

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE QUÍMICA



Informe de Suficiencia

**Para Optar el Título Profesional de Licenciado en Química**

Muestreo y Monitoreo de Calidad de Aguas

Superficiales y Efluentes Industriales

**Presentado por:**

Urbano Sotacuro Lizana

Lima - Perú

2005

### **Agradecimientos**

A mis padres que me dieron la vida, por su apoyo constante para culminar mi carrera universitaria y a mis hermanos por su apoyo incondicional.

### **Dedicatoria**

Este trabajo está dedicado con profundo amor y afecto a mi hijo Joel Ghandi por darme la fortaleza para terminar el presente trabajo.

**MUESTREO Y MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA****TABLA DE CONTENIDO**

	<b>Pág.</b>
RESUMEN	10
RESUMEN	11
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>12</b>
OBJETIVOS	12
1.1 OBJETIVOS	12
1.1.1. OBJETIVO GENERAL	12
1.1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS	13
1.2 IMPORTANCIA DEL TRABAJO	13
1.3 FINALIDAD DEL INFORME DE SUFICIENCIA	14
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>15</b>
GENERALIDADES	15
2.1 INTRODUCCIÓN	15
2.2 ANTECEDENTES	17
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>19</b>
MARCO TEÓRICO	19
3.1 MUESTREO	19
3.2 MONITOREO	19
3.3 CALIDAD DEL AGUA	20
3.4 CONTAMINACIÓN DEL AGUA	21
3.4.1 PRINCIPALES CONTAMINANTES	21

3.4.2	TIPOS DE CONTAMINANTES DEL AGUA	22
3.5	IMPORTANCIA DEL AGUA	22
3.6	INDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA	22
3.6.1	TEMPERATURA DEL AGUA	22
3.6.2	DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO EN EL AGUA	23
3.6.3	TURBIDEZ DEL AGUA	24
3.6.4	pH DEL AGUA	24
3.6.5	OXÍGENO DISUELTO DEL AGUA	25
3.6.6	CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL AGUA	25
3.7	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA	26
3.8	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DEL AGUA	26
3.8.1	SALINIDAD	27
3.8.2	DUREZA	27
3.8.3	OXÍGENO DISUELTO	28
3.8.4	ALCALINIDAD	29
3.8.5	ACEITES Y GRASAS	29
3.8.6	IMPUREZAS INORGÁNICAS Y NITRATOS	30
3.8.7	CARACTERÍSTICAS BENÉFICAS	31
3.8.7.1	COBRE	31
3.8.7.2	FLUOR	32
3.8.7.3	ZINC	32
3.8.7.4	BORO	33
3.8.8	TOXICIDAD POTENCIAL	33
3.9	CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS	34

<b>CAPÍTULO IV</b>	37
MUESTREO Y MONITOREO AMBIENTAL	37
4.1 PROGRAMA DE MUESTREO Y MONITOREO AMBIENTAL.	37
4.2 MODELO DE UN PLAN DE TOMA DE MUESTRA	38
4.3 PARTES DE UN PLAN DE MUESTREO Y MONITOREO AMBIENTAL	39
4.3.1 DEFINICIÓN DE OBJETIVOS	39
4.3.2 SELECCIÓN DE CANTIDAD DE MUESTRA Y METODOLOGÍA	39
4.3.3 PROCEDIMIENTO DE MUESTREO	40
4.3.4 REDACCIÓN DEL PROTOCOLO FINAL DEL PLAN DE MUESTREO Y LA ACTIVIDAD DE TOMA DE MUESTRA	41
4.3.5 PLAN DE TOMA DE MUESTRA	42
4.4 FUENTES DE ERROR EN LA ETAPA DE TOMA DE MUESTRA AMBIENTAL	42
4.5 ESTRATEGIAS GENERALES DE MUESTREO DE CALIDAD DEL AGUA	43
4.5.1 ESTRATEGIA BASADA EN CRITERIO NO PROBABILÍSTICO	44
4.5.2 ESTRATEGIA BASADA EN CRITERIO PROBABILÍSTICO	45
4.5.2.1 TOMA DE MUESTRA ALEATORIA	45
4.5.2.2 TOMA DE MUESTRA SISTEMÁTICA	46
4.6 TOMA DE MUESTRA ESTRATIFICADA	47
4.7 MÉTODOS Y EQUIPOS PARA TOMA DE MUESTRA	47
4.7.1 TOMA DE MUESTRA DE AGUA	48
4.7.1.1 MUESTRA LÍQUIDA EN MOVIMIENTO EN SISTEMA ABIERTO	49
4.7.1.2 MUESTRA LÍQUIDA Y MOVIMIENTO DE SISTEMA CERRADO	51

4.7.1.3	MUESTRA LÍQUIDA ESTÁTICA EN SISTEMA ABIERTO	51
4.8	ASEGURAMIENTO DE CALIDAD DE TOMA DE MUESTRA	52
4.9	MEDIDAS DE CAUDALES	54
4.9.1	CAUDALES DE LAS DESCARGAS	54
4.9.2	MÉTODO DEL FLOTADOR	55
4.9.3	MÉTODO DE CUBO Y CRONÓMETRO	55
4.9.4	CAUDALES DE LAS AGUAS RECEPTORAS	55
	<b>CAPÍTULO V</b>	<b>57</b>
	REQUERIMIENTO GENERAL PARA EL MUESTREO Y MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA	57
5.1	IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MUESTREO Y MONITOREO	58
5.1.1	ACTIVIDADES DEL PRE-MUESTREO	58
5.1.2	ACTIVIDAD DE MUESTREO	62
5.1.2.1	IDENTIFICACIÓN DE LA ESTACIÓN DE MUESTREO	62
5.1.2.2	ROTULADO DE LOS ENVASES	64
5.1.2.3	TOMA DE MUESTRA	64
5.1.2.4	ANÁLISIS DE CAMPO	66
5.1.2.5	DOCUMENTACIÓN EN EL CUADERNO DE CAMPO	67
5.1.2.6	EMBALAJE DE MUESTRA	68
5.1.2.7	CADENA DE CUSTODIA	68
5.1.2.8	TRANSPORTE DE MUESTRAS	69
5.1.3	ACTIVIDAD DE POST-MUESTREO	69
5.2	CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL MUESTREO Y MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA EN LAS ACTIVIDADES MINERO – METALÚRGICAS	70

5.2.1.	PARÁMETROS FÍSICOS	70
5.2.2.	PARÁMETROS INORGÁNICOS	70
5.2.3.	PARÁMETROS ORGÁNICOS	71
5.2.4.	FRECUENCIA DE MONITOREO	74
5.2.4.1.	MONITOREO REGULAR PARA LA CARACTERIZACIÓN INICIAL DEL AGUA	74
5.2.5	FRECUENCIA DE MUESTREO EN LA ETAPA DE OPERACIÓN	76
5.2.5.1.	ETAPA DE DESARROLLO	76
5.2.5.2.	ETAPA DE OPERACIÓN	77
5.2.5.3.	ETAPA DE CIERRE	79
5.3.	CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL MUESTREO Y MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS ACTIVIDADES – DEL SECTOR HIDROCARBUROS	81
5.3.1.	FRECUENCIA DE MONITOREO	83
5.3.1.1.	MONITOREO DE DESCARGAS Y AGUAS RECEPTORAS	83
5.3.1.2.	SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES	85
5.4.	CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL MUESTREO Y MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA EN LAS ACTIVIDADES DE LA INDUSTRIA – MANUFACTURERA	86
5.4.1.	SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES	88
5.4.1.1.	FUERA DE LA PLANTA AGUAS ARRIBA	88
5.4.1.2.	FUERA DE LA PLANTA AGUAS ABAJO	89
5.4.1.3.	EN LA PLANTA	90
5.4.2	FRECUENCIA DE MUESTREO	91

<b>CAPÍTULO VI</b>	93
CONCLUSIONES	93
BIBLIOGRAFÍA	95
ABREVIATURAS	97
GLOSARIO	98
<b>ANEXOS</b>	102
ANEXO 1: TABLA DE ESPECIFICACIONES DE LA LEY GENERAL DE AGUAS	103
ANEXO 2: REGLAMENTO DE DESAGÜE INDUSTRIAL	105
ANEXO 3: REQUISITOS DE AGUA POTABLE	121
ANEXO 4: MÉTODOS, PRESERVANTES Y TIEMPO DE VIDA DE LAS MUESTRAS	128
ANEXO 5: FORMATO DE ETIQUETAS	137
ANEXO 6: CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE CAMPO	139
ANEXO 7: FORMATO DE REPORTE DE CAMPO	142
ANEXO 8: ANÁLISIS DE COLIFORMES TOTALES Y FECALES	144
ANEXO 9: FORMATO DE CADENA DE CUSTODIA	147
ANEXO 10: CONTAMINANTES POTENCIALES SELECCIONADOS EN EFLUENTES	149
ANEXO 11: EQUIPOS Y MUESTREADORES	151

**ÍNDICE DE TABLAS**

	<b>Pág.</b>
TABLA N° 5.1	
REQUISITOS PARA EL LAVADO DE MATERIALES	59

## ÍNDICE DE CUADROS

	<b>Pág.</b>
CUADRO N° 5.1	
SELECCIÓN DE PARÁMETROS	73
CUADRO N° 5.2	
DESCRIPCIÓN DE LOS PRINCIPALES PARÁMETROS	82
CUADRO N° 5.3	
FRECUENCIA MÍNIMA RECOMENDADA PARA EL MONITOREO DE DESCARGA LÍQUIDA Y AGUAS SUPERFICIALES EN LA INDUSTRIA PETROLERA	84
CUADRO N° 5.4	
MONITOREO DE EFLUENTES LÍQUIDOS Y CUERPOS RECEPTORES	87

## RESUMEN

El muestreo y monitoreo de calidad de aguas superficiales y efluentes industriales es la etapa más crítica dentro del proceso analítico y su posterior uso en la toma de decisiones para el control ambiental.

El presente informe de suficiencia profesional describe los requisitos mínimos que se deben cumplir para llevar a cabo un plan exitoso de muestreo y monitoreo de calidad de aguas superficiales y efluentes industriales. El mismo comprende las etapas de pre-muestreo, muestreo y post muestreo.

Además de los requisitos mínimos establecidos, en el informe se plantea un modelo de muestreo, monitoreo y análisis de campo que corresponde a la experiencia del autor cuya aplicación práctica garantiza la calidad de los resultados obtenidos en el laboratorio.

En el modelo de muestreo y monitoreo se describe así mismo el aseguramiento de calidad que debe llevarse a cabo en cada una de las etapas de muestreo, esto incluye entre otros, la calibración de los equipos, toma de muestras duplicadas, blancos de campo, manejo de cuadernos de campo, preparación de cadenas de custodia, transporte de muestras al laboratorio y los registros correspondientes.

## **CAPÍTULO I**

### **OBJETIVOS**

#### **1.1 OBJETIVOS**

##### **1.1.1 Objetivo General**

Elaborar un plan de muestreo y monitoreo de calidad de aguas superficiales y efluentes industriales, basado en las actividades secuenciales de: pre-muestreo, muestreo y post-muestreo.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

1. Presentar un plan único de muestreo y monitoreo para la toma de muestras en las tres actividades.
2. Asegurar que el proceso de muestreo y monitoreo demuestre representatividad a la muestra original para obtener resultados confiables.
3. Establecer los parámetros que tienen que ser medidas durante muestreo y monitoreo de calidad del agua para efectos de estudios ambientales.

## **1.2. IMPORTANCIA DEL TRABAJO**

El presente informe de suficiencia profesional está dirigido a los profesionales y/o entidades abocados a las evaluaciones ambientales, como una guía de referencia para que la toma de muestra sea representativa en los procesos de muestreo y monitoreo. En las actividades Minero-Metalúrgicas, actividades de Hidrocarburo y actividades de la Industria Manufactureras.

La toma de muestra es considerada como el punto mas critico en el proceso de una medida química, porque de ello dependerá la cuantificación real de un determinado contaminante y los efectos que pueden ocasionar en un determinado ecosistema.

### **1.3 FINALIDAD DEL INFORME DE SUFICIENCIA**

Compartir los conocimientos adquiridos en 5 años de experiencia en muestreo y monitoreo de calidad de agua; en los sectores Minero Metalúrgico, Hidrocarburos e Industria Manufacturera. Con los profesionales abocados a realizar estudios sobre la protección del Medio Ambiente.

## CAPÍTULO II

### GENERALIDADES

#### 2.1 INTRODUCCIÓN

El muestreo y monitoreo para la evaluación de la calidad del agua es una de las etapas previas más importantes de cualquier proceso de medida química. El problema de la etapa de muestreo y/o monitoreo es la identificación del punto de muestreo que permita tener la máxima representatividad de la muestra. Por ello, esta actividad deberá ser realizada por un profesional previamente entrenado y capacitado en las actividades de muestreo y monitoreo. Tomar una muestra representativa es un problema, ya que estas no son homogéneas en todo los puntos de muestreo si no por el contrario presentan discontinuidades tanto en su composición como en el contenido del analito o analitos, objetos del estudio.

La situación en la que el químico analítico empieza a participar en el proceso analítico después de la etapa del muestreo o monitoreo de calidad de agua es bastante usual. La responsabilidad del químico analítico para la resolución de un problema no debería empezar con la muestra en el laboratorio, si no que debería involucrarse activamente en la elaboración del plan de muestreo o monitoreo de calidad de agua para asegurar que la muestra sea lo más representativa posible, que permita hacer un análisis confiable y cuyo resultado refleje la calidad del agua en el momento del muestreo.

En la elaboración de un plan de muestreo y monitoreo de aguas superficiales y efluentes industriales, el químico analítico se encontrará con muestras de agua de diferente naturaleza. Así los analitos de interés podrán ser inorgánicos, orgánicos ó biológicos, en concentraciones que oscilarán desde los componentes mayoritarios a trazas. Uno de los problemas asociados con la toma de muestras es que no se puede recomendar un procedimiento único para obtener una porción representativa de una población. El muestreo y/o monitoreo se lleva a cabo de acuerdo al objetivo del estudio, es decir en función al uso que va a tener el agua, así por ejemplo si el objetivo es analizar la calidad del agua para determinar si es apta o no para consumo humano, los parámetros a ser medidos serán los que se indican en la norma **ITINTEC** 214.003. Pero si el objetivo es caracterizar un efluente que descarga en la red del sistema de

alcantarillado, los parámetros a ser medidos serán los que se indican en Reglamento de Desagües industriales (DS 028-60PL); así mismo si el objetivo es la evaluación de la calidad del agua a nivel ambiental deberá seguirse lo estipulado en los protocolos de cada uno de los sectores (Minero-Metalúrgico, Hidrocarburos, Industria Manufacturera); pero en la mayoría de las veces el plan de muestreo y/o monitoreo debe realizarse de acuerdo a las características de la muestra y el problema analítico específico para cada una de las actividades.

La toma de muestra deberá permitir obtener muestras representativas de la fuente original del agua en estudio. Si la porción a analizarse no es representativa, no será posible relacionar el resultado analítico del agua en estudio, que forma parte del problema analítico, independientemente de la calidad del método analítico o el cuidado con el que se ha llevado a cabo los análisis. Estas consideraciones son de vital importancia en la evaluación de la calidad del agua en los estudios ambientales en las actividades: Minero-Metalúrgica, Hidrocarburos e Industria Manufacturera.

## **2.2. ANTECEDENTES** <sup>(5, 6, 7)</sup>

En el Perú, para los diferentes sectores industriales (Minero-Metalúrgico, Hidrocarburos, Industria Manufacturera) existen diferentes protocolos y guías donde se indica, entre otros, los parámetros que deben ser controlados o la frecuencia con que

deben llevarse a cabo, sin embargo no existe una receta única acerca de la forma cómo tomar la muestra para la evaluación de la calidad del agua.

Así tenemos que, en el sector minero metalúrgico el muestreo y monitoreo, está basado en lo estipulado en el Decreto Supremo-016-93EM y en sus modificatorias según Decreto Supremo-059-93EM; en el sector Hidrocarburos el muestreo y monitoreo está basado en el Decreto Supremo 046-93EM; y las disposiciones para la industria manufacturera están basadas en el Decreto Supremo-09-97ITINCI. Estas disposiciones ambientales fueron elaboradas sobre la base de normas internacionales; tales como normas ASTM, EPA, APHA.

Los protocolos establecidos para cada una de las actividades no son ejecutados bajo un plan de muestreo bien definido ni realizados por el profesional competente y/o entidades debidamente reconocidas en la ejecución de muestreo y monitoreos ambientales. Hoy en día todas las actividades de muestreos ambientales son ejecutadas de manera inadecuada y de acuerdo a los intereses de las compañías involucradas.

## CAPÍTULO III

### MARCO TEÓRICO

#### 3.1 MUESTREO <sup>(8)</sup>

Técnica empleada para la selección de la muestra. Comprende observaciones, mediciones de campo, toma de muestras, filtrado (dependiendo del parámetro a analizar), almacenamiento de las muestras, conservación, etiquetado, embalaje y transporte.

#### 3.2 MONITOREO <sup>(8)</sup>

Es un programa donde se establece el muestreo que se llevará a cabo de acuerdo a un plan establecido. Estos generalmente obedecen a compromisos asumidos por las empresas mineras, petroleras, industrias manufactureras con el Ministerio del sector

como consecuencia de sus estudios ambientales como: (PAMA, EIA, DAP, etc.)

### **3.3 CALIDAD DEL AGUA** <sup>(1, 8)</sup>

La calidad del agua es determinada por la hidrología, la composición fisicoquímica y biológica del agua.

La calidad del agua tiene que ser evaluada según su uso, por ello, posterior al muestreo los resultados deberá ser comparados con los requisitos establecidos en la Ley General de Aguas D.L. 17752 y sus modificaciones al reglamento de los títulos I, II y III según D.S N° 007-83-SA, Reglamento de Desagües Industriales D.S 028-60-PL ó con los Requisitos de Agua Potable ITINTEC 214.003

En el **Anexo 1** “Tabla de especificaciones de la Ley General de aguas” se indican los valores establecidos en dicha ley; en el **Anexo 2** “Reglamento de Desagües Industriales” se indica las especificaciones para los efluentes líquidos que descargan en la red de alcantarillado y en el **Anexo 3** “Requisitos de agua potable”, se indica los límites máximos permisibles para calificar la potabilidad del agua.

### **3.4 CONTAMINACIÓN DEL AGUA <sup>(1, 8)</sup>**

La contaminación del agua es cualquier alteración perjudicial en las características físicas, químicas y biológicas. El agua se considera contaminada cuando su composición no reúne las condiciones requeridas para su uso. La contaminación del agua se produce por:

1. Eliminación de desechos de las áreas urbanas e industriales a los cursos de agua.
2. Utilización descontrolada de productos químicos
3. Agregados de combustibles, aceites o insecticidas al curso del agua.

#### **3.4.1 Principales contaminantes**

Los principales contaminantes que son monitoreados para la evaluación de la calidad del agua son:

1. Nutrientes vegetales
2. Productos químicos
3. Petróleo
4. Minerales inorgánicos y compuestos químicos
5. Sedimentos
6. Sustancias radiactivas
7. Color

### **3.4.2 Tipos de Contaminación del agua**

Existen dos tipos de contaminación: natural, producida por la misma composición geológica del suelo y antropogénica, producida por las actividades del hombre.

## **3.5 IMPORTANCIA DEL AGUA <sup>(1, 8)</sup>**

El agua es el elemento vital para la alimentación, higiene, agricultura, industria y otras actividades diarias. Es esencial para las formas de vida conocidas en la tierra, así mismo contribuye a mantener el equilibrio térmico en la tierra. Disuelve una gran cantidad de sustancias que pueden llegar a ser contaminantes.

## **3.6 INDICADORES DE CALIDAD AMBIENTAL DEL AGUA <sup>(1, 8)</sup>**

Durante el muestreo y/o monitoreo es importante tener presente los indicadores de calidad del agua, ya que estos parámetros posteriormente servirán como complemento para hacer la interpretación de los resultados analíticos obtenidos en el laboratorio, estos parámetros generalmente tienen que ser analizados necesariamente en el momento de la toma de la muestra.

### **3.6.1 Temperatura del agua <sup>(1,8)</sup>**

La temperatura del agua tiene gran importancia por el hecho de que los organismos requieren determinadas condiciones para sobrevivir. Este indicador influye en el

comportamiento de otros indicadores de la calidad del agua, como el pH, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas.

### **3.6.2 Demanda química de oxígeno en el agua <sup>(1,8)</sup>**

La demanda química de oxígeno (DQO) es una medida del oxígeno requerido para oxidar todos los compuestos presentes en el agua, tanto orgánicos como inorgánicos, por la acción de agentes fuertemente oxidantes en medio ácido y se expresa en miligramos de oxígeno por litro ( $\text{mg O}_2/\text{L}$ ). La materia orgánica se oxida hasta dióxido de carbono y agua, mientras el nitrógeno orgánico se convierte en amoníaco.

La DQO permite hacer estimaciones de la demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{DBO}_5$ ), que a su vez es una medida de la cantidad de oxígeno consumido en el proceso biológico de degradación de la materia orgánica en el agua; el término degradable puede interpretarse como expresión de la materia orgánica que puede servir de alimento a las bacterias; a mayor  $\text{DBO}_5$ , mayor grado de contaminación.

La DQO es una medida de la susceptibilidad a la oxidación de los materiales orgánicos e inorgánicos presentes en los cuerpos de agua y en los efluentes de aguas domésticas y plantas industriales, pero no es un

indicador del carbono orgánico total presente en el cuerpo de agua, puesto que algunos compuestos orgánicos no son oxidados por el dicromato de potasio, mientras que algunos compuestos inorgánicos sí lo son.

### **3.6.3 Turbidez del agua <sup>(1,8)</sup>**

La turbidez se define como una mezcla que oscurece o disminuye la claridad natural o transparencia del agua. La turbidez es producida por materias en suspensión, como arcilla, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plakton y otros microorganismos; tales partículas varían en tamaño desde 0,1 a 1.0 nm (nanómetros) de diámetro.

Este indicador está directamente relacionado con el tipo y concentración de materia suspendida o sólidos suspendidos en el agua.

### **3.6.4 pH del agua <sup>(1,8)</sup>**

El pH es una expresión de la intensidad de las condiciones ácidas ó básicas del agua; puede variar entre 0 y 14, donde 0 es el más ácido y 7 es neutro. Las aguas naturales usualmente tienen un pH entre 6,5 y 8,5.

Su valor define en parte la capacidad de auto depuración del agua y, por ende, su contenido de materia orgánica (DQO, DBO<sub>5</sub>), además de la presencia de otros contaminantes, como metales pesados.

### **3.6.5 Oxígeno disuelto del agua <sup>(8)</sup>**

El déficit de oxígeno indica la diferencia del oxígeno disuelto en el agua en relación con el máximo teórico que puede estar presente, calculado a partir de los valores de altitud, temperatura y oxígeno disuelto medidos en cada punto de monitoreo. Se entiende por oxígeno disuelto el oxígeno libremente disponible en el agua.

Se relaciona estrechamente con la DQO, la DBO<sub>5</sub> y la capacidad de auto depuración del agua.

### **3.6.6 Conductividad eléctrica del agua <sup>(8)</sup>**

La conductividad eléctrica es una medida de la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica; depende de la presencia de iones, su concentración total, movilidad, valencia, concentración relativa y temperatura de medición y se expresa en micro siemens por centímetro ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) Es un indicador del contenido de sales disueltas ó de minerales en el agua.

Los sólidos disueltos totales, expresados en mg/L, pueden ser obtenidos por multiplicación de la conductividad por un factor comprendido entre 0,55 y 0,75. Este factor puede ser determinado para cada cuerpo de agua, pero permanece aproximadamente constante, según las proporciones iónicas en el cuerpo de agua y si éstas permanecen estables.

### **3.7 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL AGUA <sup>(1, 8)</sup>**

Durante el muestreo y/o monitoreo por lo general se toman muestras de agua para evaluar las características físicas, la misma está asociada al color, sabor, turbidez, temperatura, conductividad y salinidad. Cada una de ellas representa un indicador respecto a la calidad del agua.

### **3.8 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS <sup>(1, 9)</sup>**

Así mismo se deberá tomar muestras para evaluar la calidad del agua respecto a las características químicas, cuya presencia se debe a sustancias disueltas, generalmente cuantificables sólo por métodos analíticos. Estos parámetros son de gran importancia teniendo en cuenta las consecuencias sobre los organismos de los consumidores y sobre el ecosistema.

Las características químicas de las aguas son determinadas por medio de análisis químicos, siguiendo métodos adecuados y normalizados para cada sustancia.

A continuación se indican las principales características, elementos o sustancias que puedan estar presentes en el agua considerando su posible presencia en ella y los efectos que puedan tener sobre la salud, el ambiente ó el impacto que causen sobre los procesos de tratamiento.

### **3.8.1 Salinidad** <sup>(1,8)</sup>

El conjunto de sales normalmente disueltas en el agua está formado por bicarbonatos, cloruros, sulfatos y en menor cantidad por otras sales, las cuales le confieren un sabor salino y en algunas oportunidades propiedades laxantes (sulfatos) Un contenido de cloruros pueden ser indicativas de contaminación por residuos domésticos, aunque también pueden estar presentes en aguas que han tenido un recorrido sobre terrenos salinos o en acuíferos. De modo general una salinidad excesiva es más propia de aguas profundas que de las superficiales.

### **3.8.2 Dureza** <sup>(1,8)</sup>

Es una característica conferida al agua por la presencia de sales de calcio y magnesio y por algunos metales en menor proporción.

Cuando las sales son bicarbonatos (de calcio, de magnesio, etc.) la dureza se denomina "temporal", pues

puede ser eliminada casi totalmente mediante el proceso de hervir el agua. Cuando se debe a otras sales se denomina "permanente". Una denominación más lógica que ha sido adoptada es la de dureza carbonatada y dureza no carbonatada.

La dureza del agua puede tener influencia sobre la salud. Existen indicios de que los índices de mortalidad de las enfermedades cardiovasculares se relacionan inversamente con la dureza del agua. Por otra parte, se ha encontrado que el viajero que repentinamente cambia de agua blanda a agua dura o viceversa, puede sufrir temporalmente de trastornos gastrointestinales simples.

### **3.8.3 Oxígeno disuelto <sup>(8)</sup>**

Proviene de la absorción del oxígeno del aire. Es un elemento necesario para oxidar otros elementos y contribuir a su eliminación posterior, como el caso del hierro, el manganeso y el amonio. Su ausencia o niveles bajos en el agua, puede indicar contaminación elevada, condiciones sépticas de materia orgánica y una actividad bacterial intensa. El oxígeno contribuye a la oxidación de los accesorios que constituyen un sistema de purificación, incluyendo las redes metálicas de distribución. A pesar de

esto, es preferible contar con una agua que contenga oxígeno en un punto cercano al de saturación.

#### **3.8.4 Alcalinidad <sup>(8)</sup>**

Es una medida de la capacidad del agua para neutralizar ácidos. La alcalinidad está en función del pH, la composición mineral, la temperatura y la fuerza iónica.

La alcalinidad de las aguas naturales se debe principalmente a la presencia de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos, siendo los compuestos más comunes: hidróxidos de calcio o de magnesio, bicarbonatos de sodio o de potasio.

La alcalinidad es importante en el tratamiento porque reacciona con coagulante hidrolizable (como sales de hierro y aluminio) para dar origen al proceso de floculación. Por regla general, la alcalinidad natural presente en el agua cruda es suficiente para producir este proceso, pero si ésta es baja, debe recurrirse a la adición de un alcalinizante primario (generalmente hidróxido de calcio) para incrementarla, lo cual incide en los costos de operación. Tiene incidencia sobre el carácter corrosivo o incrustante que pueda tener el agua y si se presenta en cantidades altas tiene además efectos sobre el sabor.

### **3.8.5 Aceites y Grasas <sup>(8)</sup>**

Los aceites y grasas si están presentes en el agua producen problemas de olor, sabor, deterioran la calidad estética y aunque puede ser un riesgo potencial para la salud, deben estar ausentes del agua de consumo, más por razones estéticas que por su incidencia sobre los sistemas de tratamiento o sobre la salud.

### **3.8.6 Impurezas orgánicas y nitratos <sup>(8)</sup>**

El término impurezas orgánicas es aplicable a un número de constituyentes de origen animal o vegetal, que pueden indicar una polución reciente o remota. Se incluyen en este ítem la materia orgánica en general y el nitrógeno en sus diversas formas: orgánico, amoniacal, albuminoide, nitritos y nitratos. La presencia del nitrógeno en cualquiera de sus formas es muy importante por cuanto puede ser indicio de presencia de contaminación bacterial.

Los nitratos resultan tóxicos cuando se presentan en cantidades excesivas en el agua potable, y en algunos casos causa metahemoglobinemia en lactantes alimentados con biberón. Existe la posibilidad de que ciertas formas de cáncer pudieran asociarse con concentraciones muy elevadas de nitratos.

### **3.8.7 Características benéficas <sup>(1,8)</sup>**

La dieta humana exige una cierta concentración mineral en las aguas de alimentación. Por ejemplo, se estima que unos dos miligramos de cobre y de 6 a 15 miligramos de hierro son necesarios diariamente al hombre. Los contenidos de yodo y de flúor, también han sido objeto de atención por parte de los (sanitarios), pues una deficiencia de yodo en las aguas de alimentación de ciertas regiones ha sido responsabilizada por la alta incidencia de problemas de bocio y la presencia de flúor ha demostrado ser un factor de reducción en las caries dentales.

**3.8.7.1 Cobre.** Este elemento puede encontrarse en forma natural en las aguas, pero raramente en concentraciones superiores a 1 mg/L. Se considera elemento benéfico para el metabolismo, habiéndose asociado su deficiencia con la anemia nutricional de los niños. Generalmente en la dosis señalada no tiene efectos nocivos y en algunos sistemas se aplica el sulfato de cobre en dosis controladas que no exceden esta cifra, como mecanismo para el control de algas, pero a la vez favorece la corrosión del aluminio y el zinc, y puede originar problemas de sabor.

**3.8.7.2 Flúor.** Se ha podido comprobar que el contenido natural de flúor, dentro de ciertos límites, puede resultar benéfico para los niños que están desarrollando el esmalte dental, pues la incorporación de este ion en la apatita, sustancia que es el principal compuesto del esmalte, forma el compuesto flúor-apatita, que tiene propiedades de ser más resistente a los ácidos y protege así la dentadura contra la caries dental. Por otra parte, si el contenido se excede de esos límites, el fenómeno de protección al esmalte prevalece, pero el esmalte puede adquirir manchas permanentes que se conoce como “diente moteado”. Si el contenido es elevado y la ingestión es permanente y sistemática, se presenta la fluorosis (dientes manchados severamente) y hasta otros fenómenos indeseables especialmente en las estructuras óseas.

**3.8.7.3 Zinc.** Este elemento es esencial y benéfico para el metabolismo humano, pues la actividad de la insulina y de muchas enzimas depende de él. La solubilidad del zinc es variable y depende del pH y de la alcalinidad; en el agua proviene generalmente del contacto con accesorios y estructuras galvanizadas ó de bronce.

**3.8.7.4 Boro.** Existen muy pocos estudios referentes a los efectos de este elemento en aguas de consumo humano, aunque sí se cuenta con estudios sobre los efectos de este elemento esencial en el crecimiento de las plantas. Estudios de laboratorio y a escala de planta piloto evidencia un alto índice de eliminación, durante el proceso de ablandamiento cal-soda y en un menor grado durante el proceso de coagulación con sulfato férrico.

### **3.8.8 Toxicidad potencial <sup>(1, 8)</sup>**

Ciertos elementos o compuestos tóxicos por naturaleza pueden estar presentes en el agua. Generalmente constituyen el producto de vertimientos industriales o de actividades humanas. Dentro de los elementos o compuestos tóxicos, los más importantes son:

1. Plomo
2. Plata
3. Arsénico
4. Selenio
5. Mercurio
6. Cromo
7. Bario
8. Cadmio

9. Cianuro
10. Antimonio
11. Níquel
12. Trihalometanos
13. Pesticidas clorados y fosforados
14. Fenoles y detergentes

### **3.9 CARÁCTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS <sup>(1, 8)</sup>**

La característica fundamental que distingue a los seres vivos de los seres del reino mineral reside en la relación íntima y obligatoria que aquellos mantienen con el medio que los rodea; si se trata de organismos acuáticos, existe una estricta dependencia entre el organismo y las características del medio, de tal manera que la composición de la población acuática varía sensiblemente con la composición del agua. Las características del agua que afectan las cualidades de esa población pueden ser de naturaleza física como por ejemplo el color del agua, la tensión superficial, etc., o química como las cantidades de sales minerales y gases disueltos.

Los parámetros biológicos frecuentemente moni toreado para la evaluación de la calidad del agua son: Coliformes totales y fecales, escherichia coli, salmonellas, hongos, levaduras, quistes, etc.

Los gérmenes patógenos que se propagan con más frecuencia por la vía acuática son los que causan infecciones intestinales. Estos microorganismos se encuentran en las heces y en la orina de las

personas infectadas, y cuando se eliminan pueden llegar a contaminar aguas potencialmente utilizables como fuentes de abastecimiento. El agua puede ser completamente clara y no presentar ninguna cualidad apreciable al olfato ni al paladar y sin embargo estar contaminada. Por esta razón es necesario determinar la existencia de contaminación de origen fecal, lo cual se logra empleando técnicas bacteriológicas sumamente sensibles y específicas.

Es más probable que los gérmenes patógenos lleguen al agua esporádicamente o no sobrevivan en ella largo tiempo, lo que originaría un resultado negativo en el laboratorio. El tiempo requerido para el análisis de una muestra de agua es 24 horas, lapso en el cual, si existe contaminación patógena, puede propagarse una epidemia.

Los patógenos llegan al agua a través de las deyecciones intestinales, pero simultáneamente ciertas especies bacterianas, en particular la *Escherichia coli* y los organismos afines llamados coliformes, como los estreptococos fecales, son huéspedes normales del intestino del hombre y de algunos animales, y se encuentran por consiguiente en las heces fecales. La presencia de estos microbios en el agua, revela entonces polución fecal de procedencia humana o animal, y además es señal de que existe una vía de acceso que pueden seguir también los gérmenes intestinales patógenos que son eliminados en las deyecciones de enfermos

infecciosos. Por lo mencionado anteriormente, los análisis bacteriológicos dirigen su atención a detectar las especies bacterianas cuyo origen fecal es conocido, en especial los microbios del grupo coliforme.

## **CAPÍTULO IV**

### **MUESTREO Y MONITOREO AMBIENTAL**

#### **4.1 PROGRAMA DE MUESTREO Y MONITOREO AMBIENTAL <sup>(3, 8, 9)</sup>**

Se entiende por programa de muestreo y monitoreos ambientales a las acciones de observación, muestreo, medición y análisis de los datos técnicos y ambientales; que se toman para definir las características del medio o entorno, identificar los impactos ambientales de las actividades y reconocer su variación o cambio durante el tiempo.

#### 4.2 **MODELO DE UN PLAN DE TOMA DE MUESTRA** <sup>(3, 9, 10)</sup>

La toma de muestra consta de una etapa previa en la que se elabora un plan de toma de muestra, seguida de la posterior ejecución de este en una situación práctica y real.

Un plan de toma de muestra está formado por las etapas que aseguran que la muestra a ser analizada sea representativa y consta de: pre-muestreo, muestreo y post-muestreo. Este es un procedimiento pre-determinado para seleccionar la estación de muestreo y monitoreo, tomar la muestra, preservar, transportar y preparar las porciones que se han de separar del agua en estudio en forma de muestra representativa. Los detalles del plan dependerán del problema analítico a solucionar y deberán ser especificados a priori, adaptándose al objetivo del problema, tanto desde el punto de vista estrictamente analítico, social y legislativo. Considerando siempre el equilibrio entre el número y el tamaño de muestra a tomar, el costo y el esfuerzo que ello implica.

En el modelo de un plan de muestreo y monitoreo ambiental se debe considerar previamente las siguientes preguntas.

¿Qué actividades realiza la empresa?

¿Cuáles son las etapas del proceso?

¿Cuáles son los objetivos del muestreo o monitoreo?

¿Qué parámetros se debe medir?

¿Qué equipos se debe seleccionar?

¿Cómo y con qué frecuencia se debe efectuar las mediciones?.

¿Dónde se toma las muestras?

¿Qué mediciones in-situ se debe hacer?

¿Cómo y dónde se analiza las muestras?

¿Cómo evaluar los posibles errores?

¿Cuál es el tiempo requerido para el análisis de los parámetros?.

También se debe considerar las disposiciones legales vigentes para cada una de las actividades anteriormente mencionadas.

#### **4.3. PARTES DE UN PLAN DE MUESTREO Y MONITOREO AMBIENTAL <sup>(3,9,10)</sup>**

##### **4.3.1 Definición de los objetivos**

El problema a resolver determinará el tipo de toma de muestra a realizarse. Si el objetivo es establecer unos niveles base de concentración de contaminantes de una muestra ambiental, la toma de muestra debe adaptarse al caso.

##### **4.3.2 Selección de la cantidad de muestra**

La selección y definición de la cantidad de muestras y de los analitos a estudiar, así como de los métodos analíticos utilizados en el análisis final, es una etapa difícil y crítica en

los casos de estudios ambientales. Se recomienda elegir métodos de los que se conozcan exactitud y precisión para el análisis de un determinado analito, así como sus límites de detección para evitar la existencia de resultados enmascarados.

### **4.3.3 Procedimiento de muestreo**

Establecer el método y el procedimiento operativo de la toma de muestra, para ello será necesario utilizar la experiencia previa del analista.

El establecimiento del método de toma de muestra tendrá que incluir la descripción detallada de los métodos experimentales de la toma de muestras, incluyendo los equipos y herramientas necesarios. La elección del período y el momento de toma de muestra, así como el calendario para aspectos indirectamente relacionados con la toma de muestra. Por ejemplo, la preparación de envases (compra, pre-acondicionamiento, mantenimiento) de los reactivos a adicionar, para preservar la muestra durante su transporte y almacenamiento con el objetivo de minimizar posibles variaciones de la muestra y consistencia con la estabilidad de los analitos de interés. Las posibles variaciones en la muestra han de contemplarse bajo el punto de vista de

cambios de la concentración del analito como el cambio en la composición de la matriz en la muestra. También se debe establecer los códigos a utilizar en los etiquetados de los envases. Otros factores a contemplar son; la posible volatilidad de algunos analitos, sensibilidad a la luz, inestabilidad térmica, biodegradabilidad, reactividad química, y cambios por actividad catalítica, así como los métodos para asegurar su preservación.

#### **4.3.4 Redacción del protocolo final del plan y de la actividad de toma de muestra**

El protocolo deberá construir todos los aspectos considerados en los puntos anteriores, pero no se ha de considerar como un documento definitivo. De hecho después de la toma de muestra, deberá examinarse hasta qué punto el plan diseñado ha contemplado las eventualidades encontradas en el momento de su realización; cualquier cambio o alteración del plan tiene que ser documentado y justificado.

#### **4.3.5 El plan de toma de muestra**

El plan de toma de muestras deberá incluir, aspectos relacionados con el aseguramiento de la calidad en la toma de muestra, aspectos legales y la seguridad del profesional encargado de su ejecución.

#### **4.4 FUENTES DE ERROR EN LA ETAPA DE MUESTREO AMBIENTAL (2,3,9,10)**

La etapa de toma de muestra, al igual que otras etapas del proceso analítico, conlleva la posibilidad de introducir errores sistemáticos y aleatorios en los resultados finales. Estos errores se sumarán con los procedimientos de las demás etapas del proceso analítico. Los errores sistemáticos deberían evitarse con una correcta planificación y ejecución de la toma de muestra, mientras los errores aleatorios, inherentes a muestras heterogéneas, básicamente asociados a falta de representatividad, deben minimizarse con una correcta estimación del tamaño y número de porciones de la muestra.

Las fuentes potenciales de errores aleatorios y sistemáticos debidos únicamente a la etapa de toma de muestra pueden desglosarse en los referidos a la planificación de la toma de muestra y a la propia realización de esta.

Para minimizar los errores sistemáticos que puedan conducir a un sesgo en los valores finales se han de controlar todos los procesos que puedan provocar cambio en las muestras; como son la contaminación de muestra o pérdida de analitos debido a la manipulación de la muestra, incluyendo procesos de absorción o de reacción de analitos de la muestra en los envases, así como la utilización de un equipo de toma de muestra inadecuada.

#### **4.5 ESTRATEGIAS GENERALES DE MUESTREO DE CALIDAD DEL AGUA** (3, 10)

El modelo de una estrategia de toma de muestra depende del criterio del analista, quien priorizará un factor experimental determinante en el diseño de la toma de muestra. Esto permite distinguir dos aproximaciones generales en el diseño experimental, una aproximación no probabilística basada en el juicio del analista y otra aproximación probabilística. Además, dependiendo de las características generales de la población de la muestra, será posible definir estratos que afectarán a la estrategia a seguir. En cualquier caso, la aproximación seguida deberá adaptarse, en la medida de lo posible, a los criterios previos del tamaño de muestra.

#### **4.5.1 Estrategia basada en criterio no probabilístico <sup>(3)</sup>**

Una estrategia de toma de muestra no probabilística es aquella en la que algunos de los elementos constituyentes tienen una probabilidad nula de ser tomadas. La toma de muestra no probabilística es una estrategia basada en el juicio previo de la persona que lleva a cabo el plan de toma de muestra, de aquí que recibe el nombre de toma de muestra selectiva ó dirigida. También se engloban dentro de estas muestras las de conveniencia, que se seleccionan en función de la accesibilidad, oportunidad, costo, eficiencia u otros motivos que no están directamente relacionados con los parámetros de la toma de muestra.

La estrategia de toma de muestra no probabilística puede aplicarse cuando el objetivo no es únicamente el análisis de un analito en especial, sino el estudio de proceso en los que conviene eliminar el posible efecto de factores que no aportan información, que simplemente aumentan la variabilidad de los resultados. Los típicos casos en los que se aplica este tipo de estrategia de toma de muestra son los estudios medio-ambientales, como en el caso de la predicción del comportamiento de contaminantes. Como exploración previa, se puede tomar muestras únicamente en la zona que se supone más contaminada (como situación de máximo riesgo) y en función de los resultados decidir si se descarta

realizar más estudios o bien si es necesario llevar a cabo una toma de muestra más detallada.

#### **4.5.2 Estrategia basada en criterio probabilístico <sup>(3)</sup>.**

Cuando no se dispone de suficiente información previa de la población y cuando se busca una muestra lo más representativa posible, es necesario llevar a cabo una toma de muestra probabilística, que indica que todo los componentes de la población tengan una probabilidad uniforme de ser tomados y que, en cambio, componentes ajenos a la población tienen una probabilidad nula.

Se puede distinguir dos grandes tipos de estrategias probabilísticas como, la toma de muestra aleatoria y la sistemática. En cualquier caso, será difícil aplicar una estrategia pura, ya que la estrategia final podrá fácilmente ser la combinación de ellas.

##### **4.5.2.1 Toma de muestra aleatoria <sup>(3)</sup>**

En este tipo de toma de muestra, las porciones de muestras se extraen de la población de tal forma que cualquier porción de la población tenga la misma posibilidad de ser seleccionada. Se suele utilizar cuando se dispone de poca información del material a estudiar.

Es muy difícil en la realidad asegurar una muestra completamente aleatoria, ya que tomar muestras al azar no es igual que tomarlas según un patrón aleatorio, debido al riesgo que el número aleatorio determine tomar porciones sólo en una parte localizada de la población, la toma de muestra aleatoria simple suele obligar a tomar un número muy alto de porciones. De hecho, para compensar esta desventaja, la toma de muestra aleatoria puede complementarse con una estratificación de la población, como se verá posteriormente.

#### **4.5.2.2 Toma de muestra sistemática <sup>(3)</sup>**

Es una de las estrategias de toma de muestra más utilizada. Las porciones de muestra se toman en intervalos (de tiempo y espacio) predeterminados y definidos en el diseño del plan de toma de muestra.

El tipo de población de muestra afecta directamente el patrón de toma de muestra sistemática. Si son poblaciones discretas pueden tomarse una porción individual en forma periódica. Si son poblaciones continuas se puede transferir porciones del muestreo a un recipiente, tomando cada vez en toda la profundidad y amplitud de las muestras en el conducto, a intervalos de tiempo predeterminados. Una de las limitaciones en el uso de estrategias de toma de muestra sistemática es cuando la población tiene una tendencia periódica de variación, temporal o espacial, ya que en este

caso el riesgo de obtener una población sesgada es superior al de otras estrategias, en especial respecto a la toma de muestra aleatoria.

#### **4.6 TOMA DE MUESTRA ESTRATIFICADA (3, 9, 10)**

La toma de muestra estratificada contempla la división de una población de muestra inicialmente heterogénea en grupos homogéneos, en cuanto a propiedades de la muestra, llamados estratos. Dentro de cada estrato se puede seguir cualquier criterio en la consiguiente selección de muestra. El número de muestras a tomar en una población estratificada, siguiendo una estrategia aleatoria en cada estrato será inferior que si se siguiera una estrategia aleatoria simple para todo el efluente en estudio. Se puede aplicar una toma de muestra estratificada en las situaciones en las que se dispone de mucha información previa de la población de muestra. En especial de sus características generales. En algunos casos se puede recomendar alguna transformación previa de la población muestra para poder aplicar esta estrategia.

#### **4.7 MÉTODOS Y EQUIPOS PARA LA TOMA DE MUESTRA (2, 3, 9, 10)**

Cuando el analista se enfrenta a la toma de muestra como etapa previa a la resolución de un problema analítico, tendrá que basarse en todo el conocimiento previo ya existente, especialmente

si se trata de análisis de rutina donde la toma de muestra puede estar ya documentada o descrita en forma de procedimientos normalizados de trabajo. Muchos de los protocolos recomendados en la toma de muestra se encuentran recogidos en diferentes guías o normas de carácter internacional, tales como las de organizaciones como: ASTM, APHA y EPA, que editan normativas recomendando protocolos para asegurar la calidad de todo el proceso analítico, incluyendo la etapa de toma de muestra. En esta sección se verán algunos ejemplos de toma de muestra en los que a menudo los métodos no están basados en criterios estadísticos, si no en la experiencia previa y sentido común aplicados a un caso específico.

#### **4.7.1 Toma de muestra de agua <sup>(3)</sup>**

En un principio la toma de muestra de agua se presenta más sencilla que la de sólidos, aunque esta afirmación es sólo cierta cuando la muestra líquida tiene una única fase o bien cuando la cantidad de muestra es suficientemente pequeña que pueda ser homogenizada por agitación antes de la toma de muestra. En caso de querer tomar una porción de una muestra de gran volumen, en vez de una mezcla de líquido de diferentes densidades o con materia particulado en suspensión, puede haber una gran dificultad para conseguir una muestra representativa. En cualquier caso, el

volumen a tomar dependerá básicamente de la concentración del analito de interés en la muestra.

Las muestras líquidas pueden dividirse en tres grandes grupos, sistema abierto en movimiento, sistema cerrado en movimiento, sistemas abiertos estáticos.

#### **4.7.1.1 Muestra líquida en movimiento en sistema abierto**

La composición de la muestra líquida en estos sistemas (océanos, estuarios, ríos, canales y efluentes industriales) puede cambiar significativamente en función de una serie de parámetros de difícil control a priori, tales como temperatura, caudal, profundidad distancia de la fuente, etc. Lo que acaba obligando al analista a sugerir la toma de un alto número de muestra en periodos consecutivos, especialmente si se pretende controlar cambios con el tiempo y evaluar el efecto de esos parámetros.

La toma de muestra en océanos es completamente diferente si se trata de un medio donde la concentración del analito es a nivel de trazas, con respecto a un efluente industrial donde los niveles de concentración de los analitos de interés son muy alto.

Los equipos varían si son para tomar muestras superficialmente o en las columnas de agua a grandes profundidades (en los océanos será posible tomar muestra a

varios cientos de metros de profundidad; mientras que en los ríos, a 30cm de la superficie. Se utilizan contenedores en forma de cuello amplio que descansan de una cesta con un peso y un tapón que puede quitarse a una profundidad determinada (o que salta por presión hidrostática), para volver a colocar el tapón antes de recuperar la botella con la muestra. La profundidad se controla por la longitud de la cuerda que sujeta la cesta. La botella más utilizada es el tipo NISKIN, tanto de PBC como TEFLÓN. Ver **Anexo 11**.

Respecto a la localización de los puntos de toma de muestra, se tiene que evitar puntos superficiales o muy cerca al fondo, así como zona de estancamiento. De hecho se recomienda mantener una distancia mínima de 30cm. respecto a la superficie y el fondo.

En el caso de los ríos la toma de muestra se debe realizar a 30cm. de la superficie y en sentido contrario a la corriente de agua. Cuando la descarga de la fuente es sumergida, la toma de muestra se debe realizar con muestreador especialmente preparado, similar al tipo NISKIN, canastilla con un peso adecuado para sumergir, acoplada a una cadena delgada de longitud determinada dependiendo del caso; la canastilla debe tener la forma del envase a utilizar en la toma de muestra. Ver **Anexo 11**.

#### **4.7.1.2 Muestra líquida en movimiento de sistema cerrado**

En sistemas cerrados (por ejemplo canalizaciones, tuberías industriales), el parámetro que puede controlar el nivel de homogeneidad de las muestras líquidas es la velocidad del flujo. Para valores bajos de estas, el flujo laminar predomina con la velocidad que es máxima en el centro del tubo, descendiendo a medida que se aproxima a las paredes. La muestra se toma con muestreador especialmente preparado para cada caso ( tipo canastilla con manija larga o corta )<sup>3</sup> . Ver **Anexo 11**.

#### **4.7.1.3 Muestras de líquidos estáticos y sistemas abiertos**

Este tipo de situación viene representada por las aguas en los lagos o de un embalse, aunque estrictamente hablando pueda haber un cierto movimiento de la masa de agua. La toma de muestra puede realizarse con un tipo de botella similar al explicado en los casos de los líquidos en movimientos en sistemas abiertos.

#### **4.8 ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD DE LA TOMA DE MUESTRA <sup>(3, 10)</sup>**

El aseguramiento de la calidad de la toma de muestra se fundamentará en una planificación adecuada, en la documentación y en el control del proceso.

Los métodos de toma de muestra especialmente en el análisis de rutina deberán estar escritos y estandarizados en forma de procedimientos normalizados de trabajo. Estos no han de corresponder únicamente a etapas específicas y detalladas de la toma de muestra, si no también tiene que incluir un esquema de toma de decisiones, asociado a la estrategia general de la toma de muestras.

Es obligatorio tener una documentación detallada y formalizada de todo el proceso, para posibilitar el reconocimiento y el control de los posibles errores. Las organizaciones internacionales con capacidad de redactar protocolos de toma de muestra con carácter normativo son ISO, ASTM, EPA.

De hecho en muchos países las normas para la operación de toma de muestra son adaptaciones de estas normas internacionales. El profesional relacionado con la toma de muestra tiene que estar entrenado y tener experiencia previa en toma de muestra. Es necesario documentar quien ha realizado la toma de muestra, día y hora, así como su duración, las condiciones climatológicas, la

localización (punto exacto de toma de muestra incluyendo las coordenadas geográficas en caso de estudios ambientales) y propiedades esenciales de la zona de toma de muestra y describir las etapas previas al tratamiento de las muestras, básicamente como se realiza el transporte y el almacenamiento (material del envase, duración y temperatura durante el transporte) Es obligatorio documentar cualquier cambio con la toma de muestra previamente planificada o cualquier hecho inusual. Los recipientes que contienen las muestras tienen que estar etiquetados adecuadamente incluyendo información relacionada con el origen de la muestra, los analitos a determinar e información complementaria, como son aspectos de seguridad, si la muestra fuera peligrosa. Se recomienda utilizar un código de etiquetado, previamente establecido en el plan de toma de muestra.

Dentro del control de calidad de la toma de muestra es necesario considerar una serie de muestras adicionales para corregir posibles errores sistemáticos derivados de un proceso de toma de muestra incorrecta. En un principio los blancos de campo son muestras libres de los analitos que se estudiarán. No obstante algunos blancos de muestra tienen como objetivo evaluar ciertos procesos de toma de muestras o aspectos generales relacionados con la población. Podrán contener inicialmente una cantidad cuantificable o perfectamente conocida de analitos. Como segundo principio se incluye el duplicado de la operación de la toma de

muestra, lo que posibilita la estimación de la variabilidad intrínseca de la operación de toma de muestra.

#### **4.9 MEDIDA DE CAUDALES <sup>(5, 9)</sup>**

Las medidas de los caudales se realizan de acuerdo a las siguientes descripciones

##### **4.9.1 Caudales de las descargas**

Los caudales de las descargas pueden ser medidos con mayor precisión, construyendo estructuras de control de flujos insertados en un canal abierto. La estructura crea una relación geométrica entre la profundidad del flujo (altura) y la velocidad de fluido. El caudal se determina relacionando la altura y la velocidad del fluido. Los dispositivos más comunes para la disposición de los caudales son los vertederos que pueden ser en formas de V, rectangulares y trapezoidales. Las canaletas pueden ser el tipo Parshall. Típico para la medición de canales abiertos.

Si se cuenta con un dispositivo de medición de caudal en el punto de la descarga, es posible calcular el caudal en un canal abierto usando cualquier aforador disponible en el mercado. El caudal es calculado según las instrucciones especificadas a continuación, estimando el área transversal del canal y determinando la velocidad de desplazamiento del

líquido. Si no se cuenta con un aforador o si la descarga se realiza a través de una tubería cerrada y el caudal pueda estimarse mediante métodos prácticos, pero menos precisos. Como el método del flotador y el método del cubo y cronómetro.

#### **4.9.2 Método del flotador**

Este método utiliza un flotador para medir el tiempo que toma desplazarse entre dos puntos a lo largo de la trayectoria del canal abierto o una corriente; a la vez se debe medir la profundidad y el ancho del canal. El caudal se estima multiplicando la velocidad del flotador por el área transversal del canal.

#### **4.9.3 Método de cubo y cronómetro**

Este método es aplicable principalmente a los caudales de canales y conductos pequeños. Se registra el tiempo que toma en llenar un volumen conocido de agua. El caudal se estima relacionando el volumen del cubo entre el tiempo.

#### **4.9.4 Caudales de las aguas receptoras**

Los caudales de las aguas receptoras se miden utilizando aforadores disponibles en el mercado como el correntómetro<sup>3</sup>

(ver **Anexo 11**) y midiendo el área transversal del curso de agua. Para el caso de los ríos amazónicos se debe establecer en cada estación de monitoreo, estudios de batimetría con los que se tiene una definición aproximada del área transversal. Luego midiendo la velocidad a distancia determinadas de acuerdo al ancho del río. Los caudales de los ríos y corrientes también pueden ser estimados generando primero una relación caudal / altura para un punto establecido a lo largo del curso del río usando un aforador en una serie de condiciones de caudal. Todo lo que se necesita hacer es medir la profundidad del flujo en el punto designado del curso del río.

## CAPÍTULO V

### **REQUERIMIENTO GENERAL PARA EL MUESTREO Y MONITOREO DE CALIDAD DE AGUA.**

De acuerdo al modelo del plan de muestreo y monitoreo, las muestras serán tomadas según los requerimientos de análisis para cada parámetro: Físicoquímicos, microbiológicos y metales Ver **Anexo N° 4** “Métodos, Preservantes y Tiempo de Vida de la Muestra”. Los cuales son específicos para las actividades: minero-metalúrgicas, hidrocarburos e industria manufacturera. Cada actividad requiere análisis específicos establecidos por las instancias de control ambiental, por ejemplo la actividad minera requiere análisis de metales disueltos y totales, para este fin la toma de muestra será de acuerdo a la tabla del Anexo N° 4, donde el volumen de muestras será de 500mL, envase de plástico o vidrio, preservante HNO<sub>3</sub> (1:1) a pH < 2 y la muestra tendrá una duración de 6 meses.

## **5.1 IMPLEMENTACIÓN DEL PLAN DE MUESTREO Y MONITOREO <sup>(11)</sup>**

La implementación de un plan de muestreo y monitoreo se determina considerando las siguientes actividades secuenciales:

- Pre- muestreo
- Muestreo
- Post-muestreo

### **5.1.1 Actividades del pre – muestreo**

Considerada como la parte más importante dentro de la implementación de un plan de muestreo y monitoreo. Consiste en la preparación de la logística necesaria y consta de las siguientes actividades secuenciales.

5.1.1.1 Elegir las cajas térmicas o materiales adecuados para transportar los envases, equipos y otros. Las medidas serán de diferentes tamaños y capacidades, ello dependerá de la cantidad de envases a utilizarse, que a su vez dependerá de la cantidad de parámetros requeridos para el muestreo o monitoreo. Las cajas térmicas o materiales para transportar tienen que estar limpias, para no contaminar las muestras y a su vez tienen que ser herméticas para mantener temperaturas bajas para preservar la muestra.

5.1.1.2 Disponer los envases de plástico y/o vidrio teniendo en cuenta los parámetros requeridos: Físicoquímicos, Microbiológicos y metálicos. Los envases de plástico deben ser nuevos y los envases de vidrio pueden ser nuevos ó si son reutilizados deben ser lavados y secados adecuadamente. Para el lavado se debe considerar los requerimientos indicados en la **Tabla 5.1** “Requisito para el lavado de materiales”.

**TABLA 5.1: Requisitos para el lavado de materiales**

ANALISIS	REQUISITOS
Físicoquímicos	1,2,3,4,5,7
Metales	1,2,3,4,5,7
Aceites y Grasas	1,2,3,4,6,7
microbiológicos	1,2,4,6

Descripción de las numeraciones de la tabla 5.1

1. Lavar con agua de caño y detergente de laboratorio.
2. Enjuagar con agua de caño.
3. Enjuagar con HNO<sub>3</sub> ó HCl (1:1)
4. Enjuagar con agua destilada o desionizada.
5. Secar en estufa a 105°C por 1h.

6. Esterilizar en autoclave o en estufa a 180°C por 1h.
7. Tapar y mantener en un ambiente libre de polvo.

La elección de la capacidad de los envases debe ser de acuerdo a los requisitos indicados en el **Anexo 4** “Métodos, Preservantes y Tiempo de Vida de la Muestra”.

Preparar los frascos esterilizados para muestras biológicas. Tal como se indica en la tabla 5.1.

- 5.1.1.3 Preparar los equipos para el análisis de campo tales como: pH-metro, conductímetro, oxímetro, medidor de caudal, medidor de profundidad, medidor de distancia, **GPS** (Sistema Posición Global), termómetro, cronómetro, kit de cloro, etc. Los cuales deben estar operativos y responder a la calibración para asegurar la calidad de las mediciones. Las condiciones de operación y calibración deben registrarse en un cuaderno de mantenimiento de equipos para tener la trazabilidad de todas las mediciones de los equipos. Llevar consigo las baterías para los equipos.
- 5.1.1.4 Para los análisis microbiológicos en campo, se debe tener una incubadora portátil con sus accesorios, equipo de filtración, medios de cultivo y material necesario para realizar el análisis en campo.

- 5.1.1.5 Preparar los preservante necesarios tales como  $\text{HNO}_3$  (1:1);  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (1:1); NaOH 1N; NaOH 6N;  $\text{Zn}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2$  1N y  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  1%. Los reactivos utilizados para la preparación deben ser certificados y de la pureza indicada en el método analítico. La preservación debe realizarse de acuerdo a los parámetros requeridos. Ver **Anexo 4**.
- 5.1.1.6 Preparar los equipos de seguridad para el personal de muestreo; Tales como; ropa de protección, botas, guantes, mascarillas, lentes, cascos, arnés de seguridad y Linternas.
- 5.1.1.7 Llevar agua destilada en cantidad necesaria, que debe ser recientemente preparada. Debe tener una conductividad comprendida entre (0 – 1)  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Y un pH comprendido entre 6 y 7.
- 5.1.1.8 Disponer de guantes quirúrgicos desechables, para utilizar en cada toma de muestra. La cantidad dependerá del número de estaciones a muestrear; se recomienda llevar en exceso.
- 5.1.1.9 Considerar: un cuaderno de campo, lapiceros, marcadores prueba de agua, etiquetas, cintas de embalaje, formatos de la cadena de custodia y para la verificación de la calibración de los equipos de campo. Se recomienda llevar consigo los manuales de operación de los equipos de campo.

### **5.1.2 Actividades de muestreo**

Las actividades de muestreo constan de las siguientes etapas.

1. Identificación de la estación de muestreo.
2. Rotulado de envases.
3. Toma de muestra.
4. Análisis de campo.
5. Documentación en el cuaderno de campo.
6. Embalaje de muestra.
7. Cadena de custodia.
8. Transporte de muestras.

Todas estas actividades se deben realizar de acuerdo a los requerimientos establecidos para cada una de las actividades.

#### **5.1.2.1 Identificación de la estación de muestreo**

Si la compañía ya tiene establecido las estaciones de muestreo y monitoreo; estas deben tener un nombre o código y su posición geográfica en **UTM** (Unidad Métrica Terrestre). Los cuales se deben de identificar con la ayuda de planos, cartas hidrográficas y un GPS. Por lo general en las actividades de la industria manufacturera se utilizan planos y

en las actividades Minero – Metalúrgicas e Hidrocarburos se utilizan cartas hidrográficas. Tanto los planos y las cartas hidrográficas son proporcionados por las compañías.

Si las compañías no tienen definidas sus estaciones de muestreo y monitoreo; entonces se deben definir las estaciones, para lo cual se deben de identificar el ingreso y salida del agua de la propiedad de la compañía, las posibles fuentes de contaminación dentro y fuera de la propiedad, los cuerpos receptores existentes en el entorno de la propiedad. Una vez identificado se debe darle un nombre o código y registrar las posición geográfica en **UTM** con un **GPS**. También es recomendable poner hitos para facilitar la ubicación de la estación e los posteriores monitoreos.

En los cuerpos receptores las estaciones se deben de ubicar a 500m. aguas arriba y a 500m. aguas abajo de la fuente de descarga. Estas distancias se deben tomar como una referencia para cada una de las actividades. Por lo general las distancias pueden ser mayores o menores a 500m. Esto dependerá de las características del cuerpo receptor y del criterio que debe establecer el profesional de muestreo

Las estaciones de muestreo y monitoreo deben ser accesibles y presentar seguridad para el profesional de muestreo.

### **5.1.2.2 Rotulado de los envases.**

El rotulado claro y consistente de los envases es esencial para la validez de los datos e identificación de las muestras.

El rotulado de la etiqueta debe tener la información específica. Ver **Anexo 5** “Formato de Etiqueta”.

Se puede rotular directamente en los envases utilizando marcadores a prueba de agua. Solo debe rotularse el envase y nunca la tapa. Se puede utilizar etiquetas adhesivas a prueba de agua.

### **5.1.2.3 Toma de muestra**

La toma de muestra dependerá del tipo de actividad. Para lo cual se presentan dos formas: la forma simple (aleatoria) y la forma compuesta (sistemática). En la actividad minero-metalúrgica, la toma de muestra por lo general, es de la forma simple; en caso de ocurrir alguna emergencia como el rebose de la presa de relave la toma de muestra será de la forma compuesta. En las actividades de hidrocarburos la toma de muestra es de la forma simple; en caso de ocurrir alguna emergencia como derrame de petróleo o rebose de las pozas de intercambio térmico (**PIT**), la toma de muestra será de la forma compuesta. En

las actividades de la industria manufacturera la toma de muestra recomendada es de la forma compuesta.

Para la toma de muestras se debe tomar en cuenta: el tipo de envase, el volumen de muestra, el preservante a utilizarse y el tiempo de vida de la muestra para cada uno de los parámetros de acuerdo a lo indicado en el **Anexo 4**.

La toma o extracción de muestra debe ser manual o puede emplearse muestreadores acondicionados para casos específicos. Estas técnicas son prácticas y razonables para nuestra realidad.

Para aguas superficiales e industriales la recolección de la muestra de agua debe ser tomada a media profundidad, a máxima turbulencia y en sentido contrario a la corriente. Las descargas de las aguas industriales pueden ser por canales o tuberías.

La toma de muestra en un río debe realizarse de río arriba hacia río abajo. Se debe seguir el mismo criterio para la toma de muestra en canales.

Si se tiene que tomar varios envases de muestra en el mismo lugar, ello se debe hacer al mismo tiempo. Si fuera posible, es mejor recolectar una gran muestra y dividirla en sub-muestras. Esto no es recomendable para muestras de aceites y grasas.

En forma paralela se deben tomar muestras para los fines de control de calidad, tanto las muestras duplicadas como los blancos de campo. Las muestras duplicadas se deben tomar cada diez muestras; si el número de muestras es menor a diez es necesario tomar una muestra duplicada. Así mismo se debe tomar muestra en un recipiente adicional para el análisis de campo.

Puede ser útil tomar una fotografía de la estación de muestreo, particularmente es necesario en las primeras etapas de monitoreo, para fines de comparación con las últimas fases de muestreo.

#### **5.1.2.4 Análisis de campo**

Los equipos para los análisis de campo se deben de calibrar a diario antes de empezar la jornada de toma de muestras. Ver **Anexo 6** “Calibración de Equipos de Campo”. En el transcurso del día se deben verificar las calibraciones de los equipos para asegurar el normal funcionamiento.

En la muestra tomada en un recipiente adicional, se realizan los análisis de campo tales como: pH, oxígeno disuelto, conductividad, cloro residual, etc. Los datos obtenidos se registran en el cuaderno de campo. Luego

serán reportados en un formato de reporte de campo. Ver **Anexo 7** “Formato de Reporte de Campo”

Los análisis de campo se realizan de acuerdo a los requerimientos establecidos para cada actividad industrial.

Se debe realizar la medida del caudal. Ello dependerá de las características de las descargas de los efluentes tales como: vertederos, canaletas, tuberías y cuerpos receptores. Se deben realizar las medidas correspondientes en campo para cada caso.

Cuando el muestreo se realiza en lugares alejados al laboratorio los análisis de coliformes fecales y totales se deben realizar en campo. Según el procedimiento del **Anexo 8** “Análisis de coliformes totales y fecales en campo”. Para ello se debe tener la incubadora.

#### **5.1.2.5 Documentación en el cuaderno de campo**

Básicamente se deben registrar los datos de las medidas realizadas in-situ, observaciones sobre las características físicas de la muestra, condiciones meteorológicas, fecha y hora de la toma de muestra, nombre o código de la estación de muestreo, calibración de los equipos y las verificaciones de los mismos tales como: pH-metro, oxímetro, conductímetro, etc. También se deben de registrar los datos para calcular el caudal, las

ocurrencias suscitadas durante el desarrollo del monitoreo, etc.

Se debe tener sumo cuidado con el manejo del cuaderno de campo; los datos que contiene son empleados para la interpretación de los resultados de análisis.

#### **5.1.2.6 Embalaje de muestras**

Embalar las muestras en cajas térmicas o recipientes adecuados. Es importante que los envases de vidrio se inmovilicen para evitar roturas, separarlos con esponjas, plásticos, cartones o cualquier otro material amortiguante.

Llenar los espacios libres para no permitir el movimiento de los envases.

Agregar suficiente hielo en las cajas térmicas, para mantener en frío las muestras durante el transporte. De no contar con hielo se debe utilizar ICE-PACK como refrigerante.

#### **5.1.2.7 Cadena de custodia**

La cadena de custodia se elabora de acuerdo a los datos desarrollados en el cuaderno de campo; para su envío o transporte de la muestra al laboratorio. Donde se deben detallar: la identificación de la estación de muestreo, fecha y hora de la toma de muestra, el preservante empleado, el nombre de profesional responsable, nombre

de la compañía, procedencia de la muestra, los parámetros a analizarse, los análisis de campo realizados y algunas observaciones adicionales. Ver **Anexo 9** “Cadena de Custodia”

#### **5.1.2.8 Transporte de muestra**

Las muestras de agua deberán enviarse al laboratorio a la brevedad posible, se debe asegurar que las muestras vayan acompañados con su respectiva cadena de custodia, en una bolsa de plástica impermeable sellada en la misma caja térmica.

Las cajas térmicas con contenido de muestras deben estar selladas con cintas adhesivas o cintas de embalajes.

#### **5.1.3 Actividades post-muestreo**

Se debe realizar la limpieza de los equipos utilizados en el análisis de campo.

Se debe verificar las condiciones de operación de los equipos de análisis de campo; empleando buffer ó estándares de calibración con la finalidad de garantizar que las medidas realizadas en el campo sean correctas. Las verificaciones se deben registrar en el cuaderno de mantenimiento de los equipos de campo. Los equipos deben

estar operativos para los siguientes muestreos; en caso de alguna avería se debe darle el mantenimiento respectivo.

## **5.2 CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL MUESTREO Y MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA EN LAS ACTIVIDADES MINERO – METALÚRGICAS <sup>(5)</sup>**

Los parámetros típicos de muestreo y monitoreo de calidad de agua en la actividad minero-metalúrgica se clasifican en tres grupos principales.

### **5.2.1 Parámetros físicos <sup>(5)</sup>:**

STS (sólidos totales en suspensión), temperatura, flujo, color, olor, y sabor. Para fines de reporte se consideran dentro de este grupo a los parámetros de campo tales como: pH, Eh (potencial), conductividad, TDS(sólidos totales disueltos) y oxígeno disuelto.

### **5.2.2 Parámetros Inorgánicos <sup>(5)</sup>:**

1. **Iones principales:** sulfato, alcalinidad, acidez, cianuro y nutrientes como las especies de nitrógeno y fósforo.
2. **Metales disueltos:** que incluyen todos los iones metálicos cuyo tamaño de partículas sea menor a

0.45um (por ejemplo la muestra filtrada mediante un filtro de 0,45um de porosidad) y

3. **Metales totales:** incluyen todos iones metálicos en una muestra no filtrada.

### 5.2.3 Parámetros Orgánicos <sup>(5)</sup>

Incluyen componentes de reactivos de los procesamientos, petróleo, grasa, etc.

Los cambios en los parámetros, tales como sulfato, alcalinidad, acidez, conductividad y hierro disuelto puede indicar el inicio de un proceso de oxidación y la generación de drenaje ácido con alta carga de metales disueltos.

Algunos parámetros determinados deben medirse en todos los lugares de muestreo y para la mayoría de muestras. Estos se denominan **parámetros básicos**; los cuales son: pH, Eh, temperatura, conductividad, alcalinidad / acidez, sólidos totales disueltos (TDS) y sólidos totales en suspensión (TSS).

Dependiendo de la geología de las minas (sulfuradas, oxidadas o mixtas) y de los reactivos que se utilizan en los procesos (hidrometalurgia, lixiviación o electrólisis) algunas mediciones son más apropiadas que otras. Estos

parámetros, específicos por lugar, se seleccionan de una lista completa de metales, iones principales y orgánicos.

En una mina de metales base (Pb, Ba, Zn, Cu, Ag, Cd, Cr); el muestreo regular incluirá todos los metales detectados sobre el nivel de trazas en el mineral y en el desecho. Sin embargo, en un yacimiento de oro en roca carbonácea o cuarzo, sin minerales sulfurados, el énfasis del monitoreo radicaré en el cianuro, alcalinidad y sólo con análisis periódicos de metales.

Es importante reconocer que no todos los parámetros deben medirse en cada muestra, la selección dependerá de la variabilidad del parámetro en la muestra de agua (la variabilidad más alta generalmente requiere de un análisis más frecuente).

En el cuadro 5.1 "Selección de Parámetros" se proporciona una guía general para la selección de parámetros. Estos parámetros son principalmente aquellos que se analizan para la protección de la vida acuática. Este cuadro resumen puede servir de ayuda al responsable de asuntos ambientales en la implementación de un programa de muestreo inicial. Sin embargo, el responsable debe seleccionar los parámetros específicos apropiados para la mina, basado en el entendimiento de la geología, método de

explotación, procesamientos químicos, manejos de aguas residuales en dicha propiedad.

**Cuadro 5.1: Selección de Parámetros**

PARÁMETROS	PARÁMETROS BASICOS		PARÁMETROS ESPECÍFICOS POR LUGAR
	Regulares	Seleccionados	
<b>Inorgánico – Físico</b>			
Flujo	X		
pH	X		
Eh		X	
Temperatura	X		
Conductividad	X		
TSS		X	
<b>Inorgánico – iones Principales</b>			
alcalinidad / acidez		X	
Cianuros			X
Oxígeno disuelto			X
Dureza		X	
Nitrógeno		X	
Fósforo		X	
Sulfato	X		
TDS	X		
<b>Inorgánico – Metales</b>			
Serie total (ICP)		X	
Metales específicos (AA)			X
límites bajos de detección para metales específicos Por ejemplo: As, Hg, Th, etc.		X	
<b>Orgánicos</b>			
Petróleo y grasa		X	
carbón orgánico			X
Biológicos			X

NOTA: ICP Análisis de plasma por inducción ( capaz de analizar una serie de hasta 32 metales).

AA Se refiere a la Espectroscopía de Absorción Atómica.

## **5.2.4 Frecuencia de Monitoreo <sup>(5)</sup>**

### **5.2.4.1 Monitoreo regular para la caracterización inicial del agua.**

La frecuencia de muestreo y monitoreo en cada área de influencia de una mina depende de la carta hidrográfica de dicho lugar, del programa de manejo de aguas y de la etapa de operación de la actividad Minero-Metalúrgica, (por ejemplo, desarrollo, operación o cierre) No obstante, para la caracterización inicial del agua en una mina, antes del establecimiento de requisitos reguladores, existen algunos aspectos comunes.

Todas las descargas de la mina al medio ambiente deben someterse regularmente a muestreos y monitoreos.

Todos los flujos de agua ingresantes a la propiedad, deben someterse a muestreos para determinar las condiciones promedio y máximas que faciliten los cálculos totales de carga de contaminantes.

El muestreo debe ser más frecuente, durante e inmediatamente después de un evento fuera de control, por ejemplo, derrame de reactivos, derrame de relaves, fallas en la presa de relaves, etc.

El muestreo debe ser más frecuente, antes, durante e inmediatamente después de un cambio en el procesamiento, manejo de aguas o de desechos si existe un impacto en la calidad de agua del cuerpo receptor.

Durante el primer año de monitoreo regular, el muestreo debe ser más frecuente durante eventos máximos o mínimos a fin de identificar los máximos o mínimos. Es común ver una carga máxima en el drenaje de una pila o botadero en los primeros días de lluvia después de un largo período seco. El muestreo de este drenaje el primer día y en los posteriores días de lluvia puede resultar en una diferencia de un orden de magnitud en las concentraciones metálicas; por lo que se puede establecerse esta variabilidad para seleccionar intervalos de muestreo representativos. En general, el muestreo y monitoreo regular se realiza semanal o mensualmente.

El muestreo adicional (diaria o semanalmente) se realiza durante periodos de cambio en el flujo de los efluentes, cambios en los procesamientos o laboreos de minas.

## **5.2.5 Frecuencia de muestreo y monitoreo en la etapa de operación <sup>(5)</sup>**

### **5.2.5.1 Etapa de Desarrollo**

Durante la etapa de preparación de la mina o de desarrollo, el objetivo del muestreo y monitoreo radica en la identificación de las condiciones de “base” o de referencia, esto es, de la calidad del agua que existe antes de la actividad. La etapa de desarrollo puede ser para una nueva mina o para el desarrollo de una nueva área en una operación minera existente; por ejemplo una nueva área de almacenamiento de relaves.

El término “base” usualmente se refiere a las condiciones no afectadas por el laboreo de minas y puede medirse en un área o zona representativa de la propiedad minera para las operaciones existentes. Las condiciones de referencia se refieren a aquellas medidas in-situ en un punto específico en el tiempo. De este modo para el desarrollo de una mina nueva en un área minera antigua, las condiciones de línea de referencia son las que se miden antes de cualquier actividad de desarrollo. Las condiciones de base y/o de referencia definidas son aquellas con las que se compara la calidad del agua durante las operaciones a fin de determinar el impacto del laboreo. Estas también son las

condiciones a partir de las cuales se definirá cualquier requisito de calidad del agua al cierre de la mina.

El monitoreo durante el pre-desarrollo usualmente requiere, por lo menos, de un programa de muestreo de un año de duración de todos los cursos de agua existentes dentro de la propiedad y de su entorno; para identificar las condiciones promedio y máximas de la calidad del agua.

Se debe realizar una serie completa de análisis de calidad del agua para cada estación con miras a proporcionar un nivel de referencia completo. Así mismo durante este periodo podrá realizarse otros estudios, incluyendo monitoreo de precipitación y clima, monitoreo de aguas freáticas, evaluaciones biológicas y muestreo de sedimentos.

#### **5.2.5.2 Etapa de Operación.**

El objetivo del muestreo y monitoreo durante las operaciones son:

1. Determinar la característica inicial del agua (tal como se encuentra en el momento de la operación) a fin de determinar los flujos asociados en la mina, proporcionar una base con el propósito de determinar objetivos razonables referentes a la calidad del agua y mejorar el programa de monitoreo regular a largo o mediano plazo.

2. Controlar la calidad del agua de los efluentes y el impacto ambiental que ocasionan, muestreando la calidad del agua de la mina, asegurando que se cumpla los objetivos de la empresa minera e identificando las fuentes de contaminación a largo plazo (tal como el drenaje ácido)

En la operación se establecen las condiciones de muestreo para todos los componentes de la mina. Las estaciones deben monitorearse en forma regular, por lo general semanal o mensualmente, realizando monitoreos diarios a las corrientes del proceso, como las aguas de las relaveras de la planta.

Las estaciones con efluentes variables se monitorean con mayor frecuencia que las estaciones con efluentes razonablemente constantes. En las primeras etapas de un programa de monitoreo, debe monitorear exhaustivamente durante un periodo corto, a fin de establecer las condiciones extremas y promedio de cada estación. Luego definir la frecuencia de muestreo apropiado.

Los parámetros básicos que se deben monitorear durante la etapa de operación en todas las estaciones son: pH, temperatura, flujo. La selección de metales específicos y otros parámetros dependerán de la geología de la mina, de los parámetros de importancia en el medio receptor. De los

datos obtenidos, durante por lo menos un año y con experiencia del análisis de resultados; los programas pueden ser modificados para ser más efectivos en términos de costo; para obtener mas información a partir de la toma de menor numero de muestras.

### **5.2.5.3 Etapa de cierre**

Generalmente en el cierre de un componente de una mina o de total de esta, la frecuencia del monitoreo disminuye durante un periodo de uno o cinco años después de la desactivación de las operaciones. El objetivo del monitoreo durante este periodo encierra dos aspectos.

1. Demostrar que no existen fuentes de contaminantes que se activen a largo plazo como resultado del laboreo de minas o actividades de desactivación de la operación; o
2. Demostrar la efectividad de las medidas de control para limitar o evitar la liberación de contaminantes a las aguas superficiales.

En una mina donde no se ha identificado problemas en la calidad del agua durante la operación, el programa de monitoreo correspondiente a la misma se reducirá en gran escala. La duración del monitoreo será suficiente para evaluar los efectos sobre la calidad del agua de cualquier operación de desactivación. Generalmente, esto no dura más

de uno a tres años después del cierre y se centra en el medio ambiente receptor. Para una mina en la que existe preocupación en cuanto a la calidad del agua que drena de uno o más componentes del **DAR** <sup>(4)</sup> tales como: las rocas de desmontes, canchas de relaves, paredes del tajo, labores subterráneas, etc. El monitoreo se centrará en estos y en el medio ambiente receptor, por lo general de tres a cinco años. Si se implementa un programa para controlar la calidad del drenaje, se debe establecer las estaciones de muestreo y la frecuencia del monitoreo para evaluar la efectividad de tales controles o medidas. El drenaje ácido de rocas (**DAR**); es el drenaje contaminado que se forma con la oxidación y lixiviación de rocas con sulfuro expuestas al aire y al agua. El drenaje ácido de rocas en una mina en operación o abandonada puede causar problemas ambientales muy graves.

En una mina antigua, abandonada, el objetivo del programa de monitoreo de la calidad del agua es caracterizar la carga de contaminantes y cualquier requisito necesario para el control de dicha calidad del agua, según se ha expuesto para las minas en operación. Esto ocurre porque siguen en actividad los componentes (supuestamente pasivos) que generan el drenaje ácido de roca y otros tipos de contaminación en las minas, las canchas de relave,

desmontes, etc, que no fueron adecuadamente acondicionados durante el cierre de la mina.

### **5.3 CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL MUESTREO Y MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA EN LAS ACTIVIDADES DEL SECTOR HIDROCARBUROS <sup>(5)</sup>**

Los parámetros típicos de la calidad del agua en la actividad del sector Hidrocarburos se describen en el cuadro N° 5.2 “Descripción de los principales parámetros” estos deben estar incluidos como mínimo en cualquier programa de monitoreo de calidad de aguas producidas por la extracción de petróleo y/o residuales de las refinerías de petróleo. También se debe considerar la demanda bioquímica de oxígeno (DOB<sub>5</sub>) y las coliformes totales. Estos parámetros deben ser monitoreados en aguas servidas provenientes de las áreas de producción de petróleo de la selva amazónica y de otros sitios, donde las aguas servidas no están dirigidas a una planta de tratamiento de desagüe municipal.

**CUADRO N° 5.2: Descripción de los principales parámetros**

<b>Parámetros</b>	<b>Agua producida (Extracción)</b>	<b>Efluentes líquido (refinación)</b>	<b>Agua receptares</b>
Temperatura	SI	SI	SI
pH	SI	SI	SI
Conductividad	SI	SI	SI
STD	SI	SI	SI
Cloruros	SI	SI	SI
DQO	NO	SI	NO
O <sub>2</sub> Disueltos	SI	SI	SI
Aceites y grasas	SI	SI	SI
Fenol	NO	SI	SI
Amoniaco	NO	SI	SI
Sulfuro	NO	SI	SI
Metales	SI	SI	SI
Caudal	SI	SI	SI

Metales: Pb, Ba, Cd, Cr, Hg. (Principales Contaminantes) <sup>(6)</sup>

### **5.3.1 Frecuencia de Monitoreo <sup>(6)</sup>**

#### **5.3.1.1 Monitoreo de descargas y aguas receptoras**

La legislación peruana sobre la protección ambiental en el caso de actividades con hidrocarburos, incluye una frecuencia mínima de monitoreo de una vez por mes durante los primeros 12 meses. Sobre la base de un análisis de la situación en Perú, respecto a la producción y refinación de petróleo, se recomienda adoptar las frecuencias de monitoreo presentadas en el cuadro 5.3. ( El agua es el componente mayoritario en la extracción de hidrocarburos )

**CUADRO 5.3: Frecuencias mínimas recomendadas para el monitoreo de descarga líquida y aguas superficiales en la industria petrolera peruana.**

Parámetros	Agua producida (extracción)	Efluente líquido (refinación)	Agua receptora
Temperatura	Mensual	Mensual	Mensual
pH	Mensual	Mensual	Mensual
Conductividad	Mensual	Mensual	Mensual
STD <sup>1</sup>	Mensual	Mensual	Mensual <sup>2</sup>
Cloruro	Mensual	Mensual	Mensual <sup>2</sup>
DQO <sup>3</sup>	-	Mensual	-
O <sub>2</sub> Disuelto	Mensual	Mensual	Mensual
Aceite y Grasas <sup>4</sup>	Mensual	Trimestral	Mensual
Fenol	-	Trimestral	Mensual
Amoniaco	-	Trimestral	Trimestral <sup>5</sup>
Sulfuro	-	Trimestral	Trimestral <sup>5</sup>
Metales (Pb, Ba, Cd, Cr, Hg)	Trimestral	Trimestral	Trimestral
Caudal	Mensual	Mensual	Mensual

1. Sólidos totales disueltos
2. Esta medida no es necesaria para el agua de mar
3. Demanda química de oxígeno. Esta medida no está incluida en (Decreto Supremo No 046-93-EM)
4. Al inicio de las operaciones de producción o de refinería, se recomienda un monitoreo semanal de Aceites-Grasas en un periodo de 12 meses
5. Esta medida sólo es necesaria para cuerpos de agua que reciben efluentes de refinерías de petróleo.

### **5.3.1.2 Selección de las estaciones <sup>(6)</sup>**

En la determinación de la calidad del agua en la actividad de hidrocarburos; las estaciones de monitoreo deben estar ubicadas a la salida de las pozas de intercambio térmico (**PIT**); luego a 500m. antes de la descarga al cuerpo receptor. En el cuerpo receptor las estaciones de monitoreo deben estar ubicadas 500m aguas arriba y 500m. aguas abajo de la descarga de las aguas producidas. Sin embargo estas distancias pueden variar dependiendo de los lugares seleccionados, las condiciones de acceso y niveles de los cuerpos receptores.

Para determinar el punto más adecuado para la estación aguas abajo, se recomienda coleccionar inicialmente varias muestras en puntos aguas abajo de la descarga y realizar un análisis de la zona de mezcla de la descarga y el agua receptora. La ubicación de la estación aguas abajo debe estar en el punto en el que la descarga se haya mezclado completamente con las aguas receptoras.

Las características de calidad del agua de la zona de mezcla pueden ser ecológicamente importantes para los ríos grandes y corrientes receptoras pequeñas. En la selva amazónica las corrientes receptoras más

pequeñas actualmente no son muestreadas, sólo los ríos mayores en la que estas desembocan.

Todas las estaciones de muestreo deben estar marcadas con precisión en cartas hidrográficas, las cuales también deben tener registradas las coordenadas **UTM** registrados por un GPS. De manera que se puede retornar a ellos con facilidad.

#### **5.4 CONSIDERACIONES GENERALES PARA EL MUESTREO Y MONITOREO DE CALIDAD DEL AGUA EN LAS ACTIVIDADES DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA <sup>(7)</sup>**

En la actividad en la industria manufacturera los parámetros a ser considerado deben ser seleccionados dependiendo de los objetivos del programa de monitoreo. Para los monitoreos preliminares, cuando no se conocen todavía los parámetros importantes a analizar, se debe utilizar los parámetros indicados en el **Anexo 10** “Contaminantes Potenciales Seleccionados en Efluentes”. En tanto que no se apruebe las guías especiales para cada sub-sector, en monitoreos posteriores, podrán seleccionarse solo los parámetros más importantes de acuerdo a lo que se establece en el Cuadro 5.4 “Monitoreo de Efluentes Líquidos y Cuerpos Receptores”, de acuerdo al tipo de actividad industrial, los insumos utilizados y la tecnología empleada.

**Cuadro 5.4: Monitoreo de efluentes líquidos y cuerpos receptores.**

Parámetros	Efluente industrial	Cuerpo receptor
Caudal	SI	SI
TEMPERATURA	SI	SI
DBO <sub>5</sub>	SI	SI
pH	SI	SI
SST	V	V
ACEITES Y GRASAS	SI	V
Otros según el tipo de industria		

V = Variable. La medición de estos parámetros depende del tipo de proceso en la industria.

El **Anexo 10** muestra los parámetros que pueden ser monitoreados para la caracterización de efluentes industriales y cuerpos receptores, que incluirá además como mínimo dos parámetros específicos para cada tipo de industria, cuando sea factible, para lo cual será necesario identificar los insumos utilizados en los procesos de las plantas y sus posibles efectos en la calidad del agua. La autoridad competente, de ser necesario, podrá requerir la inclusión de parámetros adicionales.

En la sección de los parámetros específicos de cada estación se debe recopilar y evaluar, la información existente a fin de seleccionar los parámetros a monitorearse y luego identificar el uso de las aguas abajo (Agua para el consumo humano, uso agrícola, de

las aguas abajo (Agua para el consumo humano, uso agrícola, recursos acuáticos, etc.) Los mismos parámetros que se determinen para la fuente o fuentes se aplican en el medio receptor. Además, deberán realizarse análisis de los mismos parámetros en las muestras obtenidas aguas arriba y aguas abajo para determinar las características de las aguas.

(6)

Se seleccionarán estaciones para la toma de muestras en las descargas, provenientes de los procesos de la planta hacia el medio ambiente receptor, y en todos los flujos de agua que ingresan a la planta; a fin de determinar el balance de agua y poder calcular la carga de los contaminantes para caracterizar los efluentes y las aguas del cuerpo receptor, la toma de muestra se realiza:

#### **5.4.1.1 Fuera de la planta, aguas arriba <sup>(6)</sup>**

Identificados los cursos de agua en el área de influencia de la planta, se ubicarán las estaciones de muestreo aguas arriba a una distancia de 300m. Aproximadamente, antes de la descarga de efluentes, es decir, en sitios que no están bajo la influencia de las fuentes de contaminación. Estas constituyen las muestras en blanco o línea base.

En el caso de industrias que descargan sus efluentes en la red pública deberá considerarse el reglamento de Desagües Industriales.

(D.S. N° 028-60 del 24-11-60. Ver Anexo 2.

#### **5.4.1.2 Fuera de la planta aguas abajo <sup>(7)</sup>**

Se ubican estaciones de muestreo tanto en la zona de mezcla, como en la zona de aguas abajo a una distancia de 300m. aproximadamente de la descarga industrial. En el caso de industrias vecinas el muestreo debe realizarse antes de la descarga de la planta vecina.

Cuando se tenga más de una estación de muestreo en el curso de agua, deberá iniciarse el muestreo en el punto donde haya ocurrido una mezcla total, aguas abajo. Se debe recordar que el muestreo se debe realizar en el mismo lugar, en los posteriores monitoreos.

En el caso de industrias que descargan sus efluentes en la red pública deberá considerarse el Reglamento de Desagües Industriales (D.S. N° 028 – 60 del 29-11-60. Ver Anexo 2.

### **5.4.1.3 En la planta <sup>(7)</sup>**

Cada planta tiene una serie de instalaciones necesarias para su proceso y operaciones, las que pueden contribuir a la contaminación de las aguas superficiales. Otras fuentes de contaminación son los almacenamientos de petróleo, químicos, botaderos de basura, áreas de derrame de reactivo, etc. Es necesario que éstas fuentes se identifiquen para determinar si constituyen fuente de contaminación de las aguas o si es necesario incluirlas en el programa de monitoreo.

En general, la ubicación de las estaciones será el punto final de la descarga de los efluentes de la planta. Si existen varios emisores, se ubicarán estaciones en cada uno de ellos cuando el objetivo del muestreo sea identificar las fuentes de contaminación al interior de la planta y estimar su contribución a la descarga de contaminante total. Se deberá analizar los planos de la red de alcantarillado; así como efectuar un análisis de todo el proceso. Además elaborar un balance de agua y ubicar las estaciones de muestreo para todas las posibles fuentes de contaminación.

Todas las estaciones de muestreo deben identificarse en mapas, planos y diagramas de flujo apropiados, deben señalarse con ayuda de estacas o boyas, de igual forma

deben ser incluidas en el Registro de monitoreo mediante una descripción detallada, indicando las coordenadas geográficas correspondientes a cada estación. Estas precauciones facilitan el reconocimiento del punto de recolección de las muestras, durante los muestreos sucesivos a realizarse por personal encargado y/o las autoridades ambientales.

#### **5.4.2 Frecuencia de Muestreo <sup>(7)</sup>**

Se llevará a cabo como mínimo dos muestreos al año a máxima carga. En cada uno de ellos se hará mediciones y análisis de temperatura, pH, DBO<sub>5</sub>, sólidos en suspensión y aceites y grasas. Además se complementará con mediciones de caudal y dos parámetros típicos del proceso como mínimo. Excepcionalmente, se hará un solo monitoreo cuando la empresa lo justifique técnicamente, previa evaluación y autorización del MITINCI, ahora Ministerio de la Producción.

Así mismo, se debe monitorear después que se produzca derrame de reactivos, fallas en los equipos, o en ocurrencias de fugas durante los procesos, etc. Comparando sus resultados con los obtenidos en condiciones normales.

También se debe monitorear cuando se realiza un cambio en el proceso de manejo de agua o cuando se observa un impacto en la calidad de agua.

Para la determinación de escalas de tiempo para el muestreo, deben considerarse los efectos agudos crónicos de la sustancia tóxica en las descargas, los mismos que pueden tener efectos negativos sobre la salud pública en el ecosistema acuático.

## **CAPÍTULO VI**

### **CONCLUSIONES**

El plan de muestreo y monitoreo ambiental para agua superficiales y efluentes industriales se realiza considerando las actividades secuenciales de pre-muestreo, muestreo y post-muestreo; que es fundamental para obtener muestras representativas y confiables.

El plan de muestreo y monitoreo se puede particularizar para las actividades: Minero – Metalúrgica, Sector Hidrocarburos y la Industria Manufacturera. Sólo se debe tomar en consideración los parámetros específicos para cada una de las actividades de acuerdo a las tablas del Anexo N° 4.

El plan de muestreo y monitoreo presentado en el informe, se adapta a los diferentes tipos de estudios ambientales, tales como:

Evaluación Ambiental Preliminar (EVAP)

Diagnóstico Ambiental Preliminar (DAP)

Estudios de Impacto Ambiental (EIA)

Programa de Adecuación de Manejo Ambiental (PAMA)

Programa especial de manejo ambiental (PEMA)

También se puede utilizar el Plan para los fines de auditorias y fiscalizaciones efectuadas por las autoridades competentes de cada una de las actividades.

## **BIBLIOGRAFÍA**

1. APHA (American Public Health Association, 1989. Métodos estándares para exámenes de agua y agua residuales. 17ª Edición. American Public Health Association, American Waterworks Association y Water Pollution Control Federation.
2. ASTM Standards on environmental sampling. Geotechnical Investigation 2ª Edición. 1997.
3. Cámara C.; Fernandez Hernando P.; Martín Esteban A., Pérez Conde C.; Vidal M. Toma y Tratamiento de Muestras. 1ª Edición. Editorial Síntesis S.A. Impreso en España. 2002.
4. XXIV Convención de Ingenieros de Minas del Perú. Desarrollo de programas para la predicción de Drenaje Ácido de Rocas adecuados a la minería peruana. Arequipa – Perú 1999.
5. Ministerio de Energía y Minas. 1993. “Reglamento para la protección ambiental en las actividades Mineras y Metalúrgicas. Decreto Supremo N° -016-93EM y sus modificatorias Decreto Supremo N° -059-93EM. Lima Perú.

6. Ministerio de Energía y Minas. 1993. "Reglamento para la producción ambiental en las actividades de Hidrocarburos". Decreto Supremo N° - 046-93EM.
7. Ministerio de Industria, Turismo, Integración y Negociaciones Comerciales Internacionales. 1997. "Reglamento de Protección Ambiental para el desarrollo de Actividades de la Industria Manufacturera". Decreto Supremo N° -019-97ITINCI. Lima – Perú.
8. Romero Rojas Jairo. Calidad del Agua. 2ª Edición. Editorial Alfaomega S.A. Impreso en México. 1999.
9. Stoeppler M. Sampling and Simple preparation.  
Practical Guide for Analytical Chemists. Sprinyer-Verlay. 1997.
10. U.S. EPA (Environmental Protection Agency). 1992. Oficina de Monitoreo y Garantía de Calidad. Oficina de Investigación y Desarrollo, Washintong D.C.
11. U.S. EPA (Environmental Protection Agency). Office of Water Sampling  
Ambient Water for trace metal an EPA Water Quality Criterio Levels.  
Method. 1669. July 1996.

## **ABREVIATURAS**

APHA.- American Public Health Association

ASTM.- American Society for Testing Materials

ISO.- International Organization for standardization

DBO<sub>5</sub>.- Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO.- Demanda Química de Oxígeno

EPA.- Environmental Protection Agency

PIT.- Poza de Intercambio Térmico

UTM.- Unidad Métrica Terrestre

STD.- Sólidos Totales Disueltos

SST.- Sólidos Suspendidos Tota

## GLOSARIO

**Analito:** Elemento Químico de Interés de Análisis.

**Batimetría:** Es la ciencia que mide las profundidades (océanos, mares, ríos, lagos, lagunas, etc.); para determinar la topografía del lugar en estudio, mediante la confección de una carta batimétrica.

Una carta batimétrica es un mapa que representa la forma del fondo de un cuerpo de agua.

**Cadena de Custodia:** Documento que define el control y seguimiento de las condiciones de recolección de la muestra, preservación, codificación, transporte y análisis; esencial para asegurar la integridad de la muestra desde su recolección hasta el reporte de resultados. Es la evidencia de la trazabilidad del muestreo.

**Envase de muestreo:** Recipiente utilizado para recolectar las muestras de acuerdo con su naturaleza y los parámetros a realizar.

**GPS (Global Position System):** Es un sistema de navegación por satélite que ofrece determinar una posición geográfica; posee un ordenador portátil con un programa adecuado, donde se consigue ver en la pantalla en un mapa la posición a tiempo real representada con una determinada figura que indica la velocidad, el trayecto, la distancia y otros datos relacionados en cada momento.

**Ice Pack (EMPAQUE DE HIELO):** Contiene un gel denominado microban para la protección antimicrobiana e inhibir la proliferación de bacterias y mohos que producen olor. El Ice pack refrigerado; se utiliza como refrigerante para mantener las muestras a temperaturas inferiores al ambiente.

**Lixiviación:** Extracción Selectiva de analitos de una matriz sólida a una fase líquida.

**Muestra:** Parte representativa del material a estudiar (agua natural, agua para consumo humano, agua superficial, agua subterránea, agua residual industrial, agua residual doméstica, etc.) En la cual se realizarán los parámetros de interés.

**estreo:** Técnica empleada para la selección de las muestras. Comprende: Observaciones, medición de campo, toma de muestra, filtrado (dependiendo del parámetro a analizar), almacenamiento de las muestras, conservación, etiquetado, embalaje y transporte.

**Monitoreo:** Programa donde se establece el muestreo que se llevará a cabo de acuerdo a un plan establecido.

**Muestra Puntual:** Muestra recolectada en un lugar y tiempo específico, que refleja las circunstancias particulares bajo las cuales se hizo su recolección.

**Muestra Compuesta:** Es la combinación de muestras puntuales tomadas en el mismo sitio durante un tiempo determinado.

**Muestra Integrada:** Muestras puntuales tomadas simultáneamente en diferentes puntos o lo más cercanas posibles.

**Preservación:** Procedimiento para mantener los constituyentes de la muestra con el fin de retardar los cambios químicos y biológicos que pueden afectar el análisis.

**Registro:** Documento que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de actividades desempeñadas.

**Representatividad:** Significa que los parámetros en la muestra deben tener el mismo valor que en el cuerpo de agua en el lugar y tiempo de muestreo. Para ello el cuerpo de agua debe estar mezclado totalmente en el lugar del muestreo.

**Sesgo:** Es la medida de la ocurrencia de un error sistemático; está condicionado por algún factor distinto a un hecho aleatorio.

**Tiempo de Vida:** Tiempo máximo de preservación para obtener un resultado confiable.

**PIT (Poza de Intercambio Térmico):** Pozas de almacenamiento de la materia extraída del subsuelo (agua más crudo). Donde se separa el crudo con el agua por diferencia de densidades y posterior enfriamiento de las aguas.

## **ANEXOS**

**ANEXO N° 1**

**TABLA DE ESPECIFICACIONES DE LA LEY  
GENERAL DE AGUAS**

CLASIFICACION DE LOS CURSOS DE AGUA Y DE LA ZONA COSTERA

DENOMINACION	CURSO DE AGUA						AGUA MARITIMA						UNIDAD DE EXPRESION
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI	
Aluminio	0.10	0.10	0.20	1.00	+ 1	0.05	0.10	0.10	1.00	1.00	+ 1	0.05	mg/L como Al
Arsenico	0.10	0.10	0.20	1.00	0.01	0.05	0.10	0.20	1.00	1.00	0.01	0.05	mg/L como As*
Bario	0.01	0.01	0.05	0.50	+ 0.50	0.004	0.10	0.10	0.50	0.50	+ 0.50	0.004	mg/L como Ba
Cadmio	0.080	0.080	0.100	0.002	0.0002	0.004	0.10	0.10	0.05	0.0002	0.0002	0.004	mg/L como Cd*
Cianuro WAD	0.080	0.080	0.100	0.022	0.022	0.022	0.080	0.080	0.100	0.022	0.022	0.022	mg/L como CN*
Cianuro Libre	0.080	0.080	0.100	0.022	0.022	0.022	0.080	0.080	0.100	0.022	0.022	0.022	mg/L como CN*
Cobalto	1.00	1.00	0.50	3.00	+ 0.01	-	1.00	0.50	3.00	3.00	+ 0.01	-	mg/L como Co
Cobre	0	10	20	30	+ 30	-	0	5	20	30	30	+ 30	mg/L como Cu*
Color	0.05	0.05	1.00	5.00	0.05	0.05	0.05	0.05	1.00	5.00	0.05	0.05	UC como COLOR
Cromo Hexavalente	8.8	20000	5000	5000	1000	20000	8.8	20000	5000	5000	1000	20000	mg/L como Cr*
COLIFORMES TOTALES	0	4000	1000	1000	200	4000	0	4000	1000	1000	200	4000	NMP/100 ml**
COLIFORMES FECALES	3	3	3	3	5	4	3	3	3	3	5	4	NMP/100 ml**
Oxigeno Disuelto	5	5	15	10	10	10	5	5	15	10	10	10	mg/L como O.D.
D.B.O.	0.0005	0.001	+ 0.001	0.002	0.002	0.002	0.0005	0.001	+ 0.001	0.002	0.002	0.002	mg/L como D.B.O.
Fenoles	0.30	0.30	1.00	1.00	0.30	0.30	0.30	0.30	1.00	1.00	0.30	0.30	mg/L como C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Hierro	1.50	1.50	2.00	5.00	-	-	1.50	1.50	2.00	5.00	-	-	mg/L como Fe
Fluoruros	-	-	-	-	+ 5.00	-	-	-	-	-	-	-	mg/L como F
Litio	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	mg/L como Li
Magnesio	0.10	0.10	0.50	1.50	-	-	0.10	0.10	0.50	1.50	-	-	mg/L como Mg
Manganeso	1.5	1.5	0.50	0.00	No Pere.	-	1.50	0.50	0.00	0.00	No Pere.	-	mg/L *
Material Ext. en Hexano (Aceites y Grasas)	0.002	0.002	0.01	0.002	0.0001	0.0002	0.002	0.002	0.01	0.0001	0.0001	0.0002	mg/L como Hg*
Mercurio	0.01	0.01	0.10	0.10	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	mg/L como N*
Nitrato	0.002	0.002	0.002	0.50	0.002	-	0.002	0.002	0.002	0.50	0.002	-	mg/L como Ni*
Niquel	5-9	5-9	5-9	5-9	5-9	-	6-9	6-9	6-9	6-8.5	6-8.5	-	mg/L como Ag*
pH	0.05	0.05	0.05	0.05	0.01	0.03	0.05	0.05	0.05	0.01	0.01	0.03	mg/L como Pb*
Plata	0.05	0.05	0.10	0.10	0.002	0.002	0.001	0.001	+ 0.001	0.002	0.002	0.002	mg/L como PCB
Plomo	0.001	0.001	+ 0.001	0.05	0.005	0.01	0.01	0.01	0.05	0.05	0.05	0.01	mg/L como Se*
P.C.B.	0	0	0.00	Peq. Cant.	Moder.	-	0.00	0.00	0.00	Peq. Cant.	Moder.	-	mg/L
Selenio	0.01	0.01	0.05	0.05	0.005	0.01	0.00	0.00	100	+ 100	-	-	mg/L como SO <sub>4</sub>
Sólidos Florantes	0.001	0.002	+ 0.005	0.002	0.002	0.002	0.001	0.002	+ 0.005	0.002	0.002	0.002	mg/L como S <sup>2-</sup>
Sólidos Suspendedidos	5	5	2.5	0.020	0.020	-	5	5	2.5	0.020	0.020	0.020	mg/L como Zn
Sulfatos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sulfuros	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Zinc	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\* Sustancias Potencialmente Peligrosas \*\* Entendido como valor máximo en 80% de 5 o más muestras mensuales

I. Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección  
 II. Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación sedimentación, filtración y cloración aprobados por el Ministerio de Salud  
 III. Aguas para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.  
 V. Aguas de Zonas Recreativas de contacto primario (baños similares)  
 VI. Aguas de Zona de Pesca de Mariscos Bivalvos  
 VI. Aguas de Zonas de Preservación de fauna acuática y pesca recreativa o doméstica.

Artículo 81 Para los efectos de la aplicación del presente Reglamento la calidad de los cuerpos de agua en general ya sea terrestre o marítimos del país se clasificarán respecto a sus usos de la siguiente manera:

**Norma de Referencia**  
 1. EPA: Environmental Protection Agency  
 2. SM: APHA "American Public Health Association"

Fecha de modificación: 29/01/2003

## **ANEXO N° 2**

# **REGLAMENTO DE DESAGÜES INDUSTRIALES**

**REGLAMENTO DE DESAGUES INDUSTRIALES****DECRETO SUPREMO N° 28-60-PL**  
29 de Noviembre de 1960

EL PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

CONSIDERANDO:

Que habiendo comprobado la Superintendencia del Agua Potable de Lima efectos de destrucción en diversos tramos del alcantarillado público de la ciudad de Lima y Balnearios, que se hacían más notorios en los colectores de desagües que sirven a las zonas industriales, se nombró por Resolución Ministerial una Comisión de Ingenieros especialistas de dicha Superintendencia de la Sub-Dirección de Obras Sanitarias del Ministerio de Fomento y Obras Públicas y del Ministerio de Salud Pública, con la finalidad de estudiar el problema y formular una reglamentación al efecto;

Que el estudio realizado por la indicada Comisión señala como causas fundamentales que propenden a la destrucción, la acción química, la elevada temperatura y la alta concentración de materia orgánica de los desagües industriales descargados sin ningún control en los colectores públicos;

Que por lo tanto, se precisa establecer las características normales cuyos límites no deben sobrepasar los desagües industriales, al ingresar al alcantarillado público;

Que la reducción de la vida útil del alcantarillado motivada por el recargo en volumen o en concentración orgánica en las redes, requiere para ser evitada de un programa de inspección permanente y de control y limpieza adecuada, cuyos gastos deben ser cubiertos por las industrias en proporción a las sobrecargas que causen, siendo preciso determinar, previo estudio, las tasas de retribución equitativas y proceder de inmediato a la ejecución de los análisis de los líquidos evacuados de las fábricas.

DECRETA:

GRUPO V  
DESAGÜES INDUSTRIALES

- 1° Apruébase el Estudio de los Desagües Industriales de Lima Metropolitana, formulado por la Comisión de Ingenieros: Don Edmundo V. Aspillaga Navarro, Don Enrique Bielich V. y Don Alejandro Vincés Aráoz.
- 2° Queda terminantemente prohibido descargar en el alcantarillado público residuos que puedan causar el deterioro de sus estructuras u originar obstrucciones, trayendo como consecuencia la elevación del costo normal de operación y mantenimiento.
- 3° Bajo ninguna circunstancia será permitido descargar en las redes públicas de desagüe los siguientes residuos:
  - a. Basuras o restos de comidas.
  - b. Gasolina o solventes industriales.
  - c. Barros y arenas.
  - d. Alquitranes, materiales bituminosos y viscosos.
  - e. Pegamentos y cementos.
  - f. Plumas, huesos, trapos e hilachas.
  - g. Trozos de metal, vidrio, madera, cerámica y materiales similares capaces de producir atoros.
  - h. Gases peligrosos para la vida y la salud.
  - i. Productos residuales del petróleo.
  - j. Aquellos que pueden ser tóxicos o convertirse en tales al mezclarse con los ácidos naturales del líquido cloacal, cianuros, fenoles arseniatos, etc.
  - k. Aquellos que sean corrosivos o incrustantes o que puedan convertirse en tales al reaccionar con los gases y ácidos naturales de los líquidos cloacales.
  - l. Aquellos que contengan en elevada concentración sulfatos y sulfitos.
  - m. Aquellos que sean radioactivos en condiciones y concentraciones superiores a los establecidos por los Reglamentos internacionales.
  - n. Aquellos que contengan iones de metales pesados.
- 4° No se aceptará en ningún caso el ingreso directo a las redes públicas de desagüe de:
  - a. Las aguas de lavado de pisos de talleres y fábricas.
  - b. Las aguas sobrantes de la construcción civil.
  - c. Sustancias volátiles.
  - d. Minerales precipitables o solubles.
  - e. Los residuos de camales, caballerizas, establos y similares.

Al efecto los interesados deberán instalar los dispositivos necesarios para evitar ese ingreso directo, consistentes en trampas, retenedores y otros.

- 5° Todo residuo industrial que ingrese a las redes públicas de desagüe deberá cumplir, sin excepción con las siguientes normas:

Reglamento de Desagües Industriales  
Decreto Supremo N° 28-60-PL (29/11/60)

- a. Temperatura que no sobrepase de los 35° C.
  - b. Los vapores deberán ser condensados para ingresar al desagüe.
  - c. Los líquidos grasos que ingresen al colector, deberán tener una concentración menor de 0.1 gr/lit. en peso.
  - d. Las sustancias inflamables que ingresen al desagüe deben tener un punto de ignición superior a los 90° C y concentración inferior a 1 gr/lit.
  - e. El pH deberá estar comprendido entre 5 y 8.5. Las industrias que evacúen ácidos minerales o sustancias fuertemente alcalinas, deberán tener tanques de suficiente capacidad donde sean neutralizados.
  - f. La D.B.O. (Demanda Bioquímica de Oxígeno), no sobrepasará las 1000 p.p.m.
  - g. Los sólidos sedimentables no tendrán concentración mayor a 8.5 ml/ 1/h. (mililitros/litro/hora).
- 6° Los industriales deberán tomar las medidas necesarias para cumplir con los requisitos señalados en los Artículos 3°, 4° y 5°, debiendo presentar a la Superintendencia del Agua Potable de Lima, para su aprobación, los diseños a adoptar, elaborados por profesional especializado, inscrito en el Registro Oficial de Ingenieros del Ministerio de Fomento y Obras Públicas, para lo cual contarán con 120 días de plazo, dentro de los 120 días posteriores a la aprobación del proyecto la obra deberá quedar ejecutada.
- 7° Los industriales que infrinjan los Artículos 3°, 4° y 5° y que al vencimiento de los plazos indicados no hubieren cumplido con ejecutar las obras pagarán multas de S/. 1,000.00 a 10,000.00 quedando facultada La Superintendencia del Agua Potable de Lima, en caso de incumplimiento, para suspender el servicio público de abastecimiento de agua potable y gestionar la clausura de la industria reuente.
- 8° La Superintendencia del Agua Potable de Lima, procederá a efectuar los análisis de laboratorio y los estudios de descarga de los desagües de las fábricas de Lima, por cuenta de los industriales, quedando obligados a permitir el ingreso a sus locales al personal autorizado por la Superintendencia del Agua Potable de Lima, para la toma de muestras necesarias.
- 9° En la jurisdicción del Callao, será la Junta de Obras Públicas, la entidad encargada de la aplicación de las disposiciones del presente Decreto, con excepción del sector de influencia del Interceptor de la Av. Argentina hasta la Cámara de reunión, punto inicial del Emisor General de Desagües del Callao.
- 10° En las ciudades y pueblos de la República, la aplicación del presente Decreto estará a cargo de las Oficinas Departamentales de Obras Sanitarias, de las Administraciones de Servicios de agua potable y desagüe o de los Municipios respectivos, según sea la entidad que opere el servicio de desagüe establecido en su jurisdicción.

**GRUPO V  
DESAGÜES INDUSTRIALES**

- 11° Las industrias quedan obligadas a instalar una cámara para la inspección, muestreo y verificación del volumen de los líquidos que evacúen y a pagar los gastos que los análisis y estudios de sus desagües originen.
- 12° Terminados los estudios a que se refiere el Artículo 8° y dentro de un plazo no mayor de un año, la Superintendencia del Agua Potable de Lima, formulará la escala del aporte de los establecimientos industriales para la conservación de los colectores públicos de desagüe.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los veintinueve días del mes Noviembre de mil novecientos sesenta.

MANUEL PRADO

Vice Almirante Guillermo Tirado L., Ministro de Marina, Encargado de la Cartera de Fomento y Obras Públicas.

## REGLAMENTO DE DESAGUES INDUSTRIALES

### SECCION I

#### PROLOGO DEL REGLAMENTO

##### Propósito de la Reglamentación

Los reglamentos sobre desagüe que existen en diferentes países y aún dentro de un mismo país, son muy diversos en su criterio, planteamiento y medios de control, dependiendo de la consideración que ha primado en el seno de la Comisión que lo ha redactado. Hay reglamentaciones que están basadas en una interpretación rígida de normas y en ellos se señala con la mayor amplitud posible y en la forma más concreta, que éste problema plantea, cuales son los límites máximos que puede tener un líquido o residuo industrial para que pueda ser admitido en un colector público.

Generalmente la consideración que guía a estas Comisiones es la de conseguir una calidad de desagüe industrial y doméstico tal, que no sobrecargue indebidamente la operación normal de la planta de tratamiento de desagüe local.

Hay otras pocas reglamentaciones que tienen como supremo objetivo, conseguir que a los colectores sólo ingresen líquidos que por sus condiciones no planteen problemas físicos, químicos o biológicos que aceleren la destrucción de los materiales de que están formadas las redes de colectores domésticos y sobre todo industriales.

Reglamento de Desagües Industriales  
Decreto Supremo N° 28-60-PL (29/11/60)

En los primeros, las consideraciones que principalmente guían su planteamiento son las que tiendan a conservar o prolongar hasta donde sea económicamente factible la frescura de los líquidos; las que tiendan a preparar a los líquidos para que no causen problemas en el flujo normal. Las que tienden a preparar los líquidos para que no constituyan problemas en el manejo o acorten los períodos de retención en los tanques de sedimentación y en los digestores de la planta de tratamiento. Las que tiendan a impedir que los líquidos estén sobre-cargados de productos tóxicos que alteren las condiciones biológicas normal de los desagües. Las que tiendan a controlar el volumen de descarga, etc.

Para lograr satisfacer la primera exigencia, generalmente limitan la cantidad total de oxígeno que requieren los líquidos para su estabilización y esto lo hacen limitando la Demanda Bioquímica de Oxígeno admisible en los líquidos que pretenden ingresar a la red, obligando a pre-tratar los desagües industriales para reducir dicha demanda al límite tolerado o exigiendo en compensación una tarifa progresiva sobre la diferencia en D.B.O. que exista en promedio entre la D.B.O. real de los líquidos industriales y la señalada en el reglamento, para hacer la acotación más justa, derivan fórmulas que tratan de generalizar en forma racional este aspecto.

Para lograr no alterar el flujo normal de los desagües reglamentan las normas limitativas en lo que se refiere a sólidos, rápida y medianamente sedimentables, grasas y aceites.

Para cumplir con el tercer aspecto, limitan la concentración máxima admisible de sólidos suspendidos a fin de que no constituyan un problema en los procesos de sedimentación y digestión.

Para lograr la cuarta, norman lo más concretamente posible la concentración de productos y elementos venenosos que puedan ingresar al desagüe, así como aquellos que no puedan ingresar, no importa cuán pequeña sea su concentración.

En general, parece que cuanto más limitados son los medios de que dispone la autoridad para realizar investigaciones y determinaciones analíticas, más concreta es la reglamentación a fin de facilitar la tarea; cuanto más medios tiene la autoridad, técnicos económicos, más general es la reglamentación.

En nuestro caso después de haber comparado las reglamentaciones de una serie de países, algunos de ellos de nuestra propia idiosincracia, creemos que la Reglamentación debe carecer de términos vagos e indeterminados tanto como sea posible. Pues el pensamiento es el de entregar a la autoridad un incremento que sea justo y equitativo. Entendemos que nuestra Reglamentación debe estar guiada por sobre todas las cosas a defender nuestra redes de colectores y nuestros cuerpos de agua receptores, ya que no tenemos actualmente, plantas de tratamiento; sin embargo no debemos dejar de lado la posibilidad de que en un futuro ciertas zonas de la ciudad por sus condiciones especiales tengan que drenar sus desagües a plantas de tratamiento.

Al revisar las normas de protección de las tuberías e instalaciones y los medios de control que existen, hemos notado que una gran parte de los problemas de corrosión se presentan cuando las tuberías no funcionan adecuadamente conservadas porque en esos casos se han depositado lodos, o causado obturaciones, cuando las capacidades de la red secundaria han sido sobrecargadas, las emisiones gaseosas se producen como consecuencia de la súbita liberación de la presión a que están sometidas y esto sucede en nuestro caso cuando las redes secundarias vacían sus descargas en las primarias.

El anteproyecto del reglamento que hemos elaborado se basa en el principio de que para controlar los intereses públicos en materia de desagües, es menester establecer una reglamentación que sea lo suficientemente concreta como para ser interpretada fielmente, que esta reglamentación sea llevada adelante por una Autoridad con capacidad técnica y amplio respaldo legal, que la industria que en gran parte es la causante de los problemas investigados, acepte su responsabilidad sobre la base de que es su derecho lanzar sus residuos industriales, pero con ciertas limitaciones en lo que se refiere a la cantidad y calidad de los residuos y que es deber de todo aquel que utiliza un servicio público en forma más amplia, que el promedio de los usuarios, pagar la parte proporcional de ese exceso en forma justa y ordenada, a fin de contribuir honestamente a mantener un servicio, que es esencial no sólo para la salud pública en general, sino también para la industria en particular.

La idea básica que ha animado a la Comisión al prepararlo ha sido de conseguir que la autoridad que se encargue de aplicarlo, funcione amparado no sólo por el respaldo legal de un articulado claro y preciso, sino además, por acción permanente de un Comité, conformado por técnicos estatales y representantes de la Industria que orientará y resolverá los problemas que surgan al aplicársele, dentro de los límites y del espíritu de la Reglamentación.

## SECCION 2

### Definición de Términos

En toda Reglamentación que pretende ser objetiva y práctica, es menester en primer lugar, definirle lo más claramente posible los términos, sobre todo técnicos, que en ella se usan. Por lo tanto, en el presente Reglamento se entenderá por:

**Artículo 201.- Autoridad :** La organización técnica del Estado a la que al promulgarse el presente Reglamento, se le encomiende su aplicación.

**Artículo 202.- Alcalinidad :** La alcalinidad quiere decir el contenido de carbonato, bicarbonatos, hidróxidos y ocasionalmente boratos, silicatos y fosfatos, se expresa en p.p.m. en carbonato de calcio.

**Artículo 203.- Acidez :** La acidez representa la cantidad de ácidos minerales y orgánicos y sales ácidas que se hidrolizan para producir hidrogeniones.

**Artículo 204.- Comité :** La comisión permanente que conformada por tres delegados representantes de los Ministerios de Fomento (Sub-Dirección de Obras Sanitarias), Servicio de Agua Potable de Lima (Sección Técnica de Alcantarillados), Salud Pública (División de Ingeniería Sanitaria) y dos representantes de la Sociedad Nacional de Industrias, se nominará con el fin de resolver dentro de los límites y espíritu del presente Reglamento, los problemas que se plantean entre la Autoridad y la Industria.

**Artículo 205.- Carga Orgánica (C.O.):** Para los fines de este Reglamento, se entenderá por tal, la cantidad de materia orgánica que en promedio descarga una persona por día, expresado en mgr/l se aceptará que es en nuestro medio 62,500.

**Artículo 206.- Colector Doméstico :** Significa la tubería o alcantarilla construida para evacuar los líquidos domésticos.

**Artículo 207.- Colector Industrial :** Significa la tubería o alcantarilla construida para evacuar los residuos industriales.

**Artículo 208.- Demanda Bioquímica de oxígeno (D.B.O.):** La cantidad de oxígeno expresado en partes por millón por peso, utilizado en la oxidación bioquímica de la materia orgánica, en condiciones standard de laboratorio, durante 5 días, a 20° C, de acuerdo con los procedimientos indicados en los Métodos Standard Norteamericanos.

**Artículo 209.- Industrial :** Por este término se entenderá a cualquier firma, empresa, agencia, compañía, etc., que está conectada a la red pública de desagüe.

**Artículo 210.- Muestra Compuesta :** Se entenderá por tal, aquella que está formada por los diferentes tipos de residuos que lanza la industria.

**Artículo 211.- Muestra Simple :** Aquella que se tome de una sola y por lo tanto, sólo representa las características en un momento dado.

**Artículo 212.- Población Equivalente (P.E.):** Se usará este término como parámetro de medida de la concentración de materia orgánica que contiene un volumen determinado de residuos industriales.

**Artículo 213.- pH.:** Se entenderá por tal, al logaritmo de base 10 de la recíproca de la concentración de iones de hidrógeno expresado en moles por litros.

**Artículo 214.- Residuo Industrial:** Se entiende por tal, la descarga de cualquier sustancia sea gaseosa, líquida o sólida que sea lanzada al desagüe público o el que esté bajo la administración pública. Por la Industria, el Comercio o en general cualquier establecimiento y que resulte como consecuencia de un proceso de desarrollo o manufactura de cualquier naturaleza.

**Artículo 215.- Red Pública :** Por éste término se entenderá al conjunto de tuberías primarias y secundarias, incluyendo las plantas de bombeo, interceptores y emisores que tienen por finalidad, recoger, conducir y lanzar los líquidos o residuos industriales.

**GRUPO V  
DESAGÜES INDUSTRIALES**

**Artículo 216.- Sobre Tasa :** Significa el gravamen adicional que pagará cualquier industria en general; cuando sus residuos pasen la concentración normal establecida.

**Artículo 217.- Sólidos Sedimentales :** Son aquellos sólidos que pueden ser removidos de un residuo líquido industrial, en un tiempo determinado, por la sola acción de la fuerza de la gravedad.

**Artículo 218.- Sólidos Suspendidos :** Son aquellos que sólo pueden ser removidos de un residuo líquido industrial, por la acción de filtración o centrifugación, en el laboratorio.

**Artículo 219.- Tarifa :** Significa el gravamen que paga la industria en general, por derecho de descarga de sus residuos industriales en los colectores públicos o administrados por entidades públicas.

### SECCION 3

#### Límites Normales de los Desagües Industriales

Para establecer una Reglamentación es menester comenzar por fijar cuáles son los límites normales de ciertas características básicas de los desagües en general y de los industriales en particular. Las investigaciones realizadas por el Comité, le permiten señalar como valores cercanos a nuestra realidad, los siguientes:

**Artículo 301.-** Para los fines de esta Reglamentación, se aceptará como D.B.O. normal en los colectores domésticos: 250 p.p.m.

**Artículo 302.-** Para los fines de esta Reglamentación, se aceptará como promedio normal del volumen de desagüe, la cantidad de 250 lts. de cap./ día.

**Artículo 303.-** Para los fines de esta Reglamentación, se calculará la P.E. mediante la siguiente fórmula:

$$P.E. = \frac{\text{Volumen de desg. en lt/día} \times \text{D.B.O. en mgr/lt}}{62,500}$$

**Artículo 304.-** Para los fines de esta Reglamentación, se aceptará como normal el líquido cloacal que no deposite más de 8.5 ml/lt/H. (mililitros / litro / hora) de sólidos sedimentables.

**SECCION 4****Normas para Establecer las Sobrecargas**

En todo conglomerado, la comunidad tiene derecho a estar conectada y a usar la red pública de desagüe. Es más, este derecho es obligatorio. Pero nadie en la comunidad tiene derecho a sobrecargar en volumen o carga orgánica de la red pública de desagüe, pues existe una limitación natural y lógica a ese derecho que éste Reglamento fija y determina.

**Artículo 401.-** Para establecer el volumen de descarga de los Residuos Industriales por día, se adoptará uno de los dos procedimientos siguientes, según las posibilidades locales y a juicio de la Autoridad

- a. La verificación real del caudal evacuado mediante procedimientos hidráulicos
- b. Estimando como desagüe el 90% del agua de consumo, que resulte como promedio aritmético durante un lapso de 7 días en las condiciones de observación y frecuencia que fije la Autoridad.

**Artículo 402.-** Para que la Autoridad pueda verificar el gasto y demás características del flujo de los Residuos Industriales, podrá exigir de la industria que como complemento de sus instalaciones de desagüe, construya una cámara de inspección, muestreo y verificación de gasto, la que estará construida en la forma y modo y con las características que fijará la Autoridad.

**Artículo 403.-** Ninguna industria puede lanzar a la red pública, sin pagar la tasa, un volumen de residuos industriales que supere la dotación de descarga de una Población Equivalente P.E. de 2,000 personas, considerándose dotación de descarga por persona en 250 lt./cap./día.

**Artículo 404 -** Ninguna industria podrá lanzar al colector industrial en un momento dado, un caudal que supere en 300% el gasto promedio que resulte al aplicarle los procedimientos especificados en el Artículo 401. En caso de que las operaciones industriales así la obligaran, la Autoridad dispondrá que se instalen cámaras reguladoras del gasto de características apropiadas.

**Artículo 405.-** En determinados casos y a juicio de las Autoridades podrá disponer que la industria descargue sus residuos sólo durante la noche, obligándose a instalar tanques de almacenamiento de los residuos industriales de características apropiadas.

**Artículo 406.-** Para la determinación de las características de los Residuos Industriales, se seguirá el siguiente procedimiento:

- a. Industria recién instalada : a los 60 días de funcionamiento la Autoridad

GRUPO V  
DESAGÜES INDUSTRIALES

procederá a tomar una muestra compuesta de los residuos con la frecuencia de una mensual por un lapso de seis meses. Se aceptará como característica los valores que resulten de promediar aritméticamente la D.B.O., sólidos sedimentables, pH, etc.

- b. En las industrias ya establecidas: Se seguirán las mismas pautas señaladas en el acápite a), con la diferencia de que en estos casos no existirá plazo previo para iniciar la investigación.
- c. Los gastos que demanden los análisis correspondientes serán cobrados por la Autoridad de acuerdo a la tarifa que se fije.

**Artículo 407.-** La Autoridad de acuerdo con sus posibilidades, mantendrá un sistema periódico de muestras a fin de mantener actualmente las tarifas de sobretasa.

**Artículo 408.-** La industria que por haber modificado su sistema de eliminación de residuos considere que ha disminuido apreciablemente el volumen o la concentración de materia orgánica que descarga o ambas, tendrá derecho a solicitar de la Autoridad que se realice una nueva investigación de sus residuos y en este caso la Autoridad dispondrá los detalles, el número y la frecuencia de los muestreos correspondientes. Los gastos que originen estas investigaciones, correrán por cuenta del industrial.

## SECCION 5

### Límites Máximos de los Residuos Industriales Admisibles en las Redes.

**Artículo 501.-** Ninguna industria podrá lanzar al colector industrial en forma directa, residuos cuya temperatura esté por encima de los 35° C, ni sobrantes de vapor. Los vapores deberán ser condensados para ingresar al desagüe.

**Artículo 502.-** Ninguna sustancia grasa que ingrese al colector, deberá tener una concentración mayor de 0.1 gr/lit. en peso.

**Artículo 503.-** Ninguna sustancia inflamable que ingrese al desagüe podrá tener un punto de ignición que esté por debajo de los 90° C, y no podrá estar en concentración mayor de 1 gr/lit.

**Artículo 504.-** No se permitirá el ingreso de residuos a los desagües públicos cuyo pH esté por debajo de 5 ó por encima de 8.5. Las industrias que trabajan con ácidos minerales o sustancias fuertemente alcalinas, deberán obligatoriamente tener tanques de suficiente capacidad y en número adecuado, a juicio de la autoridad, donde serán neutralizados, mediante la mezcla de residuos ácidos y alcalinos o diluidos, hasta alcanzar los límites de pH establecido. La autoridad podrá solicitar a la industria que presente un estudio completo de la solución, el que deberá ser

Reglamento de Desagües Industriales  
Decreto Supremo N° 28-60-PL (29/11/60)

ejecutado por un profesional especializado y se deberán introducir en él todos los dispositivos que la autoridad juzgue necesarios para la mayor eficiencia del sistema, fijándose un plazo para la ejecución de la obra.

**Artículo 505.-** Queda prohibido el ingreso a la red pública, de residuos que tengan mas de 1,000 p.p.m., de D.B.O. bajo ninguna circunstancia los residuos industriales que con tratamiento o sin él, alcancen esa concentración de D.B.O., podrán ingresar a los colectores públicos o que estén bajo la administración pública.

**Artículo 506.-** Queda prohibido el ingreso a las redes públicas de líquidos que depositen sedimentos en una concentración de más de 8.5 ml/L.H. (mililitros / litros / hora).

## SECCION 6

### Residuos Industriales no Admisibles en las Redes

**Artículo 601.-** Queda prohibido el ingreso directo a las redes de desagüe de:

- a. Las aguas de lavado de pisos de talleres y fábricas
- b. Las aguas sobrantes de la construcción civil.

La autoridad determinará los tipos de trampas y dispositivos que se emplearán en cada caso.

**Artículo 602.-** Queda prohibido el ingreso de basuras o restos de comida.

**Artículo 603.-** Queda prohibido el ingreso de los siguientes residuos:

- a. Gasolina y solventes industriales.
- b. Barros y arenas.
- c. Alquitranes, materiales bituminosos y viscosos.
- d. Pegamentos y cementos.
- e. Plumas, huesos, trapos é hilazas.
- f. Trozos de metal, vidrio, madera, cerámica y materiales similares capaces de atorar.
- g. Gases malolientes o peligrosos para la vida y la salud.
- h. Productos residuales del Petróleo.

GRUPO V  
DESAGÜES INDUSTRIALES

**Artículo 604.-** Queda prohibido descargar a las redes de desagüe, ni aceites volátiles, ni minerales o insolubles en forma directa, ellos deben pasar por trampas, retenedoras o dispositivos que los extraigan en la forma más completa que sea factible y en todo caso no podrán superar el límite establecido en el Artículo 502.

**Artículo 605.-** Queda prohibido el ingreso de residuos que puedan ser tóxicos o convertirse en tales o mezclarse con los ácidos naturales del desagüe; cianuros, fenoles, arseniatos, etc.

**Artículo 606.-** No se aceptará el ingreso al desagüe, de residuos corrosivos é incrustantes o que puedan convertirse en tales al reaccionar con los gases y ácidos naturales de los líquidos cloacales.

**Artículo 607.-** No se aceptará el ingreso al desagüe de residuos que contengan en elevada concentración, sulfuros, sulfitos y sulfatos.

**Artículo 608.-** Queda prohibido el lanzamiento de materiales radioactivos en condiciones y concentraciones superiores a los establecidos en los Reglamentos Internacionales en la Materia.

**Artículo 609.-** Queda prohibido el ingreso, en forma directa a la red pública de residuos de camales, caballerizas, establos y similares.

La autoridad podrá exigir a los propietarios, que dentro de un plazo acordado, proceden a instalar los dispositivos necesarios, siendo requisito previo a su instalación la aprobación de la autoridad

**Artículo 610.-** Queda prohibido el ingreso a la red pública, de iones de metales pesados.

## SECCION 7

### Disposiciones Generales

**Artículo 701.-** No se permitirá por razones sanitarias, la descarga directa en los cuerpos de agua, de los desagües y residuos industriales.

Sólo será permitida la descarga directa de las aguas de refrigeración o los sobrantes condensados del vapor.

**Artículo 702.-** Todo desagüe o residuo industrial, para ser admitido en los cuerpos naturales de agua, deberá ser pretratado en la forma y modo y hasta el grado que se disponga por la autoridad de acuerdo con las normas correspondientes de Salud Pública.

**Artículo 703.-** No se permitirá la construcción por la industria, de tanques sépticos, pozos negros, letrinas o cualquier otro sistema de disposición peligrosa o

Reglamento de Desagües Industriales  
Decreto Supremo N° 28-60-PL (29/11/60)

inconveniente en las zonas urbanas donde existan redes públicas de desagüe y sea posible técnicamente conectarse a ellas.

**Artículo 704.** - El sistema de colectores de desagüe y las estructuras de tratamiento y disposición final, deberán ser usados de una manera razonable de acuerdo a la capacidad y objeto para los que fueron diseñados.

**Artículo 705.** - En general no será permitido el ingreso de residuos al desagüe, cuando traiga como consecuencia el deterioro de sus estructuras, la interferencia de su operación o funcionamiento o una exagerada elevación en los costos de atención y mantenimiento.

**Artículo 706.** - Queda prohibido interrumpir, usando medios artificiales, el flujo de los desagües que discurren en las cloacas, con el propósito de modificar, aunque fuese temporalmente, su curso natural o su "tirante" normal de régimen estable.

**Artículo 707.** - Queda prohibido, de acuerdo a lo dispuesto en el artículo precedente, el uso de líquidos residuales para emplearlos en preparación de materiales (mezclas, morteros, etc.) para trabajos de la industria de la construcción civil, en general.

**Artículo 708.** - Las Municipalidades no darán "Licencia de Construcción" sin previa presentación de los documentos que comprueben que el interesado ha cumplido con solicitar de la Superintendencia del Agua Potable de Lima la "contrata" de un servicio de agua potable.

En caso que el terreno ya tuviera anteriormente este servicio, el interesado lo acreditará con el recibo de pago de la pensión de agua respectiva.

**Artículo 709.** - Durante el periodo de trabajo de una construcción civil, y para proteger el alcantarillado de recibir residuos industriales pesados que por descuido pasan a las redes públicas, es obligación de los encargados de las obras de C.C., tomar las disposiciones que la autoridad le indique.

## SECCION 8

### Plazos y Sobre Tasas

Es un hecho comprobado que una red sobrecargada en volumen o concentración de materia orgánica o ambas, tiene una vida útil menor que la prevista.

Para evitarlo, la Autoridad Técnica de Alcantarillados, tiene que mantener un programa de inspección y limpieza adecuados, y esto presupone un presupuesto. Es lógico que los fondos para ello, tienen que venir en mayor proporción de aquellas industrias que más sobrecargan las redes. Y nadie debe ser gravado cuando produce el equivalente a los que cualquier centro cívico o institución descarga a la red. Este

GRUPO V  
DESAGÜES INDUSTRIALES

Reglamento fija ese límite en la cifra de 2,000 personas determinadas en la forma que está prevista en el Artículo 307.

**Artículo 801.** - Las industrias que a la promulgación de la presente reglamentación, estén debidamente establecidas y en funcionamiento, tendrán un plazo improrrogable de seis meses a partir de la fecha en que la autoridad las notifique para normalizar sus residuos industriales ajustándolos a las cifras máximas establecidas.

**Artículo 802.** - Las industrias que funcionen después de Promulgada la presente Reglamentación, sólo gozarán de un plazo improrrogable de tres meses a partir de la fecha en que se haya terminado los estudios de las características de los Residuos Industriales de acuerdo con lo previsto en el Artículo 406, inciso "a".

**Artículo 803.** - Cuando la normalización de los residuos requiera, operaciones complejas y dispositivos de control cuya construcción demanda mayor tiempo, la industria podrá presentar una solicitud especial, explicando detalladamente las razones técnicas que obligan un mayor plazo y la autoridad con el voto aprobatorio del Comité, podrá concederlo.

**Artículo 804.** - Las industrias que descarguen al Servicio Público de desagües, Residuos Industriales, cuyo volumen y concentración combinados, representen una población de 2,000 o más personas, medidas como P.E. (Población equivalente), determinada de acuerdo con el Artículo 403 de la presente Reglamentación, pagarán una sobre tasa de S/. 40.00 por cada 2,000 personas o fracción adicionales, gravándose por éste concepto sólo hasta alcanzar una P.E. de 100,000 personas.

**Artículo 805.** - La autoridad podrá en el futuro, determinar cual deberá ser el gravamen por sobre carga, previo estudio justificativo. Este gravamen sólo entrará en vigor cuando haya sido favorablemente votado en dos sesiones de comité, celebradas con un intervalo no menor de 15 días entre ambas sesiones y será materia de una Resolución Suprema expedida por el Ramo de Fomento.

## SECCION 9

### Penas y Sanciones

**Artículo 901.** - Las Industrias que al vencimiento del plazo de notificación no hubieran cumplido con ejecutar las obras, y rebasen los límites máximos fijados para la calidad de los residuos o incumplan en alguna forma, las disposiciones del presente Reglamento, pagarán una multa, cuyo costo puede variar entre un mínimo de S/. 500.00 o máximo de S/. 10,000.00 sin perjuicio de cumplir dentro de un plazo acordado por la autoridad.

Reglamento\* de Desagües Industriales  
Decreto Supremo N° 28-60-PL (29/11/60)

**Artículo 902.-** Las Industrias que al vencimiento del segundo plazo, no hubieran cumplido, gozarán de 30 días de gracia, adicional.

**Artículo 903.-** Si vencidos los 30 días adicionales, la autoridad constata de que la industria no ha cumplido; queda facultada la autoridad para suspender indefinidamente el servicio público de abastecimiento de agua potable.

**Artículo 904.-** Si como consecuencia del incumplimiento de las notificaciones, se derivara un peligro para la salud pública, se amenazaran los cuerpos naturales de agua y los canales de riego y se atentara contra la integridad física de los colectores públicos, la autoridad podrá decretar, con el voto aprobatorio del comité, la clausura de la industria; la que para convertirse en definitiva deberá revestir la forma de Resolución Ministerial, expedida por el Ministerio de Salud Pública o por el Ministerio de Fomento, según los casos.

**ANEXO N° 3**

**REQUISITOS DE AGUA POTABLE**

PERU  
NORMA TÉCNICA  
N.º 10-81

AGUA POTABLE  
Requisitos

ITINTEC  
214.003  
Junio, 1987

LIMA - PERU

( ITINTEC )

TÉCNICAS

DE NORMAS

INDUSTRIAL Y DE

TECNOLOGÍA

INVESTIGACION

INDUSTRIAL Y DE

NORMAS

TÉCNICAS

DE

NORMAS

INDUSTRIAL Y DE

NORMAS

TÉCNICAS

DE

NORMAS

## 1. NORMAS A CONSULTAR

ITINTEC 214.005 AGUA POTABLE. Extracción de muestras.  
ITINTEC 214.006 AGUA POTABLE. Determinación de turbiedad.  
ITINTEC 214.007 AGUA POTABLE. Determinación del color (Escala platino-cobalto).  
ITINTEC 214.008 AGUA POTABLE. Determinación de arsénico.  
ITINTEC 214.009 AGUA POTABLE. Determinación del olor y del sabor.  
ITINTEC 214.010 AGUA POTABLE. Determinación de manganeso.

## 2. OBJETO

2.1 La presente Norma establece los requisitos físicos, químicos, organolépticos y microbiológicos que debe cumplir el agua para ser considerada potable.

## 3. CAMPO DE APLICACION

3.1 La presente Norma se aplica al agua proveniente de cualquier sistema que abastece el consumo humano.

## 4. DEFINICIONES

4.1 Agua natural. - Se denomina así al agua tal como se encuentra en la naturaleza.

4.2 Agua natural superficial. - Es la que se encuentra en la superficie del terreno formando los ríos, lagos, manantial, etc.

4.3 Agua natural subterránea. - Es la que se encuentra bajo la superficie del terreno pudiendo ser su afloramiento natural o extracción artificial.

4.4 Agua potable. - Es aquella apta para consumo humano y que cumple con los requisitos físicos, químicos, organolépticos y microbiológicos establecidos en esta Norma.

4.5 Contaminación. - Es la alteración de las características físicas, químicas o biológicas del agua, resultante de la incorporación deliberada o accidental en la misma de productos o residuos que afecten los usos del agua.

4.6 Residuos. - Son los sobrantes líquidos, sólidos, gaseosos y distintas formas de energía, provenientes de las funciones naturales o artificiales.

4.7 Inóculo. - Es la cantidad de muestra que se agrega al medio de cultivo para un análisis microbiológico.

4.8 Muestra. - Es la porción representativa de agua que se remite al laboratorio para su análisis.

R.D. 339-87-ITINTEC-DG '87-06-22 5 páginas

C.D.U. 644.61

"TODA REPRODUCCION INDICAR EL ORIGEN"

- 4.9 Color.- Es la impresión visual producida por los rayos de luz reflejados por las materias que se encuentran en solución en el agua.
- 4.9.1 Color aparente.- Es la impresión visual producida por los rayos de luz reflejados por las materias en solución y suspensión en el agua.
- 4.9.2 Color verdadero.- Es la impresión visual producida por los rayos de luz reflejados por los compuestos disueltos en el agua.
- 4.10 Sabor.- Es la sensación gustativa que producen las materias con tenidas en el agua.
- 4.11 Turbiedad.- Propiedad óptica que tiene una sustancia transparen te o translúcida de diseminar en todas las direcciones la luz que pasa a través de ella.
- 4.12 Residuos totales.- Es el material que permanece después de evaporar el agua y secado posterior a una temperatura entre 103°C y 105°C.
- 4.13 ABS.- Sigla de sulfonato de alquilo-benceno. Denominación química genérica del grupo funcional básico de los detergentes no biodegradables.
- 4.14 Grupo coliforme.- Grupo de bacterias que habitan en el tracto intestinal del hombre y animales de sangre caliente. Pueden encontrarse en plantas, suelos y ambientes acuáticos, son aerobios y anaerobios facultativos, formas bacilares, no forman esporas, gram-negativos y fermentan la lactosa con producción de ácido y gas.
- 4.14.1 Coliformes fecales.- Sub grupo de coliformes que habitan en el intestino del hombre y animales de sangre caliente y que fermentan la lactosa con formación de gas a las 24 h a 44.5°C.
- 4.14.2 Índice coliforme.- Es la cantidad estimada de microorganismos del grupo coliforme presente en 100 cm<sup>3</sup> de agua, sus resultados se expresan en términos del número más probable (NMP) para el caso de la co limetría por dilución y por el número de microorganismos en el caso de la membrana filtrante.
- 4.15 Virus.- Organismos submicroscópicos, parásitos intracelulares obligados que presentan en su estructura un solo ácido nucleico (AND o ARN) para su reproducción e incluye una variedad de patógenos para el hombre.

## 5. REQUISITOS

### 5.1 Requisitos biológicos

5.1.1	Parásitos y protozoarios	Ausencia
5.1.2	<u>Requisitos microbiológicos</u>	<u>Valor máximo admisible</u>
	Recuento total	500 UFC/ml (*)
	Coliformes totales (**)	Ausencia
	Coliformes fecales	Ausencia

(\*) UFC Unidades formadoras de colonias

(\*\*) Ver Apéndice A

5.2 Sustancias que afectan la salud5.2.1 Constituyentes inorgánicosValor máximo admisible  
(mg/l)

Arsénico (As)	0,05
Bario (Ba)	1,0
Cadmio (Cd)	0,005
Cromo total (Cr)	0,05
Cianuro (CN)	0,1
Plomo (Pb)	0,05
Mercurio (Hg)	0,001
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	45
Selenio (Se)	0,01

5.2.2 Constituyentes orgánicosValor máximo admisible

- Compuestos extractables al carbón cloroformo	0,1
- Sustancias activas al azul de metileno	No debe producir espuma ni problemas de sabor y olor
- Fenoles	0,1

5.3 Compuestos que afectan la calidad estética y organoléptica

<u>Compuesto</u>	<u>Valor máximo recomendable</u>	<u>Valor máximo admisible</u>
<u>Turbiedad</u>		
Agua tratada con proceso de filtración	3NTU	5NTU
Agua sin proceso de filtración	---	15 NTU
- Color verdadero	---	15 UC
- Olor y sabor	Inofensivo a la mayoría de los consumidores	
- Residuos totales mg/l	500	1 000
- pH	6,5 - 8,5*	
- Dureza (CaCO <sub>3</sub> ) mg/l	200	---
- Sulfatos (SO <sub>4</sub> ) mg/l	250	400
- Cloruro (Cl) mg/l	250	600
- Fluoruro (F) mg/l		1,5
- Sodio (Na) mg/l		100
- Aluminio (Al) mg/l		0,2
- Cobre (Cu) mg/l		1,0
- Hierro (Fe) mg/l		0,3
- Manganeso (Mn) mg/l		0,1
- Calcio (Ca) mg/l	75	---
- Magnesio (mg) mg/l	30	---
- Zinc (Zn) mg/l		5

NOTA.- NTU unidades nefelométricas de turbidez

UC unidades de color

\* Rango recomendable

## 6. INSPECCION Y RECEPCION

6.1 La extracción y recepción de muestras se hará según la Norma ITINTEC correspondiente.

## 7. METODOS DE ENSAYO

7.1 Se emplearán los métodos de ensayo indicados en el capítulo 1. NORMAS A CONSULTAR.

## 8. ANTECEDENTES

8.1 Normas Internacionales para el agua potable. Organización Mundial de la Salud. Ginebra 1972.

8.2 Parámetros físico-químicos que influyen en la calidad y en el tratamiento del agua. Quím. María Luisa Castro de Esparza. 1985.

8.3 Procedimientos simplificados para el examen de aguas. Organización Panamericana de la Salud. Oficina Sanitaria Panamericana. Oficina Regional de OMS. 1978.

8.4 Bromatología. Montes. Argentina 1978.

8.5 Norma Chilena NCH 4090 E 70.

8.6 Guías para la calidad del agua potable. Organización Panamericana de la Salud. Oficina Sanitaria Panamericana. Oficina Regional de la Organización Mundial de la Salud. 1985.

8.7 Standard method for examination of water and wastewater. AWWA. 15a Ed. 1980.

8.8 Procedimientos simplificados de análisis químicos de aguas residuales. María Luisa Castro de Esparza. Lima-Perú. 1983.

8.9 Información proporcionada por los miembros del Comité Especializado.

APENDICE A

- A.1 En el curso de un año el 95% de las muestras analizadas no debe rán contener ninguna bacteria coliforme en 100 ml.
- A.2 Ocasionalmente, alguna muestra podrá contener hasta 3 bacterias coliformes por 100 ml, siempre y cuando no se trate de muestras consecutivas.
- A.3 En el caso de encontrar alguna bacteria coliforme se efectuará de inmediato un nuevo muestreo, dentro de los 3 días siguientes.

## P R O L O G O

### A. RESEÑA HISTORICA

La presente Norma Técnica Nacional fue elaborada por el Comité Especializado de Agua Potable, en reuniones realizadas durante los meses de Mayo, Junio, Julio, Setiembre de 1979, Julio, Agosto de 1980, y a partir de Marzo de 1985 hasta Febrero de 1986, teniendo como documento inicial de estudio el Esquema 20:02-001 de Octubre de 1979.

### B. ENTIDADES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACION DE LA PRESENTE NORMA TECNICA NACIONAL

---

- CEPIS/OPS.
- CLEIBA/UNMSM.
- COMPAÑIA EMBOTELLADORA PERUANA S.A.
- MINISTERIO DE SALUD-DISAR.
- MINISTERIO DE SALUD-HOSPITAL DOS DE MAYO.
- MINISTERIO DE SALUD-DIRECCION GENERAL DE FARMACIA.
- MINISTERIO DE SALUD-REGION DE SALUD DE LIMA.
- MINISTERIO DE VIVIENDA Y CONSTRUCCION. Dirección General de Obras Sanitarias.
- OFICINA NACIONAL DE EVALUACION DE RECURSOS NATURALES (ONERN).
- SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA (SEDAPAL).
- SERVICIO NACIONAL DE ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO (SENAPA).
- MUNICIPALIDAD DE LIMA METROPOLITANA.
- MUNICIPALIDAD DE LINCE.
- MUNICIPALIDAD DE SAN ISIDRO-Laboratorio Bromatológico.
- CIA. PERUANA DE ALIMENTOS (PERULAC).
- INSTITUTO BETETTA.
- INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO AGRO-INDUSTRIAL (INDDA).
- INSTITUTO PERUANO DE ENERGIA NUCLEAR (IPEN).
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA-Facultad de Ingeniería Am  
biental.

**ANEXO N° 4**

**MÉTODOS PRESERVANTES Y TIEMPO DE**

**VIDA DE LAS MUESTRAS**

**TABLA I : METODOS, PRESERVANTES Y TIEMPO DE VIDA**

**I. Ensayo Fisicoquimico**

Análisis Requerido	Método (Aguas)	Método (Suelos)	Volumen Mínimo de Agua	Cantidad Mínima de Suelo	Tipo de Envase	Preservante	Tiempo de Vida Máximo
Aceites y Grasas	EPA 1664	SM 5520	1L	100g	V	H2SO4 (1:1) pH < 2, Frío	28 días
Acidez	EPA 305.1		100mL		P, V	Frío	14 días
Alcalinidad Total	SM 2320B		100mL		P, V	Frío	14 días
Alcalinidad P	SM 2320B		100mL		P, V	Frío	14 días
Alcalinidad M	SM 2320B		100mL		P, V	Frío	14 días
Azufre Píritico		ASTMD2492		100g			
Azufre Total		SCS 6R1					
Bromuro	EPA 320.1		100 mL	20g	P, V	Frío	28 días
Carbonato	SM 4500CO <sub>2</sub> -D		100mL	20g	P, V	Frío	14 días
Clorofila	SM 10200		500mL		P, V	Frío, obscuro	24 horas
Bicarbonato	SM 4500CO <sub>2</sub> -D		100mL	20g	P, V	Frío	14 días
Cianuro Libre	Anal. Chem. Vol. 53		500mL	50g	P, V	NaOH pH > 12, Frío	14 días
Cianuro Total	EPA 335.2	EPA 9010	500mL	50g	P, V	NaOH pH > 12, Frío	14 días
Cianuro WAD	SM 4500CN-I		500mL		P, V	NaOH pH > 12, Frío	14 días
Cloro Residual	Merck		50mL		P, V	No Requiere	Inmediato
Cloruros	EPA 325.3	SCS K1	100mL	50g	P, V	No Requiere	28 días
Color	EPA 110.2		100mL		P, V	Frío	48 horas
Conductividad	EPA 120.1	SCS 8B1a	100mL	100g	P, V	Frío	28 días
DBO(5 Días).	EPA 405.1		1L		P, V	Frío	48 horas
Dioxido de Carbono	SM 4500CO <sub>2</sub> -B		100mL		P, V	Frío	Inmediato

**TABLA I : METODOS, PRESERVANTES Y TIEMPO DE VIDA**

**I. Ensayo Físicoquímico**

Análisis Requerido	Método (Aguas)	Método (Suelos)	Volumen Mínimo de Agua	Cantidad Mínima de Suelo	Tipo de Envase	Preservante	Tiempo de Vida	
							Máximo	Mínimo
D.Q.O	EPA 410.1		100mL		P, V	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1) pH < 2, Frío	28 días	
Detergentes Aniónicos	SM 5540-C		250mL		P, V	Frío	48 horas	
Dureza Calcica	EPA 215.2		100mL		P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1)	6 meses	
Dureza Magnésica	SM 2340-B		100mL		P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1)	6 meses	
Dureza Total	EPA 130.2		100mL		P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1)	6 meses	
Fenoles	SM 5530-D		500mL		V	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1) pH < 2, Frío	28 días	
Fluoruro	EPA 340.2		100mL		P, V	Frío	28 días	
Fosfato	EPA 365.3		100mL		P, V	Frío, filtrado	48 horas	
Fosforo Total	EPA 365.3	SCS 6S1	100mL	50g	P, V	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1) pH < 2, Frío	28 días	
Hidrocarburos Totales de Petróleo	EPA 1664		1L		V	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1) pH < 2, Frío	28 días	
Nitrogeno Amoniacal	SM 4500 NH <sub>3</sub> -F		50mL		P, V	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1) pH < 2, Frío	28 días	
Nitrogeno Kjeldahl	EPA 351.3		500mL		P, V	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1) pH < 2, Frío	28 días	
Nitrogeno-Nitrato	EPA 352.1	SCS6M1	50mL		P, V	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1) pH < 2, Frío	28 días	
Nitrogeno-Nitrito	EPA 354.1		100mL		P, V	Frío	48 horas	
Nitrogeno Orgánico	EPA 351.3		500mL		P, V	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (1:1) pH < 2, Frío	28 días	
Olor	EPA 140.1		200mL		V	Frío	24 horas	
Oxigeno Disuelto	EPA 360.1		300mL		V	No Requiere	Inmediato	
Oxigeno Disuelto	EPA 360.2		300mL		V	Fijado (1)	8 horas	
Potencial de Neutralización Neta		EPAFLMAOM		100g				

**TABLA I: METODOS, PRESERVANTES Y TIEMPO DE VIDA**

**I. Ensayo Fisicoquimico**

Análisis Requerido	Método (Aguas)	Método (Suelos)	Volumen Mínimo de Agua	Cantidad Mínima de Suelo	Tipo de Envase	Preservante	Tiempo de Vida Máximo
pH	EPA 150.1	EPA 9045	100mL		P, V	No Requiere	Inmediato
Salinidad	SM 2520	SCS8D5	100mL		V	Frio	24 horas
Sólidos Totales	EPA 160.3		100mL		P, V	Frio	7 días
Sólidos Totales Disueltos (TDS)	EPA 160.1		100mL		P, V	Frio	7 días
Sólidos Totales en Suspensión	SM 2540 - D		100mL		P, V	Frio	7 días
Sólidos Sedimentables	EPA 160.5		1L		P, V	Frio	Inmediato
Sólidos Volátiles	EPA 160.4		100mL		P, V	Frio	7 días
Sulfatos	EPA 375.4		200mL		P, V	Frio	28 días
Sulfito	EPA 377.1		200mL		P, V	No Requiere	Inmediato
Sulfuro (Volumetrico)	EPA 376.1		200mL		P, V	Zn Acetato, NaOH 2N	7 días
Sulfuro (Colorimétrico)	EPA 376.2		100mL		P, V	Zn Acetato, NaOH 2N	7 días
Temperatura	EPA 170.1		—		—	—	Inmediato
Turbidez	EPA 180.1		100mL		P, V	Frio, obscuro	48 horas

P = Plastico V = Vidrio

Nota: Inmediato significa que la muestra debe ser analizada en el campo al momento del muestreo

**TABLA I : METODOS, PRESERVANTES Y TIEMPO DE VIDA**

**II. Ensayo de Metales por ICP**

Análisis Requerido	Método (Aguas)	Método (Suelos)	Volumen Mínimo de Agua	Cantidad Mínima de Suelo	Tipo de Envase	Preservante	Tiempo de Vida Máximo
Aluminio	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH< 2 para aguas	6 Meses
Antimonio	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH< 2 para aguas	6 Meses
Arsénico	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH< 2 para aguas	6 Meses
Bario	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH< 2 para aguas	6 Meses
Berilio	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH< 2 para aguas	6 Meses
Bismuto	ICP	ICP	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH< 2 para aguas	6 Meses
Boro	EPA 200.7	---	200mL		P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH< 2 para aguas	6 Meses
Cadmio	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH< 2 para aguas	6 Meses
Calcio	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH< 2 para aguas	6 Meses
Cobalto	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH< 2 para aguas	6 Meses
Cromo Hexavalente (colorimétrico)	SM 3500 Cr-D	---	100mL	50g	P, V	Frio	24 h.
Cromo Total	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH< 2 para aguas	6 Meses
Cobre	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH< 2 para aguas	6 Meses
Estroncio	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH< 2 para aguas	6 Meses
Estaño	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH< 2 para aguas	6 Meses
Hierro	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH< 2 para aguas	6 Meses
Litio	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH< 2 para aguas	6 Meses
Magnesio	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH< 2 para aguas	6 Meses
Manganeso	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH< 2 para aguas	6 Meses

**TABLA I: METODOS, PRESERVANTES Y TIEMPO DE VIDA**

**II. Ensayo de Metales por ICP**

Análisis Requerido	Método (Aguas)	Método (Suelos)	Volumen Mínimo de Agua	Cantidad Mínima de Suelo	Tipo de Envase	Preservante	Tiempo de Vida Máximo
Mercurio	EPA 1631	EPA 7471	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH < 2 para aguas	1 Meses
Molibdeno	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH < 2 para aguas	6 Meses
Niquel	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH < 2 para aguas	6 Meses
Potasio	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH < 2 para aguas	6 Meses
Plata	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH < 2 para aguas	6 Meses
Plomo	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH < 2 para aguas	6 Meses
Selenio	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH < 2 para aguas	6 Meses
Silica Disuelta (Colorimétrico)	SM 4500Si-D	---	100mL		P	Frío	N/A
Silica Total (Gravimétrico)	SM 4500Si-C	---	500mL		P	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH < 2	6 meses
Silice (SiO <sub>2</sub> ) (agua de Mar)	UNEP 1988	---	100mL		P	Frío	N/A
Sodio	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH < 2 para aguas	6 Meses
Talio	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH < 2 para aguas	6 Meses
Teluro	ICP	ICP	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH < 2 para aguas	7 Meses
TCPLP (As, Ba, Cd, Cr, Pb, Hg, Se, Ag)	EPA 1311		1000mL			No requiere	---
Titanio	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH < 2 para aguas	6 Meses
Vanadio	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH < 2 para aguas	6 Meses
Wolfranio	ICP	ICP	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH < 2 para aguas	6 Meses
Ytrio	ICP	ICP	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH < 2 para aguas	6 Meses
Zinc	EPA 200.7	EPA 6010B	200mL	50g	P, V	HNO <sub>3</sub> (1:1) pH < 2 para aguas	6 Meses

Nota: para Metales Disueltos Filtrar en el lugar de muestreo utilizando filtros de 45 micras de porosidad y preservar inmediatamente como se indica en la tabla.

**TABLA I: METODOS, PRESERVANTES Y TIEMPO DE VIDA**

**III. Organicos: Cromatografía de Gases**

Análisis Requerido	Método (Aguas)	Método (Suelos)	Volumen		Cantidad Mínima de Suelo	Tipo de Envase	Preservante	Tiempo de Vida Máximo
			Mínimo de Agua	Máximo de Agua				
Benceno	EPA 8020B	EPA 8020B	2 x 40mL		50g	VOV	HCl, Frío	14 días
BETEX	EPA 8020B	EPA 8020B	2 x 40mL		50g	VOV	HCl, Frío	14 días
Bifenilos Policlorados (PCBs)	EPA 8080	EPA 8080	1L		100g	V	Frío	14 días
Etilbenceno	EPA 8020B	EPA 8020B	2x40mL		50g	VOV	HCl, Frío	
Hydrocarburos Aromaticos Polinucleares (PAH)	EPA 8100	---	1L		100g	V	Frío, Oscuro	14 días
Hydrocarburos Totales Rango Diesel (C9-C24)	EPA 8015M	EPA 8015M	1L		100g	V	Frío	14 días
Hydrocarburos Totales Rango Diesel (C9-C40)	EPA 8015M	EPA 8015M	1L		100g	V	Frío	14 días
Pesticidas Organoclorados	EPA 8080	EPA 8080	1L		100g	V	Frío	14 días
Pesticidas Organofosforados	EPA 8080	EPA 8080	1L		100g	V	Frío	14 días
Tolueno	EPA 8020B	EPA 8020B	2 x40mL		50g	VOV	HCl, Frío	14 días
Trihalometanos	SM 6232B	---	2 X40mL			VOV	Frío, Ac. Ascórbico si tiene cloro	15 días
Xileno	EPA 8020B	EPA 8020B	2 x40mL		50g	VOV	HCl, Frío	14 días

VOV = Viales de Organicos Volátiles

V = Vidrio

## METODOS, PRESERVANTES Y TIEMPO DE VIDA MAXIMO DE LA MUESTRA

### III. Organicos: Cromatografía de Gases

Análisis Requerido	Método (Aguas)	Método (Suelos)	Volumen Mínimo de Agua	Cantidad Mínima de Suelo	Tipo de Envase	Preservante	Tiempo de Vida Máximo
Benceno	EPA 8020B	EPA 8020B	2x 40mL	50g	VOA	HCl, Frío	14 días
BETEX	EPA 8020B	EPA 8020B	2x 40mL	50g	VOA	HCl, Frío	14 días
Bifenilos Policlorados (PCBs)	EPA 8080	EPA 8080	1L	100g	V	Frío	14 días
Etilbenceno	EPA 8020B	EPA 8020B	2x40mL	50g	VOA	HCl, Frío	
Hydrocarburos Aromaticos Polinucleares (PAH)	EPA 8100	—	2L	100g	V	Frío, Oscuro	14 días
Hydrocarburos Totales Rango Diesel (C <sub>9</sub> -C <sub>24</sub> )	EPA 8015M	EPA 8015M	1L	100g	V	Frío	14 días
Hydrocarburos Totales Rango Diesel (C <sub>9</sub> -C <sub>40</sub> )	EPA 8015M	EPA 8015M	1L	100 g	V	Frío	14 días
Pesticidas Organoclorados	EPA 8080	EPA 8080	1L	100g	V	Frío	14 días
Pesticidas Organofosforados	EPA 8080	EPA 8080	1L	100g	V	Frío	14 días
Tolueno	EPA 8020B	EPA 8020B	2 x40mL	50g	VOA	HCl, Frío	14 días
Trihalometanos	SM 6232B	—	2 X40mL		VOA	Frío, Ac. Ascorbico si tiene cloro	15 días
Xileno	EPA 8020B	EPA 8020B	2 x40mL	50g	VOA	HCl, Frío	14 días

**TABLA I : METODOS, PRESERVANTES Y TIEMPO DE VIDA**

**IV. Ensayos Microbiológicos**

Análisis Requerido	Método (Aguas)	Volumen Mínimo de Agua	Tipo de Envase	Preservante	Tiempo de Vida Máximo
Coliformes Fecales	SM 9222E	100mL	Frasco Esteril	Frío, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24 horas
Coliformes Totales	SM 9221B	100mL	Frasco Esteril	Frío, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	24 horas
E. Coli	SM 9221D	100mL	Frasco Esteril	Frío, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	30 horas
Estreptococos Fecales	SM 9230B	100mL	Frasco Esteril	Frío, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30 horas
Ferrobacterias	9240B	100mL	Frasco Esteril	Frío, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30 horas
Fitoplancton	SM 10200	100mL	Frasco Esteril	Lugol's Solución	N/A
Hogos y Levaduras	SM 9610E	100mL	Frasco Esteril	Frío, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30 horas
Plankton	SM 10200	100mL	Frasco Esteril	Frío, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30 horas
Pseudomonas Aeruginosa	SM 9213F	100mL	Frasco Esteril	Frío, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30 horas
Recuento en Placa (SPC)	SM 9215	100mL	Frasco Esteril	Frío, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30 horas
Salmonella	SM 9260B	100mL	Frasco Esteril	Frío, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30 horas
Stafilococcus Aureus	ICMSF met. 5	100mL	Frasco Esteril	Frío, Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30 horas

**ANEXO N° 5**

**FORMATO DE ETIQUETAS**

**ENVIROLAB-PERU S.A.C.**

Environmental Laboratories Peru S.A.C.

Av. La Marina N° 3059 San Miguel - Lima 32 - Perú Telf.: (511) 578-1186  
Telefax: (511) 578-1063 e-mail: [envirolab@envirolabperu.com.pe](mailto:envirolab@envirolabperu.com.pe)  
Web: [www.envirolabperu.com](http://www.envirolabperu.com)

PRESERVADA:  SI  NOPRESERVANTE: 

CLIENTE: \_\_\_\_\_

LUGAR / UBICACION: \_\_\_\_\_

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: \_\_\_\_\_

FECHA DE MUESTREO: \_\_\_\_\_ HORA DE MUESTREO: \_\_\_\_\_

MUESTREADO POR: \_\_\_\_\_

 FILTRADA SIN FILTRAR

ANALISIS REQUERIDO: \_\_\_\_\_

## **ANEXO N° 6**

# **CALIBRACIÓN DE EQUIPOS DE CAMPO**

## **CALIBRACIÓN DE EQUIPOS PARA ANÁLISIS DE CAMPO**

### **pH - meter**

Los equipos para la medida del pH pueden ser de diferentes marcas y modelos. Los cuales deben ser calibrados utilizando soluciones buffer certificados de acuerdo a los manuales de los equipos. Se recomienda calibrar con soluciones buffer:

Buffer → 4.0

Buffer → 7.0

Buffer → 10.0

Las soluciones Buffer deben tener una certificación actualizada.

Para el enjuague de los electrodos se deben utilizar agua destilada. El enjuague se debe realizar después de cada lectura.

### **CONDUCTÍMETRO**

Los equipos para la medida de la conductividad pueden ser de diferentes marcas y modelos. Los cuales para ser calibrados deben utilizar soluciones de conductividad estandarizados y certificados. Las soluciones recomendadas son:

Solución Estándar → 1413  $\mu\text{s}/\text{cm}$

Solución Estándar → 12280  $\mu\text{s}/\text{cm}$

El enjuague de los electrodos se debe realizar después de cada medida con agua destilada.

**OXÍMETRO**

Los equipos para la medida de oxígeno disuelto pueden ser de diferentes marcas y modelos. Se deben calibrar de acuerdo a los manuales de los equipos. Por lo general para calibrar el equipo se debe introducir el electrodo en un ambiente saturado de humedad y registrar el porcentaje (%) de saturación. Por ejemplo: a nivel del mar se considera 100% de saturación. Los equipos deben tener compensación automática respecto a la presión barométrica. Si no tienen compensación automática se debe hacer el ajuste necesario de acuerdo al manual del equipo.

**MEDIDOR DE CAUDAL**

Puede ser de diferentes marcas y modelos. Deben de calibrar de acuerdo a las instrucciones de sus manuales. Estos equipos deben tener un certificado de fabricación y calibración.

**OTROS**

Los demás equipos de análisis de campo deben tener como mínimo un certificado de calibración para poder garantizar las lecturas y los análisis requeridos. La calibración y el mantenimiento se deben realizar de acuerdo a sus manuales.

**ANEXO N° 7**

**FORMATO DE REPORTE DE CAMPO**



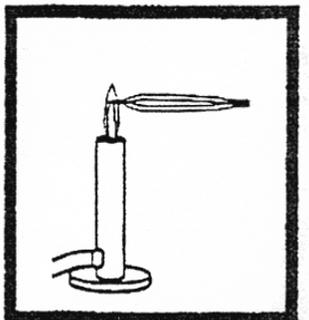
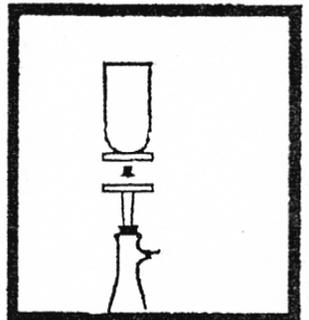
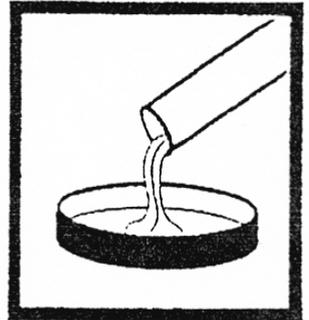
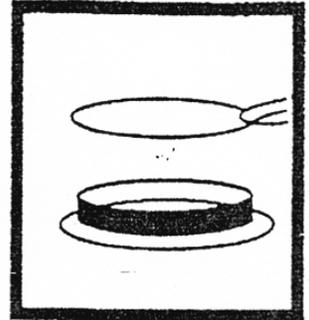
**ANEXO N° 8**

**ANÁLISIS DE COLIFORMES TOTALES Y**

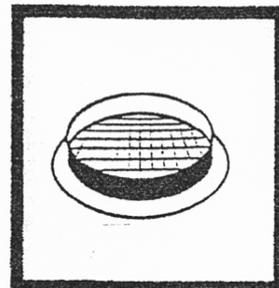
**FECALES**

## PROCEDIMIENTO

1. En una placa petri colocar una almohadilla absorbente con la ayuda de una pinza estéril, luego tapar la placa (TODO DEBE REALIZARSE LO MAS ESTERIL POSIBLE JUNTO A UN MECHERO O EN UNA CABINA DE FLUJO LAMINAR).
2. Abra la ampolla del Caldo mF-Endo. Vierta el contenido sobre la almohadilla (pad), a manera de saturarla uniformemente. Tapar la placa.
3. Armar el equipo de filtración. Colocar el embudo estéril sobre el kitasato o Soporte Múltiple según sea el caso. Con ayuda de una pinza estéril sacar la membrana de 47 mm de diámetro y 0,45  $\mu\text{m}$  de porosidad de su envase, colocándola con la cara cuadrículada hacia arriba, en la base del montaje del embudo (vástago), luego coloque el embudo.
4. Agitar bien la muestra, abrir el frasco y pasar por la llama el borde del frasco que contiene la muestra. Vierta 100 mL de muestra en el Embudo de Filtración. Ponga a funcionar la bomba de vacío, es importante dejar que la muestra se haya filtrado completamente. Enjuagar las paredes del embudo con agua de dilución estéril. EL LIQUIDO DEBE FILTRARSE POR COMPLETO A FIN DE OBTENER BUENAS LECTURAS.
5. Pasar las pinzas por la llama (previamente se debe poner en alcohol) observar que arda, a fin de esterizarlas, dejar enfriar y utilizarla para retirar el filtro del embudo.



6. Colocar la membrana en la placa petri preparada, con cuidado y evitando la formación de burbujas, la cara cuadrículada debe quedar hacia arriba. Verificar que la membrana esté completamente sobre la almohadilla embebida con el medio de cultivo. **NO DEBE QUEDAR BURBUJAS DE AIRE DEBAJO DE LA MEMBRANA.** Tapar la placa petri.

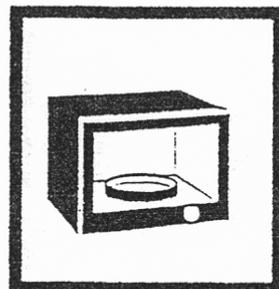


7. Incubar la placa petri a  $35^{\circ} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  por 24 horas.

(Coliformes totales)

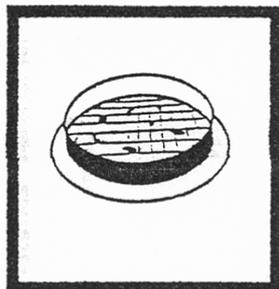
- Incubar la placa petri a  $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$

(Coliformes fecales)



8. Contar las colonias típicas **CON BRILLO METALICO** con ayuda de un microscopio estereoscópico (10X - 15X). Reportar los resultados como (Unidades Formadoras de Colonias) UFC/100 mL de coliformes totales. (Coniformes totales)

Contar las colonias típicas de color azul  
(Coniformes Fecales)



**ANEXO N° 9**

**FORMATO DE CADENA DE CUSTODIA**



**ANEXO N° 10**

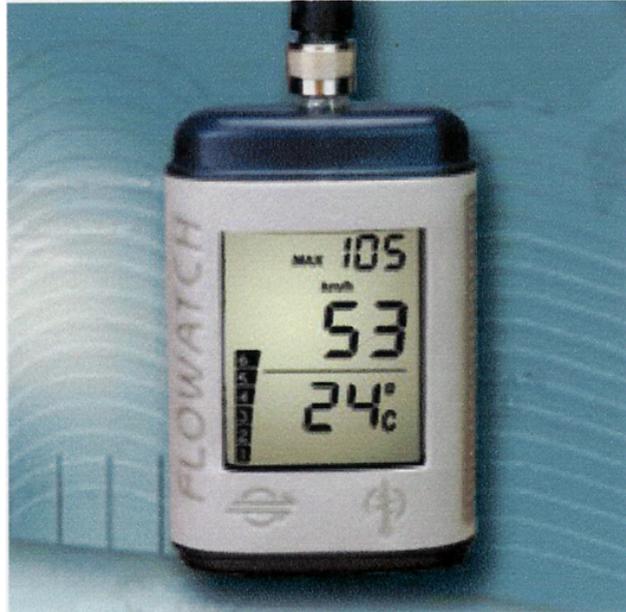
**CONTAMINANTES POTENCIALES**

**SELECCIONADOS EN EFLUENTES**



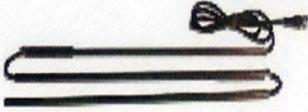
## **ANEXO N° 11**

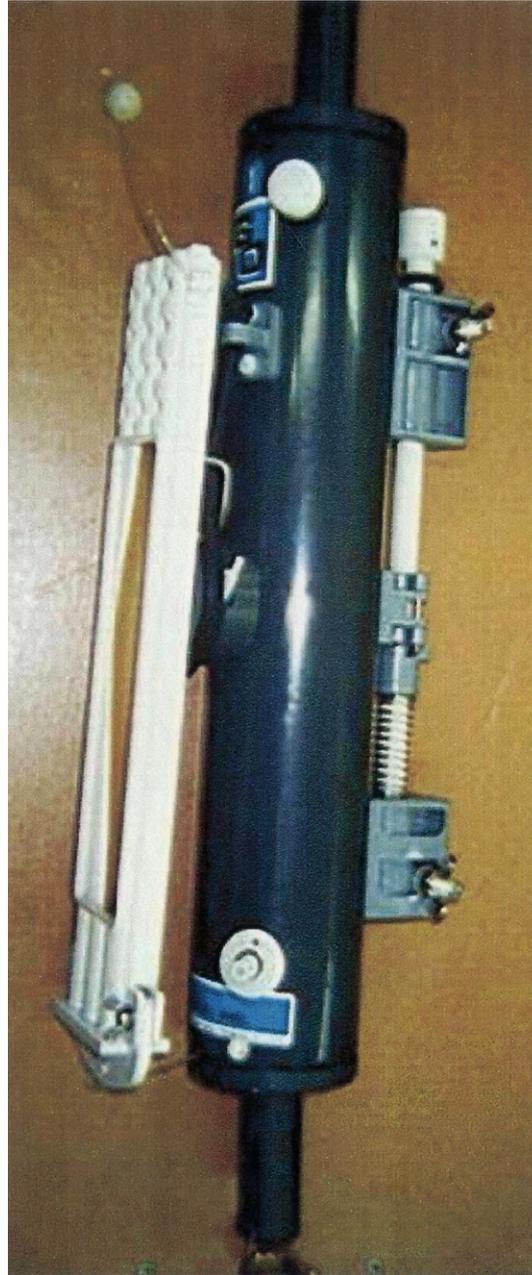
### **EQUIPOS Y MUESTREADORES**



**Brand :** FLOWATCH®  
**Model :** --  
**Type :** Flowmeter-thermometer  
**Dimensions :** 62 x 120 x 32 mm  
**Weight :** 110 grammes

This competitively priced instrument (flowmeter - thermometer) has been developed for use under challenging circumstances. Because of its different impellers, you can use it to measure almost any liquid or gaseous medium.

	<p>2 meters carbon rod that collapses into three sections, when not in use. A wire inside the rod connects the display head to the water, or windspeed, impeller and thermometer at the end of the rod</p>
	<p>Small carbon rod to use the FLOWATCH as a handheld windmeter</p>
	<p>Air impeller Ø 25 mm, hole diameter Ø 33 mm</p>
	<p>Air impeller Ø 18 mm, hole diameter Ø 18 mm</p>
	<p>Water impeller Ø 60 mm</p>
	<p>Hanging velocity water current sensor with a 15 meters cable, water impeller incorporated</p>
<p><i>special sensors available upon request</i></p>	

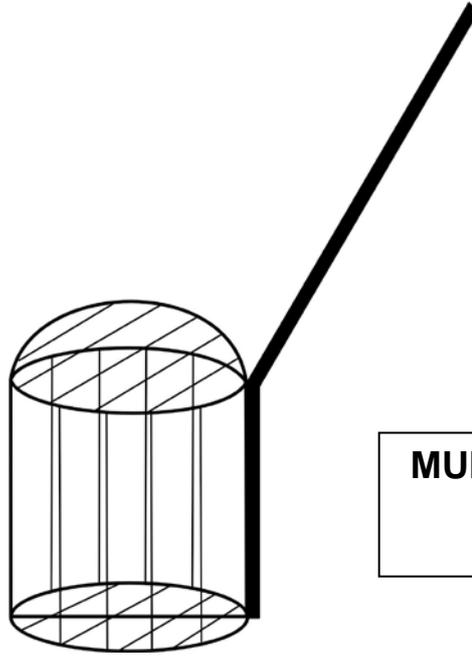


Un científico extrae una muestra de agua de una botella Niskin montada en un dispositivo múltiple de muestreo de agua. El cilindro blanco es la botella Niskin. El marco plástico blanco unido a la botella Niskin puede contener hasta tres termómetros reversibles, y rota alrededor de su centro cuando la botella Niskin se cierra. (Foto © 2000 CSIRO Marine Research, permiso de reproducción.) La [figura 13.13](#) da otra vista de las botellas Niskin en una roseta.

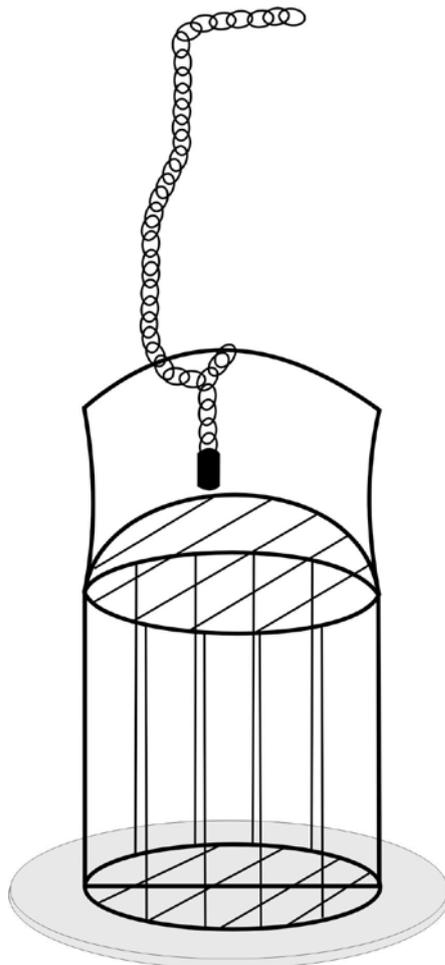
La figura inferior muestra una botella Niskin diseñada para usarse en un cable. La botella se cierra sobre sus extremos; el marco del termómetro está en el fondo. La botella se une al cable con las dos tuercas de ala en la parte superior.



Dos ejemplos de un dispositivo múltiple de muestreo de agua con botellas Niskin. El dispositivo en la primera figura es un diseño para aguas someras y aplicaciones estuarinas; lleva 12 botellas Niskin de volumen relativamente pequeño. Se muestran dos botellas en posición abierta, cuando el agua puede pasar a través de ellas. Las botellas restantes se muestran en posición cerrada.



**MUESTREADOR CON  
MANGO**



**MUESTREADOR DE  
FONDO CON PESO**