



CONDUCTIVIDAD Y SÓLIDOS DISUELTOS

Definición

Se define la conductividad eléctrica como la capacidad de que una sustancia pueda conducir la corriente eléctrica, y por tanto es lo contrario de la resistencia eléctrica. La unidad de medición utilizada comúnmente es el Siemens/cm (S/cm), en millonésimas (10^{-6}) de unidades, es decir microSiemens/cm ($\mu\text{S/cm}$), o en milésimas (10^{-3}) es decir miliSiemens/cm (mS/cm).

Agua ultrapura	0,055 $\mu\text{S/cm}$
Agua destilada	0,5 $\mu\text{S/cm}$
Agua de montaña	1,0 $\mu\text{S/cm}$
Agua doméstica	500 a 800 $\mu\text{S/cm}$
Max. para agua potable	1055 $\mu\text{S/cm}$
Agua de mar	56 mS/cm
Agua salobre	100 mS/cm

En soluciones acuosas la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por lo tanto cuanto mayor sea dicha concentración, mayor será la conductividad. La relación entre conductividad y sólidos disueltos se expresa, dependiendo de las aplicaciones, con una buena aproximación por la siguiente igualdad:

$$1,4 \mu\text{S/cm} = 1 \text{ ppm} \text{ o } 2 \mu\text{S/cm} = 1 \text{ ppm (mg/l de CaCO}_3\text{)}$$

Además de los conductímetros, están los instrumentos TDS que convierten automáticamente el valor de conductividad eléctrica en ppm, dando una lectura directa de la concentración de sólidos disueltos, facilitando así los resultados.

La conductividad de una solución se determina por un movimiento iónico. La temperatura afecta al movimiento iónico, por ello es necesario compensar la temperatura cuando se realizan mediciones de precisión. Generalmente, para realizar mediciones comparativas, la temperatura estándar es de 20 °C ó 25° C. Para corregir los efectos de la temperatura, se utiliza un coeficiente de compensación β . Se expresa β en %/°C y varía de acuerdo con la solución que se está midiendo. En la mayoría de las aplicaciones se usa un valor 2% por grado Celsius como valor aproximado de β .

Medida de Conductividad

Es posible diferenciar los distintos conductímetros según el método de medición que utilicen, es decir amperométrico o potenciométrico. El sistema amperométrico aplica una diferencia potencial conocida (V) a dos electrodos y mide la corriente (I) que pasa a través de ellos. Según la ley de Ohm:

$$I = \frac{V}{R}$$

Donde R es la resistencia, V es el voltaje conocido e I es la corriente que va de un electrodo (sonda) a otro. Por lo tanto, cuanto más elevada sea la corriente obtenida, mayor será la conductividad. La resistencia, sin embargo, depende de la distancia entre los dos electrodos y sus superficies, las cuales pueden variar debido a posibles depósitos de sales u otros materiales (electrólisis). Por esta razón se recomienda el sistema amperométrico para soluciones con baja concentración de sólidos disueltos, generalmente hasta un gramo por litro (aproximadamente 2000 $\mu\text{S/cm}$).

El sistema potenciométrico de cuatro anillos está basado en el principio de inducción, y elimina los problemas comunes asociados al sistema amperométrico como los efectos de la polarización. Los dos anillos externos aplican un voltaje alternativo e inducen un bucle de voltaje en la solución. Los dos anillos internos miden las bajadas de voltaje inducidas por el bucle de corriente, que depende de la conductividad de la solución. Una capa de PVC mantiene el campo de corriente fijo (I) y constante. Utilizando el método de 4 anillos es posible medir la conductividad con rangos de hasta 200000 $\mu\text{S/cm}$ y 100g/l. Por tanto se presenta como el método más efectivo para la medida de la conductividad eléctrica en disoluciones.

Conductividad y Dureza del Agua

Utilizando medidores de conductividad o sólidos disueltos es posible obtener, con muy buena aproximación, el valor de la dureza del agua, incluso en grados Franceses. La causa principal del agua dura es la presencia de iones de calcio (Ca^{2+}) o magnesio (Mg^{2+}) disueltos.

La unidad de medición de dureza más común es el grado Francés ($^{\circ}\text{f}$), definido como:
 $1^{\circ}\text{f} = 10 \text{ ppm de CaCO}_3$

Dividiendo la medición ppm de sólidos disueltos por 10 da el valor de dureza del agua con un error de 2 - 3 $^{\circ}\text{f}$.

Como se apuntaba con anterioridad, $1 \text{ ppm} = 2 \mu\text{S/cm}$ de conductividad, por lo tanto:
 $1^{\circ}\text{f} = 20 \mu\text{S/cm}$

Dividiendo la medición de conductividad en microSiemens por 20 da el valor de dureza del agua en grados franceses (con un error de 2 - 3 $^{\circ}\text{f}$).

IMPORTANTE: La medición de la dureza del agua con conductímetro o medidores de sólidos disueltos (TDS) debe ser realizado antes de los tratamientos de descalcificación del agua. Durante los procesos de descalcificación de agua, los carbonatos son sustituidos por sodio, lo que no altera la concentración total de sólidos disueltos pero disminuye la dureza del agua.

Tabla de Dureza del Agua			
ppm	$\mu\text{S/cm}$	$^{\circ}\text{f}$	Dureza
0-70	0-140	0-7	Muy blanda
70-150	140-300	7-15	Blanda
150-250	300-500	15-25	Ligeramente dura
250-320	500-640	25-32	Moderadamente dura
320-420	640-840	32-42	Dura
superior a 420	superior a 840	superior a 42	Muy dura



Introducción a la Turbidez

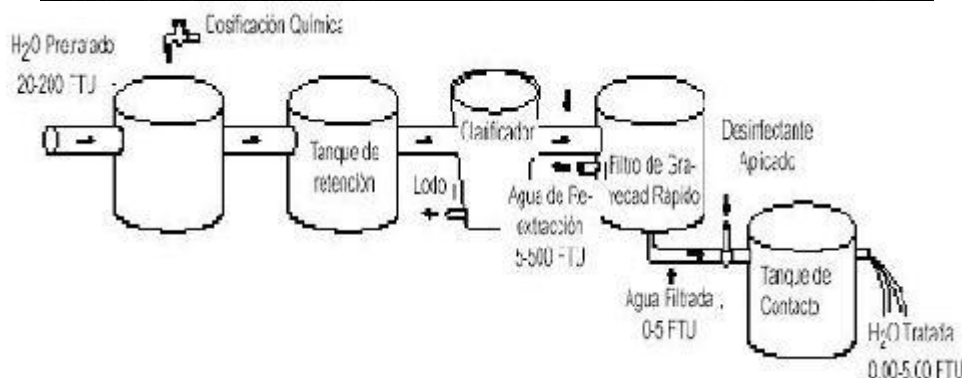
La turbia apariencia del agua, ó turbidez, está causada por el material en suspensión. La unidad de medida adoptada por el Estándar ISO es el FTU (Unidad de Turbidez de la Formazina) que es idéntica al NTU (Unidad Nefelométrica de Turbidez). Los otros dos métodos usados para medir la turbidez y sus unidades de medida son el JTU (Unidad de Turbidez Jackson) y la unidad de Silicio (mg/l SiO_2). A continuación se puede observar las tablas de conversión de estos métodos y sus unidades como referencia.

	JTU	FTU (NTU)	SiO ₂ (mg/l)
JTU	1	19	2.5
FTU (NTU)	0.053	1	0.13
SiO ₂ (mg/l)	0.4	7.5	1

Purificación del Agua Potable

La turbidez es uno de los parámetros más importantes para determinar la calidad del agua potable. A las empresas que suministran agua a la población se les exige tratarla para eliminar la turbidez. El agua superficial adecuadamente tratada no presenta normalmente problemas de turbidez. La Organización Mundial de la Salud indica un valor de referencia de turbidez de 5 FTU para el agua potable. Este valor ha sido establecido basándose en las características estéticas del agua. Desde un punto de vista higiénico, el valor recomendado es de 1 FTU. La turbidez es un indicador y no ofrecerá resultados sobre un contaminante específico. Sin embargo, informará del grado total de contaminación. La siguiente tabla para procesos de tratamiento de agua potable muestra los valores de referencia de turbidez para cada fase.

Volúmen (m ³ /día)	Cantidad	Frecuencia de muestreo (Muestras por año)			
		Reducido			
		Suelo	Superficie	Estándar	Aumentado
≤ 100	≤ 500			4	12
101-1000	501-5000			4	12
1001-2000	5001-10000			4	24
2001-4000	10001-20000	4	4	6	24
4001-7000	20001-35000	4	5	10	36
7001-10000	35001-50000	4	5	10	48



Control del Suministro de Agua Natural

En aguas naturales, las mediciones de turbidez se toman como indicador de la calidad general y para valorar su compatibilidad en aplicaciones donde existan organismos acuáticos. Se ha averiguado que existe una fuerte correlación entre el nivel de turbidez y el valor de DBO. Además, por definición, la turbidez obstruye la luz, reduciendo por lo tanto el crecimiento de plantas, huevos y larvas, que normalmente se encuentran en los niveles más bajos de un sistema acuático.

Tratamiento de Aguas Residuales y Turbidez

Históricamente, la turbidez es uno de los parámetros principales a controlar en las aguas residuales. De hecho, hubo un momento en el que el proceso de control y tratamiento de los mismos se basaba solamente en el control de la turbidez. Actualmente, es necesario medir la turbidez al final del proceso de tratamiento de aguas residuales para verificar que los valores están dentro de las normas reguladoras. Hablando en términos generales, el valor de turbidez ha de encontrarse entre 0 FTU y 50 FTU, con una precisión de ± 3 FTU, dependiendo de la fase del proceso de tratamiento de aguas. Vigilando el nivel de turbidez, se puede determinar si las diferentes fases del proceso, en particular los de filtrado y purificación, se han llevado a cabo correctamente.

La Solución de Hanna para Medir la Turbidez

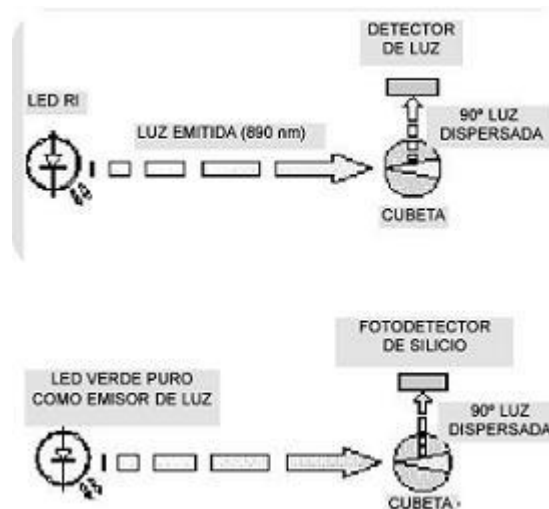
Hay dos normas diferentes que deben cumplirse: la USEPA y los Métodos Estándar, que recomiendan una longitud de onda concreta en la zona visible del espectro y el sistema Europeo, que requiere un emisor de rayos infrarrojos (ISO 7027). Para satisfacer estos requisitos, Hanna ha desarrollado productos que cumplen ambas normas. El HI 93703 y el LP 2000 siguen la normativa europea, mientras que C 102 y C 114 cumplen con el método USEPA 180.1 y los Métodos Estándar 2130B.

Método de Infrarrojos (ISO 7027)

Los medidores Hanna HI 93703 y LP 2000 funcionan mediante el paso de un rayo de luz infrarroja a través de un vial que contiene la muestra a examinar. La fuente de luz es un LED Infrarrojo de Alta Emisión. Un sensor colocado a 90° con respecto a la dirección de la luz detecta la cantidad de luz dispersada por las partículas no disueltas presentes en la muestra. Un microprocesador convierte dichas lecturas en valores FTU (NTU).

Método Aprobado por la USEPA

Empleando el principio nefelométrico aceptado por la USEPA, se usa un LED verde puro como fuente emisora de luz según se muestra a continuación:



El receptor con ángulo de 90° es una fotocélula de silicio alineada para recibir la dispersión de luz procedente de las partículas en suspensión. La cantidad de luz recibida por la fotocélula es linealmente proporcional a la turbidez de la muestra (para muestras con turbidez inferior a 50 NTUs). El diseño del soporte de la cubeta y de la tapa de la cubeta minimiza la cantidad de luz extraviada en este sistema.

Método Avanzado de Calibración de Hanna

Los Medidores de Turbidez Hanna **HI 93703** y **LP 2000** pueden ser calibrados automáticamente en dos puntos, 0 FTU y 10 FTU. Se ha elegido 10 FTU como punto de calibración ya que su valor es el que mejor se ajusta a las mediciones de turbidez del agua en diferentes aplicaciones. Los medidores se suministran con el kit de mantenimiento adecuado - dos soluciones de calibración de estándar primario AMCO-AEPA-1 a 0 FTU y 10 FTU. Generalmente se prefiere este estándar frente a los de formazina, por ser más estable y no ser tóxico. Los medidores Hanna pueden usarse tanto con formazina como con AMCO-AEPA-1. El **C 102** y **C 104**, por otra parte, ofrecen puntos de calibración seleccionables por el usuario en un rango de 0,00 a 50,0 FTU.