



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-07	Versión 01
Instructivo de Conductividad. SM: 2510_B	Página 1 de 13	

1. OBJETIVO

Establecer el instructivo para la determinación de conductividad en muestras de agua cruda y tratada en el Laboratorio de Control de Calidad de Agua de la planta de tratamiento de Serviciudad ESP.

2. ALCANCE Y RESPONSABLE

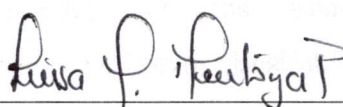
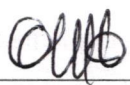
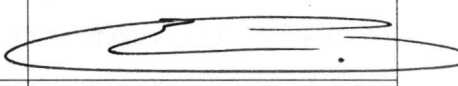
Este instructivo aplica para muestras de agua cruda y tratada del Laboratorio de Control de Calidad de Agua en la planta de tratamiento de Serviciudad ESP.

La administración y control de este documento es responsabilidad del Técnico de Control de Calidad de Agua. Los ajustes del documento que surjan en el camino serán llevados a cabo por los laboratoristas químicos de agua, bajo la revisión del profesional de la planta de tratamiento. La ejecución de los ensayos será responsabilidad de los Laboratoristas Químicos de agua del laboratorio de Control de Calidad.

3. DEFINICIONES (No aplica)

4. GENERALIDADES

La conductividad, k , es una medida de la capacidad de una solución acuosa para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones; en su concentración total, movilidad y valencia; y sobre la temperatura de medición.

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
		
Luisa Marina Montoya Posada Técnico de Calidad de agua	Genny Marcela Hurtado Giraldo Profesional Planta de Tratamiento	Eduardo Andrés Brand Ruíz Subgerente Técnico y Operativo
Fecha: 2024-01-20	Fecha: 2024-01-25	Fecha: 2024-01-27



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-07	Versión 01
Instructivo de Conductividad. SM: 2510_B	Página 2 de 13	

Las soluciones de la mayoría de los compuestos inorgánicos son conductores relativamente buenos. A la inversa, las moléculas de compuestos orgánicos que no se disocian en solución acuosa conducen una corriente muy mal, si es que lo hacen.

4.1. SELECCIÓN DEL MÉTODO

El Standard Methods vigente solamente presenta una metodología para la medición de la conductividad SM: 2510-B.

4.2. TOMA, PRESERVACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Las muestras pueden ser recolectadas en recipientes de vidrio o de plástico, debe quedar totalmente lleno (sin cámara de aire), el CO₂ del aire al disolverse cambia la conductividad de la muestra. Se deben tomar como mínimo 500 mL de muestra. Luego de la recolección se deben refrigerar a una temperatura $\leq 6^{\circ}\text{C}$.

Para el análisis de la muestra se debe tener en cuenta que ésta debe estar a temperatura ambiente. Las muestras pueden ser almacenadas en un tiempo no mayor a 28 días.

4.3. PRINCIPIO DEL MÉTODO

La conductancia, G , se define como la reciprocidad de la resistencia, R :

$$G = \frac{1}{R}$$

donde la unidad de R es ohm y G es ohm^{-1} (a veces se lee mho). La conductancia de una solución se mide entre dos electrodos fijados espacialmente y químicamente inertes. Para evitar la polarización en las superficies de los electrodos, la medición de la conductancia se realiza con una señal de corriente alterna. La conductancia de una solución, G , es directamente proporcional al área de la superficie del electrodo, A , cm^2 , e inversamente proporcional a la distancia entre los electrodos, L , cm . La constante de proporcionalidad, k , tal que:



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-07	Versión 01
Instructivo de Conductividad. SM: 2510_B	Página 3 de 13	

$$G = k \left(\frac{A}{L}\right)$$

se llama "conductividad" (se prefiere a "conductancia específica"). Es una propiedad característica de la solución entre los electrodos. Las unidades de k son 1/ohm-cm u mho por centímetro. La conductividad se expresa habitualmente en micro ohms por centímetro ($\mu\text{ohm/cm}$).

En el Sistema Internacional de Unidades (SI), el recíproco de ohm es el siemens (S) y la conductividad se reporta como milisiemens por metro (mS/m); $1 \text{ mS/m} = 10 \mu\text{ohms/cm}$ y $1 \mu\text{S/cm} = 1 \mu\text{ohm/cm}$. Para reportar los resultados en unidades SI de mS/m , divida $\mu\text{ohms/cm}$ por 10.

Para comparar conductividades, los valores de k se reportan con respecto a los electrodos con $A = 1 \text{ cm}^2$ y $L = 1 \text{ cm}$. Se han medido las conductas absolutas, G_s , de soluciones estándar de cloruro de potasio entre electrodos de geometría precisa; las conductividades estándar correspondientes, k_s , se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Conductividad equivalente, Λ y conductividad, k , de cloruro de potasio a $25,0^\circ\text{C}$

KCl Concentration <i>M or equivalent/L</i>	Equivalent Conductivity, Λ <i>mho-cm²/equivalent</i>	Conductivity, k_s <i>$\mu\text{mho/cm}$</i>
0	149.9	
0.0001	148.9	14.9
0.0005	147.7	73.9
0.001	146.9	146.9
0.005	143.6	717.5
0.01	141.2	1 412
0.02	138.2	2 765
0.05	133.3	6 667
0.1	128.9	12 890
0.2	124.0	24 800
0.5	117.3	58 670
1	111.9	111 900

*Basado en el ohmio absoluto, el estándar de temperatura de 1968 y el estándar de volumen dm^3 . Los valores tienen una precisión de $\pm 0,1\%$ o $0,1 \mu\text{ohm/cm}$, lo que sea mayor.

La conductividad equivalente, Λ , de una solución es la conductividad por unidad de concentración. A medida que la concentración disminuye hacia cero, Λ se acerca a una constante, designada como



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-07	Versión 01
Instructivo de Conductividad. SM: 2510_B	Página 4 de 13	

Λ° . Con k en unidades de microohms por centímetro es necesario convertir concentración a unidades de equivalentes por centímetro cúbico; por lo tanto:

$$\Lambda = 0.001k / \text{concentración}$$

donde las unidades de Λ , k , y la concentración son $\text{ohm-cm}^2 / \text{equivalente}$, $\mu\text{ohm/cm}$ y equivalente/L , respectivamente. Los valores de conductividad equivalente, Λ , para varias concentraciones de KCl se enumeran en la Tabla 1. En la práctica, las soluciones de KCl más diluido que $0.001M$ no mantendrá conductividades estables debido a la absorción de CO_2 atmosférico. Proteja estas soluciones diluidas de la atmósfera.

4.4. MEDIDIONES

Mediciones Instrumentales: En el laboratorio, se mide la conductancia, G_s , (o resistencia) de una solución estándar de KCl y, a partir de la conductividad correspondiente, k_s , (Tabla 1) una celda. constante, C , cm^{-1} , se calcula:

$$C = \frac{k_s}{G_s}$$

La mayoría de los medidores de conductividad no muestran la conductancia real de la solución, G , ni la resistencia, R ; más bien, generalmente tienen un dial que permite al usuario ajustar la constante de celda interna para que coincida con la conductividad, k_s , de un estándar. Una vez que se ha determinado o establecido la constante de celda, la conductividad de una solución desconocida, será mostrado por el medidor.

$$K_s = CG_s$$



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-07	Versión 01
Instructivo de Conductividad. SM: 2510_B	Página 5 de 13	

Tabla 2. Análisis de muestra ilustrando el cálculo de conductividad k para aguas naturales.

IONS	MG/L	MM	$ z \Lambda_{\pm}^{\circ} MM$	$z^2 MM$
Ca	55	1.38	164.2	5.52
Mg	12	0.49	52.0	1.96
Na	28	1.22	61.1	1.22
K	3.2	0.08	5.9	0.08
HCO ₃	170	2.79	124.2	2.79
SO ₄	77	0.80	128.0	3.20
Cl	20	0.56	42.8	0.56
			578.2	15.33

Tabla 3. Conductancias equivalentes, $\Lambda^{\circ+}$ y $\Lambda^{\circ-}$, (ohm-cm² / equivalente) para iones en agua a 25,0 °C.

CATION	Λ_{+}°	ANION	Λ_{-}°
H ⁺	350	OH ⁻	198.6
1/2Ca ²⁺	59.5	HCO ₃ ⁻	44.5
1/2Mg ²⁺	53.1	1/2CO ₃ ²⁻	72
Na ⁺	50.1	1/2SO ₄ ²⁻	80.0
K ⁺	73.5	Cl ⁻	76.4
NH ₄ ⁺	73.5	Ac ⁻	40.9
1/2Fe ²⁺	54	F ⁻	54.4
1/3Fe ³⁺	68	NO ₃ ⁻	71.4
		H ₂ PO ₄ ⁻	33
		1/2HPO ₄ ²⁻	57

El agua destilada producida en un laboratorio generalmente tiene una conductividad en el rango de 0,5 a 3 $\mu\text{ohms/cm}$. La conductividad aumenta poco después de la exposición tanto al aire como al recipiente de agua.

La conductividad del agua potable en los Estados Unidos varía generalmente de 50 a 1500 $\mu\text{ohms/cm}$. La conductividad de las aguas residuales domésticas puede estar cerca de la del suministro de agua local, aunque algunos desechos industriales tienen conductividades superiores a 10000 $\mu\text{ohms/cm}$. Los instrumentos de conductividad se utilizan en tuberías, canales, arroyos y lagos y se pueden incorporar en estaciones de monitoreo de múltiples parámetros utilizando registradores. La mayoría de los problemas para obtener buenos datos con el equipo de monitorización de la conductividad están relacionados con el ensuciamiento de los electrodos y con una circulación inadecuada de la muestra. Las conductividades mayores de 10000 a 50000 $\mu\text{ohm/cm}$ o menores de aproximadamente 10 $\mu\text{ohm/cm}$ pueden ser difíciles de medir con la



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-07	Versión 01
Instructivo de Conductividad. SM: 2510_B	Página 6 de 13	

electrónica de medición y la capacitancia de la celda habituales. Consulte el manual del fabricante del instrumento o referencias publicadas.

Las mediciones de conductividad de laboratorio se utilizan para:

- Establecer el grado de mineralización a utilizar, determinar el efecto de la concentración total de iones sobre el equilibrio químico, efecto fisiológico en plantas o animales, tasas de corrosión, etc.
- Evaluar el grado de mineralización del agua destilada y desionizada.
- Evaluar variaciones en la concentración de minerales disueltos de agua cruda o aguas residuales. Las variaciones estacionales menores encontradas en las aguas de los embalses contrastan fuertemente con las fluctuaciones diarias en algunas aguas de ríos contaminados. Las aguas residuales que contienen importantes desechos comerciales también pueden mostrar una variación diaria considerable.
- Estimar el tamaño de la muestra que se utilizará para determinaciones químicas comunes y para verificar los resultados de un análisis químico.
- Determine la cantidad de reactivo iónico necesario en ciertas reacciones de precipitación y neutralización, el punto final se denota por un cambio en la pendiente de la curva resultante de graficar la conductividad contra las lecturas de la bureta.
- Estime el total de sólidos disueltos (mg/L) en una muestra multiplicando la conductividad (en microohms por centímetro) por un factor empírico. Este factor puede variar de 0,55 a 0,9, dependiendo de los componentes solubles del agua y de la temperatura de medición. Factores relativamente altos puede ser necesario para aguas salinas o de caldera, mientras que está presente. Aunque la evaporación de la muestra da como resultado el cambio de bicarbonato a carbonato, el factor empírico se deriva para un suministro de agua comparativamente constante dividiendo los sólidos disueltos por la conductividad.
- Aproxime los miliequivalentes por litro de cationes o aniones en un poco de agua multiplicando la conductividad en unidades de microhmios por centímetro por 0.01.

Cálculo de conductividad: para aguas naturales que contiene mayoritariamente Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , SO_4^{2-} y Cl^{2-} y con TDS menor de aproximadamente 2500mg/L, el



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-07	Versión 01
Instructivo de Conductividad. SM: 2510_B	Página 7 de 13	

siguiente procedimiento se puede utilizar para calcular la conductividad a partir de la medida de concentraciones iónicas. El análisis de agua se abrevia en la Tabla 2. ilustra el procedimiento del cálculo.

En dilución infinita, la contribución a la conductividad de diferentes tipos de iones es aditiva. En general, la contribución relativa de cada catión y anión se calcula multiplicando las conductancias equivalentes, $\lambda^{\circ+}$ y $\lambda^{\circ-}$, ohm-cm²/ equivalente, por concentración en equivalentes por litro y unidades de corrección. La Tabla 3 contiene una lista corta de conductancias equivalentes para iones que se encuentran comúnmente en aguas naturales. Las concentraciones de trazas de iones generalmente hacen una contribución insignificante a la conductividad general. Un coeficiente de temperatura de 0.02/deg es aplicable a todos los iones, excepto H⁺(0.0139/deg) y OH⁻(0.018/deg). A concentraciones finitas, a diferencia de la dilución infinita, la conductividad por equivalente disminuye al aumentar la concentración (ver Tabla 1). Para las soluciones compuestas por un tipo de anión y un tipo de catión (por ejemplo, KCl como en la Tabla 1), la disminución de la conductividad por equivalente con la concentración se puede calcular $\pm 0,1\%$, utilizando una teoría de Onsager basada en la fuerza iónica. Cuando hay sales mixtas, como es casi siempre el caso con aguas naturales y residuales, la teoría es bastante complicada. El siguiente procedimiento semiempírico se puede utilizar para calcular la conductividad de aguas naturales:

Primero, calcule la conductividad de dilución infinita (Tabla 2. Columna 4):

$$k^{\circ} = \sum |z_i| (\lambda^{\circ+}_i)(mM_i) + \sum |z_i| (\lambda^{\circ-}_i)(mM_i)$$

$|z_i|$ = valor absoluto de la carga del ion i-ésimo,

mM_i = concentración milimolar del ión i-ésimo, y

$\lambda^{\circ+}_i, \lambda^{\circ-}_i$ = conductancia equivalente del ión i-ésimo.

Si se usa mM para expresar la concentración, el producto, $(\lambda^{\circ+})(mM_i)$ o $(\lambda^{\circ-})(mM_i)$, corrige las unidades de litros a cm³. En este caso k° es 578,2 $\mu\text{ohm/cm}$ (ver Tabla 2. columna 4).



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-07	Versión 01
Instructivo de Conductividad. SM: 2510_B	Página 8 de 13	

A continuación, calcule la fuerza iónica, IS en unidades molares:

$$IS = \frac{\sum z_i^2 (mM_i)}{2000}$$

La fuerza iónica es $15,33 / 2000 = 0,00767 \text{ M}$ (Tabla 2. Columna 5).

Calcule el coeficiente de actividad de iones monovalentes, y , utilizando la ecuación de Davies para $IS \leq 0.5 \text{ M}$ y para temperaturas de 20 a 30°C .

$$y = 10^{-0.5 \left[\frac{IS^{1/2}}{(1 + IS^{1/2}) - 0.3IS} \right]}$$

En el presente ejemplo $IS = 0.00767 \text{ M}$ y $y = 0.91$.

Finalmente, obtenga el valor calculado de conductividad, k_{calc} , Para

$$k_{calc} = k^\circ y^2$$

En el ejemplo que se está considerando $k_{calc} = 578.2 \times 0.91^2 = 478.8 \mu\text{ohm/cm}$ versus el valor informado medido por el USGS de $477 \mu\text{ohm/cm}$.

Para 39 análisis de aguas naturales, conductividades calculadas de esta manera coincidieron con los valores medidos dentro del 2%.

4.5. INTERFERENCIAS

Las interferencias que presenta esta medición están basadas en la capacidad de los iones sobre la concentración de la muestra y la temperatura.

4.6. CONTROL DE CALIDAD

Calibración: Se verifica la constante de celda del electrodo con un estándar de $1410 \mu\text{S/cm}$.

Verificación Continua de la Calibración (BFLs): Los analistas periódicamente usan un estándar de $1,410 \mu\text{S/cm}$ de segunda fuente para confirmar el rendimiento del instrumento. Los resultados deben estar dentro de las desviaciones permisibles entre $\pm 2\sigma$ y $\pm 3\sigma$ del valor promedio de un



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-07	Versión 01
Instructivo de Conductividad. SM: 2510_B	Página 9 de 13	

conjunto de datos. Si el valor está fuera de control, realice de nuevo el análisis de cualquier muestra analizada desde el último control aceptable.

Muestra de control de calidad (QCS): Analice una muestra de control de calidad (QCS) de concentración desconocida generada de manera externa al menos una vez al año. Obtenga esta muestra de una fuente externa al laboratorio y compare los resultados con los resultados de aceptación de ese laboratorio. Si los resultados de la prueba no pasan los criterios de aceptación, investigue por qué, tome acción correctiva, y analice un nuevo QCS. Repita este proceso hasta que los resultados cumplan con los criterios de aceptación.

Blanco fortificado laboratorio (LFB): Se analiza periódicamente un estándar de conductividad KCl ($1,41\mu\text{S}/\text{cm}$). Se registra el valor en el formato STLABFO-016 Gráficos de control, en donde los resultados no podrán exceder los límites de $\pm 2\sigma$ y $\pm 3\sigma$.

Duplicado: Se deberá seleccionar aleatoriamente muestras de rutina para ser analizadas dos veces. Incluya al menos un duplicado para cada tipo de matriz diariamente o con cada lote de 20 muestras o menos, el % RPD no debe exceder los límites de $\pm 2\sigma$ y $\pm 3\sigma$ del valor promedio de un conjunto de 20 datos. Promediar el resultado y calcular el %RPD.

Con este resultado se evalúa la precisión, de manera que se evalúa periódicamente que el instrumento tenga la capacidad de dar el mismo resultado en mediciones diferentes realizadas en las mismas condiciones o de dar el resultado deseado con exactitud.

4.7. SEGURIDAD LABORAL

Utilizar los implementos de seguridad, de acuerdo con lo señalado en el Manual de Higiene y Seguridad Laboral STMH-01 (Bata, pantalón, zapatos antideslizantes, gafas de seguridad, máscara con filtro mixto de vapores ácidos y orgánicos, guantes de caucho) de acuerdo a la actividad realizada. Se realiza recolección de residuos en recipiente plástico y se rotula para recolección y disposición final con empresa externa.



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-07	Versión 01
Instructivo de Conductividad. SM: 2510_B	Página 10 de 13	

4.8. EQUIPOS, REACTIVOS Y MATERIALES

4.8.1. EQUIPOS

Instrumento de conductividad: Utilice un instrumento capaz de medir la conductividad con un error no superior al 1% o 1 $\mu\text{ohms/cm}$, o que sea mayor.

Termómetro: Un termómetro capaz de leer hasta el 0,1°C más cercano y que cubre el rango de 23 a 27 °C. Muchos medidores de conductividad están equipados para leer un sensor automático temperatura temporal.

Celda de conductividad:

Tipo de electrodo sin platino: utilice celdas de conductividad que contengan electrodos contruidos con metales comunes duraderos (acero inoxidable, entre otros) para estudios de campo y monitoreo continuo. Calibre dichas celdas comparando la conductividad de la muestra con los resultados obtenidos con un instrumento de laboratorio. Utilice una celda e instrumento correctamente diseñados y acoplados para minimizar los errores en la constante de celda. Los cables de medidor muy largos pueden afectar el rendimiento de un medidor de conductividad. En tales circunstancias, consulte el manual del fabricante para conocer los factores de corrección apropiados si es necesario.

4.8.2. MATERIALES

- Balones aforados de 1000 mL (clase A)
- Pipetas volumétricas de 5 mL, 10 mL, 25 mL y 50 mL (clase A)
- Beaker de 100 mL
- Frasco lavador.

4.8.3. REACTIVOS Y ESTÁNDARES

Agua de conductividad: Se puede utilizar cualquier método para preparar agua de nivel reactivo. La conductividad debe ser pequeña en función del valor que se está midiendo.



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-07	Versión 01
Instructivo de Conductividad. SM: 2510_B	Página 11 de 13	

Solución estándar de cloruro de potasio (KCl), 0,0100 M: disolver 745,6 mg de KCl anhidro en agua de conductividad y diluir hasta 1000 mL en un matraz aforado de clase A a 25 °C y almacenar en una atmósfera libre de CO₂. Esta es la solución de referencia estándar, que a 25 °C tiene una conductividad de 1412 µohms/cm. Es satisfactorio para la mayoría de las muestras cuando la celda tiene una constante entre 1 y 2 cm⁻¹. Para otras constantes de celda, use las soluciones de KCl más fuertes o más débiles enumeradas en la Tabla 1. Se debe tener cuidado al utilizar soluciones de KCl inferiores a 0,001 M, que pueden ser inestables debido a la influencia del dióxido de carbono en el agua pura. Para estándares de baja conductividad, el material de referencia estándar 3190, con una conductividad certificada de 25,0 µS/cm ±0,3 µS/cm, pueden obtenerse del Instituto nacional de Estándares y Tecnología (NIST). Conservar en un frasco de vidrio de borosilicato con tapón de vidrio.

5. DESARROLLO

Determinación de la constante de celda: Enjuague la celda de conductividad con al menos tres porciones de solución de KCl 0.01 M. Ajuste la temperatura de una cuarta porción a 25,0 ± 0,1°C. Si un medidor de conductividad muestra resistencia, R, ohmios, mida la resistencia de esta parte y anote la temperatura. Calcule la constante de celda, C:

$$C, \text{cm}^{-1} = (0.001412)(R_{\text{KCl}}) [1 + 0.0191(t - 25)]$$

dónde:

R_{KCl} = resistencia medida, ohmios y

t = temperatura observada, °C.

Los medidores de conductividad a menudo indican la conductividad directamente. Las sondas comerciales suelen contener un sensor de temperatura. Con tales instrumentos, enjuague la sonda tres veces con KCl 0.0100 M, como se indicó anteriormente. Ajuste el dial de compensación de temperatura a 0.0191 C⁻¹. Con sonda en solución estándar de KCl, ajuste el medidor para leer 1412 µohm/cm. Este procedimiento ajusta automáticamente la celda constante interna al medidor.



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-07	Versión 01
Instructivo de Conductividad. SM: 2510_B	Página 12 de 13	

Medición de conductividad: Enjuague minuciosamente la celda con una o más porciones de muestra. Ajuste la temperatura de una porción final a aproximadamente 25 °C. Mida la resistencia o conductividad de la muestra y anote la temperatura a $\pm 0,1$ °C.

5.1. CÁLCULOS Y EXPRESION RESULTADOS

El coeficiente de temperatura de la mayoría de las aguas es aproximadamente el mismo que el de la solución estándar de KCl; cuanto más se desvía la temperatura de medición de 25,0 °C, mayor es la incertidumbre al aplicar la corrección de temperatura. Informe las conductividades compensadas por temperatura como "μohm/cm a 25,0 °C".

a. Cuando se mide la resistencia de la muestra, la conductividad a 25 °C es:

$$k = \frac{(1\ 000\ 000)(C)}{R_m[1 + 0.0191(t - 25)]}$$

k = conductividad, μohms / cm,

C = constante de celda, C^{-1} ,

R_m = resistencia medida de la muestra, ohmios y

t = temperatura de medición.

b. Cuando la conductividad de la muestra se mide sin compensación de temperatura interna, la conductividad a 25 °C es:

$$k, \mu\text{mho/cm} = \frac{(k_m)}{1 + 0.0191(t - 25)}$$

dónde:

k_m = conductividad medida en unidades de μohm/cm a t °C, y otras unidades se definen como anteriormente.



SERVICIUDAD E.S.P.	Código STLABIN-07	Versión 01
Instructivo de Conductividad. SM: 2510_B	Página 13 de 13	

Para instrumentos con compensación automática de temperatura y lectura directa en $\mu\text{ohm/cm}$ o unidades similares, la lectura se corrige automáticamente a $25,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Informe la conductividad mostrada en las unidades designadas.

Registre los valores obtenidos incluyendo la temperatura de medición en el formato STLABFO-029 Registro de Resultados Primarios.

5.2. SESGO Y PRECISIÓN

La precisión de los medidores de conductividad comerciales suele estar entre 0,1 y 1,0%. Se espera una reproducibilidad del 1 al 2% después de calibrar un instrumento con los datos que se muestran en la Tabla 1.

6. REGISTROS

STLABFO-016 "Gráficos de control"

STLABFO-029 "Registro de Resultados Primarios"

7. ANEXOS

7.1. REFERENCIAS

- Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association. Version vigente. Washington, DC.
- NTC-ISO/IEC 17025 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración.