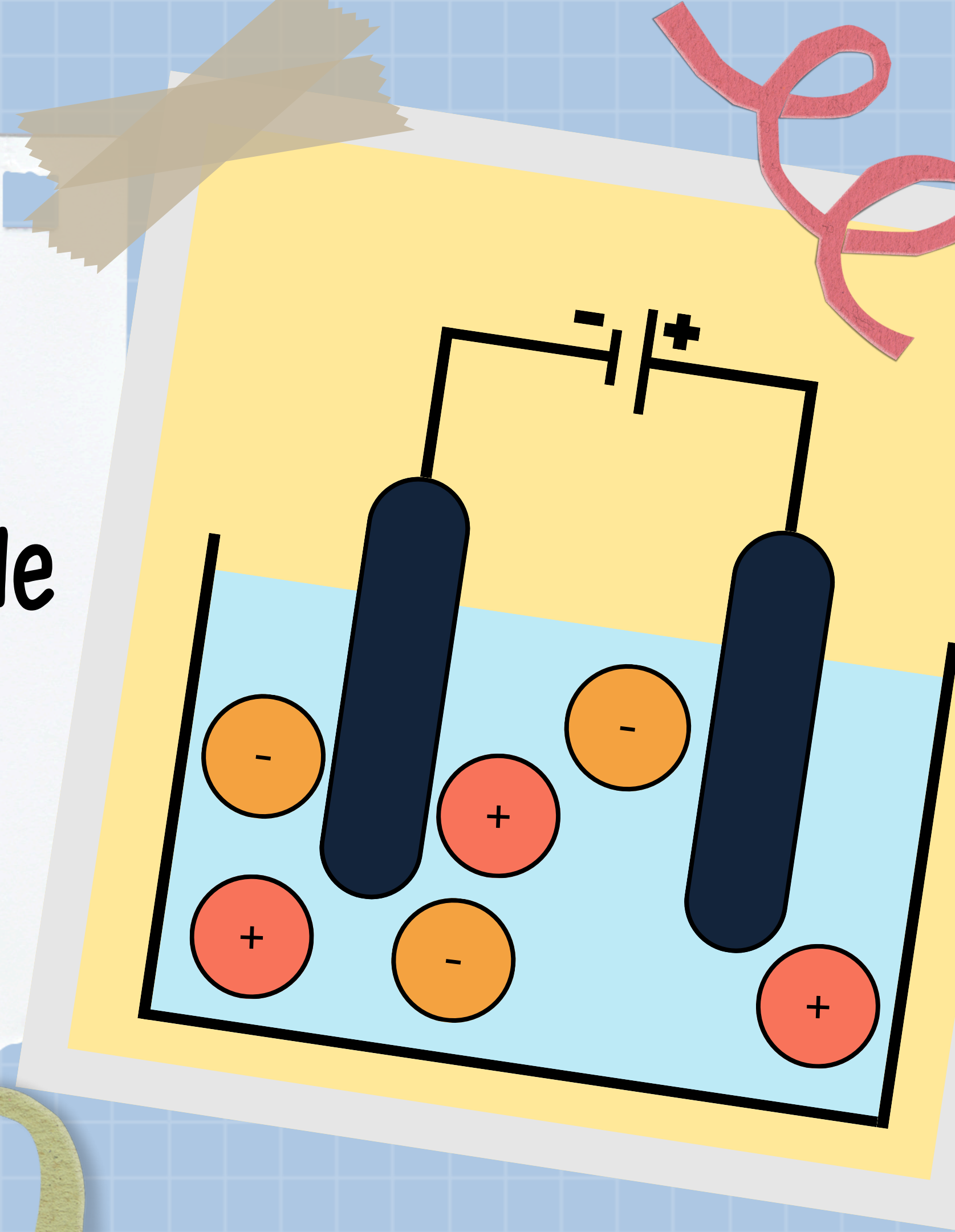




Agua de alimentación de calderas de vapor

Formación de técnicos

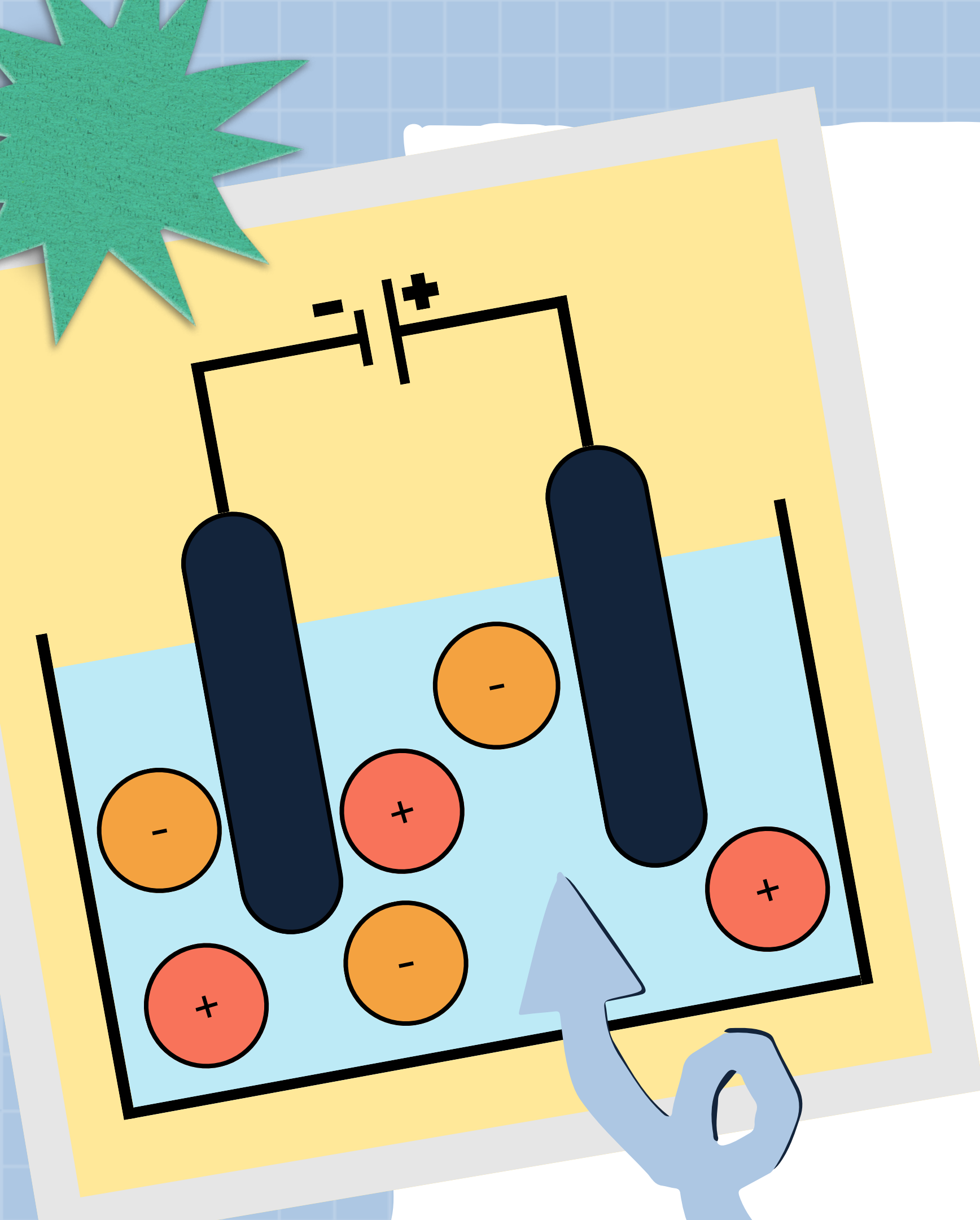


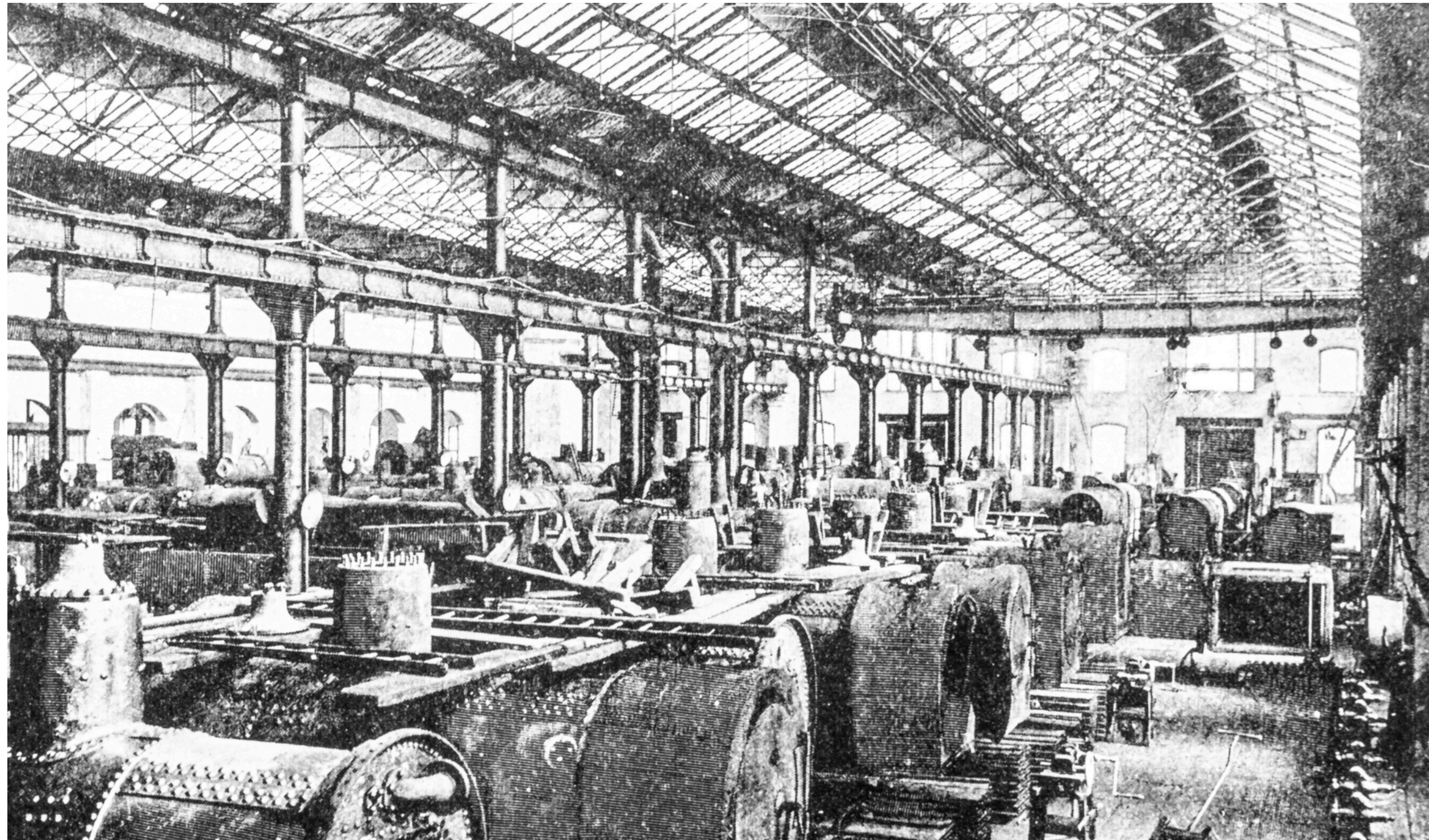
AGUA DE ALIMENTACIÓN DE CALDERAS

Impartido por:

Bruno Santandreu Bañuls

Octubre 2024





James Watt, inventor de la maquina de vapor, impulsor de la revolución industrial S.XVIII

Agua de alimentación de calderas de vapor

DEFINICION

Son aquellas aguas de cualquier procedencia que pueden utilizarse con ventaja y seguridad para alimentar calderas.

Agua de alimentación de calderas de vapor

PROCEDENCIA

El agua en general procede de los ríos, lagos, pozos y agua de lluvia. Para los efectos de alimentación de generadores de vapor y fines industriales en general tienen primordial importancia los ríos y pozos.

Por la misma índole de su procedencia no se puede evitar que arrastre y disuelva impurezas que la hacen inapta para el consumo humano y también industrial.

Agua de alimentación de calderas de vapor

CONDICIONES QUE DEBE TENER

- Debe ser clara, con la turbidez inferior a 10 ppm.
Cuando esta turbidez es superior, debe ser sometida a filtración.
- Debe estar totalmente exenta de dureza no carbónica.
- La dureza total no debe exceder de 35 ppm.
- Debe estar prácticamente exenta de aceites.
- Debe estar prácticamente exenta de oxígeno.
- Debe tener un bajo contenido de sílice.



Agua de alimentación de calderas de vapor

IMPUREZAS DEL AGUA Y TRATAMIENTO

Clasificación de las impurezas

Las impurezas que suele traer consigo el agua sin tratamiento proveniente de las fuentes descritas se pueden clasificar en la siguiente forma:

- a) Sólidos en suspensión:
 - Barro (arcilla).
 - Materias orgánicas (madera y bacterias).
 - Arena (sílice).
- b) Sales disueltas:
 - Sales de calcio y magnesio.
 - Cloruros de sulfatos alcalinos.
- c) Gases disueltos:
 - Aire (oxígeno-nitrógeno).
 - Anhídrido carbónico.



Agua de alimentación de calderas de vapor

IMPUREZAS DEL AGUA Y TRATAMIENTO

Efectos generales de las impurezas

- El barro y otros sólidos se depositan en el fondo de la caldera, formando un depósito fangoso que facilita el sobrecalentamiento de las planchas inferiores. Estos sobrecalentamientos provocan deformaciones que pueden ser altamente peligrosas. Se eliminan estos depósitos a través de las extracciones de fondo (purgas de fondo) que deben hacerse de forma periódica, hasta eliminar toda el agua turbia. Lo ideal es eliminar estas impurezas antes que el agua ingrese a la caldera, ya sea a través de una filtración o decantación. Para el caso de las materias orgánicas se procede a agregar pequeñas cantidades de hipoclorito de sodio. En general, el agua potable que suministran las empresas de agua potable ya ha sido sometida a este tratamiento.
- Las sales de calcio y magnesio, disueltas en el agua con que se alimenta la caldera, se descomponen y se adhieren a las superficies más calientes de la caldera, especialmente en los tubos en forma de costras duras llamadas incrustaciones, lo que entorpece la transmisión del calor, permitiendo el sobrecalentamiento de estas superficies metálicas y posibles explosiones.

Agua de alimentación de calderas de vapor

DUREZA

La dureza del agua está determinada por la cantidad de sales de calcio y magnesio que contenga. Mientras más sales de calcio y magnesio tenga, mayor será su dureza. La dureza es una característica perjudicial para las calderas.

Existen dos tipos de durezas, según sea la forma en que se comporte el agua al hervir.

a) DUREZA TEMPORAL: Es la formada por sales de calcio y magnesio. Cuando el agua hierve se precipitan a fondo.

b) DUREZA PERMANENTE: Es la formada por sales solubles en el agua. Durante la ebullición no sufren cambios, pero a medida que esta se evapora sufre el grado de concentración decantando y formando incrustaciones.

La suma de la dureza temporal y la permanente se llama dureza total.

Agua de alimentación de calderas de vapor

DUREZA

DUREZA DEL AGUA DETERMINACION

Generalmente las industrias controlan la cantidad del agua de sus calderas por análisis de muestras que realizan en sus propios laboratorios y/o a través de la asesoría externa de alguna firma especializada.

Los envases en que se toman las muestras de agua deben estar totalmente limpios y enjuagarse con la misma agua que se analizará.

La muestra de agua debe tomarse del interior de la caldera (del tubo de nivel o del fondo),teniendo la precaución de purgar bien, hasta que salga el agua que represente realmente la que contiene la caldera.

El muestreo completo se realiza sobre el agua de alimentación de la caldera y sobre el agua de la propia caldera. Estableciéndose como limite máximo el valor de 10 mg/l de CCal de dureza.

Agua de alimentación de calderas de vapor

ALCALINIDAD-ACIDEZ DEL AGUA

Determinación del pH

Con el fin de evitarla corrosión de las partes metálicas de la caldera debido a la presencia de oxígeno y anhídrido carbónico en el agua, se recurre a la medición del grado de alcalinidad o acidez. Para esto, existen dos métodos distintos:

DETERMINACION DEL pH

Para ello se establecido una escala de valores pH (concentración de iones de hidrógeno) entre 0 y 14.

pH entre 0 y 6 indica agua ácida. pH igual a 7 indica agua neutra mientras que pH igual 8 y 14 indica agua alcalina.

Se recomienda que el pH del agua de caldera sea superior a 7 (agua neutra o alcalina) y, en lo posible, superior a 10,5 y menor a 12.



Agua de alimentación de calderas de vapor

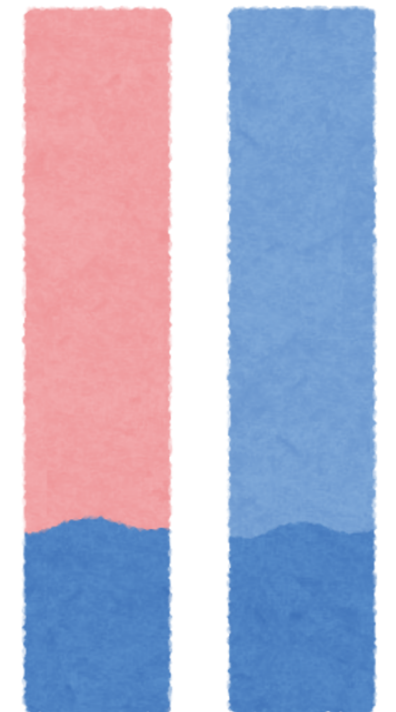
ALCALINIDAD-ACIDEZ DEL AGUA

Titulación de la Alcalinidad

Se utilizan dos indicadores: fenolftaleína (alcalinidad F) y anaranjado de metilo (alcalinidad M).

ALCALINIDAD F: Se agregan algunas gotas de fenolftaleína a una muestra de agua a analizar. Si no hay cambio de color, significa que la alcalinidad F es cero. Si la solución toma color rosado, debe agregarse una solución de ácido sulfúrico hasta que desaparezca el color rosado.

La cantidad de solución de ácido agregado indica, utilizando una tabla, el valor de la alcalinidad medida en ppm de carbono de calcio.



Agua de alimentación de calderas de vapor

ALCALINIDAD-ACIDEZ DEL AGUA

Titulación de la Alcalinidad

ALCALINIDAD M: Se utiliza la misma muestra tal como quedó al terminar la prueba anterior.

Se le agrega algunas gotas de anaranjado de metilo que tornará amarillenta la solución. Se continúa agregando ácido sulfúrico y agitando hasta que el agua cambie de color. La cantidad total de ácido sulfúrico agregado (tanto en la alcalinidad F como en ésta) representa el valor de la alcalinidad M o total medida en ppm de carbonato de calcio.

Los valores de alcalinidad F deberían estar entre 300 a 600 ppm de carbonato de calcio y los de alcalinidad M o total no deben superar los 800 ppm de carbonato de calcio.



Agua de alimentación de calderas de vapor

CONCENTRACION DE SOLIDOS TOTALES

DISUELTOS Y EN SUSPENSION (TDS)

Para su medición se puede emplear un densímetro o un medidor de conductividad eléctrica. (Conductímetro o multiparamétrico).

La concentración permisible de sólidos en suspensión no debe sobrepasar el 20% del total de sólidos (disueltos y en suspensión).

En general, la concentración máxima tolerable de TDS no debe ser superior a 3.000 ppm o su equivalente 6 mS/cm.



3000 mg/l



Agua de alimentación de calderas de vapor

CONCENTRACION DE SOLIDOS TOTALES DISUELTOS Y EN SUSPENSION (TDS)

CLORUROS: Es una indicación muy aproximada de la concentración relativa de todos los minerales disueltos en el agua. Los valores permisibles dependen de la presión de trabajo, estimándose como adecuado para calderas de baja presión un máximo de 300 ppm de cloruros. Este control se utiliza para determinar los ciclos de concentración de la caldera que a su vez determina la cantidad de purgas o extracciones.

SULFITOS: Es una indicación de la protección contra las oxidaciones. Se recomienda 15 a 40 ppm de sulfitos.

FOSFATOS: Es necesario mantenerlos permanentemente entre 20 a 40 ppm para asegurar la eliminación de dureza.



Agua de alimentación de calderas de vapor

PROBLEMAS CAUSADOS POR LAS IMPUREZAS DEL AGUA

a) ENBARRAMIENTO: El barro y la sílice ayudados por algunas sales disueltas producen embarramientos sumamente rápidos, es decir, se depositan en el fondo de la caldera, dificultando o impidiendo la libre circulación y salida del agua. Estas impurezas deben ser retiradas casi en su totalidad antes del ingreso a la caldera, sometiéndolas a un proceso de filtración.



Agua de alimentación de calderas de vapor

PROBLEMAS CAUSADOS POR LAS IMPUREZAS DEL AGUA

b) INCRUSTACIONES: Son depósitos en forma de costra dura producidos por las sales de calcio y magnesio que se adhieren en las superficies metálicas de la caldera.

Por su carácter de aislante, afectan la transferencia de calor al agua reduciendo la capacidad de la caldera, provocan recalentamiento de los tubos con el consiguiente peligro de deformaciones o roturas y restringen el paso del agua (calderas acuotubulares).

Los depósitos también pueden originarse en la precipitación de sólidos en suspensión, recibiendo el nombre de lodos adheridos.

La denominación mas habitual del problema es “ Cal”



Agua de alimentación de calderas de vapor

PROBLEMAS CAUSADOS POR LAS IMPUREZAS DEL AGUA

c) **CORROSIONES:** Es el deterioro progresivo de las superficies metálicas en contacto con el agua, debido a la acción del oxígeno, anhídrido carbónico y algunas sales como el cloruro de sodio.

También pueden ser causadas por compuestos químicos derivados de tratamientos de agua mal aplicados (desincrustantes).



Agua de alimentación de calderas de vapor

PROBLEMAS CAUSADOS POR LAS IMPUREZAS DEL AGUA

d) **ARRASTRE:** Ocurre cuando el vapor que sale de la caldera lleva partículas de agua en suspensión.

Los sólidos disueltos en esas partículas se depositan en los elementos y equipos donde circula y se utiliza el vapor, provocando problemas de funcionamiento de los sistemas de vapor.

Este fenómeno está muy asociado a la formación de espuma en la superficie del agua.

Entre sus causas se tiene la presencia excesiva de sólidos totales disueltos, alta alcalinidad, materiales oleosos, sustancias orgánicas y detergentes.



Agua de alimentación de calderas de vapor

PROBLEMAS CAUSADOS POR LAS IMPUREZAS DEL AGUA

e) FRAGILIDAD CAUSTICA: Es el agrietamiento (pequeñas fisuras) del metal de los tubos y elementos sometidos a esfuerzos mecánicos. Se produce cuando el agua contiene hidróxido de sodio en exceso.



Agua de alimentación de calderas de vapor

TRATAMIENTOS PARA PURIFICAR EL AGUA DE ALIMENTACION

El agua de alimentación de las calderas de vapor debe ser tratada, con el objeto de prevenir los problemas causados por las impurezas, utilizándose alguno de los siguientes procedimientos:

- Físicos
- Químicos
- Térmicos
- Mixtos o combinados
- Eléctricos o galvánicos.



Agua de alimentación de calderas de vapor

TRATAMIENTOS PARA PURIFICAR EL AGUA DE ALIMENTACION

a)TRATAMIENTOS FISICOS:

FILTRACION: Su objeto es extraer partículas en suspensión. Se realiza antes que el agua llegue a la caldera (externo).

Los filtros pueden ser de mallas (pequeñas instalaciones) o de grava y arena.

DESAIREACION: También llamada desgasificación. Consiste en EXTRAER LOS GASES DISUELTOS (oxígeno, anhídrido carbónico). Se consigue calentando el agua de alimentación, proporcionando una gran área de contacto agua-aire (ducha o agitación).

EXTRACCIONES O PURGAS: Consiste en evacuar cierta cantidad de agua desde el fondo de la caldera o del domo, con objeto **de disminuir o mantener la cantidad total de sólidos disueltos y extraer lodos** (en el caso de purga de fondo).

La extracción puede ser continua o intermitente.

La magnitud de la extracción depende de la concentración de sólidos disueltos a mantener en la caldera y la del agua de alimentación.

Agua de alimentación de calderas de vapor

TRATAMIENTOS PARA PURIFICAR EL AGUA DE ALIMENTACION

b)TRATAMIENTOS QUIMICOS:

Consiste en suministrar internamente sustancias químicas que reaccionan con las impurezas del agua, precipitando sólidos insolubles o en suspensión, eliminables mediante purgas. Según el objetivo que persiguen, las sustancias se clasifican en:

REDUCTORAS DE DUREZA O ABLANDADORAS: (Descalcificadores)

- Hidróxido de sodio o soda cáustica (NaOH):Precipita las sales de magnesio: aumenta la alcalinidad.
- Carbonato de sodio o sosa comercial (Na_2CO_3): Precipita las sales de calcio; bajo costo; produce acidez.
- Hidróxido de calcio o cal (Ca(OH)_2): Precipita las sales de calcio y magnesio.
- Fosfatos de Sodio ($\text{Na}_2 \text{HPO}_4$): Precipita sales de calcio. Debe mantenerse en exceso.
- Intercambio de Iones: Se utilizan ablandadores naturales o sintéticos (zeolitas o resinas catiónicas/permutitas).

Agua de alimentación de calderas de vapor

TRATAMIENTOS PARA PURIFICAR EL AGUA DE ALIMENTACION

INHIBIDORES DE CORROSION:

- Sulfito de Sodio (NaSO_3): Reacciona con el oxígeno produciendo sulfatos de sodio. Se utiliza para calderas de presiones menores a 30 Kg/cm².
- Hidracina (N_2H_4): Reacciona con el oxígeno produciendo nitrógeno y agua sin producir sólidos disueltos. Apta para calderas de alta presión.
- Aminas: Utilizadas para el control de la corrosión en tuberías de retorno de condensado (corrosión por anhídrido carbónico).

INHIBIDORES DE FRAGILIDAD CAUSTICA:

- Nitratos y nitritos de sodio (NaNO_3 - NaNO_2): Debe usarse donde el agua tiene características de fragilidad.

INHIBIDORES DE ADHERENCIAS POR LODOS:

- Agentes orgánicos: Taninos, almidones, derivados de aguas marinas. Evita la formación de lodos adherentes y minimizan el arrastre. (ya no se utilizan apenas)

Agua de alimentación de calderas de vapor

DESCALCIFICADOR

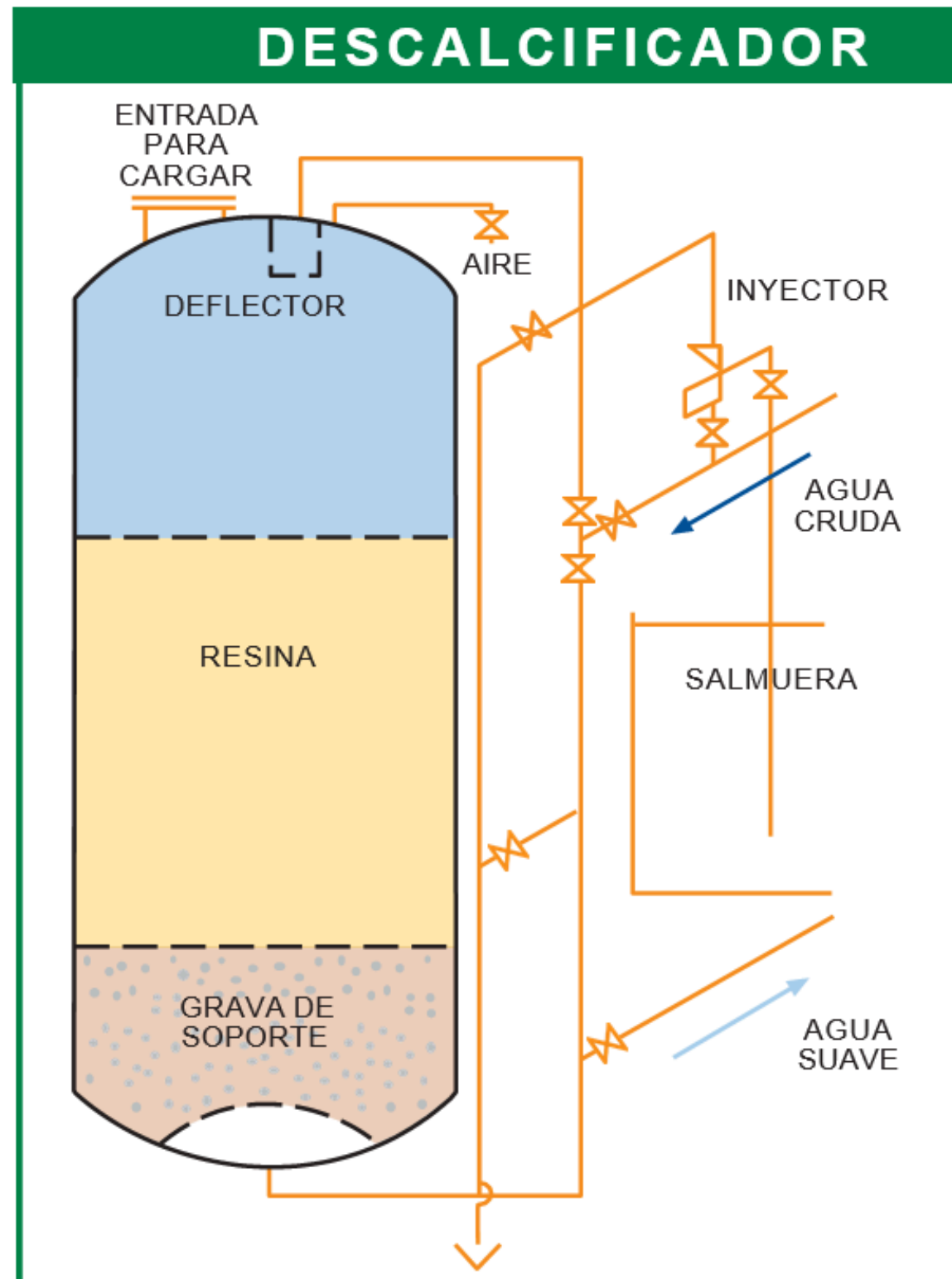
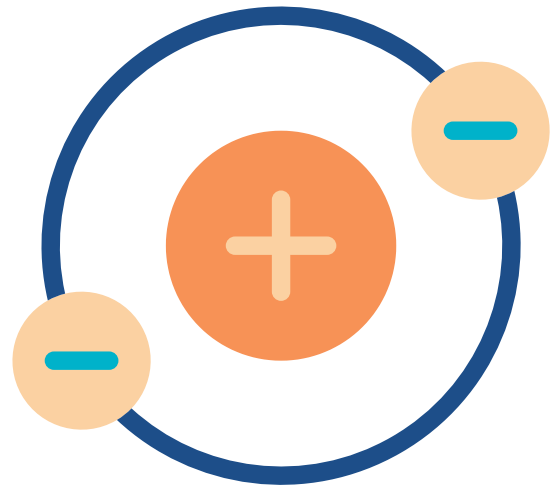


FIGURA 1

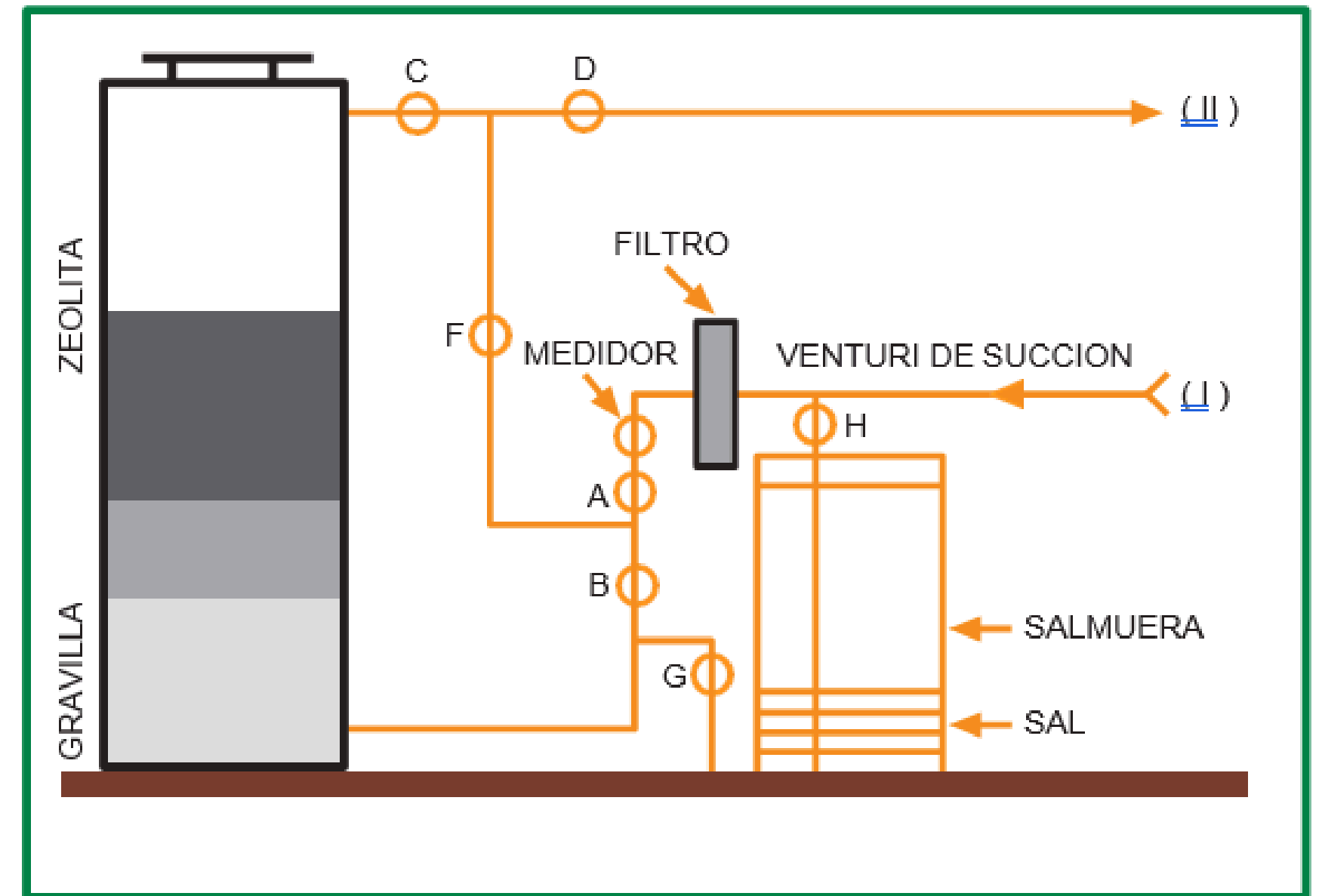


FIGURA 2

Agua de alimentación de calderas de vapor

TRATAMIENTOS PARA PURIFICAR EL AGUA DE ALIMENTACION

a)TRATAMIENTOS TERMICOS:

Mediante el calentamiento del agua hasta su temperatura de ebullición, se precipitan todos los bicarbonatos en forma de carbonatos insolubles que decantan y se extraen del fondo del economizador, eliminando la dureza temporal y los gases disueltos. Este procedimiento no separa la dureza permanente.

b)TRATAMIENTOS MIXTOS:

Consiste en emplear algunos desincrustantes químicos y a su vez calentar el agua eliminando ambas durezas.

c)TRATAMIENTOS ELECTRICOS:

Por este sistema basado en la electrólisis del agua, se basa en chapas de zinc en, que se fijan a la estructura en contacto con el agua de la caldera y defienden estas planchas de hierro de la acción de las sales incrustantes, conocido como ánodos de sacrificio, a costa de su paulatina destrucción.

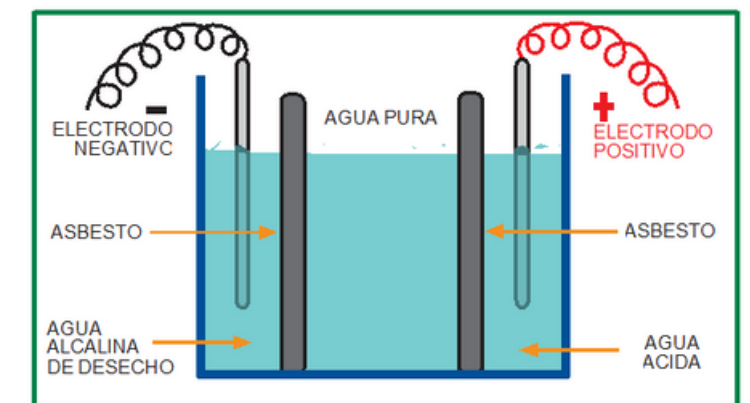


FIGURA 3

Agua de alimentación de calderas de vapor

TRATAMIENTOS PARA PURIFICAR EL AGUA DE ALIMENTACION

a)TRATAMIENTOS TERMICOS:

Mediante el calentamiento del agua hasta su temperatura de ebullición, se precipitan todos los bicarbonatos en forma de carbonatos insolubles que decantan y se extraen del fondo del economizador, eliminando la dureza temporal y los gases disueltos. Este procedimiento no separa la dureza permanente.

b)TRATAMIENTOS MIXTOS:

Consiste en emplear algunos desincrustantes químicos y a su vez calentar el agua eliminando ambas durezas.

c)TRATAMIENTOS ELECTRICOS:

Por este sistema basado en la electrólisis del agua, se basa en chapas de zinc en, que se fijan a la estructura en contacto con el agua de la caldera y defienden estas planchas de hierro de la acción de las sales incrustantes, conocido como ánodos de sacrificio, a costa de su paulatina destrucción.

Agua de alimentación de calderas de vapor

INFLUENCIA DE LA CALIDAD DEL AGUA

a) EN EL RENDIMIENTO DE LA CALDERA:

El rendimiento de la caldera es la relación que existe entre el calor total entregado por el combustible al quemarse y el calor contenido en el vapor.

Las incrustaciones producen una capa aislante que se adhiere a las superficies de calefacción de la caldera y que dificultan la transmisión del calor entregado por el combustible. Por esta razón los gases no transmiten todo su calor al agua, perdiéndose combustible y disminuyendo el rendimiento.

b) EN LA SEGURIDAD:

Las incrustaciones aíslan las superficies de calefacción del agua, provocando un calentamiento excesivo de éstas, las que pueden llegar a perder gran parte de su resistencia sufriendo deformaciones permanentes, roturas y explosiones.

Por otra parte, cuando a causa del trabajo propio de la caldera, la incrustación se rompe parcial o totalmente, pone en contacto repentino el agua a presión con la plancha recalentada y por lo tanto debilitada, produciendo un aumento de presión interna tal, que provoca la explosión.



FIN