



UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
**SAN MARTÍN**

INSTITUTO DE LA CALIDAD INDUSTRIAL

---

# MEDICIÓN DE PH “IN SITU”

---

Planta de Tratamiento de Efluentes



TRABAJO FINAL INTEGRADOR

Especialización en Calidad Industrial

ALUMNA: LAGE MARÍA JIMENA

TUTORA: MABEL PUELLES

SEPTIEMBRE 2018



## 1 INDICE

1	INDICE .....	1
2	INTRODUCCIÓN .....	2
2.1	Objetivo y Alcance .....	2
2.2	Características de la Organización .....	2
2.3	Situación inicial y motivo de selección del tema .....	3
3	CONTEXTO.....	4
3.1	El Proceso .....	4
3.2	Instrumentación .....	4
4	DESARROLLO.....	5
4.1	Comentarios iniciales .....	5
4.2	Medición de pH y metrología .....	5
4.2.1	Linealidad .....	9
4.2.2	Evaluación de errores aleatorios y sistemáticos .....	15
4.2.2.1	Evaluación de la Precisión .....	15
4.2.2.2	Evaluación de la Veracidad.....	15
4.3	Confección del procedimiento .....	18
5	CONCLUSIONES.....	19
6	GLOSARIO.....	20
7	BIBLIOGRAFÍA .....	21
8	ANEXOS .....	22

## 2 INTRODUCCIÓN

### 2.1 Objetivo y Alcance

El objetivo del trabajo final será obtener un procedimiento para la calibración, limpieza y uso del pH-metro TES-1380 para determinación de pH “in situ” de una corriente resultante del tratamiento anaeróbico de efluentes provenientes del proceso de fabricación de PET, conociendo además la calidad de la medición a través de la evaluación de linealidad, exactitud y repetibilidad del método.

### 2.2 Características de la Organización

Dak Americas es una empresa del grupo Alpek Polyester, una integración de la unidad de negocios de Alpek S.A.B. de C.B. de Monterrey México.

La organización es uno de los líderes en el mercado mundial de Polyester y está respaldada por su trayectoria, tecnología y experiencia. Combina los negocios de Ácido tereftálico (PTA), Resina PET y Fibra Corta de Poliéster, siendo el principal productor de esta última en América.

Las plantas de producción de DAK Americas en los Estados Unidos se encuentran en Charleston, Carolina del Sur. Las plantas de producción internacionales están ubicadas en Cosoleacaque, México y Zárate, Argentina.

En la planta de Zárate se fabrica PET, siendo ésta la única productora en el país. La capacidad anual es de 170.000 toneladas.

El equipo de trabajo está compuesto por 120 personas entre personal administrativo y técnico.

Adicionalmente se cuenta con una fábrica para recuperación de material de PET “Ecopek”, ubicada en General Pacheco donde se producen pellets a partir de PET reciclado para la fabricación de nuevos envases.

### 2.3 Situación inicial y motivo de selección del tema

En la Planta Zárate, a diferencia de las otras plantas de DAK, se cuenta con una planta de tratamiento de efluentes propia. (Ver detalle de tratamiento en el apartado 3 “Contexto” y Anexo II “Tratamiento de Efluentes en un Reactor Anaeróbico”)

La planta de efluentes está equipada con indicadores-transmisores de pH on-line para el monitoreo continuo del efluente anaeróbico tanto en la entrada como en la salida de cada reactor. Las características del fluido y del proceso hacen que se requieran limpiezas frecuentes del electrodo.

Actualmente, un mecanismo utilizado para detectar la necesidad de una limpieza, es la aparición de cierta cantidad de valores lejanos al esperado o bien el seguimiento del valor en el tiempo con alguna tendencia particular.

Un chequeo adicional de este parámetro consiste en la realización de una medición diaria del pH de las corrientes mencionadas, en el laboratorio. Estos valores también pueden compararse el valor on-line de la variable, pudiendo determinarse la necesidad de una limpieza del instrumento si esta diferencia es considerable. Como desventaja, este chequeo muchas veces requiere de muestreo adicional, para repetir el ensayo de laboratorio y confirmar esta necesidad.

En los últimos años, mediante el uso del pH-metro TES-1380, se comenzaron a realizar verificaciones in-situ para contrastar con los valores observados, y proporcionar otra fuente de información para la toma de decisiones. La oportunidad de mejora que da origen al trabajo se observa en lo relativo a la calidad de esta medición así como también en la disponibilidad de un procedimiento que haga a este control independiente de las personas estando al alcance de todo aquel que trabaje en el área.

El control del pH en los procesos de tratamiento de efluentes de tipo biológico es sumamente importante dado que las bacterias involucradas tienen un rango óptimo<sup>1</sup> en el cual degradan la materia orgánica y se reproducen.

Teniendo en cuenta lo anterior y los conocimientos adquiridos en la Especialización en Calidad Industrial relativos a Ensayos Químicos, Metrología Química y Norma ISO 17025, así como otros conceptos de Gestión de Calidad, considero un buen aporte para el sector,

---

<sup>1</sup> El intervalo comprendido entre 6,5 y 8,5 asegura una actividad biológica óptima. Por debajo de estos valores de pH algunas bacterias comienzan a inhibirse y reactivarlas puede requerir largos períodos de tiempo.

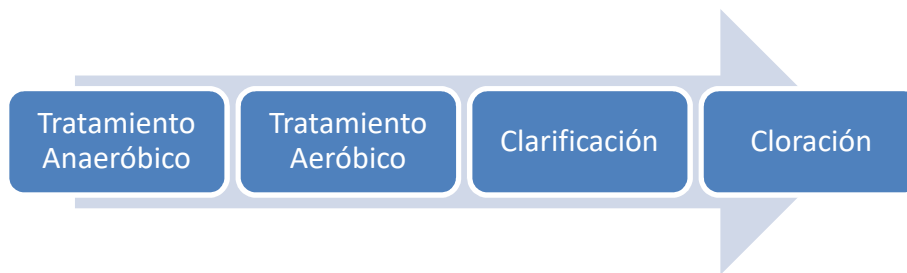
contar con un procedimiento para la calibración, limpieza y buen uso del pH-metro que garanticen una correcta medición del pH y consecuente toma de decisiones.

## 3 CONTEXTO

### 3.1 El Proceso

❖ *Planta de tratamiento de efluentes industriales provenientes del proceso de fabricación de PET.*

La planta de tratamiento cuenta con una serie de equipos representados por el siguiente modelo típico de tratamiento.



El procedimiento que se quiere desarrollar será utilizado principalmente para la primera etapa del tratamiento: El tratamiento anaeróbico.

Dentro de la etapa anaeróbica, se cuenta con un subproceso de acondicionamiento del efluente, a través del agregado de aditivos, que lo hacen apto para ser tratado por las bacterias anaeróbicas. La corriente de salida de este proceso, es uno de los puntos esenciales de monitoreo de pH.

El siguiente punto importante de monitoreo es la salida del tratamiento anaeróbico propiamente dicho.



### 3.2 Instrumentación

#### pHmetros on-line

Debido a la criticidad del pH para el buen desempeño de las bacterias y a la necesidad de mantener este parámetro lo más estable posible en el tiempo, se cuenta con mediciones on-line en los puntos antes mencionado.

El valor del primer punto, es el que determina la cantidad de aditivos a agregar al efluente crudo para hacerlo apto para el tratamiento, por lo tanto es de suma importancia.

El segundo punto, es uno de los indicadores para conocer cómo está llevándose a cabo el proceso en el reactor anaeróbico.

Para la calibración de los electrodos de estos pHmetros se cuenta con soluciones buffer estándares de pH 4, 7 y 10.

## **pHmetro TES-1380**

Se cuenta con un pHmetro TES-1380 pero no está disponible el manual del equipo ni se utiliza un procedimiento para el control o la calibración del mismo.

La confiabilidad de las mediciones es baja debido a que no hay controles rutinarios ni chequeos establecidos ni documentados de este instrumento.

Se observa una etiqueta en el lateral del equipo de una calibración previa (año 2015) pero no se han encontrado los registros correspondientes.

## **4 DESARROLLO**

### **4.1 Comentarios iniciales**

Para comenzar con el trabajo se realizó una búsqueda en la web y se pudo encontrar un manual del equipo en inglés, lo cual simplifica la etapa de realización del procedimiento en lo relativo al ingreso de datos en el equipo.

Al visualizar el manual se observa que sólo cuenta con dos puntos para la calibración, en los valores 4 y 7.

### **4.2 Medición de pH y metrología**

El pH es el logaritmo negativo de la concentración de ión hidrogeno, o más precisamente, de la actividad del ión hidrogeno, en moles por litro.

Su definición en función de la actividad del Ion hidrógeno:

$$pH = -\log a_H^+$$

La actividad se relaciona con la concentración mediante el coeficiente de actividad.

$$pH = -\log a_H^+ = \log Y_H^+ m_H^+$$

Aunque el pH no es una medición directa de la acidez constituye uno de los criterios más importantes en los sistemas físicos, electrofísicos, biológicos y tienen una gran aplicación en el tratamiento de aguas potables y de desecho, así como en los sistemas de control de calidad.

El pH se puede medir bien sea colorimétrica o electrométricamente. El método colorimétrico requiere una menor inversión inicial, pero tiene la desventaja de ser cualitativo.

## Trazabilidad en las Mediciones de pH

El primer eslabón de la cadena de trazabilidad es el Método Primario de Medición a través del cual se disemina la unidad de medida de pH hacia los eslabones más bajos.

Los Materiales de Referencia de pH más comunes son soluciones acuosas de sales que presentan características amortiguadoras que son certificadas en forma absoluta por Institutos Nacionales de Metrología que cuentan con un Sistema de Medición Primario llamado “Celda de Harned” para las mediciones de pH.

Las mediciones de pH se realizan potenciométricamente con un sistema que incluye un electrodo de vidrio sensible a los iones de hidrógeno. La respuesta del electrodo de vidrio debe conocerse realizando una calibración con MRC.

En el Nivel 1: La definición de la unidad se realiza partiendo del Método Primario que se logra contando con el Patrón Primario que no es más que un Sistema Electroquímico Primario de medición formado por la “Celda Harned” y el electrodo de hidrógeno con una incertidumbre expandida  $U(pH)=0,002$ , establecido en los procedimientos adoptados por Institutos Nacionales de Metrología y la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC), logrando obtener el MRC Primario.

En el Nivel 2: Se encuentra el Método Secundario que está compuesto por la “Celda Diferencial Potenciométrica” y el electrodo de hidrógeno, a partir del cual se obtienen los MRC Secundarios con un ligero aumento de la incertidumbre expandida  $U(\text{pH})=0,003$ .

En el Nivel 3: Con el uso de los MRC Secundarios se mide el Sistema de Electrodo de Vidrio empleando el Método de Campo obteniéndose una incertidumbre expandida  $U(\text{pH})=0,01$ .

En pH los MRC Primarios son soluciones acuosas de sales con características amortiguadoras, que son certificadas en forma absoluta por Institutos Nacionales de Metrología entre los que podemos citar: NIST-Estados Unidos; PTB-Alemania; INMETRO-Brasil; CENAM-México; NIM-China; NCM-Bulgaria; NMIJ-Japón; KRIS-Korea; GUM-Polonia.

La forma de asegurar la trazabilidad del resultado de las mediciones al SI es a través de los MRC Primarios y Secundarios, los cuales se obtienen partiendo del Método Primario y/o Secundario respectivamente, que permite establecer una cadena de trazabilidad completa.

Se utilizan para el trabajo soluciones buffer Fisher trazables al NIST de pH 4, 7 y 10. (Su incertidumbre es 0.02)

## Equipo de Medición

En este caso se trabaja con la medición potenciométrica de pH.

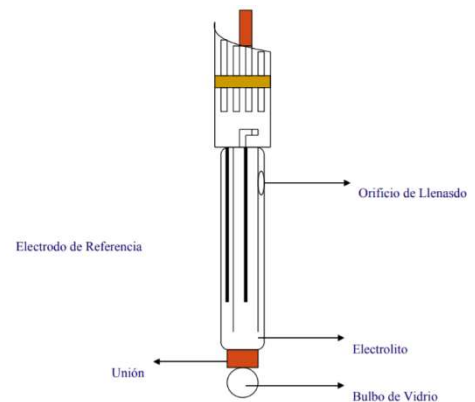
El equipo es un pHmetro portátil TES-1380 con las siguientes características de medición:

pH: 0 a 14 pH

mV: 0 a 1999 mV

Temperatura: 0°C a 100°C.

El equipo cuenta con dos modos de trabajo de temperatura MTC para ajuste manual de temperatura y ATC para ajuste automático de temperatura mediante un sensor adicional.



El electrodo es del tipo combinado, es decir con el electrodo de vidrio y el de referencia en el mismo cuerpo.

## Buenas Prácticas

No se debe permitir que el bulbo se seque, por lo que se recomienda almacenar los electrodos en solución 3M de KCl, en buffer de pH 4.00 o bien solución 0.1M de HCl .

Para mayor consistencia de las mediciones es recomendable mantener las mismas condiciones de agitación.

Para prevenir la contaminación por arrastre en los electrodos, lo más común es usar agua destilada y una pizeta para enjuagar entre mediciones y posteriormente secar los electrodos. No se debe frotar el bulbo del electrodo con el papel absorbente, solamente se debe eliminar el exceso de agua con papel tissue (sin pelusas).

## Efecto de la Temperatura

Debido a que la medición de pH se ve afectada por la temperatura, para obtener resultados más exactos la calibración y la medición deben ser a la misma temperatura. Esto minimiza errores debido a la diferencia de pendiente por diferencia de temperatura y por diferencia en la respuesta del electrodo a diferentes temperaturas.

Para las mediciones involucradas en el trabajo, se trabajará en el modo automático de temperatura, para minimizar errores.

Las temperaturas medidas estuvieron en  $26.4 \pm 0.2$  para el análisis de linealidad y a  $24 \pm 0.2$  para el análisis de precisión.

## **Estudio de Linealidad, Precisión y Exactitud**

Para realizar los análisis de Linealidad, Precisión y Exactitud, se tomaron como referencia materiales de la cátedra de Metrología Química (1); (2), y a la vez la guía “The Fitness for Purpose of Analytical Methods-Eurachem Guide”(4) de donde se obtuvieron los métodos para evaluar estos aspectos. Se adjuntan las tablas con la información correspondiente en el Anexo III.

Se analizaron mediciones realizadas con el equipo previo y post calibración para conocer el impacto de la calibración debido a que normalmente ésta no se estaba realizando.

## 4.2.1 Linealidad

Se realiza el estudio de linealidad mediante la medición de los tres estándares que se utilizan para la calibración de los electrodos de pHmetro online pH 4, 7 y 10 y midiendo cada estándar por triplicado.

Se registran los valores de pH y mV.

Los criterios de aceptación son:

$$R^2 \geq 0.98$$

$$CV\% \leq 2\%$$

$$\text{Donde } CV\% = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100$$

Información relativa a los estándares de calibración:

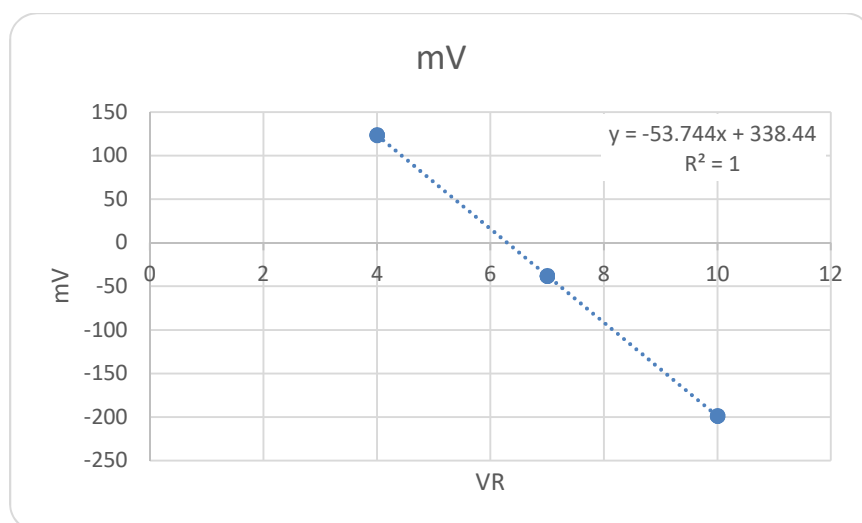
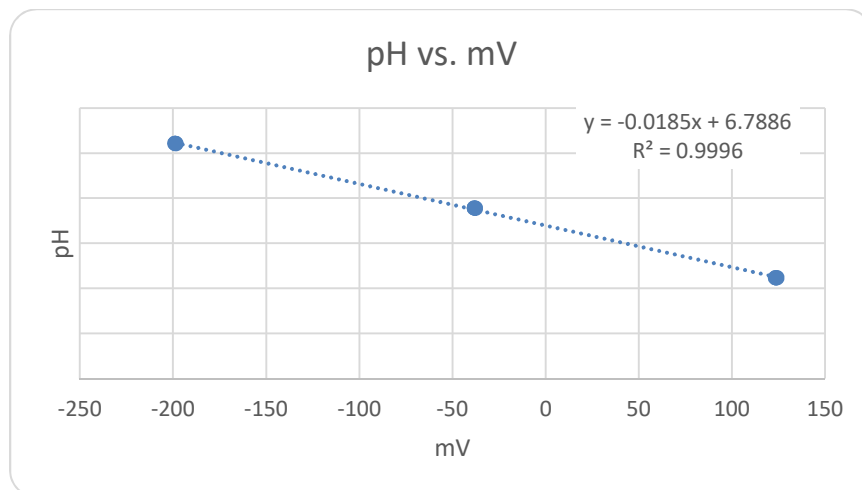
pH	CAS	Código	Lote	Solución	Packaging date
4	877-24-7	J/2820/15	1686958	Solución buffer de ftalato trazable al NIST. (Fisher Scientific UK)	25/07/2016
7	7778-77-0	J/2850/15	1687182	Solución buffer de fosfato trazable al NIST (Fisher Scientific UK)	26/07/2016
10	10043-35-3	J/2880/15	1684438	Solución buffer de borato trazable al NIST (Fisher Scientific UK)	05/07/2016

### A. Equipo sin calibrar

Datos obtenidos de mediciones de soluciones buffer – estándares

VR	X1	X2	X3	Xprom	
4	4.475	4.468	4.472	4.472	(pH)
	123.3	124.0	123.6	123.633	(mV)
7	7.561	7.565	7.548	7.558	(pH)
	-38.3	-38.3	-37.7	-38.1	(mV)
10	10.436	10.429	10.423	10.429	(pH)
	-199.1	-198.8	-198.6	-198.8	(mV)

Se grafica el pH en función de los mV y luego mV en función del valor real.



De esta última se determinan:

- Pendiente (sensibilidad del sistema) y ordenada al origen: -53.744 y 338.44
- Valor de  $R^2$ : 1

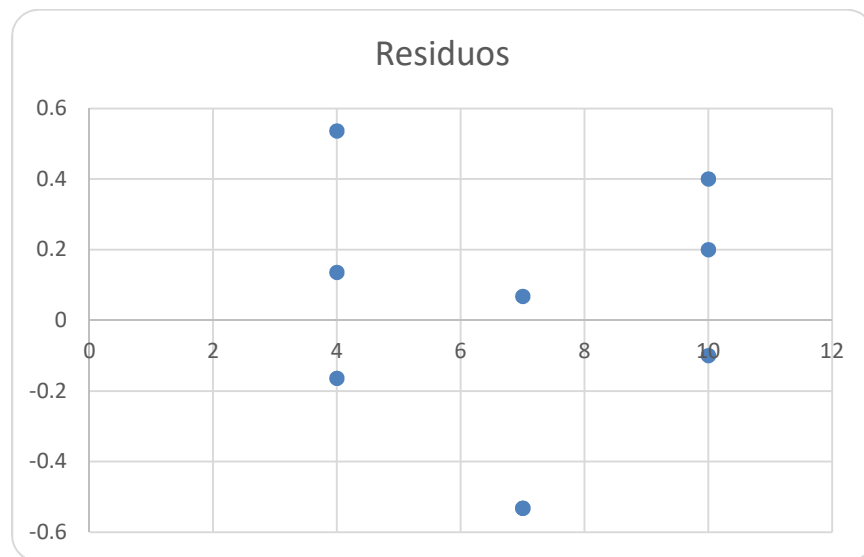
# Trabajo Final Integrador

- CV% de replicados:

VR (pH)	4	7	10
X1 (mV)	123.3	-38.3	-199.1
X2 (mV)	124.0	-38.3	-198.8
X3 (mV)	123.6	-37.7	-198.6
Xm (mV)	123.6	-38.1	-198.8
$\sigma$ (mV)	0.3512	0.3464	0.2517
$\sigma/Xm$	0.002841	-0.009092	-0.001266
CV%	0.2841	-0.9092	-0.1266

- Residuos

VR (pH)	4	7	10
Xpredicted (mV)	123.464	-37.768	-199
X1 (mV)	-0.164	-0.532	-0.100
X2 (mV)	0.536	-0.532	0.200
X3 (mV)	0.136	0.068	0.400
Xm (mV)	0.169	-0.332	0.167



Como se observa, se cumplen los criterios de aceptación de linealidad

Criterio	Cumplimiento
$R^2 \geq 0.98$	✓
$CV\% \leq 2\%$	✓
Distribución aleatoria de residuos alrededor del cero.	✓

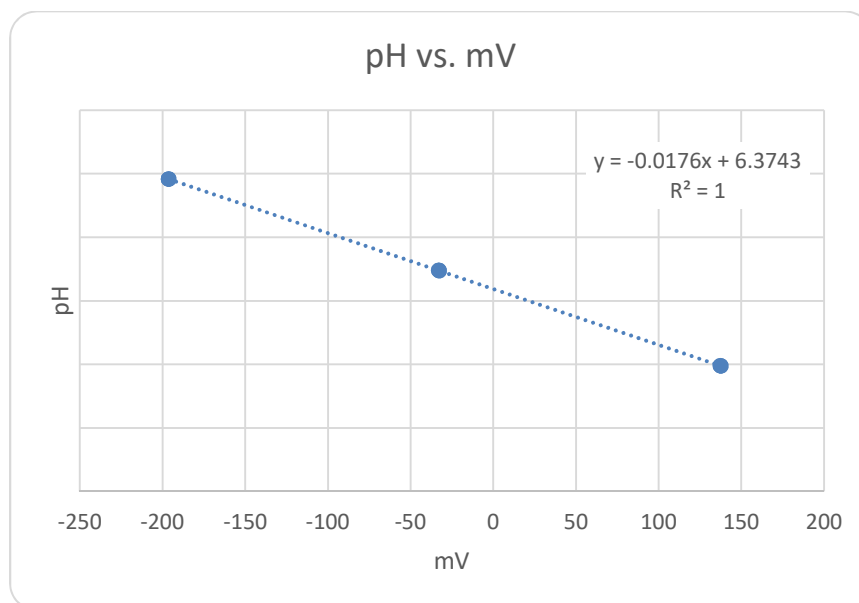
## B. Equipo Calibrado de acuerdo a Procedimiento

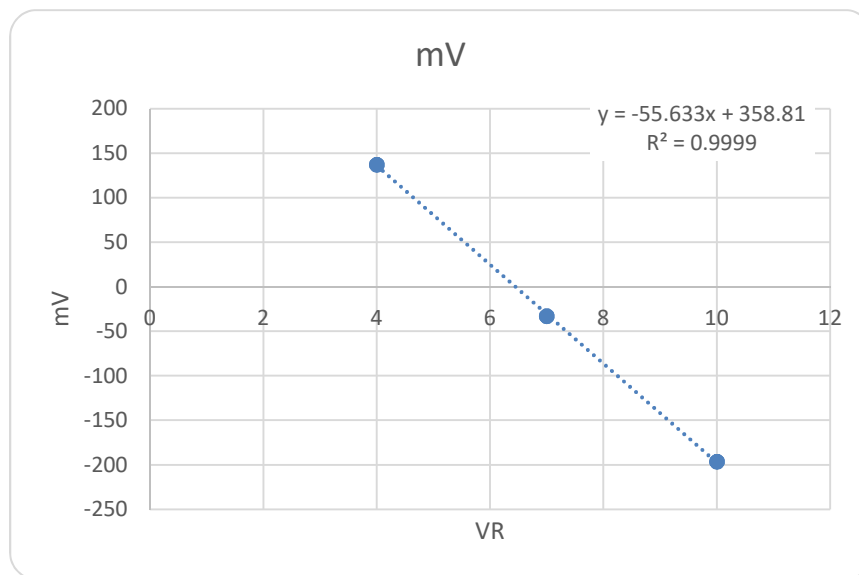
Se realiza la calibración del equipo de acuerdo a lo indicado en el manual del equipo y se repiten las mediciones equivalentes a las del punto A.

Datos obtenidos de mediciones de soluciones buffer – estándares

VR	X1	X2	X3	Xprom	
4	3.958	3.956	3.953	3.956	(pH)
	137.2	137.5	137.6	137.433	(mV)
7	6.938	6.958	6.959	6.952	(pH)
	-32.7	-33.0	-33.1	-32.9	(mV)
10	9.829	9.834	9.836	9.833	(pH)
	-196.2	-196.4	-196.5	-196.4	(mV)

Se grafica la relación pH vs mV y el valor medido en mV respecto al valor conocido de pH del estándar.





Se determinan:

- Pendiente (sensibilidad del sistema) y ordenada al origen: -55.633 y 358.81
- Valor de  $R^2$ : 0.9999
- CV% de replicados:

VR (pH)	4	7	10
X1 (mV)	137.2	-32.7	-196.2
X2 (mV)	137.5	-33	-196.4
X3 (mV)	137.6	-33.1	-196.5
Xm (mV)	137.4	-32.9	-196.4
$\sigma$ (mV)	0.2082	0.2082	0.1528
$\sigma/Xm$	0.001515	-0.006321	-0.0007779
CV%	0.1515	-0.6321	-0.07779

- Residuos

VR (pH)	4	7	10
Xpredicted (mV)	136.3	-30.6	-197.5
X1 (mV)	0.922	-2.079	1.320
X2 (mV)	1.222	-2.379	1.120
X3 (mV)	1.322	-2.479	1.020
Xm (mV)	1.155	-2.312	1.153



Como se observa se cumplen dos criterios de linealidad, pero la distribución de los residuos alrededor del cero parece haber desmejorado luego de la calibración, lo cual podría deberse a la calibración en dos puntos.

Criterio	Cumplimiento
$R^2 \geq 0.98$	✓
$CV\% \leq 2\%$	✓
Distribución aleatoria de residuos alrededor del cero.	⚠

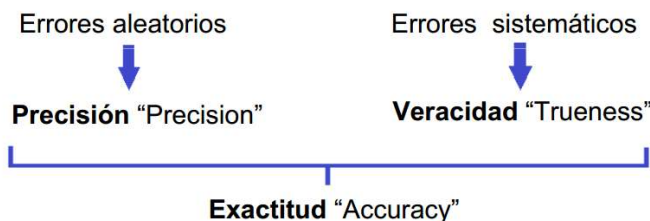
## Rango de trabajo

Para evaluar el rango de trabajo, se requiere utilizar el método de medición luego de haber calibrado el equipo de acuerdo a lo indicado en el método (4).

Se requieren realizar mediciones en todo el rango de interés de las mediciones, con lo cual los estándares de 4, 7 y 10 de pH cumplen con estos requisitos para las mediciones requeridas en el proceso de tratamiento efluentes anaeróbicos, dado que las mediciones se encuentran normalmente entre 6 y 8.5.

El rango de trabajo se puede evaluar visualmente mediante el gráfico de valores medidos vs concentraciones conocidas realizado para la evaluación de linealidad.

## 4.2.2 Evaluación de errores aleatorios y sistemáticos



### 4.2.2.1 Evaluación de la Precisión

Repetibilidad: Se realizan 6 mediciones de pH de una muestra tomada luego del proceso de acondicionamiento del efluente. (Se utiliza el modo de temperatura automático.)

El criterio de aceptación es CV% es menor o igual a 1,5 %.

Fórmulas para evaluar la precisión:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad CV\% = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100$$

X1	8.434
X2	8.427
X3	8.449
X4	8.432
X5	8.427
X6	8.447
$\bar{X}$	8.436
s	0.010
CV%	0.115



### 4.2.2.2 Evaluación de la Veracidad

Se evalúa a partir del análisis de un MR (4). Se realizan mediciones de muestra del estándar Fisher de pH 7.00. Se realiza la medición 10 veces. (Se utiliza el modo de temperatura automático).

Teniendo en cuenta lo indicado en la bibliografía: “El sesgo(bias) puede variar con la matriz y nivel de concentración lo que significa que el número de matrices y niveles de concentración a ser evaluados debe ser establecido en el plan de validación”, se debería realizar este análisis con un material de referencia de matriz similar a la de las muestras a ensayar posteriormente. Dado que no se cuenta con un material de referencia similar al efluente a ensayar, se realiza la evaluación de veracidad con un estándar de matriz acuosa, particularmente el estándar de 7 que es el más cercano a los valores normales de pH en la entrada post acondicionamiento del efluente y salida de los reactores anaeróbicos.

Fórmulas para la evaluación de veracidad:

$$b = \bar{x} - x_{ref}$$

$$b(\%) = \frac{\bar{x} - x_{ref}}{x_{ref}} \cdot 100$$

$$R(\%) = \frac{\bar{x}}{x_{ref}} \cdot 100$$

El criterio de aceptación es b% no es mayor del 3%.

## A. Equipo sin calibrar

X <sub>ref</sub>	7
X1	7.281
X2	7.277
X3	7.282
X4	7.276
X5	7.280
X6	7.282
X7	7.275
X8	7.280
X9	7.278
X10	7.276
$\bar{X}$	7.279
b	0.279
b%	3.98
R%	104.0



# Trabajo Final Integrador

## A. Equipo Calibrado de acuerdo a Procedimiento

$X_{ref}$	7
<b>X1</b>	6.991
<b>X2</b>	6.991
<b>X3</b>	6.991
<b>X4</b>	6.991
<b>X5</b>	6.990
<b>X6</b>	6.992
<b>X7</b>	6.998
<b>X8</b>	6.999
<b>X9</b>	6.995
<b>X10</b>	6.995
$\bar{X}$	6.993
<b>b</b>	-0.007
<b>b%</b>	-0.096
<b>R%</b>	99.90



# Trabajo Final Integrador



UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN

**INCALIN**  
INSTITUTO DE LA  
CALIDAD INDUSTRIAL

## 4.3 Confección del procedimiento

Se realiza un procedimiento para el uso, limpieza y calibración del pHmetro teniendo en cuenta el manual del equipo. En lo relativo al modo de temperatura: manual o automático, se recomienda este último debido a la particularidad para esta aplicación.

El contenido del procedimiento se encuentra en el Anexo I.

## 5 CONCLUSIONES

De acuerdo a la evaluación realizada, la precisión es aceptable para la información requerida, verificándose el criterio de aceptación.

Con respecto la evaluación de veracidad, el sesgo del caso A, en el cual se mide mediante el equipo en las condiciones en las que se venía utilizando, es demasiado elevado para tomar decisiones aceptables en los reactores que requieran información cuantitativa y sólo podría ser utilizada para evaluar tendencias o valores con desvíos muy significativos respecto a los esperados.

Al repetir la evaluación de veracidad post calibración, caso B, se puede observar el cumplimiento del criterio de aceptación. Esto permite recomendar la realización de una calibración de pHmetro previo al uso o de lo contrario evitar tomar decisiones que estén asociadas al valor medido en zonas cercanas a los extremos del intervalo de pH óptimo para las bacterias, fundamentalmente el límite inferior 6.5 por debajo del cual el reactor podría desactivarse.

Para garantizar el correcto estado de limpieza del electrodo, se incorporaron el modo del conservación y el código para interpretación de nivel de limpieza dentro del procedimiento realizado.

Finalmente, puede decirse que las mediciones realizadas con el pHmetro TES-1380 resultan útiles para predecir tendencias o cambios muy significativos en el pH de los reactores anaeróbicos, lo cual nos permite tomar decisiones relativas a necesidad de limpieza y/o calibración de los pHmetros on-line de forma rápida y sin requerir la intervención de otros sectores

## 6 GLOSARIO

b: bias (sesgo) absoluto

MR: Material de referencia. Material o sustancia para el cual el valor de una o de varias de sus propiedades es lo suficientemente homogéneo y bien establecido como para ser utilizado como referencia en la calibración de un instrumento, en la evaluación de un método de medición o para asignar valores a las propiedades de otros materiales

MRC: Material de referencia certificado. Material de referencia acompañado de un certificado y para el cual el valor de una o de varias de sus propiedades se ha certificado por medio de un procedimiento que establece su trazabilidad a una realización exacta de la unidad en la que se expresan los valores de la propiedad y en el que cada valor certificado se acompaña de una incertidumbre con un nivel de confianza declarado.

RSD: Desvío estándar relativo (Relative Standard Deviation)

R(%): Recuperación porcentual relativa (Relative Recovery (apparent recovery) in per cent).

$\bar{X}$  : Valor medio (Promedio aritmético)

$X_{ref}$ : Valor de referencia

## 7 BIBLIOGRAFÍA

- (1). Material de Cátedra de Metrología Química (2015). Profesora: Patricia Gatti-Validación de Métodos y Estimación de la Incertidumbre. Autor: Pablo Facundo Sánchez.
- (2). Material de Cátedra de Metrología Química (2015). Profesora: Patricia Gatti- Informe de Validación.
- (3). Boletín Científico Técnico INIMET: “Trazabilidad en las Mediciones de pH y Conductividad Electrolítica”. ISSN: 0138-8576 (Redalyc.org)
- (4). The Fitness for Purpose of Analytical Methods-Eurachem Guide. – A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics, (2nd ed. 2014). ISBN 978-91-87461-59-0. Available from [www.eurachem.org](http://www.eurachem.org)  
  
[https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/MV\\_guide\\_2nd\\_ed\\_EN.pdf](https://www.eurachem.org/images/stories/Guides/pdf/MV_guide_2nd_ed_EN.pdf)
- (5). Manual de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Industriales para Eastman Chemical Co. Por SPA (Servicios y Procesos Ambientales S.A.)
- (6). Material de la Web: Unidad de Ensayos de Aptitud UDEA- Guatemala. Protocolo General de Presentación ([https://nanopdf.com/download/protocolo-general-de-presentacion\\_pdf](https://nanopdf.com/download/protocolo-general-de-presentacion_pdf))
- (7). INIMET- Instituto Nacional de Investigaciones en Metrología. Ciudad de La Habana, Cuba.

## 8 ANEXOS

### Anexo I

#### Procedimiento para la calibración, limpieza y uso del pHmetro TES-1380

##### 1. Objetivo

Realizar mediciones de pH confiables y preservar el pHmetro en buenas condiciones para la realización de dichas mediciones.

##### 2. Personal Responsable

Este procedimiento debe ser utilizado por los ingenieros de procesos del sector de efluentes. Los mismos son responsables de mantenerlo actualizado.

##### 3. Equipo de Seguridad a utilizar

Ropa de trabajo de uso normal en la Planta y guantes.

##### 4. Documentación de referencia

Manual TES-1380 disponible en la carpeta compartida de Efluentes.

##### 5. Descripción de Equipos y Materiales de Referencia

- pHmetro TES.1380

<b>Pantalla</b>	76.5x50.5x2.7 mm Pantalla dual LCD super grande.
<b>Medición</b>	pH: 0 a 14 pH mV: 0 a 1999 mV Temperatura: 0° a 100 °C (32°F a 200 °F)
<b>Compensación de Temperatura para rango de pH</b>	Manual (MTC): 0 °C a 100 °C (32°F a 200 °F) Ajustable mediante los botones con flechas ascendentes y descendentes del panel frontal. Automática (ATC): 0°C a 100 °C (32°F a 200 °F), ajustando con la sonda opcional de temperatura
<b>Electrodo de pH</b>	Cualquier tipo de electrodo de pH puede ser conectado, con conector BNC.
<b>Temperatura de Operación</b>	0 °C a 50 °C (32 °C a 122 °C)

<b>Humedad de Operación</b>	Máximo 80%
<b>Suministro de Energía</b>	UM-1.5V x 6
<b>Corriente</b>	Aproximadamente 20 mA DC

## Especificaciones Eléctricas

(23±5 °C)

Medición	Rango	Resolución	Exactitud
<b>pH</b>	0 a 14 pH	0.001 pH	± 0.01 pH
<b>mV</b>	0 a 600 mV 601 a 1999 mV	0.1 mV	± (0.05%+1d) ± 0.1%
<b>Temp. (°C)</b>	0 a 100 °C	0.1 °C	± 0.5 °C
<b>Temp. (°F)</b>	32 a 200 °F	0.1 °F	± 0.9 °F

- **Electrodo de pH S200C**

<b>Rango de pH</b>	0 a 14
<b>Respuesta</b>	95% en 1 segundo (forma de bulbo)
<b>Isopotencial</b>	7 pH (0 mV)
<b>Compensación</b>	±0.20 pH
<b>Span</b>	97% del teórico o mayor
<b>Conector</b>	BNC (Configuración Estándar)
<b>Referencia</b>	Sellado
<b>Número de juntas</b>	Simple (1)
<b>Material de la junta</b>	Pellon
<b>Solución de Referencia</b>	3.5 M KCl/AgCl/KNO <sub>3</sub> (gel)

- **Soluciones Buffer**

pH	CAS	Código	Lote	Solución	Packaging date
<b>4</b>	877-24-7	J/2820/15	1686958	Solución buffer de ftalato trazable al NIST. (Fisher Scientific UK)	25/07/2016
<b>7</b>	7778-77-0	J/2850/15	1687182	Solución buffer de fosfato trazable al NIST (Fisher Scientific UK)	26/07/2016
<b>10</b>	10043-35-3	J/2880/15	1684438	Solución buffer de borato trazable al NIST (Fisher Scientific UK)	05/07/2016

## 6. Procedimiento




### 6.1. Procedimiento de Calibración del pHmetro

Es necesario realizar esta calibración si se desea mantener el instrumento y electrodo con alta exactitud o si es la primera vez que se usa el medidor y el electrodo.


Si la inexactitud del electrodo es demasiado alta, aparecerá un mensaje en la pantalla "Err".

- 1) Conecte el electrodo de pH combinado en el conector y coloque el electrodo en la solución buffer (pH 7.00).



- 2) Seleccionar modo ATC o MTC (Automatic Temperature Compensation y Manual Temperature Compensation).
- 3) Esperar a que la lectura sea estable.
- 4) Apretar el botón  y mantenerlo durante 3 segundos para ingresar al modo calibración.
- 5) Seleccionar el modo pH (El valor seteado es pH 7.000 o el usuario puede presionar  o  para seleccionar).



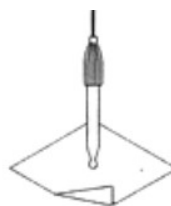
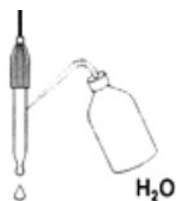
- 6) Presionar el botón  para completar la calibración.
- 7) Enjuagar el electrodo y secarlo con papel tissue (sin pelusas)


## Trabajo Final Integrador





UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE  
SAN MARTÍN

**INCALIN**  
INSTITUTO DE LA  
CALIDAD INDUSTRIAL



- 8) Para calibrar la pendiente (pH 4.000), repetir los pasos del 2 al 7.
- 9) Presionar el botón  por 3 segundos, el LCD mostrará la fecha del último ajuste.

## 6.2. Procedimiento de Calibración de Temperatura

- 1) Enchufe la termocupla opcional en el conector correspondiente. Colocarla en una solución de hielo a 0°C.
- 2) Oprima el botón  durante 3 segundos.
- 3) Seleccione el modo °C
- 4) Presione el botón  para completar la calibración.

## 6.3. Compensación de temperatura para pH

Modo Manual (MTC): 0 °C a 100 °C (32 °F a 200 °F).

Ajustando con los botones  o  del panel frontal.

Modo Automático (ATC): 0 °C a 100 °C (32 °F a 200 °F).

Ajustando con el sensor opcional de temperatura.

## 6.4. Uso del pHmetro

Para la utilización en efluentes, se recomienda el modo ATC (con sensor de temperatura).

- Conecte el electrodo combinado de pH en el enchufe BNC.
- Encienda el equipo presionando el botón on/off
- Conecte el sensor de temperatura en el enchufe tipo audífono y sumerja el sensor en la muestra/solución a medir. Debe aparecer en el display la señal "ATC".
- Retire el electrodo de la solución buffer en la que se encuentra conservado.
- Enjuague el electrodo con agua destilada.
- Coloque el electrodo de pH en la muestra. El instrumento mostrará el valor de pH en el display.
- Luego de realizar la medición, enjuague el electrodo con agua destilada.

## 6.5. Limpieza y conservación del Electrodo





Para conservar el electrodo en buenas condiciones se deben tener en cuenta las siguientes precauciones:

## Trabajo Final Integrador

No dejar que el electrodo se seque. Almacenarlo en solución 3M de KCl, en buffer de pH 4.00 o bien solución 0.1M de HCl .

- 
- No secar el electrodo con trapos, repararlo con papel tissue (libre de pelusas).
- No dejar el electrodo en solventes orgánicos o soluciones fuertemente básicas por largos períodos de tiempo.
- No utilizar el electrodo en soluciones que excedan el rango de temperatura 0°C-100 °C.

Debe realizarse la limpieza del electrodo si se observan respuestas lentas, valores descendientes, deriva continua, o lecturas erráticas. También se cuenta con un indicador del estado del electrodo en el display.

	98.0% - 102.0%
	El electrodo está en buenas condiciones.
	95%-97.9%
	El Electrodo necesita limpieza.
	92%-94.9%
	El electrodo necesita limpieza.
	El electrodo necesita ser renovado.

Si el bulbo estuviera contaminado con proteínas, realizar la siguiente limpieza:

- Sumergir el bulbo del electrodo en una solución de pepsina al 10% durante 30 minutos.
- Enjuagar con agua destilada
- Sumergir el electrodo en una buffer de pH 7.0 durante dos horas previo al uso.

## Anexo II

### Tratamiento de efluentes en un reactor Anaeróbico

#### Descripción general

El agua proveniente del proceso industrial tiene valores de pH variable de acuerdo a la fuente específica de la cual proviene, con lo cual, el efluente crudo compuesto por las diversas generaciones no tiene un valor determinado de pH.

Al optar por tratamiento biológico para el efluente, se debe contemplar la necesidad de homogeneizar esta corriente. El rango de pH debe mantenerse entre 6,5 y 8,5 para asegurar la actividad biológica óptima.

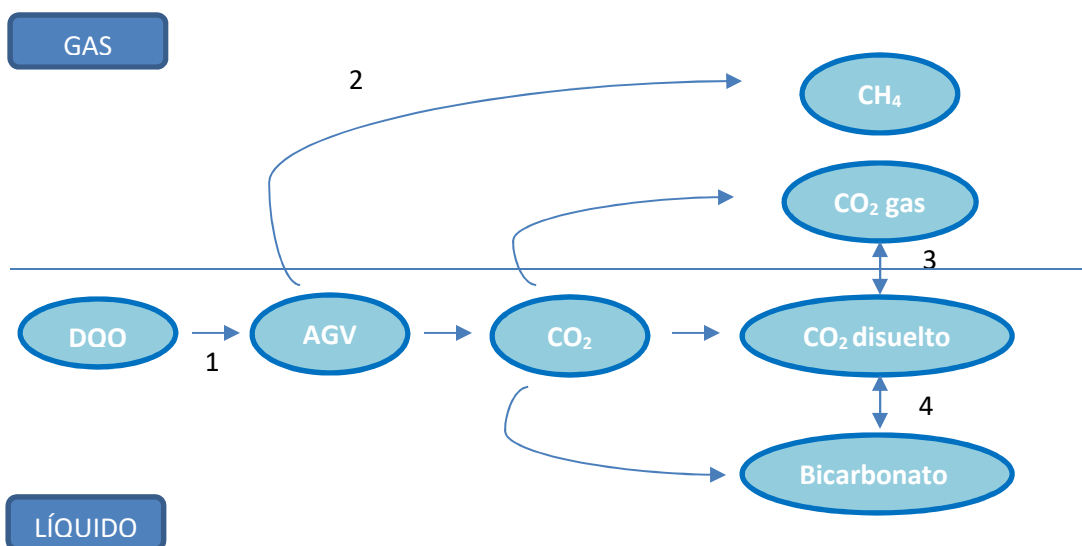
Se debe tener en cuenta que el proceso biológico en sí mismo puede conseguir una neutralización, y tiene una capacidad tampón como resultado de la producción de  $\text{CO}_2$ , lo cual da lugar a la formación de carbonatos y bicarbonatos en la solución.

Para homogeneizar el efluente crudo, se mezclan las corrientes y como método de control directo, se le adicionan ácidos o bases para alcanzar el rango óptimo antes mencionado.

El control de este proceso de agregado de aditivos es un punto crítico para el tratamiento biológico de efluentes.

En caso de valores de pH bajos, el reactor puede “desactivarse” .

#### Fundamentos del Tratamiento Anaerobio



## Reacciones presentes en la degradación anaeróbica

Las reacciones principales que ocurren en la degradación anaerobia son las siguientes:

1. Acidificación (Tanques de homogenización)
2. Metanogénesis
3. Equilibrio Líquido-Gas del  $\text{CO}_2$
4. Equilibrio Ácido-Base del bicarbonato

### Etapas principales

La etapa de acidificación ocurrirá normalmente siempre que el agua permanezca en condiciones anaerobias durante un tiempo hidráulico de residencia de unas 8 horas en los tanques de homogeneización. En ésta etapa se forman los Ácidos Grasos Volátiles (AGV).

La etapa de metanogénesis es la más delicada de todas. La relación entre caudal de biogás y carga orgánica debe ser aproximadamente constante y es el parámetro que indica el grado de eliminación de ésta etapa. En ésta etapa se forma el gas metano.

El equilibrio Líquido-Gas entre el  $\text{CO}_2$  que se disuelve y el que pasa al biogás está gobernado por la ley de Henry y depende, básicamente, de la temperatura y de la presión del biogás.

El equilibrio Ácido-Base entre el  $\text{CO}_2$  disuelto y el bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) está gobernado, básicamente por el pH del sistema.

Las dos últimas etapas determinan la composición del biogás.

## Anexo III

### The Fitness for Purpose of Analytical Methods – Eurachem Guide

Quick Reference 5 – Working and linear range

What to do	How many times	What to calculate from the data	Comments
1) Measure blank plus calibration standards, at 6-10 concentrations evenly spaced across the <i>range of interest</i> .	1	Plot response (y axis) against concentration (x axis).  Visually examine to identify approximate linear range and upper and lower boundaries of the working range for the instrument.  then go to 2).	This will give visual confirmation of whether or not the instrument working range is linear.  Note: When the signal is not directly proportional to concentration, e.g. when working with pH or other ion selective electrodes or immunometric methods, a transformation of the measured values is needed before linearity can be assessed.
2) Measure blank plus calibration standards, 2-3 times at 6-10 concentrations evenly spaced across the <i>linear range</i> .	1	Plot response (y axis) against concentration (x axis). Visually examine for outliers which may not be reflected in the regression.  Calculate appropriate regression statistics. Calculate and plot residuals (difference between observed y value and calculated y value predicted by the straight line, for each x value). Random distribution of residuals about zero confirms linearity. Systematic trends indicate non-linearity or a change in variance with level.	This stage is necessary to test a working range, thought to be linear and especially where the method uses a two point calibration.  If the standard deviation is proportional to concentration then consider using a weighted regression calculation rather than a simple non-weighted linear regression.  It is unsafe to remove an outlier without first checking it using further measurements at nearby concentrations.  In certain circumstances for instrument calibration it may be better to try to fit a non-linear curve to the data. The number of samples then needs to be increased. Functions higher than quadratic are generally not advised.
3) Calibrate the instrument according to the proposed calibration procedure. Measure, according to the written method, blank plus reference materials or spiked sample blanks 2-3 times at 6-10 concentrations evenly spaced across the range of interest.	1	Plot the measured concentration (y-axis) against the concentration of the test samples (x-axis). Visually examine to identify approximate linear range and upper and lower boundaries of the working range.  Calculate appropriate regression statistics. Calculate and plot residuals (difference between observed y value and calculated y value predicted by the straight line, for each x value). Random distribution of residuals about zero confirms linearity. Systematic trends indicate non-linearity.	This step is required to assess whether the proposed instrument range and calibration procedure are fit for purpose.  If data are available from bias and precision studies that cover the range of interest, a separate method working range study may not be required.

## Quick Reference 6 – Trueness

What to do	How many times	What to calculate/determine from the data	Comments
a) Measure RM using candidate method.	10	<p>Compare mean value, <math>\bar{x}</math> with reference value <math>x_{ref}</math> for the RM. Calculate bias, <math>b</math>, per cent relative bias, <math>b(\%)</math> or the relative per cent recovery (apparent recovery).</p> $b = \bar{x} - x_{ref}$ $b(\%) = \frac{\bar{x} - x_{ref}}{x_{ref}} \times 100$ $R(\%) = \frac{\bar{x}}{x_{ref}} \times 100$	Gives a measure of bias taking into account the effect of both method and laboratory bias.
b) Measure matrix blanks or test samples unspiked and spiked with the analyte of interest over a range of concentrations.	10	<p>Compare the difference between mean spiked value <math>\bar{x}'</math> and mean value <math>\bar{x}</math> with the added concentration <math>x_{spike}</math>. Calculate the relative spike recovery <math>R'(\%)</math> at the various concentrations:</p> $R'(\%) = \frac{\bar{x}' - \bar{x}}{x_{spike}} \times 100$	<p>Spiked samples should be compared with the same sample unspiked to assess the net recovery of the added spike.</p> <p>Recoveries from spiked samples or matrix blanks will usually be better than for routine samples in which the analyte is more tightly bound.</p>
c) Measure RM/test sample using candidate method and alternative method.	10	<p>Compare mean value <math>\bar{x}</math> with mean value <math>\bar{x}_{ref}</math> of measurements made using alternative method. Calculate bias <math>b</math> or per cent relative bias <math>b(\%)</math> or the relative per cent recovery (apparent recovery).</p> $b = \bar{x} - \bar{x}_{ref}$ $b(\%) = \frac{\bar{x} - \bar{x}_{ref}}{\bar{x}_{ref}} \times 100$ $R(\%) = \frac{\bar{x}}{\bar{x}_{ref}} \times 100$	<p>Gives a measure of the bias relative to the alternative method. The alternative method may be a reference method or, if the intention is to replace one method with another and there is a need to demonstrate equivalent performance, a method currently in use in the laboratory.</p> <p>The alternative method may itself be biased, in which case the experiment will not provide an absolute measure of trueness.</p>
NOTE Bias may vary with matrix and concentration level which means that the number of matrices and concentration levels to be examined must be stated in the validation plan.			

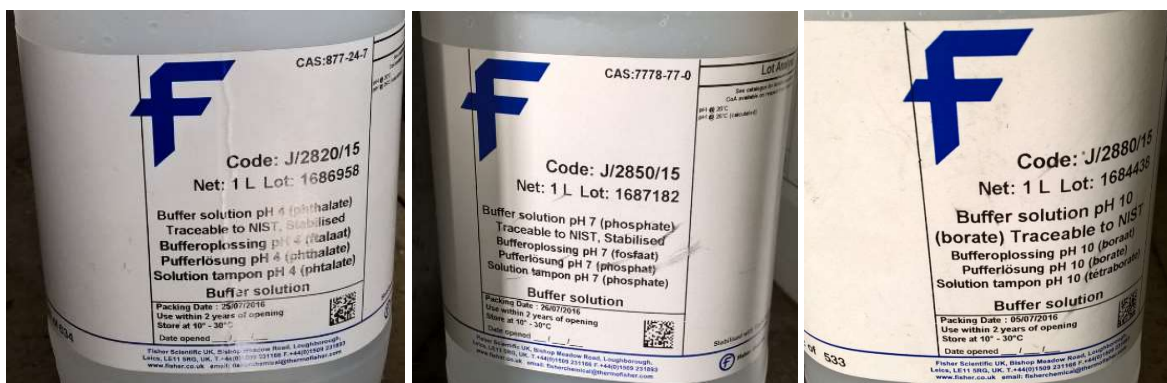
Quick Reference 7 – Repeatability, intermediate precision and reproducibility

What to do	How many times	What to calculate/determine from the data	Comments
Measure RMs, surplus test samples or spiked sample blanks at various concentrations across working range. Repeatability and intermediate precision can be determined from separate studies (see a) and b) below) or simultaneously in a single study (see c) below.			
a) Same analyst and equipment, same laboratory, short timescale.	6-15 replicates for each material.	Determine standard deviation ( $s$ ) of results for each material.	Estimates repeatability standard deviation $s_r$ for each material.*
b) Different analysts and equipment, same laboratory, extended timescale.	6-15 replicates for each material.	Determine standard deviation ( $s$ ) of results for each material.	Estimates intermediate precision standard deviation $s_p$ for each material.
c) Different analysts and equipment, same laboratory, extended timescale.	6-15 groups of duplicate measurements <sup>b</sup> obtained under repeatability conditions on different days/equipment for each material.	Calculate repeatability standard deviation from ANOVA results for each material.  Calculate between-group standard deviation from ANOVA and combine with repeatability standard deviation for each material.	Estimates repeatability standard deviation $s_r$ for each material.  Estimates intermediate precision standard deviation $s_p$ for each material.
d) Different analysts and equipment, different laboratories, extended timescale.	6-15 groups of duplicate measurements <sup>b</sup> obtained under repeatability conditions in different laboratories for each material.	Calculate repeatability standard deviation from ANOVA results for each material.  Calculate between-laboratory standard deviation from ANOVA results and combine with repeatability standard deviation for each material.	Estimates repeatability standard deviation $s_r$ for each material.  Estimates reproducibility standard deviation $s_R$ for each material. This requires a special inter-laboratory comparison ('collaborative trial').
* A repeatability standard deviation can also be estimated by pooling of several small data sets, e.g. $n = 2$ , from different days.			
<sup>b</sup> Duplicate measurements within each group will provide a balanced number of degrees of freedom for the estimates of the within- and between-group standard deviations. Increasing the number of replicates per group will increase the number of degrees of freedom associated with the estimate of the repeatability.			

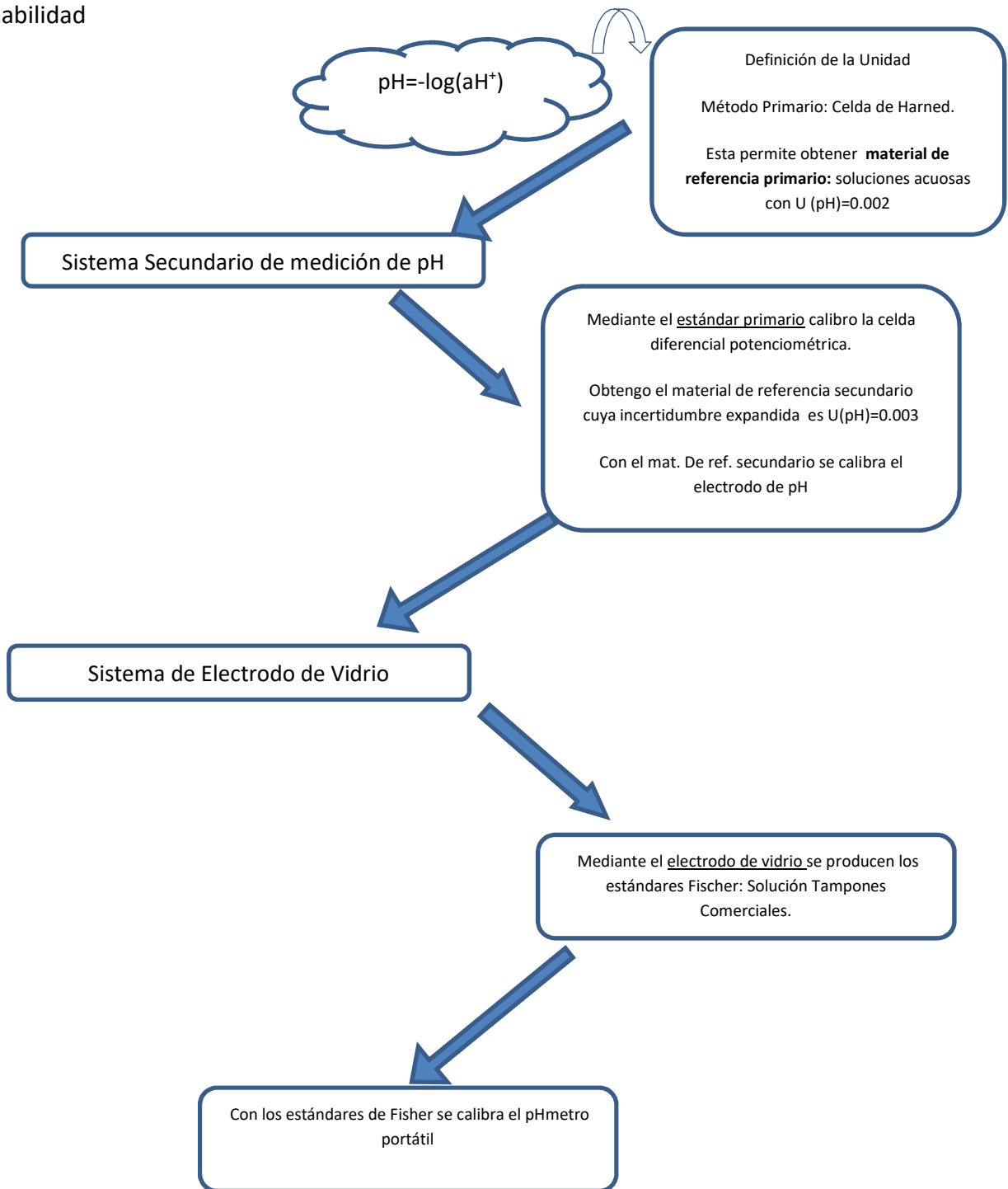
## Anexo IV

### Información relativa a Soluciones buffer Fisher

pH	CAS	Código	Lote	Solución	Packaging date
4	877-24-7	J/2820/15	1686958	Solución buffer de ftalato trazable al NIST. (Fisher Scientific UK)	25/07/2016
7	7778-77-0	J/2850/15	1687182	Solución buffer de fosfato trazable al NIST (Fisher Scientific UK)	26/07/2016
10	10043-35-3	J/2880/15	1684438	Solución buffer de borato trazable al NIST (Fisher Scientific UK)	05/07/2016



## Trazabilidad





Bishop Meadow Road,  
Loughborough,  
Leicestershire,  
LE11 5RG  
Tel: 01509 231166  
Fax: 01509 231893

## Certificate of Analysis

Fisher Scientific's Quality System has been found to conform to Quality Management System Standard ISO9001:2015 by SAI Global Certificate Number QMS42099

This is to certify that units of the Lot number were tested and found to comply with the specifications of the grade listed. Certain data has been supplied by third parties. Thermo Fisher Scientific expressly disclaims any warranties, expressed or implied, including the implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose. Unless otherwise stated, these products are not intended for dialysis, parenteral or injectable use without further processing. The following are the actual analytical results obtained.

<b>Catalogue Number:</b>	J/2820	<b>Quality Test / Release Date:</b>	22-JUL-16
<b>Lot Number:</b>	1686958	<b>Expiry Phrase:</b>	Use within 2 yrs of opening

<b>Description:</b>	Standard buffer solution, pH4		
<b>Grade:</b>	Buffer Solution	<b>Application:</b>	

<b>Appearance:</b>	Clear colourless Mobile liquid
--------------------	--------------------------------

Result Name	Test Value	Units	Specification
pH @ 20°C	3.9800	pH	>= 3.98 and <= 4.02
pH @ 25°C (calculated)	3.99	pH	>= 3.99 and <= 4.03

<b>Additional Information:</b>	This product is traceable to NIST. The pH value is determined from the response of a calibrated glass electrode. The pH scale is that defined in BS1647:1984. The glass electrode is calibrated by measuring its response when immersed in reference buffer solutions. Reference buffer solutions are prepared according to the formulations in the British Standard and are traceable to NIST reference material.
--------------------------------	--



Mrs K S Cluskey BSc  
Quality & Compliance Manager.

Tuesday 17th of July 2018

Note: The data listed is valid for all package sizes of this lot of this product, expressed as an extension of the catalogue number listed above. If there are any questions with this certificate, please call Customer Services on +44(0)1509 555500



Bishop Meadow Road,  
Loughborough,  
Leicestershire,  
LE11 5RG  
Tel: 01509 231166  
Fax: 01509 231893

## Certificate of Analysis

Fisher Scientific's Quality System has been found to conform to Quality Management System Standard ISO9001:2015 by SAI Global Certificate Number QMS42099

This is to certify that units of the Lot number were tested and found to comply with the specifications of the grade listed. Certain data has been supplied by third parties. Thermo Fisher Scientific expressly disclaims any warranties, expressed or implied, including the implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose. Unless otherwise stated, these products are not intended for dialysis, parenteral or injectable use without further processing. The following are the actual analytical results obtained.

<b>Catalogue Number:</b>	J/2850	<b>Quality Test / Release Date:</b>	25-JUL-16
<b>Lot Number:</b>	1687182	<b>Expiry Phrase:</b>	Use within 2 yrs of opening

<b>Description:</b>	Buffer solution pH7		
<b>Grade:</b>	Buffer Solution	<b>Application:</b>	

<b>Appearance:</b>	Clear colourless Mobile liquid
--------------------	--------------------------------

Result Name	Test Value	Units	Specification
pH @ 20°C	7.0200	pH	>= 6.98 and <= 7.02
pH @ 25°C (calculated)	7	pH	>= 6.96 and <= 7

<b>Additional Information:</b>	The pH value is determined from the response of a calibrated glass electrode. The pH scale is that defined in BS1647:1984. The glass electrode is calibrated by measuring its response when immersed in reference buffer solutions. Reference buffer solutions are prepared according to the formulations in the British Standard and are traceable to NIST reference material. Stabilised with 10ppm Mercury (II) chloride.
--------------------------------	--



Mrs K S Cluskey BSc  
Quality & Compliance Manager.

Tuesday 17th of July 2018

Note: The data listed is valid for all package sizes of this lot of this product, expressed as an extension of the catalogue number listed above. If there are any questions with this certificate, please call Customer Services on +44(0)1509 555500



Bishop Meadow Road,  
Loughborough,  
Leicestershire,  
LE11 5RG  
Tel: 01509 231166  
Fax: 01509 231893

## Certificate of Analysis

Fisher Scientific's Quality System has been found to conform to Quality Management System Standard ISO9001:2015 by SAI Global Certificate Number QMS42099

This is to certify that units of the Lot number were tested and found to comply with the specifications of the grade listed. Certain data has been supplied by third parties. Thermo Fisher Scientific expressly disclaims any warranties, expressed or implied, including the implied warranties of merchantability and fitness for a particular purpose. Unless otherwise stated, these products are not intended for dialysis, parenteral or injectable use without further processing. The following are the actual analytical results obtained.

<b>Catalogue Number:</b>	J/2880	<b>Quality Test / Release Date:</b>	29-JUN-16
<b>Lot Number:</b>	1684438	<b>Expiry Phrase:</b>	Use within 2 yrs of opening

<b>Description:</b>	Buffer solution pH10 (Borate)		
<b>Grade:</b>	Buffer Solution	<b>Application:</b>	

<b>Appearance:</b>	Clear colourless Mobile liquid
--------------------	--------------------------------

Result Name	Test Value	Units	Specification
pH @ 20°C	10.0100	pH	>= 9.98 and <= 10.02

<b>Additional Information:</b>	The pH value is determined from the response of a calibrated glass electrode. The pH scale is that defined in BS1647:1984. The glass electrode is calibrated by measuring its response when immersed in reference buffer solutions. Reference buffer solutions are prepared according to the formulations in the British Standard and are traceable to NIST reference material
--------------------------------	--



Mrs K S Cluskey BSc  
Quality & Compliance Manager.

Tuesday 17th of July 2018

Note: The data listed is valid for all package sizes of this lot of this product, expressed as an extension of the catalogue number listed above. If there are any questions with this certificate, please call Customer Services on +44(0)1509 555500



Durable and low maintenance

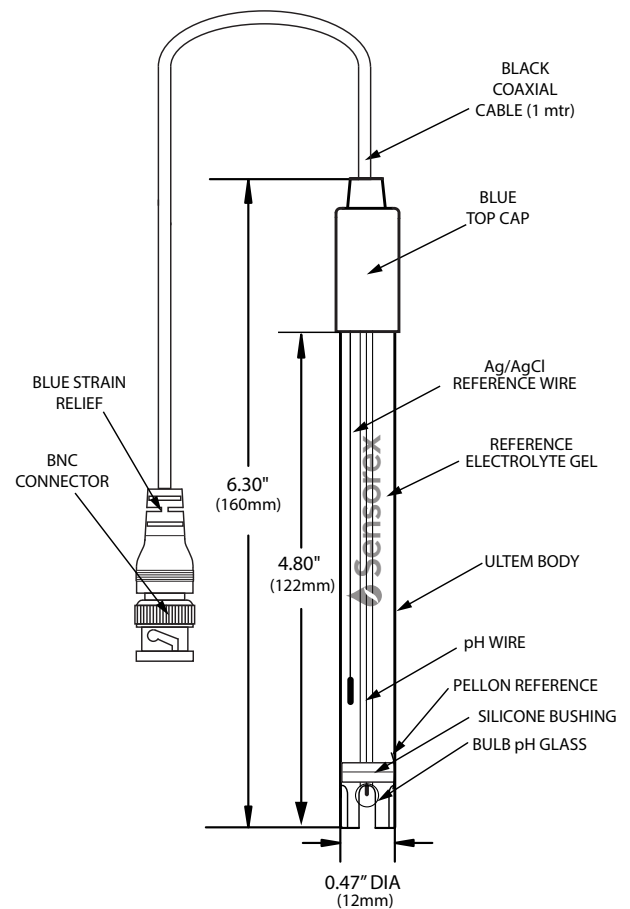
Direct fit replacement for S200C model sensors

Accurate measurements across the full pH scale (0-14)

Instantly ready for use straight out of the box

Compatible with any meter accepting a BNC connector

## OUTLINE AND DIMENSIONS



## SPECIFICATIONS

<b>pH Range</b>	0-14 (Na <sup>+</sup> error at 12.3 < pH)
<b>Response</b>	95% in 1 second (bulb glass shape) 95% in 5 seconds (flat glass shape) 90% < in 5-7 seconds (spear glass shape)
<b>Isopotential Point</b>	7.00 pH (0 mV)
<b>Offset</b>	± 0.20 pH
<b>Span</b>	97% of theoretical or higher
<b>Connector</b>	BNC (Standard Configuration)
<b>Cable Length</b>	1 meter (Standard Configuration)
<b>Diameter</b>	12mm
<b>Length</b>	150mm
<b>Reference</b>	Sealed
<b>Junction Number</b>	Single (1)
<b>Junction Material</b>	Pellon
<b>Reference Solution</b>	3.5 M KCl/AgCl/KNO <sub>3</sub> (gel)
<b>Glass Shape</b>	Bulb
<b>Body Material</b>	Ultem®
<b>Temperature Range</b>	0-80 degrees C
<b>Strain Relief</b>	No
<b>BNC Boot</b>	No
<b>Bulb Protection</b>	Teeth

## ORDERING INFORMATION

**Part Number Description**

**pH1600** New and improved S200C in durable Ultem body

DESIGNED AND ASSEMBLED IN CALIFORNIA, USA

11751 MARKON DRIVE • GARDEN GROVE, CA 92841 • 714.895.4344 • WWW.SENSOREX.COM

© Sensorex Corporation. All rights reserved. In the interest of improving and updating its equipment, Sensorex reserves the right to alter specifications to equipment at any time.