

## CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS PARA SU USO EN EL LABORATORIO

**AGUA DE ALTA PUREZA Y COMO OBTENERLA:** La calidad de agua que se emplea en laboratorios de análisis es determinante en la calidad de sus resultados.

Laboratorios de investigación y desarrollo tecnológico en centros de investigación o en universidades, requieren de agua de óptima calidad para eliminar variables ocultas en los resultados de sus análisis.

Equipos e instrumentos como cromatógrafos de gases y de líquidos, espectrómetros de absorción y emisión atómica, deben operar con agua con la cual se tenga la absoluta certeza de la ausencia de contaminantes y componentes que puedan interferir con los resultados del análisis.

También en análisis clínicos, en trabajos con cultivos celulares o con fluidos con componentes bioquímicos es indispensable el uso de agua de la mejor calidad y pureza.

**COMPONENTES DE LAS AGUAS A REMOVER;** Las aguas potables que provienen de la red de suministro en las diferentes ciudades, contienen sólidos disueltos y sólidos suspendidos.

Los sólidos suspendidos son partículas sólidas que pueden estar presentes en el agua, aunque siempre en cantidades mínimas, pero que deben removerse para obtener agua de alta pureza. Para este fin se emplean filtros que por tamizado mecánico retienen las partículas suspendidas y dejan pasar el agua clarificada.

Los sólidos disueltos no pueden removerse por medios mecánicos simples y deben emplearse tecnologías tales como; osmosis inversa, desmineralización en lechos mixtos de resina catiónica y aniónica o electrodeionización.

En la práctica, para obtener agua de alta pureza se emplean combinaciones de uno o más de estos procesos, como pueden ser la osmosis inversa seguido de la deionización en lechos de resina mixta. La esterilización del agua también es importante para evitar la presencia de esporas y para controlar el crecimiento microbiano, sobre todo cuando el agua está en almacenamiento en un depósito para ser empleada cuando sea necesario.

Para este fin se debe disponer de un sistema de recirculación que haga fluir el agua a través de un esterilizador ultravioleta y un filtro de 1.0 micras o menor diámetro de poros, con la finalidad de remover esporas y desinfectar continuamente el agua con irradiación UV de 254 nm de longitud de onda.

Los accesorios y componentes de un equipo de producción de agua ultrapura y algunas de las sustancias presentes en el agua causan que ésta contenga trazas de materia orgánica que es irrelevante cuando se determinan metales o el agua se emplea para preparación de soluciones para uso del laboratorio pero que son indeseables en análisis por cromatografía de gases o de líquidos, o en cultivo y desarrollo de tejidos celulares y por esto es necesario su remoción.

Para esto se emplea una lámpara UV que emite principalmente la banda ultravioleta de 185 nm que reacciona fotoquímicamente con los componentes químicos residuales de la materia orgánica y los convierte a CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O.

En forma conjunta con este tratamiento, se emplea un filtro de carbón activado, el cual tiene la propiedad de adsorber compuestos orgánicos presentes en el agua.

Un resumen de los componentes que deben removerse de las aguas naturales, así como su origen y técnicas de remoción es el que se presenta en la Tabla I:

**Tabla I:** Componentes y técnicas de remoción para producción de agua ultrapura

<i>Componentes del agua</i>	<i>Origen</i>	<i>Técnica de remoción</i>
Sólidos suspendidos	Arcillas minerales, feldspatos, silicatos, materia orgánica	Filtración en medios con poros o aberturas no mayores de 1.0 micrones
Sólidos disueltos	Cationes y aniones siempre presentes en el agua	Ósmosis inversa, electrodeionización, resinas mixtas
Materia orgánica residual	Tratamiento previo del agua como la cloración, materia orgánica residual, contaminación con componentes del equipo	Radiación UV de 185 nm, filtración en carbón activado
Microorganismos	Crecimiento natural de bacterias en el agua almacenada	Esterilización con radiación UV de 254 nm, microfiltración con filtros de al menos 1.0 micrones de diámetro en sus poros.

**ESTÁNDARES DE CALIDAD EN AGUA GRADO REACTIVO:** La calidad del agua de uso en el laboratorio o en aplicaciones donde se requiere de agua con un contenido mínimo de impurezas, puede ser establecida en base a diferentes normas o criterios, dependiendo de la institución u organismo que establece los estándares.

La industria de componentes electrónicos, las asociaciones medicas, la industria farmacéutica, etc. establecen sus propios criterios de calidad que aunque son muy similares, difieren entre sí. La ASTM (American Society for Testing and Materials), es la institución más reconocida y que se dedica específicamente al establecimiento de estándares o valores guía para la calidad del agua con estas características.

Los estándares establecidos, determinan la calidad del agua por su conductividad que se expresa en microsiemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) y que es una medida indirecta del contenido de sales que contiene el agua. La resistividad es lo inverso y sus unidades para el agua de alta pureza son megaohms ( $\text{M}\Omega$ ).

El agua químicamente pura tiene una conductividad de  $0.056 \mu\text{S}/\text{cm}$  o  $18 \text{M}\Omega$ . Este es el máximo grado de pureza que se puede obtener y es el agua Tipo I de acuerdo a los estándares de la ASTM. Otros parámetros que caracterizan el tipo de agua son el pH, el Carbono Orgánico Total, Sodio, Cloruros y Sílice.

De estos parámetros los que son más fáciles de medir y de controlar es la conductividad o la resistividad, los cuales se miden con un conductímetro.

El pH no es un parámetro de calidad del agua ya que medir correctamente el pH al agua de alta pureza no es fácil y se requiere de un electrodo especial o se deben agregar sales al agua para poder establecer una diferencia de potencial entre el electrodo y la solución.

La sílice es muy importante como parámetro de calidad del agua, ya que adicionalmente a la conductividad, la presencia de sílice, no solo afecta la calidad del agua, sino que la sílice se encuentra en solución como ácido silícico que se disocia de la siguiente manera:



El ácido silícico tiene una constante de disociación muy pequeña, por lo que no se disocia fácilmente,

Si el agua se trata con una resina catiónica/aniónica, el  $\text{HSiO}_3^-$  se adhiere a la resina y es removido. La ausencia o presencia mínima de ácido silícico, es evidencia de que el agua es de alta pureza ya que este ión es el más persistente.

La Tabla II muestra los parámetros más importantes en las aguas de alta pureza de diferente grado o calidad.

**Tabla II:** Cualidades y características de los diferentes tipos de agua.

<i>Parámetro Fisicoquímico</i>	<i>Tipo I</i>	<i>Tipo II</i>	<i>Tipo III</i>	<i>Tipo IV</i>
Conductividad eléctrica valor máximo a 25°C $\mu\text{S}/\text{cm}$	0.056	1.0	0.25	5.0
Resistividad mínima a 25°C $\text{M}\Omega$	18	1.0	4.0	0.2
pH a 25°C	-----	-----	-----	5.0 a 8.0
Carbono Orgánico Total (COT) valor máximo $\mu\text{g}/\text{L}$	50	50	200	NL
Sodio valor máximo $\mu\text{g}/\text{L}$	1	5	10	50
Cloruros valor máximo $\mu\text{g}/\text{L}$	1	5	10	50
Sílice Total valor máximo $\mu\text{g}/\text{L}$	3	3	500	NL

NL: No hay límite establecido

También el agua es clasificada de acuerdo a su calidad microbiológica, como agua tipo A, B y C

**Tabla III:** Clasificación de los diferentes tipos de agua de acuerdo a su calidad microbiológica.

<i>Parámetro Microbiológico</i>	<i>Tipo A</i>	<i>Tipo B</i>	<i>Tipo C</i>
Mesofílicos aerobios cuenta máxima	1/100 mL	10/100 mL	1000/100 mL
Endotoxinas, UE/ml	0.03	0.25	No es aplicable

**REQUERIMIENTOS DE CALIDAD DE AGUA DEIONIZADA:** El agua que se debe emplear en laboratorio está en función de los criterios de calidad del usuario, Para preparación de soluciones de laboratorios como: soluciones de titulación, soluciones buffer, para lavado de material de vidrio, etc. el agua empleada puede ser tipo IV y en lo referente a calidad microbiológica Tipo C.

Para trabajos de determinación de metales traza el agua Tipo I, con calidad microbiológica Tipo B, cumpliría las expectativas.

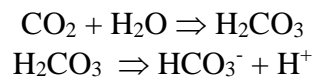
Para biología celular y cultivo de tejidos, pudiese requerirse agua Tipo I, con calidad microbiológica Tipo A.

Es muy importante emplear la calidad de agua que demande el análisis que se realice o el uso que se dé al agua desmineralizada. El producir agua ultrapura demanda que se estén cambiando continuamente las resinas mixtas y esto tiene un elevado costo, por lo que si no requiere agua de tan alta calidad se deberá utilizar un agua de menor grado.

**MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA:** La calidad del agua ultrapura deberá determinarse en la línea, esto es, su lectura deberá efectuarse con un electrodo de conductividad que esté localizado en la línea del agua por donde fluye ésta.

El agua de calidad 18 Megaohm que es el máximo grado de pureza que puede obtenerse, solo es posible tenerlo en la línea de uso y en un ambiente inerte. El bióxido de carbono del aire es muy soluble en el agua y esto altera la lectura de conductividad, ya que inicialmente se forma ácido carbónico y éste posteriormente se disocia a iones bicarbonato y el protón correspondiente. Como la conductividad del ion hidrogeno es muy alta, la lectura de conductividad se ve sensiblemente alterada y por esto la exposición de agua ultrapura al medio ambiente cambia sensiblemente y solo es posible mantener su valor en una atmosfera de gas inerte (helio, argón, nitrógeno, etc.) o pasando continuamente el agua por una membrana de desgasificación que remueve los gases solubles en el agua entre ellos el bióxido de carbono que causa el incremento en conductividad

La reacción de solubilización del CO<sub>2</sub> es la siguiente.



Una mejor forma de determinar si la calidad del agua realmente es calidad ultrapura, es midiendo el residual de ácido silícico como ya se ha mencionado anteriormente.

**PROCESOS DE TRATAMIENTO QUE DEBEN IMPLEMENTARSE PARA OBTENER AGUA DE ALTA PUREZA:** La obtención de agua ultrapura no puede obtenerse con un solo proceso, se requiere la combinación de más de uno de ellos para lograr la calidad deseada tanto en lo fisicoquímico como en lo microbiológico. Como complemento se requiere de un tratamiento continuo y reiterativo para preservar e incrementar su calidad.

Una forma de lograrlo, es filtrando el agua de la red de suministro en filtros de sedimentos y de carbón activado, para eliminar partículas y el cloro residual. Esta agua pasa a una unidad de osmosis inversa donde se eliminan las sales disueltas con una eficiencia de 95-98%.

La remoción de sales por una membrana de osmosis inversa no es suficiente si el agua que se pretende producir es de calidad I, II ó III, por lo que el producto de la osmosis pasa a un lecho mixto de resinas catiónicas/aniónicas, mezcladas entre sí, en forma tal que los equivalentes de cada resina son los mismos.

El agua que sale de este lecho de resinas mixtas no necesariamente cumple con los estándares de calidad y es conveniente reciclar y pasar continuamente el agua a través de la resina mixta. Esto no solo incrementa en cada paso su calidad, sino que también, el agua almacenada pierde sus cualidades, por lo que el reciclado continuo es muy conveniente.

Eventualmente, la resina de pulido se satura y es necesario su cambio por resina nueva. Este cambio de resina se debe hacer a criterio del usuario, estableciendo él mismo sus límites de calidad en el agua de consumo.

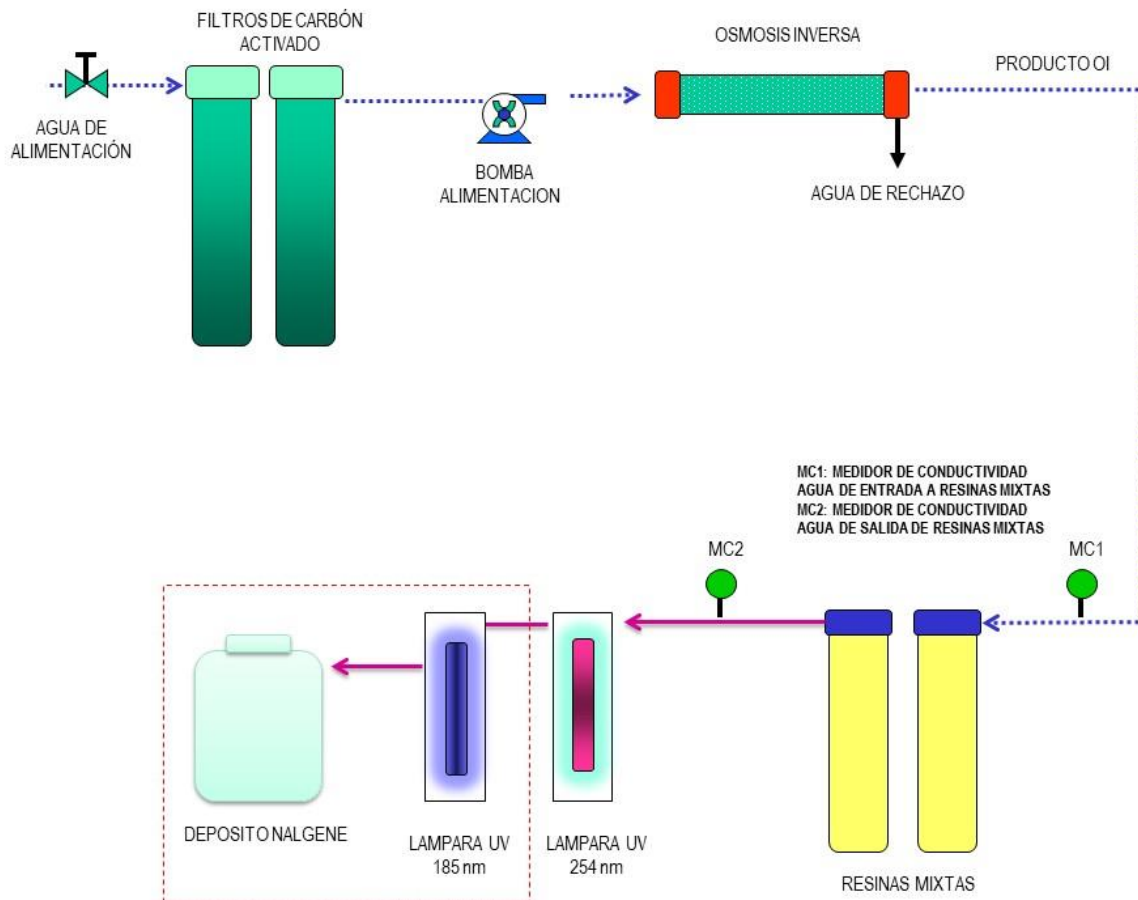
Si el agua producto no se emplea continuamente y se almacena por periodos largos, no solo disminuye su calidad fisicoquímica, sino también microbiológica.

Cuando el agua fluye por el sistema, se intercala una lámpara UV de 254 nm para desinfección del agua y una segunda lámpara UV de 185 nm para destrucción de la materia orgánica al nivel de

trazas que siempre se genera cuando el agua está en contacto con la resina mixta y demás componentes del equipo.

Esta configuración produce agua de óptima calidad en sus parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, agua que cumple con los requerimientos para determinación de metales a niveles ultra traza, y libre de carbono orgánico residual y otros componentes químicos que causan señales no deseadas en equipos de cromatografía o en pruebas bioquímicas.

La figura 1 muestra la configuración de un sistema de producción de agua de alta pureza, donde se muestran los elementos que integran el proceso de tratamiento y la secuencia de estos.



**Figura 1:** Diagrama de flujo en sistema de producción de agua ultrapura HIDROGEL®

La lampara UV de 185 nm y el deposito Nalgene no se tiene en todos los modelos.

**DIAGRAMA DE FLUJO DE LOS EQUIPOS FESTA-HIDROGEL:** En el esquema de tratamiento implementado en nuestros equipos, el agua que se distribuye de la red municipal pasa primero por un filtro en block de carbón activado de 5 micras y luego por un segundo elemento de 0.5 micras en serie. Con esta filtración son removidos los sólidos suspendidos y el cloro residual que el agua pueda contener.

Para presurizar el agua que se alimenta a la membrana se emplea una bomba de diafragma.

Después que el agua es presurizada pasa a la membrana de osmosis inversa donde se remueven los sólidos disueltos con un 92-98% de eficiencia. El agua de rechazo y que acarrea las sales que se remueven se hace fluir hacia el drenaje, pero para conservar el agua se recomienda que esta agua de rechazo de la membrana se emplee en servicios tales como riego, limpieza de equipos, o si es posible y conveniente, puede ser regresada al tanque de distribución general para su consumo.

El agua que sale como permeado o agua producto, tiene un bajo contenido de sales y se pasa por dos filtros en serie de resina mixta catiónica/aniónica.

Un esterilizador UV de 254 nm controla el crecimiento microbiano y si es conveniente, se emplea una segunda lámpara de 185 nm para remover trazas de material orgánico.

No es conveniente el almacenamiento a menos que se demande agua en mayor cantidad a la que se produce, por lo que de ser esta la situación, se deberá emplear un depósito Nalgene para acumular agua producto.