

INFORMACION GENERAL

En esta breve nota comentamos los métodos preferidos, usados en las plantas de bajo impacto ambiental de **CTM**aguas. Los principios comunes que actúan en los procesos electrolíticos, de la aplicación de la irradiación ultravioleta, y los métodos de oxidación avanzada, que usamos en la potabilización, en el tratamiento de riles, en aguas de flow-back y en efluentes cloacales, para su re-uso o vertido.

Electroflotación - Electrocoagulación

Este sistema ataca los metales pesados, residuos orgánicos y sales en general que pudieran estar contenidas en el agua.

El objetivo es desestabilizar contaminantes, separar en fases, por medio de un proceso electrolítico, para luego ser removidos definitivamente por algún medio mecánico como la decantación y/o el filtrado. Para ello se hace circular corriente eléctrica de baja intensidad por medio de electrodos, que se ubican dentro de una cuba electrolítica, cisterna de proceso, donde se estaciona el agua temporalmente para su procesamiento.

En ese momento se producen varias reacciones distintas, pero complementarias entre sí, que son la electrolisis, electrocoagulación, electrofloculación y la electroflotación.

Los contaminantes se aglutinan, de forma similar a como lo harían si se le hubiese agregado coagulantes químicos, como soluciones de sulfato de aluminio, cloruro férrico etc., con la ventaja que en este proceso se observa que solo se desprende el coagulante que reacciona sin residuos del mismo. Es decir que al disminuir la dosificación de coagulantes se tendrá una menor cantidad de químicos disueltos en el agua de salida, como así también una menor producción de lodos en la descarga de lavado que la producida en el sedimentador de una planta convencional de tratamiento. Los ánodos ocasionales, se oxidan inyectando los iones metálicos coagulantes, que por su carga eléctrica atraerán a los contaminantes formando flóculos pesados que van incrementando su peso y tamaño durante su trayectoria hasta su precipitación. Los flóculos con los contaminantes se decantan en el fondo del recipiente que los contiene.

Durante el proceso de combinación entre los iones de los ánodo y las sustancias contaminantes, se produce una convección natural que es aprovechada en los diseños a fin de optimizar la combinación en toda la masa acuosa. La precipitación de los coágulos necesita un tiempo y siempre es la solución más económica, pero al ser insolubles en agua y de diámetros medios superiores a los 100 micrones se pueden remover, si fuese necesario, antes de su decantación total por medio de una filtración estándar de 75 micrones.

En este proceso no se utilizan adiciones químicas de ningún tipo.

De una cara de los electrodos, se desprende H₂, hidrógeno gaseoso, que rompiendo el equilibrio de las emulsiones, arrastra hacia la superficie suspensiones coloidales de sustancias orgánicas, aceites, hidrocarburos etc. provenientes de la separación de impurezas que realiza el proceso electrolítico. A este proceso se lo denomina electroflotación.

De la otra cara de los electrodos se desprende O y O_2 oxígeno y oxígeno gaseoso, produciendo con el Hidrógeno radicales hoxidrilos, (HO^-) y una fuerte oxidación similar a la inyección de ozono con su correspondiente destrucción de microorganismos.

La oxidación anterior, la eliminación de microorganismos y la mineralización de los compuestos orgánicos hacen caer en una única operación la DBO y DQO en varios órdenes de magnitud por ejemplo de 50.000 a 500.

La duración del proceso dependerá del volumen de agua a tratar, de los contaminantes que traiga el agua y de la calidad de agua objetivo, pudiéndose adaptar la respuesta de salida de la planta al requerimiento instantáneo de consumo de los usuarios. Si bien los tiempos de residencia podrían ser de segundos, los tiempos de residencia de alto rendimiento y bajo consumo oscilan entre 20 minutos a 24 horas según el agua fuente y el agua objetivo.

Este proceso es fácilmente automatizable en el grado que se desee hasta en un 100%.

Mantenimiento de electrocoaguladores:

Consiste en limpiar periódicamente la cisterna y los electrodos.

Los únicos elementos que requieren reemplazo, por su desgaste, son los electrodos que se van combinando en el proceso.

Los filtros, que si son de acero inoxidable, o grava y arena, o una combinación de ambos, cuando la diferencia de presión entre entrada y salida lo amerita, son fácilmente retrolavables.

En resumen, se atacan los residuos orgánicos e inorgánicos disueltos en el agua con un proceso electrolítico para separar en fases los contaminantes que luego son removidos definitivamente por decantación y un posterior filtrado.

Para ello se utilizan principalmente dos reacciones opuestas pero complementarias entre sí como lo son la Electrocoagulación y la Electroflotación.

Los barros generados son en peso alrededor del 30% y en volumen un 20% de los generados para obtener los mismos resultados por los métodos físico-químicos habituales. La presencia de mayoría de sales metálicas en condiciones neutras, permite su coacción y conversión a bloques cerámicos sin el resquebrajamiento habitual de los lodos con presencia de residuos de los coagulantes.

Irradiación Ultravioleta

Este sistema elimina los gérmenes por medio de rayos de luz UV de pequeña longitud de onda, que se adicionan en las tuberías por donde se hace circular el agua, es imprescindible su transparencia previa.

La luz ultravioleta "C" (UVC) es una alternativa de desinfección altamente confiable al uso del cloro y ozono en muchas aplicaciones de tratamiento de aguas potables y residuales.

El Sol es una fuente de luz ultravioleta completa, pero la capa de ozono de la tierra impide la penetración de los rayos UVC.

Por ello, las aplicaciones prácticas de desinfección UVC, dependen de fuentes artificiales de UVC.

Las fuentes más comunes son lámparas especiales de mediana y baja presión.

Los microorganismos son inactivados por luz UVC como resultado del daño fotoquímico a sus ácidos nucleicos, impidiendo así su reproducción, La masa biótica se mantiene.

Los virus no tienen mecanismos de reparación para invertir el daño creado por la luz UVC. Las tasas de inactivación microbiana varían dependiendo de la especie y población microbiana.

El rango de resistencia para bacterias y virus es mucho menor cuando se usa UVC que cuando se usa cloro.

La temperatura de agua y pH no impactan en la tasa de inactivación de microbios por UVC. A diferencia de los desinfectantes químicos, no es atribuible a UV la formación de subproductos mutagénicos ni carcinogénicos, ni siquiera en exceso.

Por este método se logra desinfectar las aguas para medicamentos y quirófanos, por lo tanto se lo considera el método de mayor eficacia germicida conocida hasta el momento.

Mantenimiento de UVC:

Consiste en limpiar periódicamente las superficies de cuarzo que están en contacto con el agua.

Los únicos elementos que requieren reemplazo, por su desgaste, son las lámparas que deben reemplazarse después de las 7000 a 10000 horas de uso efectivo.

En resumen, se atacan todos los gérmenes que hubiese en el fluido, quedando inactivos como agentes patógenos, no hay peligro por sobredosis, pero se mantiene la carga biológica por lo que en algunos casos, usado en forma aislada solo debe ser aplicada inmediatamente antes del consumo, pues al clorarla para mantenerla estéril se producirán tantos trihalometanos y demás subproductos del cloro como antes de ser irradiada.

Ionización Plata Cobre

Este sistema consiste en aportar una cantidad de iones de Cu+Ag, que además de destruir a las bacterias por la actuación de los iones plata, a las algas por los iones cobre, destruye el biofilm que se produce en las cañerías e instalaciones por causa de las impurezas orgánicas que lleva el agua.

Por medio de electrodos de aleación especialmente formulados se aportan al agua a tratar, los iones de plata y cobre que actúan en forma distinta pero complementaria.

Los iones plata actúan en la desinfección del agua y los otros, los iones cobre, actúan como un potente alguicida, ayudando así a la conservación, por varios meses, del agua ya purificada.

Se complementa perfectamente con la cloración convencional o con dióxido de cloro, reduciendo esta a menos del 15 % del cloro libre objetivo, lo que significa en caso de presencia de contaminantes orgánicos que reaccionan con el cloro libre, formando subproductos, que bastará con mínimas cantidades de cloro, pues el aportado será prácticamente libre.

La OMS lo recomienda como método.

Mantenimiento de Ag-Cu:

Consiste en limpiar periódicamente los electrodos.

El único elemento que requiere reemplazo, por su desgaste, es el tapón de electrodos que se van combinando en el proceso.

En resumen los iones Ag y Cu no se evaporan como el cloro, teniendo una acción residual durante meses.

Su reactividad es prácticamente constante en todo el espectro práctico de PH y temperatura .

Es mayor el poder germicida.

No agrega ni olores ni sabores al agua tratada.

Dióxido de cloro

El sistema con dióxido de cloro se ha utilizado por años en la desinfección del agua potable (en los EE.UU. desde 1944). La necesidad se presentó cuando fue descubierto que el cloro y los productos similares formaban subproductos del cloro como los trihalometanos.

Es claramente superior al cloro en la destrucción de esporas, bacterias, virus y otros organismos patógenos en una base residual igual. El tiempo de contacto requerido es más bajo. Es más soluble. No hay la corrosión asociada a altas concentraciones de cloro. Reduce los costos de mantenimiento a largo plazo. No reacciona con el NH_3 o NH_4^+ . Habitualmente se genera in situ por su reactividad. Mantenimiento de generadores de ClO_2 :

A pesar de que las partes del sistema de generación in situ de ClO_2 son relativamente sencillas como, bombas, caudalímetros, mezcladores, inyectoros, etc., el conjunto representa un sistema relativamente complejo que requiere personal técnico capacitado para entenderlo, operarlo, y mantenerlo.

En resumen es el sistema ideal de cloración, con muy bajos residuos. Su único limitante es tener el personal cualificado para el mantenimiento del sistema generador en planta.

Reacción de Fenton

Se realiza en un reactor conteniendo a pH menor que 6 **el líquido a tratar, peróxido de hidrogeno (agua oxigenada) y hierro(II)** lo cual fomenta la generación de HO altamente reactivos.

Electro-Fenton (Peroxicoagulación)

Al usar ánodos de sacrificio de Fe, que proveen cantidades estequiométricas de Fe para la reacción de Fenton, el proceso se conoce como peroxicoagulación. Por ejemplo, la degradación por oxidación anódica de una solución de anilina mediante una corriente de 20 A conduce a un 18 % de eliminación del carbono orgánico total (COT) al cabo de 6 horas. Si el proceso se lleva a cabo empleando el método Electro-Fenton, se consigue un 61% de disminución del COT al cabo de 2 horas, mientras que por peroxicoagulación se elimina un 91 % en sólo 1 hora en iguales condiciones. Si al proceso anterior se lo irradia con rayos UV del espectro visible, "Foto Fenton" , se produce un incremento aún mayor de su eficacia obteniendo 95% de remoción en 35 minutos.

Es especialmente aconsejable en la remoción de sustancias altamente recalcitrantes.

A modo de ejemplo adjuntamos un cuadro con la remociones obtenidas por electrocoagulación de aguas que contenían distintos contaminantes

Electrocoagulación			
Impureza	Concentration en agua ANTES	DESPUES de Electrocoagulacion	% Removido
Aldrin (pesticida)	0,063 mg/l	0,001 mg/l	98,40%
Aluminio	224,00 mg/l	0,69 mg/l	99,69%
Americo-241	71,99 pCi/L	0,57 pCi/L	99,20%
Arsénico	0,30 mg/l	< 0,01 mg/l	96,70%
Bacterias	110.000.000 cfu	2700 cfu	99,99%
Bario	0,0145 mg/l	< 0,0010 mg/l	93,10%
Boro	4,86 mg/l	1,41 mg/l	70,98%
Cadmio	0,1252 mg/l	< 0,0040 mg/l	96,81%
Calcio	1321,00 mg/l	21,40 mg/l	98,40%
Chlorieviphos (pesticida)	5,87 mg/l	0,03 mg/l	99,50%
Cromo	139,00 mg/l	< 0,10	99,92%
Cobalto	0,1238 mg/l	0,0214 mg/l	82,71%
Cobre	0,7984 mg/l	< 0,0020	99,75%
Cypermethrin (pesticida)	1,30 mg/l	0,07 mg/l	94,60%
DDT (pesticida)	0,261 mg/l	0,002 mg/l	99,20%
Diazinon (pesticida)	34,00 mg/l	0,21 mg/l	99,40%
E coli Bacteria	> 2419,2 mpn	0,0 mpn	99,99%
Hierro	68,34 mg/l	0,1939 mg/l	99,72%
Plomo	0,3497 mg/l	< 0,0250 mg/l	92,85%
Lindane (pesticida)	0,143 mg/l	0,001 mg/l	99,30%
Magnesio	13,15 mg/l	0,0444 mg/l	99,66%
Manganeso	1,061 mg/l	0,0184 mg/l	98,27%
Mercurio	0,01 mg/l	< 0,002	66,60%
Molibdeno	0,18 mg/l	0,04 mg/l	80,60%
Níquel	183 mg/l	0,07 mg/l	99,96%
Nitrato	11,7 mg/l	2,6 mg/l	77,78%
Nitrito	21 mg/l	12 mg/l	42,86%
Nitrógeno TKN	1118,88 mg/l	59,08 mg/l	94,72%
Hidrocarburos de Petroleo	72,5 mg/l	< 0,2 mg/l	99,72%
Fosfatos	28 mg/l	0,2 mg/l	99,28%
Plutonio-239	29,85 pCi/L	0,29 pCi/L	99,00%
Potasio	200 mg/l	110 mg/l	45,00%
Proptamphos (pesticida)	80,87 mg/l	0,36 mg/l	99,60%
Radio	1093,0 pCi/L	0,1 pCi/L	99,99%
Selenio	68 mg/L	38 mg/l	44,00%
Silicio	21,07 mg/l	0,10 mg/l	99,50%
Sodio	8690 mg/l	5770 mg/l	33,60%
Sulfato	104 mg/l	68 mg/l	34,61%
Estaño	0,213 mg/l	< 0,0200 mg/l	90,61%
Coliformes Totales Bacteria	> 2419,2 mpn	0,0 mpn	99,99%
Uranio	10,8 mg/l	0,1 mg/l	99,07%
Vanadio	0,2621 mg/l	< 0,0020 mg/l	99,24%
Zinc	221,00 mg/l	0,14 mg/l	99,90%

Tipos de electrodos y ventajas inmediatas

Según cual sea de las reacciones, la más deseada, los electrodos serán de

1. **Aluminio**, en reemplazo del sulfato de aluminio y del policloruro de aluminio.
2. **Hierro**, en reemplazo del cloruro férrico.
3. **Grafito o titanio**, en reemplazo de bombas aireadoras y/o oxigenadores y/o ozonizadores y/o cloradores y sus respectivos difusores.
4. Plata y cobre para desinfección residual en reemplazo del hipoclorito o del dióxido de cloro.

En todos los casos anteriores los electrodos superan ventajosamente a quien reemplazan

Solo 7 items a modo de ejemplo

Reaccionante	Electrodos	Tradicional
Aluminio	100%	Sulfato de aluminio 18%, 82% son residuos
Aluminio	100%	PAC 23% hasta 40% , 60% son residuos
Hierro	100%	Cloruro Férrico hasta 45%, 55% son residuos
Oxigenación	Buen rendimiento energético, (Titanio) 25% a 75%	Muy bajo rendimiento energético, (Repicky) 1,5% a 7%
Partes móviles oxigenación	Ninguna	Más de 25 por bomba.
Nivel de ruido	Nulo	Mediano a alto
Plata y cobre	Eficaz desinfección residual en pequeñas dosis compatible con la vida acuática.	Cloro residual lábil, gran variación en función de la temperatura y carga orgánica, ciertas dosis necesarias pueden ser incompatibles con el vuelco al cuerpo receptor.

Muchas gracias por su atenta lectura.

Esta documentación tiene como fin ayudar a la propagación de nuevas tecnologías y **CTMaguas** estará encantada de evaluar cualquier sugerencia, crítica, agregado, modificación o rectificación que ayude a mejorarla.

Nos honra su libre propagación entre sus amigos y/o colegas.

Fernando Nájera y Jorge Cobas