

**DESALACIÓN MEDIANTE EVAPORACIÓN MULTIEFECTO EN TUBOS
HORIZONTALES (H.T.M.E.)**

<p>Ecoagua Ingenieros Avda. Manoteras, 38, C-314 28050-Madrid (Spain) Tel.: +(34) 913 923 562</p>	<p>TEC-002</p>	<p>Edition: 01</p> <p>Date: 18/04/09</p> <p>Page: 1 de 7</p>
---	-----------------------	--

Desalación mediante Evaporación Multiefecto en Tubos Horizontales (H.T.M.E.)

1. DESCRIPCION DEL PROCESO

La desalación mediante Evaporación Mutiefecto en Tubos Horizontales es conocida también por sus siglas en inglés H.T.M.E. que corresponden al nombre de *Horizontal Tube Multiefect Evaporation*.

La idea de este proceso, como en todos los de desalación mediante destilación, es evaporar el agua de mar, condensar el vapor obtenido y recuperar el calor latente de condensación del vapor para calentar más agua de mar que volveremos a evaporar. Fijándonos en el diagrama de flujo de la Figura 1, vamos a describir cómo se produce el proceso de evaporación multiefecto en tubos horizontales.

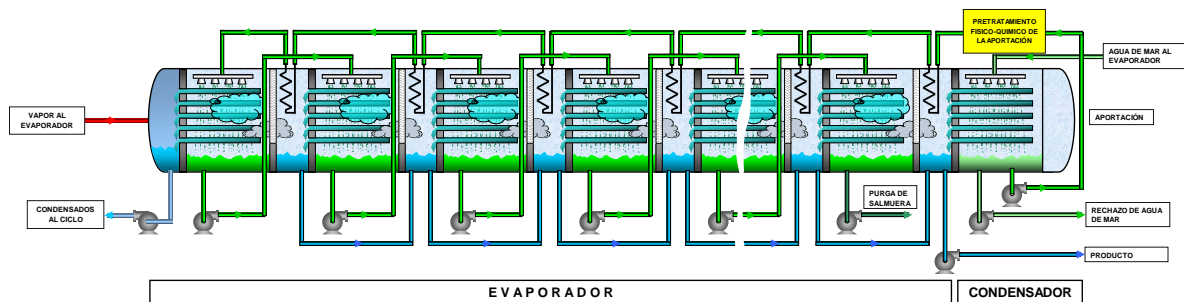


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de Evaporación Multiefecto en Tubos Horizontales

El evaporador está dividido en dos secciones: el condensador, que es el punto más frío del evaporador y los efectos, siendo el primer efecto el foco caliente del ciclo térmico. Para explicar este proceso vamos a partir del primer efecto: El vapor que se aporta como fuente energética, normalmente de bajo título, se condensa en el interior de los tubos, mientras que, por el exterior, se rocía agua de mar que hace de fluido frío, el cual se calienta para alcanzar la temperatura máxima y se evapora en parte. El vapor producido en este primer efecto, pasa a través de unos separadores de gotas (demisters), para quitarle los arrastres de salmuera que pueda llevar y entra en el interior de los tubos del siguiente efecto donde se condensa, evaporando igualmente una parte del agua de mar que está siendo rociada por el exterior de los tubos. El agua rociada procede del agua de mar no evaporada del primer efecto y es conocida como alimentación. En el efecto se encuentra con unas condiciones de presión inferiores a las del efecto anterior, por lo que, sufre un proceso de evaporación instantánea y

Desalación mediante Evaporación Multiefecto en Tubos Horizontales (H.T.M.E.)

además por la condensación del vapor en el interior de los tubos, que le cede su calor de condensación, se evapora una misma cantidad de agua. En resumen, el vapor producido en cada efecto procede de la evaporación por desequilibrio térmico entre efectos y por la condensación de vapor en el interior de los tubos.

Este proceso se va repitiendo de efecto en efecto, reduciéndose cada vez más la temperatura a la que tiene lugar y por tanto, disminuyendo así mismo la presión correspondiente en el interior de cada efecto, hasta llegar al último que es el condensador final. En este condensador se condensa el vapor producido en el efecto anterior, pero como la cantidad de agua de mar utilizada para condensarlo es muy grande, no se produce vapor, calentándose solamente el agua de mar; que es el foco frío del ciclo térmico. A la salida de este efecto/condensador la corriente de agua de mar caliente se divide en dos, una que es la de rechazo y se devuelve al mar y otra, que es la de aportación y es la que se bombea a los efectos anteriores al condensador en sentido ascendente, desde el penúltimo efecto al primero. Este agua de aportación se introduce en el interior de unos cambiadores de calor, que hay en cada efecto y que utilizan una parte del vapor producido para calentar este caudal de aportación, hasta llegar al primer efecto donde alcanza la temperatura máxima que le permite continuar el ciclo. Como ya se ha dicho al principio, en este primer efecto se rocía el agua de aportación caliente por el exterior de los tubos, incrementando su temperatura y evaporándose una parte. El agua de mar que no se ha evaporado y que queda en este efecto es la que se bombea a los efectos siguientes, rociándose por el exterior de los tubos.

En el efecto anterior al condensador es donde el agua de mar está más concentrada, ya que anteriormente se ha ido evaporando parcialmente en las otras cámaras. Es aquí donde se efectúa la purga de salmuera para mantener el equilibrio salino del evaporador.

El vapor condensado en el primer efecto, se devuelve al ciclo externo del que procede, ya que es el condensado del vapor motriz. El condensado del segundo y siguientes es el producto, el cual se va haciendo circular de un efecto a otro poniéndose en contacto, cada vez, con una presión más baja, con lo que una parte de esta agua producto se evaporará para equilibrar las presiones y las temperaturas, este vapor se incorpora con el resto de los vapores producidos en el efecto y se condensan en el

Desalación mediante Evaporación Multiefecto en Tubos Horizontales (H.T.M.E.)

siguiente. De esta forma cuando la corriente de producto llega al condensador final, está a la temperatura más baja que es posible. De aquí se extrae mediante una bomba de producto enviándolo al tanque de almacenamiento de la planta. Como el agua de mar en el proceso de evaporación va desprendiendo los gases que pueden haberle quedado, y como el evaporador trabaja a vacío, siempre hay fugas y entradas de aire por poros, equipos e instrumentos, este aire se acumularía en el interior, dificultando la transferencia de calor y produciendo una pérdida de rendimiento. Para garantizar el trabajo a vacío en el evaporador se utiliza un sistema de venteos en cada efecto, un equipo de vacío extrae los incondensables.

El agua de aportación, antes de introducirla en el evaporador, será tratada químicamente para evitar las incrustaciones. El tratamiento habitual es una desgasificación y la adición de un inhibidor de incrustaciones.

2. TERMINOLOGÍA DEL PROCESO H.T.M.E.

Las definiciones de algunos de los términos más importantes referentes del proceso de H.T.M.E. son las siguientes:

Relación de Economía ó Economía ó Rendimiento ó Economy Ratio ó ER

Se define por tal, a la relación entre la cantidad de producto obtenido por cada unidad de calor introducido en el evaporador. Dado que esta definición procede del mundo anglosajón y no es una unidad adimensional, sus unidades son lb-producto/1000 BTU. Estas unidades son difíciles de manejar, pero aproximadamente coinciden con kg-producto/kg-vapor, cuando este vapor está en condiciones de saturación y entre 80 y 120°C, que suele ser lo habitual.

Factor de concentración

Se define como el cociente de dividir la concentración de la purga de salmuera entre la concentración del agua de mar. Ambas expresadas en mg/L ó p.p.m.

Evaporador

Desalación mediante Evaporación Multiefecto en Tubos Horizontales (H.T.M.E.)

Es el conjunto de cámaras o efectos donde tiene lugar las transferencias de calor y el proceso de evaporación y condensación del vapor. El evaporador se divide en dos secciones: la sección de rechazo de calor o condensador y la sección de recuperación de calor. La primera es el último efecto ó cámara del evaporador y es donde está el foco frío del ciclo térmico, es por donde se saca el calor introducido en el foco caliente. La segunda incluye la primera cámara o efecto que es donde está el foco caliente del ciclo térmico y es donde se introduce el vapor motriz y el resto de cámaras ó efectos que es donde se va evaporando el agua de mar y recuperando el calor latente de condensación de dicho vapor, para calentar más agua de mar y continuar el proceso.

Agua de mar

Es la corriente de agua procedente del mar, que es introducida en el condensador o último efecto. Esta corriente una vez condensado el vapor de este último efecto o condensador, se calienta y es dividida a su vez en dos corrientes que son el rechazo y la alimentación. La primera es la de mayor caudal y es la parte de dicha corriente que es devuelta al mar. La segunda es la parte del agua de mar que es incorporada al ciclo, después de un tratamiento químico adecuado.

Salmuera ó purga de salmuera

Es la corriente extraída del evaporador para mantener el equilibrio salino, ya que estamos introduciendo constantemente un caudal de agua de mar, la alimentación, que aporta sales al evaporador, si no sacamos igual cantidad de sales que aportamos, las mismas se irían concentrando en el interior provocando su precipitación, para evitarlo, se extrae una cantidad de salmuera del punto del evaporador donde está más concentrada, que es el último efecto antes del condensador.

Producto

Es la corriente de agua desalada que sacamos del evaporador, la obtención del agua producto es el objetivo del proceso de desalación.

Vapor motriz ó vapor de baja ó vapor de calentamiento

Es el vapor procedente de una fuente externa de vapor que se utiliza como alimentación de energía en el foco caliente del ciclo térmico para mantenerlo. Es el trabajo externo que hay que aportar al ciclo

Desalación mediante Evaporación Multiefecto en Tubos Horizontales (H.T.M.E.)**Condensado**

Es el resultado de condensar en el primer efecto el vapor motriz, ya que el calor que se aprovecha de éste, es el calor latente de condensación. Este condensado es devuelto de nuevo al ciclo de vapor del que procede, mediante la bomba de condensado.

Gases no condensables

Mezcla de anhídrido carbónico y aire que se extrae del evaporador para evitar su acumulación en el interior del mismo y, por tanto, la pérdida de rendimiento.

Equipo de vacío

Es el equipo que sirve para extraer los gases no condensables del evaporador. Puede ser mediante eyectores de vapor o mediante bomba de vacío de anillo líquido.

Bombas de alimentación

Son las bombas que rocían el agua de mar sobre la superficie externa de los tubos. Bombeando el agua desde los efectos más calientes a los más fríos.

Bomba de rechazo

Es la bomba que saca del condensador el caudal de agua de mar de rechazo para devolverlo al mar.

Bomba de purga de salmuera

Es la bomba que saca del evaporador el caudal de purga de salmuera para devolverlo al mar.

Bomba de producto

Es la bomba que saca el caudal de agua de producto obtenido en el evaporador para enviarlo al tanque de almacenamiento de la planta.

Bomba de aportación

Desalación mediante Evaporación Multiefecto en Tubos Horizontales (H.T.M.E.)

Es la bomba que aporta el agua de mar al ciclo, extrayéndola del condensador y enviándola, a través de los cambiadores de los efectos, al primer efecto para comenzar a evaporarse.