

**AGUAS RESIDUALES. Protocolo de muestreo de aguas
residuales no domésticas que se descargan en la red de
alcantarillado**

WASTEWATER. Sampling protocol no domestic wastewater discharged into the sewer

**2016-12-09
1ª Edición**

© INACAL 2016

Todos los derechos son reservados. A menos que se especifique lo contrario, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluyendo fotocopia o publicándolo en el internet o intranet, sin permiso por escrito del INACAL.

INACAL

Calle Las Camelias 815, San Isidro
Lima - Perú
Tel.: +51 1 640-8820
administracion@inacal.gob.pe
www.inacal.gob.pe

ÍNDICE

		página
	ÍNDICE	ii
	PREFACIO	iii
1	OBJETO	1
2	REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3	CAMPO DE APLICACIÓN	6
4	TÉRMINOS Y DEFINICIONES	6
5	PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	7
6	ANTECEDENTES	14
	ANEXOS	
	ANEXO A	15
	ANEXO B	16
	ANEXO C	20
	ANEXO D	22
	ANEXO E	28
	ANEXO F	30

PREFACIO

A. RESEÑA HISTORICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización de Aguas residuales, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de agosto de 2015 a setiembre de 2016, utilizando como antecedentes a los documentos que se mencionan en el capítulo correspondiente.

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Aguas residuales presentó a la Dirección de Normalización –DN–, con fecha 2016-09-23, el PNTP 214.060:2016, para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de discusión pública el 2016-10-03. No habiéndose presentado observaciones fue oficializada como Norma Técnica Peruana **NTP 214.060:2016 AGUAS RESIDUALES. Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado**, 1ª Edición, el 20 de diciembre de 2016.

A.3 La presente Norma Técnica Peruana ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

SECRETARÍA

Dirección General de Política y Regulación en construcción y saneamiento - Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento

Secretario

Oscar García Freitas

ENTIDAD**REPRESENTANTE**

Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento	Guillermo Vasquez Rojas Emilse Arohuanca Lagos
Sedapal	Perla Betty Chung Tong Carmen Ccasani Condori
Sedalib S.A.	Fernando Alfaro Jimenez Juan de Carmen Mimbela Leon
Dirección General de Política y Regulación en Construcción y Saneamiento - Ministerio, de Vivienda Construcción y Saneamiento	Mary Justina Tesén Romero Miguel Nalda Gagliardi
Corporación Lindley S.A.	Raúl León Alcántara
Dirección de Acreditación – INACAL	Patricia Aguilar Rodriguez Elba Matta Marin
Sociedad Nacional de Industrias	Rolando Piskulich Johnson
Universidad Nacional Agraria La Molina	Rosa Miglio Toledo
Autoridad Nacional del Agua – Ministerio de Agricultura y Riego	Lourdes Chang Cristobal William Anaya Hilario
Consultora	Nelly Nakamatsu
NSF Envirolab S.A.C.	Joel Atarama Orejuela Víctor Huamaní León
Certificaciones del Perú S.A. CERPER	Soraya Guzmán Bandach Flora Ruiz
SGS del Perú S.A.C.	Flor San Martín
Avantia S.A.C.	Alberto García Méndez

---0000000---

AGUAS RESIDUALES. Protocolo de muestreo de aguas residuales no domésticas que se descargan en la red de alcantarillado

1 OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece la metodología de muestreo para parámetros considerados en la evaluación de la calidad de las aguas residuales no domésticas que se descargan en el sistema de alcantarillado sanitario.

2 REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos con base en ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee, en todo momento, la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia.

2.1 Normas Técnicas Internacionales

- | | | |
|-------|------------------|---|
| 2.1.1 | ISO 17294-2:2003 | Water quality - Application of inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS) – Part 2: Determination of 62 elements |
| 2.1.2 | ISO 11885:2007 | Water quality - Determination of selected elements by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES) |

2.2 Normas Técnicas de Asociación

2.2.1 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Biochemical Oxygen Demand (BOD) Part 5210 B:2012 5- Day BOD Test

2.2.2 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Chemical Oxygen Demand (COD). Open Part 5220 B:2012 Reflux Method

2.2.3 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Part 5220 C:2012 Reflux, Titrimetric Method

2.2.4 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Part 5220 D:2012 Reflux, Colorimetric Method

2.2.5 EPA 410.1:1999 Chemical Oxygen Demand, Titrimetric, Mid- Level

2.2.6 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Solids. Total Suspended Solids Dried at Part 2540 D:2012 103 °C - 105 °C

2.2.7 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Oil and Grease. Liquid – Liquid, Partition- Part 5520 B:2012 Gravimetric Method

2.2.8 EPA 1664, revision B:2010 n-Hexano Extratable Material (HEM; Oil and Grease) and Silica Gel Treated n-Hexane Extractable Material (SGT-HEM; Non-polar Material) by Extraction and Gravimetry

2.2.9 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Metals by Inductively Coupled Plasma / Mass Part 3125 B:2012 Spectrometry. Inductively Coupled Plasma/Mass Spectrometry (ICP-MS) Method

2.2.10 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Nitric acid digestion / Direct Oxide-Acetylene Part 3030 E and 3111 D:2012 Flame Method

2.2.11 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Aluminum. Eriochrome Cyanine R Method Part 3500 Al B:2012

2.2.12 EPA 200.7, Revision 4.4:1994 Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

2.2.13 EPA 200.8, Revision 5.4:1994 Determination of trace elements in waters and wastes by Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry

2.2.14 EPA 6010 B, Revision 2:1996 Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry

2.2.15 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Arsenic and Selenium by Hydride Generation / Part 3114 C: 2012 Atomic Absorption Spectrometry. Continuous Hydride Generation/Atomic Absorption Spectrometric Method

2.2.16 EPA 6020 A, Revision 1:2007 Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry

2.2.17 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Boron. Curcumin Method Part 4500 B:2012

2.2.18 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Metals by Flame Atomic Absorption Part 3111 B:2012 Spectrometry. Direct Air-Acetylene Flame Method

2.2.19 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Metals by Electrothermal Atomic Absorption Part 3113 B:2012 Spectrometry. Electrothermal Atomic Absorption Spectrometric Method

2.2.20 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Cyanide. Total Cyanide after distillation. Part 4500 CN⁻ C, D:2012 Titrimetric Method

2.2.21 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Cyanide. Total Cyanide after Distillation.
Part 4500 CN⁻ C, E:2012 Colorimetric Method

2.2.22 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Cyanide. Total Cyanide after Distillation.
Part 4500 CN⁻ C, F:2012 Cyanide – Selective Electrode Method

2.2.23 ASTM D 7511-12:2012 Standard Test Method for Total cyanide by
Segmented Flow Injection Analysis, In-Line Ultraviolet Digestion and Amperometric
Detection

2.2.24 EPA 335.2 600/4-79-020 Cyanide Total (Titrimetric; Revised March: 1983
Spectrophotometric)

2.2.25 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Hexavalent Chromium. Colorimetric
Method Part 3500 Cr B:2012

2.2.26 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Manganese. Persulfate Method Part 3500
Mn B:2012

2.2.27 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Metals by Cold – Vapor Atomic
Absorption Part 3112 B:2012 Spectrometry. Cold – Vapor Atomic Absorption
Spectrometric Method

2.2.28 EPA 245.1, revision 3.0:1994 Determination of mercury in water by cold
vapor atomic absorption spectrometry

2.2.29 EPA 245.7, revision 2.0:2005 Mercury in Water by Cold Vapor Atomic
Absorption Spectrometry

2.2.30 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Sulfate. Turbidimetric Method Part 4500
SO₄²⁻ E:2012

2.2.31 EPA 300.0, revision 2.1:1993 Determination of Inorganic Anion by Ion Chromatography

2.2.32 EPA 300.1, revision 1.0:1997 Determination of Inorganic Anion in Drinking Water by Ion Chromatography

2.2.33 EPA 375.4:1999 Sulfate (Turbidimetric)

2.2.34 EPA 8270 D, revision 5:2014 Semivolatile Organic Compounds by Gas Chromatography / Mass Spectrometry (GC/MS)

2.2.35 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Sulfide. Methylene Blue Method Part 4500 S²⁻ D:2012

2.2.36 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Sulfide. Iodometric Method Part 4500 S²⁻ F:2012

2.2.37 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Sulfide. Ion-Selective Electrode Method Part 4500 S²⁻ G:2012

2.2.38 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Nitrogen (Ammonia). Ammonia – Selective Part 4500 NH₃ - D:2012 Electrode Method

2.2.39 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Nitrogen (Ammonia). Phenate Method Part 4500 NH₃ - F:2012

2.2.40 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. pH Value. Electrometric Method Part 4500 H⁺ B:2012

2.2.41 EPA 150.1:1999 pH (Electrometric)

2.2.42 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Solids. Settleable Solids Part 2540 F:2012

2.2.43 EPA 160.5:1999 Settleable Matter (Volumetric, Imhoff cone)

2.2.44 SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Temperature. Laboratory and Field Methods Part 2550 B:2012

2.2.45 EPA 170.1:1999 Temperature (Thermometric) Approved for NPDES (Issued 1974)

3 CAMPO DE APLICACIÓN

Se aplica a los usuarios que generan aguas residuales no domésticas que se descargan en el sistema de alcantarillado sanitario.

4 TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los propósitos de la presente Norma Técnica Peruana se aplica la siguiente definición:

4.1 **Agua residual no doméstica:** Descarga de líquidos producidos por alguna actividad económica comercial e industrial, distintos a los generados por los usuarios domésticos, quienes descargan aguas residuales producto de la preparación de alimentos, del aseo personal y de desechos fisiológicos.

4.2 **Usuario no doméstico:** Es la persona natural o jurídica que realiza descargas de aguas residuales no domésticas al sistema de alcantarillado sanitario.

4.3 **Contramuestra:** Es una muestra adicional que se toma en la misma oportunidad, bajo los mismos criterios que la muestra a ser analizada.

4.4 **Entidad Prestadora de Servicios:** La Empresa prestadora de servicio (EPS) pública, municipal, privada o mixta, constituida con el exclusivo propósito de brindar servicios de saneamiento en el ámbito urbano.

4.5 **Entidad que haga sus veces:** La Unidad de Gestión o el Operador Especializado o la Organización Comunal.

4.6 **Laboratorio acreditado:** Es el laboratorio que ha obtenido el Certificado de Acreditación otorgado por el INACAL.

4.7 **Muestra puntual:** Muestra recolectada en un lugar y tiempo específico y que refleja las circunstancias particulares del cuerpo de agua, para el momento y sitio de su recolección.

4.8 **Muestra compuesta:** Es la combinación de alícuotas de muestras individuales (durante los turnos de producción comprendidos en 24 horas) cuyo volumen parcial se determina en proporción al caudal del agua residual al momento de cada muestreo. Para los parámetros señalados en el Anexos A, con el correspondiente indicador de muestra compuesta.

La muestra compuesta proporciona una mayor representatividad del muestreo de matrices heterogéneas donde la concentración de los analitos de interés puede variar en cortos periodos de tiempo y/o espacio.

4.9 **Punto de muestreo:** Lugar georreferenciado o debidamente identificado donde se realiza la toma de muestra.

5 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO

5.1 Condición del punto de muestreo

Se debe considerar las siguientes condiciones:

5.1.1 Accesibilidad: debe ser de libre acceso de obstáculos y que reúna las condiciones de seguridad laboral, para garantizar la integridad física y la salud del personal que realizará la toma de muestra.

5.1.2 Comportamiento hidráulico: Se debe asegurar que siempre se mantenga un flujo constante y homogéneo (mezcla completa); y queda excluida la toma de muestra en agua estancada.

5.1.3 Dimensiones: deben ser adecuadas para tomar una muestra representativa o las que en su oportunidad defina la autoridad competente.

5.2 Consideraciones para el muestreo

5.2.1 Tipos de muestras.

Es común distinguir entre dos tipos de muestras unas puntuales y otras compuestas.

5.2.1.1 Muestras puntuales

En la Tabla 1 se señala algunas opciones a ser tomadas en cuenta para el muestreo puntual, considerando distintas opciones para cada parámetro.

Además, en la Tabla 2 se hacen precisiones para la toma de muestras de todos los parámetros considerados.

TABLA 1. Consideraciones y opciones para el muestreo puntual

Parámetro	Opción 1	Opción 2	Opción 3 (para pequeños flujos)
Temperatura	Se toma directamente en el flujo de agua	Se sumerge el termómetro y electrodos del pH metro en un recipiente lleno con la muestra recolectada previamente	
pH			Se recolecta volúmenes de muestra parciales, se vierte a un recipiente más grande y de aquí se extrae la muestra para la medición del pH.
Sólidos Sedimentables	Se recolecta el volumen para su determinación en campo.	Se recolecta el volumen para su determinación en laboratorio.	Se recolecta volúmenes de muestra parciales, se vierte a un recipiente más grande y de aquí se extrae la muestra para su determinación en campo o laboratorio.

5.2.1.2 Muestras compuestas

Para la toma de muestra compuesta se debería considerar lo siguiente:

- Identificar el punto de medición del caudal.
- Determinar el volumen de la alícuota, en función a los requerimientos mínimos de volumen para cada parámetro indicado en la Tabla 2.
- Del recipiente que recibe las alícuotas de acuerdo al caudal, se vierten volúmenes parciales a frascos teniendo en consideración lo indicado en la Tabla 2.

5.2.1.2.1 Punto de medición de caudal

El lugar o tramo que se elija para establecer un punto de medición debe reunir los siguientes requisitos:

- El flujo de agua debe estar sin turbulencias y debe tener una velocidad estable.
- El punto debe estar limpio, libre de sedimentos e incrustaciones.

5.2.1.2.2 Métodos de medición de caudales

Existen varias formas de medición de caudales en canales abiertos (Anexo D), dentro de las principales se encuentran con algunas restricciones indicadas en el Anexo E.

5.2.1.2.3 Recolección de las muestras compuestas

El procedimiento de la muestra compuesta recolectada según el caudal se puede realizar de la manera que se describe a continuación (véase el ejemplo del Anexo C).

- Se toman las muestras puntuales, cada 2 horas durante el periodo completo de operación diario del establecimiento, colocándolas en frascos debidamente tapados, rotulados y preservados para evitar alteraciones de las características de la muestra.
- De cada frasco se toman muestras proporcionales al caudal de la hora del muestreo y se trasvasan a un recipiente de aproximadamente 2 litros.

5.3 Preservación y almacenamiento de la muestra

En la Tabla 2 se indica las consideraciones que deben tenerse en cuenta para la conservación de las muestras puntuales y compuestas de acuerdo al parámetro para su posterior análisis físico o químico.

TABLA 2 - Condiciones de preservación y tipo de recipiente para análisis de los parámetros considerados

Parámetro	Cantidad mínima (mL)	Tipo de recipiente	Preservación / Conservación	Almacenamiento máximo recomendado	Observaciones
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	1 000	Plástico o vidrio	Refrigerar $\leq 6^{\circ}\text{C}$	48 horas	Almacenar la muestra en un recipiente oscuro. Llenar el frasco completamente sin dejar burbujas de aire.
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	100	Plástico o vidrio	Analizar lo antes posible o agregar H_2SO_4 hasta llegar a un $\text{pH} < 2$, y refrigerar de $\leq 6^{\circ}\text{C}$	28 días	Preferentemente colectar las muestras en botellas de vidrio. Analizar las muestras inestables sin demora. De no poder evitarse la demora antes del análisis, preservar la muestra por acidificación a $\text{pH} \leq 2$.
Aceites y Grasas	1 000	Vidrio ámbar de boca ancha	Agregar H_2SO_4 o HCl hasta llegar a un $\text{pH} < 2$, y refrigerar de $\leq 6^{\circ}\text{C}$	28 días	Recolectar una muestra puntual representativa en un frasco de vidrio de boca ancha. Usar tapas revestidas de PTFE para frascos de muestra. Recolectar una muestra separada para una determinación de aceite y grasa. No llenar en exceso el recipiente de muestra. Generalmente, recolectar muestras de agua residual de aproximadamente 1 L. Si se espera que la concentración sea mayor a 1000 mg de material extraíble/L, recolectar proporcionalmente en volúmenes más pequeños. Si el análisis va a demorar por más de 2 horas, acidificar y refrigerar.
Sólidos suspendidos	200	Plástico o vidrio	Refrigerar de 2°C a 6°C	7 días	

Parámetro	Cantidad mínima (mL)	Tipo de recipiente	Preservación / Conservación	Almacenamiento máximo recomendado	Observaciones
Aluminio	250	Plástico	Si se requiere metales disueltos filtrar la muestra inmediatamente y adicionar HNO_3 a $\text{pH} < 2$. Si se requiere metales totales adicionar HNO_3 a $\text{pH} < 2$	6 meses	Los envases de vidrio de borosilicatos pueden incrementar el contenido de sílice y sodio.
Arsénico					
Boro					
Cadmio					
Cromo, total					
Cobre					
Plomo					
Manganeso					
Mercurio					
Níquel					
Zinc					
Cromo (VI)	250	Plástico o vidrio	Refrigerar de $\leq 6^\circ\text{C}$. Llevar a pH 9,3 a 9,7 con tampón de sulfato de amonio	28 días	Ajustar el pH de las muestras a 9,3 a 9,7 con la solución tampón más 600 μL de NaOH 5 N por cada 100 mL de muestra. Nunca diluir el volumen de la muestra por más de 10 % . Refrigerar a $<6^\circ\text{C}$. Analizar con 28 días de la recolección. Si el pH no está dentro del rango adecuado, entonces o se analiza la muestra o se ajusta el pH dentro de las 24h .
Cianuros, total	1 000	plástico o vidrio oscuro	Agregar NaOH y llevar a $\text{pH} > 12$ y refrigerar $\leq 6^\circ\text{C}$	14 días	Analizar dentro de las 24 horas si hay sulfuros presentes

Parámetro	Cantidad mínima (mL)	Tipo de recipiente	Preservación / Conservación	Almacenamiento máximo recomendado	Observaciones
Nitrógeno Amoniacal	500	Plástico o vidrio	Agregar H_2SO_4 hasta llegar a un $\text{pH} < 2$ y refrigerar de 2°C a 6°C	7 días	
pH	50	plástico o vidrio	Analizar inmediatamente	0,25 h	
Sólidos Sedimentables	1 000	plástico o vidrio	Refrigerar de 2°C a 6°C	7 días	
Sulfatos (SO_4^{2-})	100	plástico o vidrio	Refrigerar de 2°C a 6°C	28 días	
Sulfuros	100	plástico	Agregar Acetato de Zn (1mL) y luego NaOH (6N) (2mL) y refrigerar de 2°C a 6°C	7 días	
Temperatura	100	plástico o vidrio	Analizar inmediatamente	0,25 h	

6 ANTECEDENTES

6.1 SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 1060, 22nd Ed. 2012. Collection and preservation of sample.

6.2 NTP-ISO 5667-10:2012 Calidad de agua. Muestreo. Parte 10: Guía para el muestreo de aguas residuales

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

ANEXO A (NORMATIVO)

TIPO DE MUESTREO PARA LOS PARÁMETROS CONSIDERADOS

N°	Parámetro	Muestreo*	
		Puntual	Compuesto
1	DBO	Si	Si
2	DQO	Si	Si
3	Sólidos Suspendedos Totales	Si	Si
4	Aceites y grasas (Material Extraíble en Hexano)	Si	No
5	pH (en campo)	Si	No
6	Nitrógeno Amoniacal	Si	Si
7	Sólidos Sedimentables	Si	No
8	Sulfatos	Si	Si
9	Sulfuros	Si	Si
10	Cromo VI	Si	No
11	Cianuro total	Si	Si
12	Temperatura (campo)	Si	No
13	Aluminio	Si	Si
14	Arsénico	Si	Si
15	Boro	Si	Si
16	Cadmio	Si	Si
17	Cobre	Si	Si
18	Cromo	Si	Si
19	Manganeso	Si	Si
20	Mercurio	Si	Si
21	Níquel	Si	Si
22	Plomo	Si	Si
23	Zinc	Si	Si
Puntual: Representa solo la composición de la matriz en el momento y lugar de recolección. Compuesta: Muestra más representativa para matrices heterogéneas.			

NOTA: El usuario debería tener en consideración la normativa nacional.

ANEXO B
(INFORMATIVO)

**RELACIÓN DE MÉTODOS DE ENSAYOS
RECOMENDADOS POR PARÁMETRO**

Parámetro	Unidad	Expresión	Métodos de ensayo aplicables*
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	DBO ₅	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	DQO	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 B SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 C SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D EPA Method 410.1
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	S.S.T.	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D
Aceites y grasas	mg/L	A y G	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B EPA Method 1664
Aluminio	mg/L	Al	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3125 B SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030E - 3111D SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500 Al B EPA Method 200.7 EPA Method 200.8 EPA Method 6010 B EPA Method 6020 A ISO 17294-2 ISO 11885

Parámetro	Unidad	Expresión	Métodos de ensayo aplicables*
Arsénico	mg/L	As	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3114 C SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3125 B EPA Method 200.7 EPA Method 200.8 EPA Method 6010 B EPA Method 6020 A ISO 17294-2 ISO 11885
Boro	mg/L	B	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 B EPA Method 200.7 EPA Method 6010 B EPA Method 6020 A ISO 17294-2 ISO 11885
Cadmio	mg/L	Cd	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3111 B SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3113 B SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3125 B EPA Method 200.7 EPA Method 200.8 EPA Method 6020 A ISO 17294-2 ISO 11885

Parámetro	Unidad	Expresión	Métodos de ensayo aplicables*
Cianuro	mg/L	CN	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 CN ⁻ C, D SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 CN ⁻ C, E SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 CN ⁻ C, F ASTM D 7511-12 EPA METHOD 335.2
Cobre	mg/L	Cu	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3111 B
Cromo Hexavalente	mg/L	Cr ⁺⁶	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500 Cr B
Cromo Total	mg/L	Cr	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3111 B
Manganeso	mg/L	Mn	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3111 B SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3125 B SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 E - 3111 D SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3500 Mn B EPA Method 200.7 EPA Method 200.8 EPA Method 6010 B EPA Method 6020 A ISO 17294-2 ISO 11885
Mercurio	mg/L	Hg	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3112 B EPA Method 200.7 EPA Method 200.8 EPA Method 6020 A ISO 17294-2: 2003

Parámetro	Unidad	Expresión	Métodos de ensayo aplicables*
			EPA METHOD 245.1 EPA METHOD 245.7
Níquel	mg/L	Ni	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3111 B SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 E - 3111 B EPA Method 200.8 ISO 17294-2
Plomo	mg/L	Pb	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 E - 3111 B
Sulfatos	mg/L	SO ₄ ⁻²	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 SO ₄ ⁻² E EPA Method 300.0 EPA Method 300.1 EPA Method 375.4 EPA METHOD 8270 D
Sulfuros	mg/L	S ⁻²	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 S ⁻² D SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 S ⁻² F SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 S ⁻² G
Zinc	mg/L	Zn	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3111 B
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	NH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 NH ₃ -D SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 NH ₃ -F
pH	Unidad	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 H ⁺ B EPA Method 150.1: 1999
Sólidos Sedimentables	mL/L/h	S.S	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 F EPA Method 160.5
Temperatura	°C	T	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2550 B EPA Method 170.1
*Los métodos de ensayos listados son los Métodos acreditados a la fecha Octubre 2016 (Fuente: http://aplicaciones.inacal.gob.pe/crtacre/)			

ANEXO C (INFORMATIVO)

EJEMPLO PARA EL CÁLCULO DE LA ALÍCUOTA REQUERIDA PARA EL MUESTREO COMPUESTO

A continuación, se presenta un cálculo de la alícuota requerida de cada muestra puntual y se prepara la muestra compuesta de 2000 mL de agua residual con los datos del aforo siguiente:

Hora	Caudal L/s	Hora	Caudal L/s	Hora	Caudal L/s
0	16	8	22	16	33
2	12	10	36	18	30
4	10	12	40	20	26
6	14	14	37	22	22

Cálculo

1. Como la cantidad de cada muestra puntual es proporcional al caudal del intervalo del muestreo, se calcula el volumen de muestra necesario por unidad de gasto, de acuerdo con la expresión siguiente:

Volumen total de la muestra compuesta = 2000 mL

$$\text{Alícuota de volumen total} = \frac{\text{Caudal puntual} * \text{Volumen total de la muestra compuesta}}{\text{Caudal promedio} * \text{N}^{\circ} \text{ de mediciones}}$$

Ejemplo de cálculo de la primera alícuota de muestra al tiempo $t = 0$:

$$\begin{aligned} &= \frac{16 \text{ L/s} * 2000 \text{ mL}}{24,83 \text{ L/s} * 12} \\ &= 107 \text{ mL} \end{aligned}$$

Determinación de las alícuotas requeridas:

Hora	Caudal puntual L/s	Alícuota mL	Hora	Caudal puntual L/s	Alícuota mL	Hora	Caudal puntual L/s	Alícuota mL
0	16	107	8	22	148	16	33	221
2	12	81	10	36	242	18	30	201
4	10	67	12	40	268	20	26	174
6	14	94	14	37	248	22	22	148

2. Esta muestra compuesta se distribuye en los respectivos frascos para análisis de los parámetros que se señalan que deben ser muestra compuesta tomando las mismas precauciones que para las muestras puntuales.

ANEXO D (INFORMATIVO)

MÉTODOS DE MEDICIÓN DE CAUDALES

- A. Método volumétrico
- B. Vertederos
- C. Canal Parshall
- D. Método sección-velocidad

A. Método volumétrico

Este método se utiliza por lo general para caudales muy pequeños y para la medición del caudal en una tubería donde se permita coleccionar el caudal por descarga libre, en la cual se requiere de un recipiente de un volumen conocido para recolectar el agua. El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen.

Medición del tiempo: T (s)

- Un cronómetro
- Se mide el tiempo que demora el llenado de un determinado volumen de agua.

Medición del volumen: V (L)

- Conocer el volumen del recipiente

Medición del Caudal: Q (L/s)

El caudal resulta de dividir el volumen de agua que se recoge en el recipiente entre el tiempo que transcurre en coleccionar dicho volumen.

Q = caudal en L/s
V = volumen en litros
T = tiempo en segundos

$$Q = V/T$$

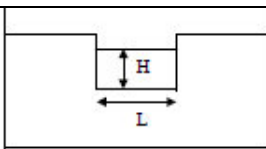
B. Método del Vertedero

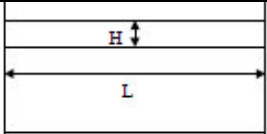
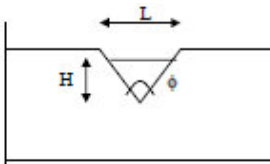
Este método es utilizado para corrientes de bajo caudal y conductos libres así como en el control del flujo en galerías y canales.

Para la medición del caudal se requiere la instalación de una placa de geometría definida y que permita el flujo libre. Se mide la altura de la superficie líquida corriente arriba para determinar el flujo. El perfil hidráulico de las instalaciones de salida de la descarga y entrega de ésta descarga, deben permitir un flujo libre para una medición adecuada de caudales, es decir que necesariamente el flujo del vertimiento se dirija sobre un canal abierto, en cual se pueda conocer la carga (tirante) de agua (H) de la corriente sobre el vertedero. Con este valor se podrá determinar el caudal en este canal.

En la siguiente tabla se presentan algunas de las ecuaciones y características de los vertederos comúnmente utilizados.

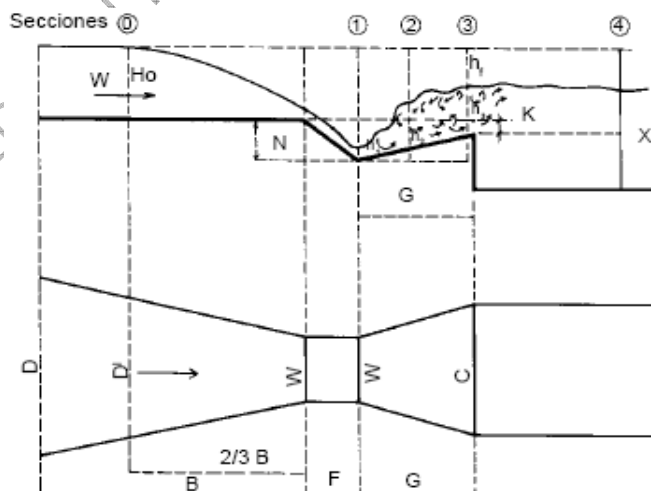
TABLA 3 - Características de los vertederos comúnmente utilizados

Tipo de vertedero	Diagrama	Ecuación
Rectangular con contracción		$Q = 3,3 * L * H^{1,5}$ Q = Caudal en m ³ /s L = Longitud de cresta en m H = carga (tirante) en m

Tipo de vertedero	Diagrama	Ecuación
Rectangular sin contracción		$Q = 1,83 * L * H^{1,5}$ Q = caudal en m^3/s L = Longitud de cresta en m H = carga (tirante) en m
Triangular		$\Phi = 90^\circ$ $Q = 1,4 * H^{1,5}$ Q = caudal en m^3/s H = carga (tirante) en m $\Phi = 60^\circ$ $Q = 0,775 * H^{1,5}$ Q = caudal en m^3/s H = carga (tirante) en m

C. Canal Parshall

El canal Parshall, es una estructura hidráulica que permite medir la cantidad de agua que pasa por una sección de un canal determinado. Está formado por una sección de entrada de paredes verticales convergentes y fondo a nivel, una garganta o estrechamiento de paredes paralelas y fondo descendiente y una sección de salida con paredes divergentes y fondo ascendente. El canal Parshall se define por el ancho de la garganta. Para la determinación del caudal se precisa de la medición de la altura del líquido, éste se puede realizar de forma instantánea con solo una medición de altura.



$$Q = (H_o/k)^{1/m}$$

Q = caudal en m³/s

H_o= Altura de agua en la zona de medición en m

K, m constantes en función al ancho de garganta de la canaleta

Ancho de la garganta del Parshall (W)		k	m
Pulgadas, pies	(m)		
3"	0,075	3,704	0,646
6"	0,150	1,842	0,636
9"	0,229	1,486	0,633
1'	0,305	1,276	0,657
1 ½'	0,406	0,966	0,650
2'	0,610	0,795	0,645
3'	0,915	0,608	0,639
4'	1,220	0,505	0,634
5'	1,525	0,436	0,630
6'	1,830	0,389	0,627
8'	2,440	0,324	0,623

FIGURA 1 - Partes y medidas del canal Parshall

D. Método de Sección - Velocidad

El método de Sección – Velocidad se usa en canales con bajo caudal. Se deben determinar dos parámetros: la velocidad y la sección transversal

Medición de la velocidad: V (m/s)

- Seleccionar un tramo de flujo homogéneo.
- Se estima una longitud apropiada (L) que representará el espacio recorrido por el flotador que oscile entre 30 m a 100 m según el caudal.
- La velocidad puede medirse utilizando un flotador visible (bolas de plástico o material sintético).

- Se inicia la operación lanzando el flotador al inicio del tramo seleccionado y midiendo el tiempo en que recorre la longitud de medición establecida.
- La velocidad también puede medirse con un correntómetro cuyas características depende del caudal a medirse. El correntómetro debe tener un certificado de calibración en el que figura la fórmula para calcular la velocidad dependiendo del número de vueltas o revoluciones por segundo.

Las profundidades en las cuales se mide las velocidades con el correntómetro es de acuerdo a la altura de agua.

- Realizar varias mediciones para descartar los valores errados que permitirá obtener un valor constante, o promedio de varias mediciones (T).
- La Velocidad (V) se calcula como sigue $V = 0,8 \times (L/T)$, la unidad de medida más representativa es m/s.

Medición de la sección transversal: A (m²)

- Medir el ancho del canal.
- Medir las profundidades a lo largo de la sección del canal.
- Calcular el área de la sección del canal.

$$A = b * h$$

donde:

b = Es el ancho del canal

h = Es la altura de agua en el canal (distancia del espejo de agua al fondo del canal en el eje central)

Medición de Caudal. Q (m^3/s)

El cálculo del caudal se realiza al multiplicar el área de la sección transversal (A) por la velocidad obtenida (V).

$$Q = V * A$$

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

ANEXO E (INFORMATIVO)

CONDICIONES Y RESTRICCIONES PARA LA UTILIZACIÓN DE DIFERENTES MÉTODOS DE MEDICIÓN DE CAUDAL

Método de aforo	Equipo o dispositivo	Condiciones	Restricciones	Aplicación
Volumétrico	Recipiente de volumen conocido y cronómetro	– Corriente con caída libre – Caudales pequeños y de poca velocidad	– Errores con chorros violentos – Requiere calibración del recipiente utilizado	Descargas libres
Vertedero	Vertederos	- Todos los vertederos - Antes de llegar al vertedor el canal de acceso debe ser recto, al menos 10 veces la longitud de su cresta	– El porcentaje de error en la medición del caudal disminuye a medida que la carga aumenta – Existe una mayor exactitud cuando el derrame tiene lugar bajo la carga máxima posible dentro de las limitaciones de cada vertedero – La cresta y los laterales del vertedero deben ser rectos y afilados – Aguas abajo del canal no debe haber obstáculos a fin de evitar ahogamiento o inmersión de la descarga del vertedor – En el proceso de evitar que se ahogue se pierde mucha carga – No se pueden combinar con estructuras de distribución o derivación.	La medición se basa en el funcionamiento de una sección hidráulica conocida y calibrada, de tal forma que con solo conocer la carga hidráulica de operación, se conoce el gasto que pasa por la sección

Método de aforo	Equipo o dispositivo	Condiciones	Restricciones	Aplicación
Sección-Velocidad	Flotador	– Velocidad de corriente que conducen gastos pequeños no mayores a 100 L/s . – Tramo del cauce lo más recto posible, alejado de curvas y que el agua corra libremente. – Sección transversal lo más regular posible. – Profundidad suficiente para que el flotador no toque el fondo.	– Hay que tomar en cuenta los coeficientes debidos a la variación del viento. – El flotador debe adquirir una velocidad cercana a la velocidad superficial del agua. – En corrientes turbulentas no se obtienen buenos resultados. – El flotador no debe ser muy ligero ni muy pesado.	Canales a cielo abierto, carentes de estructuras de aforo (vertederos) y cuando no sea posible instalar algún otro dispositivo

ANEXO F (INFORMATIVO)

TÉCNICAS DE CONTROL DE CALIDAD DEL MUESTREO

Las siguientes técnicas de control de calidad se describen abajo:

- la recolección de muestras duplicadas, como verificación de la precisión de muestreo;
- el uso de blancos de campo, para monitorear fuentes de contaminación de Muestras
- el uso de muestras fortificadas, como controles de calidad para evaluar la estabilidad de la muestra durante el transporte y almacenamiento.

F.1 Muestras duplicadas de control de calidad

Este término puede usarse para cubrir un rango de enfoques sobre control de calidad que tiene como objetivo evaluar el error aleatorio asociado con diferentes niveles del proceso de muestreo:

- a) **varianza analítica:** análisis duplicados de la misma muestra preparada en el laboratorio pueden usarse para calcular errores analíticos a corto plazo;
- b) **varianza de transporte/sub-muestreo + analítica:** análisis de muestras duplicadas tomadas en el campo (B1 y B2) de la muestra industrial (B) (la muestra obtenida por una sola aplicación del procedimiento de muestreo). La diferencia entre dichos datos proporciona un cálculo de la varianza de muestreo más analítico (incluye el almacenamiento pero no admite el efecto de recipientes de muestreo).

- c) Varianza de muestreo total + analítica: análisis de muestras industriales obtenidas por la aplicación separada del procedimiento de muestreo. Esto proporciona una indicación de la varianza de todo el proceso de muestreo y análisis (A1 y A2).

La relación entre las diferentes varianzas de muestreo en los ejemplos b) y c) se ilustra esquemáticamente en la Figura F.1 .

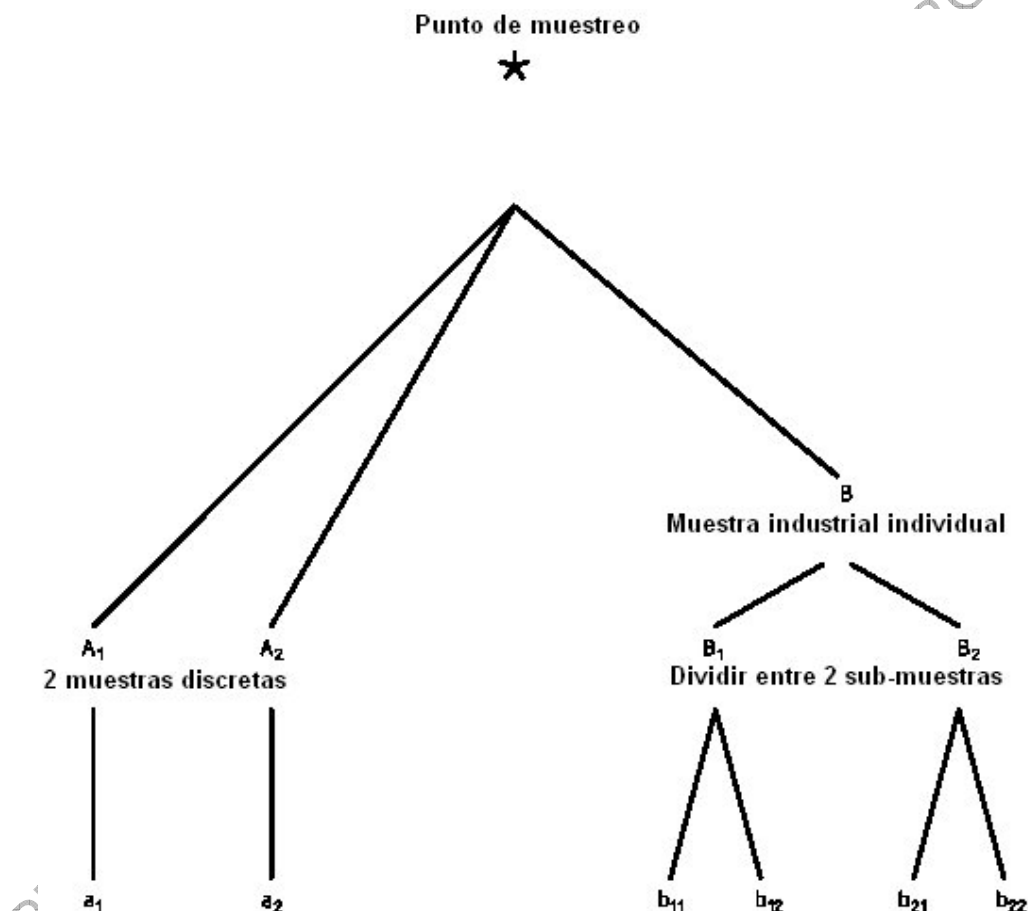


FIGURA F.1 – Relación entre diferentes varianzas de muestreo

La diferencia entre A1 y A2 proporcionan un cálculo de la varianza de muestreo total (muestreo, recipientes, almacenamiento y análisis).

La diferencia entre B1 y B2 (expresado como la media de b11 & b12 y b21 & b22) proporciona un cálculo de la varianza de muestreo más analítico (incluye el almacenamiento y excluye el recipiente de muestreo).

La diferencia entre análisis duplicados de b11 & b12 y b21 & b22 proporciona un cálculo de la precisión analítica.

El análisis de muestras duplicadas proporciona un cálculo de la contribución del error analítico, para todos los ejemplos que aparecen en las figuras 2 hasta la 3.

La comparación entre los diferentes cálculos de varianza descritos antes puede usarse para identificar las fuentes más importantes de medición de incertidumbre. Esto se ilustra en las tablas 1 y 2.

TABLA F.1 – Varianza analítica

Muestra No.	1	2	3	4	5	6	7
Resultados duplicados -1	1,61	1,72	2,21	1,38	2,25	2,8	1,74
-2	1,55	1,98	1,99	1,55	2,44	2,55	1,55
Cálculo de varianza (1 grado de libertad)	0,001 8	0,033 8	0,024 2	0,014 45	0,018 05	0,031 25	0,018 05
NOTA Cálculo común de varianza (el promedio de los cálculos anteriores) con 7 grados de libertad = 0,020 23.							

Los resultados duplicados siguientes se obtuvieron de series de muestras de aguas residuales, cada una de las que fue dividida en 2 porciones analíticas. Estas fueron analizadas para proporcionar los resultados que aparecen abajo.

TABLA F.2 – Varianza de transporte/sub-muestreo+analítica

Muestra No.	1	2	3	4	5	6
Resultados duplicados -1 -2	2,66	1,66	2,31	1,99	1,85	1,81
	1,85	2,22	1,44	1,55	2,54	2,65
Cálculo de varianza (1 grado de libertad)	0,328 1	0,156 8	0,378 5	0,096 8	0,238 1	0,352 8
NOTA 1 Cálculo común de varianza de transporte/sub-muestreo + analítica - con 6 grados de libertad = 0,258. NOTA 2 Las concentraciones de la muestra elegida deben ser similares a las que se eligieron en la tabla 1.						

Estos dos cálculos de varianza de transporte/sub-muestreo + analítica pueden compararse usando una prueba F apropiada: valor F observado = 12,75.

El valor F de estas tablas (para los grados de libertad 6 y 7 y el 95% del nivel de probabilidad) = 4,2.

El valor F observado es mayor que el valor que figura en las tablas 1 y 2 – por consiguiente existe una razón para creer que hay fuentes importantes de variación durante la etapa de muestreo/manipulación. En el caso de muestras tomadas, por ejemplo, para la determinación de amoníaco, podría ser razonable investigar la posibilidad de que la preservación de muestras pueda requerir atención o que las concentraciones hayan cambiado durante el período en el se tomaron las muestras.

F.2 Blanco de campo

Esta técnica puede usarse para identificar algunos errores relativos a la contaminación de recipientes de muestreo y el proceso de muestreo (véase la Figura F.2).

En el laboratorio, dividir una muestra de agua desionizada en 2 partes, Parte A y Parte B. La Parte A se conserva en el laboratorio mientras que la Parte B se transporta al campo y se subdivide en porciones b1 y b2.

La porción b1 debe procesarse usando el recipiente de muestreo, en la medida de lo posible usando la misma técnica como en el caso de muestras reales.

La porción b2 debe conservarse y devolverse al laboratorio sin ningún procesamiento adicional en el campo.

La porción b1 procesada como una muestra real junto con la porción b2 sin usar, debe devolverse al laboratorio para su análisis.

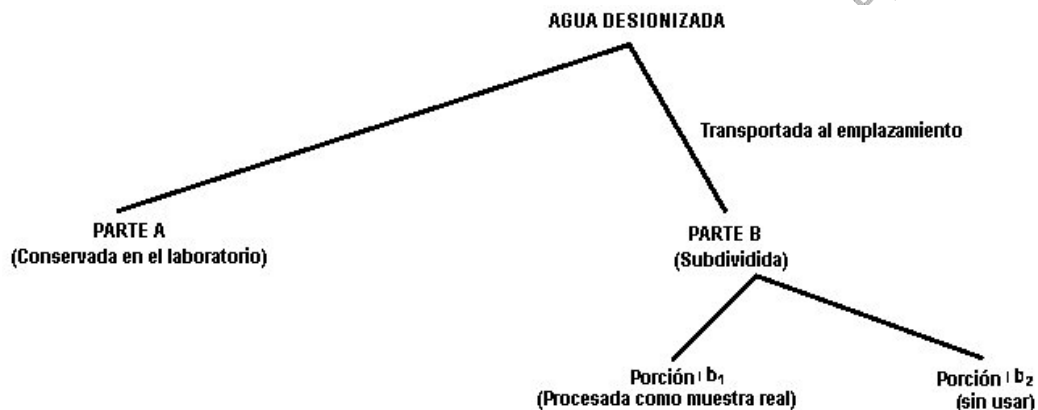


FIGURA F.2 - Muestras de Blanco de Campo usando agua desionizada

La comparación de resultados de la Parte A y la porción b1 identifica errores debido al muestreo, procesamiento y transporte.

La comparación de resultados de la Parte A y la porción b2 identifica errores debido al transporte de la muestra.

La comparación de resultados de la porción b1 y la porción b2 identifica errores debido a la contaminación de recipientes de muestreo o procesos de muestreo.

F.3 Limpieza de equipo (recipientes de muestreo)

Esta técnica puede usarse para identificar algunos errores relacionados a la contaminación de dispositivos de muestreo y al proceso de muestreo causado por una limpieza incompleta de los recipientes de muestreo (véase la figura 3).

Los procedimientos relacionados a los blancos de Campo pueden usarse in situ inmediatamente después de la operación de muestreo.

En el laboratorio, dividir una muestra de agua desionizada en 2 partes, Parte A y Parte B.

La Parte A se conserva en el laboratorio mientras que la Parte B se transporta al campo y se subdivide en porciones b1 y b2.

La porción b1 debe procesarse para enjuagar el recipiente de muestreo, en la medida de lo posible usando la misma técnica como en el caso de muestras reales.

La porción b2 debe conservarse y devolverse al laboratorio sin ningún procesamiento adicional en el campo.

La porción b1 junto con la porción b2 sin usar, debe devolverse al laboratorio para su análisis.

La comparación de resultados de la Parte A y la porción b1 identifica errores debido a la limpieza incompleta de los recipientes de muestreo.

La comparación de resultados de la Parte A y la porción b2 identifica errores debido al transporte de la muestra.

La comparación de resultados de la porción b1 y la porción b2 identifica errores debido a la contaminación de recipientes de muestreo o procesos de muestreo debido a una limpieza incompleta de los recipientes de muestreo.

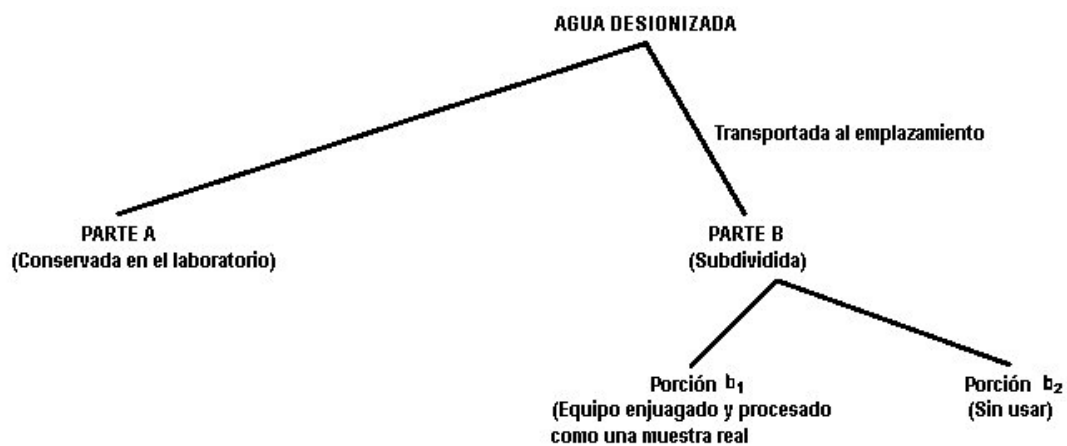


FIGURA F.3 – Enjuague usando agua desionizada