

TRATAMIENTO DE EFLUENTES EN LA INDUSTRIA DE LOS RECUBRIMIENTOS – Parte 5

PRODUCTOS QUIMICOS UTILIZADOS EN EL TRATAMIENTO DE EFLUENTES

Definiciones:

- ◆ **Coagulación:** ya dijimos que las partículas coloidales son menores a 1μ y que llevan un movimiento browniano; la energía de este movimiento es suficiente para prevenir que las partículas sedimenten por gravedad y, por lo tanto, permanecen suspendidas por un largo período. Estas suspensiones pueden ser estables o inestables. La coagulación es el proceso en el cual se alcanza la desestabilización por la adición de sales que reducen, neutralizan o invierten la repulsión eléctrica entre las partículas. Mencionamos que los coagulantes más comunes son las sales minerales: sulfato de aluminio, cloruro férrico, cloruro de calcio y de magnesio, etc.
- ◆ **Floculación:** este término es usado para describir la acción de materiales poliméricos los cuales forman puentes entre las partículas individuales; también vimos que estos puentes ocurren cuando segmentos de una cadena de polímero se adsorbe sobre las diferentes partículas y ayuda a las mismas a formar agregados.

Notar que en la industria de tratamiento de aguas los términos coagulación y floculación implican necesariamente mecanismos diferentes.

- ◆ **Floculantes:** consisten en polímeros de alto peso molecular, aniónicos, no iónicos o catiónicos, utilizados para incrementar la eficiencia de la sedimentación, clarificación, filtración y centrifugación.

Los floculantes utilizados en tratamientos de aguas tienen pesos moleculares que varían desde cientos de miles a varios millones. A mayor peso molecular, mayor es la viscosidad resultante de la solución acuosa de estos polímeros. Los polímeros de muy alto peso molecular están limitados a soluciones muy diluidas debido a sus viscosidades extremas. Aquellos polímeros de alto peso molecular ($> 1.000.000$) son sensibles al esfuerzo de corte y sus cadenas pueden ser rotas en fragmentos por el excesivo mezclado, lo cual puede ir en detrimento de su utilidad.

Las cadenas de estos polímeros pueden no tener cargas (no iónicos), llevar carga negativa (aniónicos) o positiva (catiónicos). Estas cargas están determinadas por los monómeros utilizados en la polimerización.

Un floculante aniónico, usualmente reaccionaría con una suspensión cargada positivamente (potencial Z positivo) y uno catiónico lo haría con una suspensión con cargas negativas (potencial Z negativo); sin embargo, la regla no es general, por ejemplo, floculantes aniónicos aglomeran arcillas, las cuales son electronegativas.

Los siguientes, son los tipos de polímeros disponibles que existen para tratamiento de aguas y aplicaciones asociadas.

Floculantes minerales: son sustancias coloidales. Ellos son: sílice activada, ciertas arcillas coloidales (como la bentonita), ciertos hidróxidos metálicos con estructura polimérica, etc.

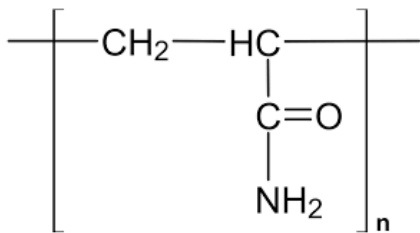
Floculantes naturales: son polímeros aniónicos, catiónicos o no iónicos solubles en agua. Los no iónicos actúan adsorbiéndose en las partículas suspendidas. Los más comunes son los derivados del almidón, generalmente pregelatinizados y así, solubles en agua, normalmente son almidones de

maíz o papa. Pueden ser almidones naturales, almidones oxidados aniónicos o tratados con aminas para dar productos catiónicos. El uso de estos productos ha decrecido en el tratamiento de aguas, pero es de importancia en otras industrias como la del papel.

Los polisacáridos, usualmente goma guar, son principalmente usados en medio ácido.

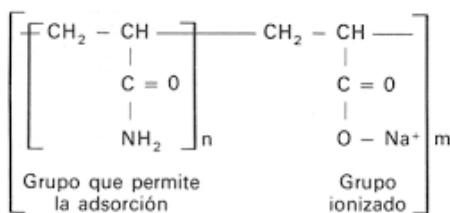
Floculantes sintéticos: los más comunes e importantes. Dentro de estos, encontramos

- A. Polimeros no iónicos en poliacrilamida. Su efecto es por la formación de puentes entre las partículas.



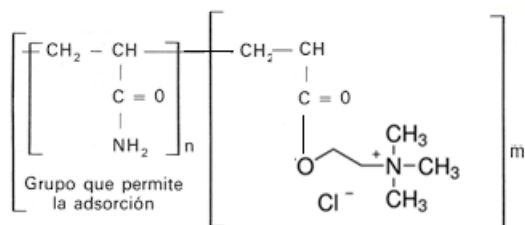
Esquemáticamente, la poliacrilamida no iónica tiene esta estructura, siendo el valor de n entre 30000 y 700000, de modo se trata de polímeros de un peso molecular mínimo de 2000000 y el límite superior solo está definido por la tecnología

- B. Los aniónicos, cuando están disueltos en agua, están cargados negativamente y son, usualmente copolímeros. La carga está localizada en los grupos pendientes de la cadena y son sensibles al pH, funcionan mejor a pH mayor de 6.



En el caso de las poliacrilamidas aniónicas, se trata, en la mayoría de los productos, de copolímeros de acrilamida y ácido acrílico u otros monómeros aniónicos que les confieren características especiales

- D. Copolímeros catiónicos de acrilamida. Son copolímeros de acrilamida con un monómero catiónico, son relativamente insensibles al pH, aunque debe evitarse el pH por encima de 10 debido a que se producirá una lenta degradación del polímero por hidrólisis. los catiónicos están cargados positivamente cuando están disueltos. La carga catiónica de estos polímeros es derivada de un nitrógeno en forma de grupos amino secundarios, terciarios o cuaternarios. En estos polímeros, la carga puede estar localizada en los grupos pendientes o en la cadena principal.

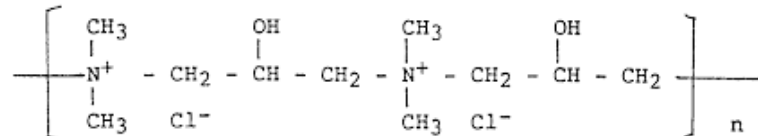


En el caso de las poliacrilamidas catiónicas son copolímeros de acrilamida con monómeros acrílicos funcionales que varían de acuerdo a la propiedad deseada

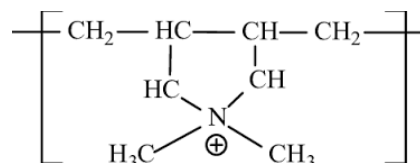
- F. Polímeros obtenidos por reacción de Mannich: son derivados de homopolímeros de acrilamida, de alto peso molecular y catiónicos con alta densidad de carga. Son relativamente económicos, pero tienen un corto tiempo de vida útil. Son extremadamente viscosos, de mal olor y propensos

a la gelificación. Además, no son resistentes al cloro ni insensibles al pH, lo cual limitó el uso de estos polímeros en su aplicación.

- G. Poliaminas. se comenzó a usar en los años '50, y tiene un peso molecular aproximado de 50000 y una materia activa de 50%, aunque también existen de con un mínimo de 20%. Son polímeros en solución, muy versátiles, típicamente de bajo y medio peso molecular; pueden ser lineales o ramificados. Son usadas en una gran variedad de aplicaciones, entre ellas como rompedores de emulsión de detackificantes de pinturas (en cabinas de pinturas). No tienen olor fuerte, son resistentes al cloro e insensibles al pH.



- H. Cloruro de polidialildimetilamonio, normalmente llamados poly DADMAC. Son similares a las poliaminas en sus características con la ventaja adicional de que pueden ser copolimerizados con otros monómeros. tiene pesos moleculares que varían de 100000 a 1000000 aproximadamente y la materia activa entre 20 y 40%, limitada por la viscosidad



- I. Otros polímeros catiónicos: existe una gran variedad de otros polímeros disponibles, sin embargo, estos productos son menos comunes y especiales para casos particulares, entre ellos se incluyen:

- ◆ Polietilenaminas y polietileniminas.
- ◆ Almidones cationizados.
- ◆ Polímeros melamina-formaldehído.
- ◆ Poliaminas no cuaternizadas
- ◆ Taninos modificados.

Tanto las poliaminas como el poliDADMAC tienen una característica muy particular ya que en algunas condiciones en algunos líquidos ya sea afluentes o efluentes pueden trabajar como primarios pero en la mayoría de los casos trabajan como coagulantes/floculantes secundarios

En la parte de potabilización de agua, en aguas que tienen ciertas características de turbiedad y color, la poliamina trabaja como excelente coagulante primario y secundario sobre la turbiedad pero, cuando el líquido a tratar tiene elevado color, debido a algunos sistemas coloidales el poliDADMAC se comporta mejor en la eliminación del color

Por otro lado, los polímeros para tratamientos de agua pueden ser:

Sólidos: típicamente de muy alto peso molecular, aniónicos, catiónicos o no iónicos.

Pueden ser polvos o granulares. Tienen la ventaja de tener 100% de materia activa y la desventaja de no ser fáciles de disolver y requieren equipos especiales de alimentación.

Típicamente, estos polímeros son puestos en un eductor o sistema de disolución automática. La disolución inapropiada puede resultar en la formación de "ojos de pescado" que, en este caso, describe partículas de polímeros mojadas en la superficie, pero secas en el interior, el recubrimiento gelatinoso que esto forma demora considerablemente el proceso de disolución y producen serias dificultades en la aplicación.

Otro inconveniente que presentan es que toman humedad de la atmósfera y se aglomeran, por lo que debe tenerse sumo cuidado en almacenarlos en lugares libres de humedad.

El uso de soluciones de polímeros sólidos está limitado por la viscosidad, pudiéndose llegar a soluciones del 1 al 2%.

Emulsiones o dispersiones: típicamente de muy alto peso molecular, aunque existen de medio peso molecular, y pueden ser aniónica, catiónicas y no iónicas y tienen una gran variedad de densidad de carga.

Los polímeros en emulsión tienen como beneficio que pueden ser fácilmente puestos en solución y son bastantes concentrados, aunque tienen muy alto peso molecular. Además, las emulsiones tienen relativamente baja viscosidad y sus formas líquidas son muy fáciles de manejar, especialmente en sistemas automatizados. Pueden ser diluidos por una gran cantidad de métodos: desde poner un sistema de simple mezclado y dosificarlo en el vórtice, hasta sistemas de disolución sofisticados que requieren muy poca mano de obra para operar.

El inconveniente que presentan es el de no tener 100% de materia activa y que, por ser emulsiones, pueden separarse algo, pero son fácilmente reconstituidas por un simple mezclado.

Los niveles de disolución de estos productos también están limitados por la viscosidad, pero, usualmente, es del 2 al 3%. Si van a ser usadas en bajas concentraciones, éstas deben ser hechas a partir de una solución stock.

Polímeros acuosos: sin solventes ni tensioactivos, por lo que se evitan sustancias perjudiciales al medio ambiente. Su disolución es instantánea, no requiere más que una mínima agitación. Pueden ser no iónicos, catiónicos, aniónicos o anfóteros. Tienen menos materia activa que las emulsiones o dispersiones, pero presentan un excelente rendimiento en el uso

Emulsiones	Sólidos	Nueva Tecnología
Costosos equipos para su correcta aplicación	Equipos caros y aplicación limitada.	Fácil aplicación
Se recomienda agitar antes de usar.	Productos higroscópicos que pueden colmatarse.	No es necesario agitar antes de usar
Es necesario prepararlos a ciertas concentraciones <i>Tiempo de disolución: > 25 min</i>	Muy difícil disolución, que implica un pobre aprovechamiento del polímero <i>Tiempo de disolución: > 60 min</i>	Solubilidad total en agua <i>Tiempo de disolución: < 10 min</i>
El producto se congela por debajo de 0°C	Producto sólido	Muy bajas temperaturas de congelación
Incrementan DQO y DBO	NO incrementan DQO ni DBO	NO incrementan DQO ni DBO
Su disolución se ve afectada por la calidad del agua	Su disolución se ve afectada por la calidad del agua	Su disolución NO se ve afectada por la calidad del agua
NO es posible su aplicación directa	NO es posible su aplicación directa.	Posibilidad de aplicación directa sin dilución previa.

En el caso de polímeros de base acrilamida, tanto sólidos, emulsiones y dispersiones, son provistos con distintas densidades de carga. La densidad de carga es una medida de los equivalentes de carga presentes por gramo de polímero, que puede expresarse de distintas maneras una de ellas es el porcentaje en peso que es el % en peso de monómero cargado en el polímero y la otra es el porcentaje en moles, que es una medida del % de unidades de monómero cargado en el polímero

MECANISMOS DE TRATAMIENTO DE EFLUENTES Y APLICACIONES

Debido a la gran variedad de aplicaciones de los polímeros es imposible dar una lista de ellas, por lo que se dará un repaso de las más comunes. En general, los contaminantes del agua poseen una leve carga negativa, lo que los estabiliza debido a la repulsión electrostática. Los coagulantes inorgánicos y los floculantes poliméricos neutralizan estas cargas lo que permite que se acerquen y se desestabilicen. Además, los polímeros cargados (polielectrolitos) pueden formar los puentes entre estas partículas causando que se aglomeren, precipiten o floten (dependiendo de la naturaleza del contaminante). En un esquema de tratamiento típico, un polímero catiónico de bajo peso molecular es alimentado con un coagulante inorgánico tal como sulfato o cloruro de aluminio o cloruro férrico, para generar pequeños flocs conocidos como "pin floc". A esto, normalmente, le sigue un tratamiento con un polímero aniónico de alto peso molecular, el cual ataca las partículas que, ahora, son catiónicas y causan flocs más grandes, los que son más fáciles de remover.

Por ejemplo, en la remoción de metales, estos están solubles en agua y un ajuste de pH entre 9 y 10, precipitarán a éstos como sus hidróxidos y luego se utiliza el esquema de arriba.

Es importante notar que cada sistema es diferente a otro y hay muy pocas reglas que se puedan establecer respecto a cómo tratar un efluente. *Este es el verdadero desafío del tratamiento de efluentes.*

Los comentarios hechos hasta este momento son sólo una visión a modo de guía general. Ensayos con una gran variedad de productos son, generalmente, necesarios para elegir el de mayor rendimiento y el de menor costo.

Siguiendo el ejemplo de arriba, conforma vagamente la clarificación de un agua de río, remoción de grasas y aceites, y rupturas de emulsiones.

Otra área de tratamiento es la clarificación donde existen muy bajos niveles de contaminantes. Estos sistemas son tratados sólo con polímeros aniónicos de muy alto peso molecular u, ocasionalmente, catiónicos.

Otra área es la concentración de lodos. En esta aplicación, lodos de baja concentración de sólidos son mezclados con varios polímeros y otros productos químicos para ayudar a la remoción de agua. Esto permite al lodo, estar significativamente concentrado de modo que pueda ser utilizado como relleno o incinerado. Polímeros catiónicos de peso molecular medio son los más utilizados en estas aplicaciones. La densidad de carga de los polímeros usados varía desde media para lodos de fábricas de papel a altas en efluentes municipales.

El mecanismo de la concentración de lodos se cree que está basado en que el lodo tiene carga negativa. Cuando el polímero catiónico ataca al sólido del lodo, sus cargas son bloqueadas y las cadenas de polímero comienzan a separarse en la forma en que estaban en el proceso de polimerización. Al enrullarse, ellas aglutinan los sólidos del lodo, excluyendo al agua que es separada del lodo. El lodo resultante es más fácil de secar en filtro prensa, rotativo, etc.

En el caso de fábricas de pinturas, específicamente en fábricas de látex, la combinación de un polímero catiónico de medio peso molecular y alta densidad de carga con un sólido aniónico, es la ideal.

Otro uso de los polímeros solubles en agua es la detackificación de pinturas. Este es un tema muy amplio y no podrá ser totalmente cubierto acá pues éste está relacionado con la industria automotriz y metalúrgica, aunque podemos hacer algunos comentarios. La detackificación de pinturas es el proceso para remover la pintura de la cabina de pintura de modo que sea fácilmente manejable y sin tack. La pintura pulverizada es atrapada por la cortina de agua que contiene varios productos químicos para su tratamiento, muchas veces incluyendo polímeros aniónicos, catiónicos o ambos.

Los tratamientos varían de compañía a compañía y de aplicación a aplicación. Lo que hay que tener presente es que cada sistema es diferente y ningún tratamiento trabaja igual que en otro proceso.

Los floculantes deben ser utilizados en la forma apropiada para asegurar su máxima eficiencia. Su uso depende de muchos factores fisicoquímicos que pueden alterar los resultados.

En la etapa industrial, la eficiencia puede rendir en un 60 a un 120% de la eficiencia en laboratorio. Muchos de los factores que influyen en el resultado final son:

- ◆ Localización del punto de inyección, el cual debe ser de una turbulencia tal que asegure una buena dispersión del floculante pero que no rompa los flocs.
- ◆ Un punto múltiple de adición, usualmente, incrementa el contacto del floculante con el sistema.
- ◆ Soluciones diluidas, generalmente, dan mejores resultados.

En muchas unidades sedimentadoras, es posible revisar la eficiencia observando una muestra tomada en la entrada de la unidad.

En el caso de bajos sólidos suspendidos, la recirculación de lodos a la entrada del sedimentados incrementa la velocidad de sedimentación y la claridad del sobrenadante.

Cuando coagulante y floculante son usados juntos, el siguiente equipo aumentará la eficiencia:

Un tanque coagulante con agitación suave y cerca de 5 minutos de tiempo de retención.

Un tanque floculante, el cual puede estar en la parte de entrada al tanque sedimentador, donde la reacción química tendrá lugar.