

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y AGROINDUSTRIA

**“DISEÑO DE UN PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN
EL CENTRO DE INVESTIGACIONES Y CONTROL AMBIENTAL
(CICAM) DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL”**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
QUÍMICA**

VIVIANA NATIVIDAD GUERRERO CANSECO
bibiana_19guerrero@yahoo.es

DIRECTOR: ING. MARCELO MUÑOZ
marcelo.muñoz@epn.edu.ec

Quito, Junio 2009

© Escuela Politécnica Nacional 2009
Reservados todos los derechos de reproducción

DECLARACIÓN

Yo, Viviana Natividad Guerrero Canseco, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.

Viviana Natividad Guerrero Canseco

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Viviana Natividad Guerrero Canseco, bajo mi supervisión.

Ing. Marcelo Muñoz
DIRECTOR DE PROYECTO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	PÁGINA
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	xiv
1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	1
1.1 Información general y servicios que presta el CICAM	1
1.2 Características y tipos de insumos empleados en análisis físico - químicos y microbiológicos de aguas y lodos.....	2
1.3 Aguas residuales y desechos sólidos generados por análisis físico- químicos y microbiológicos de aguas y lodos.....	5
1.3.1 Clasificación de residuos	6
1.3.2 Control de la generación de residuos.....	10
1.3.2.1 Reducción de residuos en la fuente.....	11
1.3.2.2 Tratamiento de residuos.....	13
2. METODOLOGÍA	16
2.1. Situación actual del laboratorio del CICAM.....	16
2.1.1 Determinación de los análisis efectuados en el laboratorio y frecuencia de realización.....	17
2.1.2 Técnicas y metodología utilizadas para cada uno de los análisis.....	17
2.1.3 Insumos empleados en cada análisis.....	18
2.1.4 Balance de materiales y de energía.....	19
2.1.4.1 Balance de materiales.....	19
2.1.4.1.1 Balance de materiales en la recepción y almacenamiento de muestras.....	19
2.1.4.1.2 Balance de materiales en la recepción y almacenamiento de insumos.....	20
2.1.4.1.3 Balance de materiales en la realización de análisis	20
2.1.4.1.4 Balance de materiales en el lavado de materiales de laboratorio	21
2.1.4.2 Balance de energía.....	21
2.1.5 Caracterización físico-química y microbiológica de las aguas residuales del laboratorio	22

2.1.5.1	Muestreo y caracterización del agua compuesta por agua residual de la ejecución de análisis y de restos de muestras.....	23
2.1.5.2	Muestreo y caracterización de restos de muestras de agua.....	25
2.1.5.3	Muestreo y caracterización del agua de lavado de material.....	26
2.1.6	Caracterización de los desechos sólidos del laboratorio.....	27
2.1.7	Gestión de residuos y realización del plan de manejo ambiental.....	28
2.1.7.1	Plan de manejo ambiental en la recepción y almacenamiento de muestras.....	29
2.1.7.2	Plan de manejo ambiental en la recepción y almacenamiento de insumos.....	29
2.1.7.3	Plan de manejo ambiental en la realización de análisis.....	29
2.1.7.4	Plan de manejo ambiental en el lavado de materiales.....	39
2.2	Programa de producción más limpia en el laboratorio del CICAM.....	39
2.2.1	Selección de insumos que se pueden sustituir por otros menos contaminantes.....	40
2.2.2	Selección de las actividades generadoras de desperdicios en el laboratorio y optimización de las mismas para reducir pérdidas.....	41
2.2.3	Clasificación de los residuos para: reutilizar, reciclaje y tratamiento correspondiente.....	41
2.2.4	Gestión y tratamiento de residuos clasificados.....	42
2.2.5	Análisis económico de las actividades, insumos y residuos.....	42
3	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	47
3.1	Número de muestras que ingresan al laboratorio y frecuencia de realización de análisis.....	47
3.2	Técnicas y metodología utilizadas para la realización de análisis.....	49
3.3	Insumos empleados en cada análisis.....	52
3.4	Balance de materiales y de energía.....	53
3.4.1	Balance de materiales.....	53
3.4.1.1	Balance de materiales en la recepción y almacenamiento de muestras.....	54
3.4.1.2	Balance de materiales en la recepción y almacenamiento de insumos.....	55

3.4.1.3	Balance de materiales en la realización de análisis.....	56
3.4.1.4	Balance de materiales en el lavado del material de laboratorio	61
3.4.2	Balance de energía.....	62
3.5	Caracterización de aguas residuales del laboratorio.....	64
3.5.1	Caracterización del agua residual de la realización de análisis y restos de muestras.....	64
3.5.2	Caracterización de restos de muestras de agua	66
3.5.3	Caracterización del agua de lavado de material	68
3.6	Caracterización de desechos sólidos del laboratorio	68
3.7	Análisis de las acciones para disminuir la contaminación y los desperdicios.....	69
3.7.1	Recuperación de cloroformo	69
3.7.2	Operaciones de tratamiento de las aguas residuales.....	70
3.7.3	Lavado de materiales	75
3.8	Plan de manejo ambiental en cada etapa de la realización de análisis	76
3.8.1	Plan de manejo ambiental en la recepción y almacenamiento de muestras e insumos	76
3.8.2	Plan de manejo ambiental en la recepción y almacenamiento de insumos	77
3.8.3	Plan de manejo ambiental en la realización de análisis	78
3.8.4	Plan de manejo ambiental en el lavado de materiales	82
3.9	Análisis de las oportunidades de mejora identificadas	84
3.9.1	Insumos que se pueden sustituir por otros menos contaminantes.....	84
3.9.2	Evaluación de las actividades en las que se generan desperdicios.....	86
3.9.3	Residuos clasificados y gestión de los mismos.....	86
3.9.4	Costo de los cambios planteados.....	87
4	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
4.1	Conclusiones	88
4.2	Recomendaciones	89

BIBLIOGRAFÍA 91

ANEXOS..... 95

ÍNDICE DE TABLAS

	PÁGINA
Tabla 2.1. Condiciones experimentales para la dosificación óptima de $Al_2(SO_4)_3$	35
Tabla 2.2. Peróxido de hidrógeno añadido en cada día para reducir la DQO	36
Tabla 2.3. Hipoclorito de sodio añadido en cada día para reducir la DQO.....	37
Tabla 2.4. Parámetros de análisis que tienen residuos contaminantes y cantidad de residuo por análisis	40
Tabla 2.5. Indicadores en las etapas generadoras de desperdicio	41
Tabla 2.6. Costo de los recipientes de HDPE necesarios para la implantación de las acciones propuestas	43
Tabla 2.7. Costo de los materiales necesarios para la implantación de las acciones propuestas	44
Tabla 2.8. Costo de la gestión necesaria para la implantación de las acciones propuestas	44
Tabla 2.9. Ahorro de agua generado en el lavado de materiales	45
Tabla 2.10. Ingresos por reciclaje	45
Tabla 2.11. Frecuencia semestral de realización de análisis de: amoníaco, amonio, amonio libre, nitrógeno orgánico, nitrógeno Kjendahl, nitrógeno total y DQO.....	46
Tabla 3.1. Técnicas y metodologías utilizadas para los análisis de los diferentes parámetros	49
Tabla 3.2. Consumo aproximado de insumos para la realización de análisis en los parámetros más frecuentes	58
Tabla 3.3. Consumo de energía por cada equipo durante un mes en el laboratorio del CICAM	63
Tabla 3.4. Características del efluente compuesto por residuos de análisis y restos de muestras tomados durante 15 días, y valores límite máximo permisible para alcantarillado	65
Tabla 3.5. Caracterización de restos de muestras tomadas durante 15 días y valores límite máximo permisible para alcantarillado	67

Tabla 3.6.	Caracterización de agua de lavado de material tomada durante una semana y valores límite máximo permisible para alcantarillado.....	68
Tabla 3.7.	Desechos sólidos originados en la realización de análisis durante dos semanas	69
Tabla 3.8.	Volumen y concentración de peróxido de hidrógeno al 30% añadido al agua residual y DQO obtenido con cada adición.....	73
Tabla 3.9.	Volumen y concentración de NaOCl 5% añadido al agua residual y DQO obtenido con cada adición.....	73
Tabla 3.10.	Parámetros y valoración de los cambios sugeridos	85
Tabla 3.11.	Etapas y desperdicios generadores de desperdicios	86
Tabla A.1.	Parámetros de análisis físico-químico y microbiológico de aguas y lodos que oferta el CICAM	97
Tabla A.2.	Características principales de los reactivos empleados en la realización de análisis.....	101
Tabla A.3.	Técnicas y radiaciones electromagnéticas de la espectroscopia molecular	116
Tabla A.4.	Frecuencia absoluta semestral de realización de análisis en el año 2004.....	123
Tabla A.5.	Frecuencia absoluta semestral de realización de análisis en el año 2005.....	125
Tabla A.6.	Frecuencia absoluta semestral de realización de análisis en el año 2006.....	127
Tabla A.7.	Frecuencia absoluta semestral de realización de análisis en el año 2007.....	129
Tabla A.8.	Frecuencia semestral de realización de análisis de diferentes parámetros en el CICAM desde el año 2004 hasta el año 2007	132
Tabla A.9.	Consumo diario de agua destilada para enjuagar los materiales durante un mes	135
Tabla A.10.	Consumo de reactivos y residuos generados por análisis en cada parámetro en períodos semestrales	136
Tabla A.11.	Volumen de agua y tiempo para determinar el caudal en las válvulas de los lavabos del laboratorio	149

Tabla A.12.	Tiempos diarios de consumo y desperdicio de agua en el lavado del material durante mes	150
Tabla A.13.	Consumo diario de detergente para el lavado del material durante un mes.....	152
Tabla A.14.	Tiempo de encendido de los equipos en el CICAM durante un mes.....	154
Tabla A.15.	Consumo de energía eléctrica por cada equipo y tiempo de encendido de los equipos durante un mes	158
Tabla A.16.	Agua residual de la realización de análisis y de restos de muestras en dos semanas de muestreo	160
Tabla A.17.	Agua residual de restos de muestras en dos semanas de muestreo	161
Tabla A.18.	Agua residual de lavado de materiales en una semana de muestreo	162
Tabla A.19.	Desechos del laboratorio en dos semanas de muestreo	163
Tabla A.20.	Límites máximos permisibles por cuerpo receptor.....	165
Tabla A.21.	Para todos los sectores productivos, exceptuando al sector textil y al sector textil y al de bebidas gaseosas, embotelladoras y cervecería.....	166
Tabla A.22.	Límites de descarga al sistema de alcantarillado público	166
Tabla A.23.	Carbonato de calcio utilizado para la prueba la neutralización en 100 ml de agua residual.....	169
Tabla A.24.	Hidróxido de sodio utilizado para la prueba de neutralización en 100 ml de agua residual.....	170
Tabla A.25.	Carbón activado granular utilizado para la prueba de reducción de DQO en 500 ml de agua residual y DQO final obtenido	172
Tabla A.26.	Resultados de los cálculos para la aplicación de la ecuación de Freundlich.....	173
Tabla A.27.	Volumen de agua y tiempo para determinar el caudal en las válvulas de los lavabos del laboratorio	176
Tabla A.28.	Consumo de agua para lavado de material durante dos semanas, aplicando el método propuesto	176
Tabla A.29.	Contenedores de 500 litros para puntos limpios-recolección carga manual	178

ÍNDICE DE FIGURAS

	PÁGINA
Figura 2.1. Aguas residuales del laboratorio del CICAM.....	22
Figura 2.2. Diagrama de causas–efecto de la generación de desperdicios y contaminación en el CICAM.....	28
Figura 2.3. Evaporador rotativo Yamato BM 100.....	30
Figura 2.4. Balón con cloroformo colocado en el agua de calentamiento.....	31
Figura 2.5. Separación de cloroformo y agua en el embudo de separación.....	32
Figura 2.6. Carbón activado granular colocado en cada jarra en diferentes cantidades.....	38
Figura 3.1. Frecuencia semestral de realización de análisis en diferentes parámetros desde el año 2004 hasta el año 2007.....	48
Figura 3.2. Diagrama bloques de la realización de análisis en el CICAM.....	54
Figura 3.3. Diagrama de flujo en la etapa de recepción y almacenamiento de muestras.....	55
Figura 3.4. Diagrama de flujo en la etapa de recepción y almacenamiento de insumos.....	56
Figura 3.5. Diagrama de flujo en la etapa de realización de análisis.....	61
Figura 3.6. Diagrama de flujo en la etapa de lavado de materiales.....	62
Figura 3.7. Utilización de carbonato de calcio en la neutralización de las aguas residuales del CICAM.....	70
Figura 3.8. Utilización de hidróxido de sodio industrial en la neutralización de las aguas residuales del CICAM.....	71
Figura 3.9. Agua residual obtenida con la adición de 5 ml de sulfato de aluminio.....	72
Figura 3.10. Prueba de adsorción en carbón activado.....	74
Figura 3.11. Número de reutilizaciones de carbón activado.....	75
Figura 3.12. Contenedores para recolección de papel y cartón, vidrio y plástico en el CICAM.....	77
Figura 3.13. Cubeta plástica para remojar el material antes de lavar.....	82

Figura 3.14.	Diagrama de flujo de la gestión integral de residuos propuesta para el CICAM	83
Figura A.1.	Número de muestras ingresadas en los años 2004, 2005, 2006 y 2007	120
Figura A.2.	Frecuencia absoluta semestral de parámetros analizados en el año 2004.....	124
Figura A.3.	Frecuencia absoluta semestral de parámetros analizados en el año 2005.....	126
Figura A.4.	Frecuencia absoluta semestral de parámetros analizados en el año 2006.....	129
Figura A.5.	Frecuencia absoluta semestral de parámetros analizados en el año 2007.....	131

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I	
Planta arquitectónica del CICAM.....	96
ANEXO II	
Parámetros de análisis de aguas y lodos que ofrece el CICAM.....	97
ANEXO III	
Características de los reactivos empleados en la realización de análisis	101
ANEXO IV	
Métodos y técnicas de análisis utilizados en el laboratorio del CICAM.....	114
ANEXO V	
Número de muestras que ingresan al laboratorio y frecuencia de realización de análisis en diversos parámetros.....	118
ANEXO VI	
Insumos empleados y residuos generados en la realización de análisis y en el lavado de materiales.....	135
ANEXO VIII	
Consumo de energía eléctrica en el CICAM.....	154
ANEXO VIII	
Muestras de aguas residuales y desechos sólidos del laboratorio del CICAM	160
ANEXO IX	
Límites máximos permisibles de parámetros contaminantes descaragados a receptores y por sectores productivos específicos	165
ANEXO X	
Determinación de la concentración de mercurio en el reactivo Nessler	168
ANEXO XI	
Pruebas para reducir la contaminación del agua residual	169

ANEXO XII	
Consumo de agua para lavado con el método propuesto	176
ANEXO XIII	
Características referenciales para contenedores de recolección selectiva	178
ANEXO XIV	
Etiquetas de precaución de productos peligrosos	179

RESUMEN

El presente proyecto se realizó con el objetivo de determinar la cantidad y las características de los residuos que se generan en el Laboratorio del CICAM, a fin de proponer medidas para reducir la contaminación y de este modo cumplir la Normativa Ambiental del país, y en especial del Distrito Metropolitano de Quito.

Se revisaron los registros de las actividades del laboratorio y la metodología empleada para cada uno de los análisis en diferentes parámetros, notándose la generación de una variedad de residuos, algunos de ellos peligrosos como cloroformo y soluciones con mercurio.

La caracterización de las aguas residuales del laboratorio, permitió advertir que estos efluentes pueden causar contaminación al ser descargados directamente al alcantarillado, puesto que algunos valores de los parámetros analizados en las aguas residuales, no estaban conforme a lo indicado en la Normativa Ambiental.

Para disminuir la contaminación causada por los efluentes, se propusieron varias acciones, las mismas que se desarrollarán en régimen batch una vez por semana, de tal manera que se tenga un volumen manejable y a la vez suficiente para poder aplicar las operaciones de: recolección, neutralización, reducción de sólidos y reducción de la DQO.

Debido a que la realización de análisis en el CICAM es diversa, las aguas residuales del laboratorio no mantienen su volumen y composición constante, por tal motivo, se deben aplicar únicamente las operaciones que se necesiten.

Se vio que en el CICAM los residuos sólidos se recogen mezclados; desechando algunos materiales aptos para el reciclaje y reutilización como: cartón y recipientes de vidrio y plástico. Se planteó la ubicación de contenedores para recolección selectiva de residuos.

Se determinó que de manera general, la gestión de todos los residuos no precisa de gran inversión de recursos, sino más bien, de la aplicación de sencillas prácticas diarias por parte del personal que trabaja en el CICAM.

De acuerdo a la investigación realizada, para la aplicación de las acciones indicadas se requiere baja inversión, razón por la cual, la propuesta de gestión conviene ponerse en práctica.

INTRODUCCIÓN

El conjunto de estrategias preventivas aplicadas a procesos, productos y servicios con el fin de reducir los riesgos al ambiente y a las personas es Producción Más Limpia (DMQ, Ordenanza 213, 2007).

La Producción Más Limpia está orientada a alcanzar un desarrollo industrial sostenible a través de una eficiencia económica, con un impacto ambiental negativo mínimo. Sus estrategias son variadas e incluyen desde buenas prácticas con bajas inversiones, hasta la reconversión de tecnología, lo cual implica un gran empleo de capital.

Encaminadas en la conservación y ahorro de materias primas, insumos, agua y energía, basadas en el principio de reducción en la fuente y el cumplimiento de las normas vigentes, las empresas están obligadas a realizar un desarrollo equilibrado de sus actividades, requisito indispensable para superar las barreras comerciales en el intercambio de productos y servicios. Así pues, la adopción de Producción Más Limpia es una vía económica factible y ecológicamente necesaria para garantizar el desarrollo sostenible, permitiendo obtener resultados más eficaces.

Es indispensable destacar la importancia del análisis de las actividades industriales, comerciales y de servicio para conocer y comprender las causas y fuentes específicas de contaminación ambiental, y a partir de esto desarrollar medidas efectivas de reducción y control de la contaminación producida.

En los laboratorios donde se llevan a cabo tareas de docencia, investigación y de servicio, se manejan una gran variedad de sustancias y se efectúan diversas operaciones que conllevan a la generación de residuos, en muchos casos peligrosos para la salud y el medio ambiente.

Si bien, la cantidad de residuos que se generan en los laboratorios normalmente es pequeña con relación a la proveniente del sector industrial, no por ello se debe minimizar el problema, ya que generalmente no se asegura que los residuos sean manejados y dispuestos de manera apropiada.

Para lograr un correcto ambiente de trabajo en el laboratorio, debe incluirse en la organización del mismo un programa o plan de manejo ambiental, que permita la protección de la salud de las personas y del medio ambiente. Es también necesario tener en cuenta que, un residuo de laboratorio suele ser una sustancia o una mezcla de ellas, que muchas veces presenta peligrosidad y cuya identificación o almacenamiento inadecuados, constituyen un riesgo añadido a los propios de la actividad del laboratorio.

El plan de gestión ambiental en el laboratorio, es una herramienta que le permite ser competitivo y disminuir inversiones en sistemas de control al final del proceso, ayuda a cumplir la Normativa Ambiental y contribuye a mejorar la imagen pública de la institución.

1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 INFORMACIÓN GENERAL Y SERVICIOS QUE PRESTA EL CICAM

El Centro de Investigaciones y Control Ambiental “CICAM”, forma parte del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental de la Escuela Politécnica Nacional.

El CICAM está ubicado en el Campus Politécnico “José Rubén Orellana Ricaurte”, edificio CICAM junto Hidráulica. Tiene una superficie de construcción de 340 m², la planta arquitectónica del edificio se presenta en el Anexo I.

En el CICAM se realizan actividades docentes, de extensión, de investigación y se ofertan los siguientes servicios:

- ▶ Análisis físico-químico y microbiológico de aguas claras y residuales
- ▶ Análisis físico-químico y microbiológico de lodos
- ▶ Toma de muestras
- ▶ Asistencia técnica y consultoría
- ▶ Soporte académico e investigación

Los parámetros de análisis físico-químico y microbiológico de aguas y lodos que ofrece el CICAM se muestran en la Tabla A.1. del Anexo II.

1.2 CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE INSUMOS EMPLEADOS EN ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE AGUAS Y LODOS

Para el caso de servicios, los insumos son los recursos de entrada al proceso, cuyo flujo de salida es el servicio entregado. (Océano, 2000)

El tipo y número de insumos empleados en análisis (reactivos, instrumentos, equipos, materiales y mobiliario), los cuales son parte de los laboratorios, dependen de la disciplina a la que esté asignado cada laboratorio (química, biología, etc.) y el área en la que trabaja (docencia, investigación o prestación de servicios).

Algunos de los insumos utilizados en los laboratorios de análisis físico-químico y microbiológico son los siguientes:

- Reactivos
- Agua
- Cristalería:
 - Para medición: pipetas, buretas, probetas, matraces.
 - Para otras operaciones: embudos, erlenmeyeres, capsulas de porcelana, crisoles, termómetros, vidrios de reloj, kitsatos.
- Seguridad:
 - anteojos
 - mascarillas
 - extintores
 - extractor de gases
- Otros:
 - gradillas
 - soportes
 - prensas

- pinzas
- mecheros de gas
- espátula
- filtro (papel)
- algodón
- papel aluminio

La presentación de cada uno de los utensilios citados, varía respecto al tamaño, la aplicación y la calidad del material. En el caso de la cristalería de medición, los instrumentos poseen diferentes incertidumbres.

Los aparatos de medición volumétrica y los que deben ser calentados, requieren para su confección, materiales resistentes al calor y con bajos coeficientes de dilatación térmica. La porcelana y el vidrio de borosilicato poseen excelentes propiedades para tolerar temperaturas altas.

Además del cumplimiento de las características requeridas del material de vidrio, la limpieza de los instrumentos de medición es un factor importante en el grado de confiabilidad de los resultados, por esta razón, el laboratorio debe contar con procedimientos adecuados para la limpieza, almacenamiento y protección del material. (Corrales, 2007)

Reactivos

Después del agua, los reactivos y patrones son los suministros de laboratorio más importantes. Los reactivos y patrones pueden afectar directamente la calidad de los análisis; por consiguiente, la selección, uso y almacenamiento de los reactivos y patrones son parte importante de un buen programa de control de calidad.

Los reactivos y patrones usados en el laboratorio son una mezcla compleja, pueden ser disoluciones acuosas de productos químicos puros o disoluciones en disolventes orgánicos.

Una tarea práctica muy importante en el laboratorio, es la preparación de los reactivos y disoluciones necesarias.

En el laboratorio se encuentran distintos reactivos (sólidos o líquidos), tal y como se comercializan. Las distintas marcas ofrecen un mismo producto con varias características; pero son las personas encargadas del laboratorio las que deciden cual es la más apropiada en cada caso.

Los reactivos que se utilizan en química analítica se pueden agrupar de acuerdo al grado de pureza en distintas categorías de la siguiente manera:

- a) *Reactivos Grado ACS (grado reactivo).*- Las sustancias ACS son aquellas que cumplen los requisitos mínimos establecidos por el Comité de Sustancias Reactivas de la Sociedad Química Americana (Reagent Chemical Committee of American Chemical Society-ACS-).

Siempre que sea posible se deben utilizar este tipo de reactivos en el trabajo analítico, estos productos llevan especificados los límites máximos de impurezas permitidas según las especificaciones de la ACS. En reactivos de algunas casas comerciales se incluye un informe de las impurezas que contienen.

- b) *Reactivos Grado Estándar Primario.*- Son reactivos de elevada pureza (superior al 99.95%). Estos reactivos han sido analizados cuidadosamente por el proveedor y el ensayo va impreso en la etiqueta del envase. Este tipo de reactivos son más costosos que los ACS y se utilizan para preparar soluciones estándar o para estandarizar soluciones.
- c) *Reactivos para Propósitos Especiales.*- Son reactivos que se han preparado para alguna aplicación especial, por ejemplo para el uso con alguna técnica instrumental concreta. Dentro de este grupo se incluyen disolventes para espectrofotometría, para cromatografía, etc.

Estos reactivos proporcionan otros datos que pueden ser de interés como la absorbancia a una determinada longitud de onda, etc. (Aragón y otros, 2004; Morante y otros, 2007; Skoog y otros, 1997)

El detalle de los reactivos empleados en la realización de análisis en el CICAM se muestra en la Tabla A.2. del Anexo III.

Para conseguir resultados confiables de un análisis químico se requiere el uso de reactivos y disoluciones de una determinada pureza; por ello, para prevenir la contaminación accidental de los reactivos y de las disoluciones utilizadas, deben cumplirse las siguientes normas:

- Seleccionar el reactivo químico de mejor calidad que se encuentre disponible.
- Tapar el frasco inmediatamente después de haber tomado la cantidad deseada.
- No se debe devolver el reactivo sobrante al frasco que lo contiene, para evitar el riesgo de contaminar todo el frasco.(Morante y otros, 2007)

1.3 AGUAS RESIDUALES Y DESECHOS SÓLIDOS GENERADOS POR ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DE AGUAS Y LODOS

Los laboratorios de enseñanza e investigación generan una gran diversidad de residuos, algunos de los cuales pueden ser peligrosos y cuya cantidad (generalmente pequeña) y frecuencia de generación pueden variar de un período a otro, en función de los reactivos que se necesiten para ello. En estos centros productores suelen formarse varios tipos genéricos de residuos:

- urbanos o municipales (papel, cartón, vidrio no contaminado, etc.)
- peligrosos (sustancias químicas, materiales contaminados, etc.)

La frecuencia de generación de residuos en los laboratorios de enseñanza e investigación los distingue de las actividades de la industria de la transformación, en las cuales se usan regularmente volúmenes considerables y constantes de insumos que pueden contener sustancias peligrosas; además de procesos constantes que involucran factores tales como reacción, presión y temperatura, los mismos que generan un tipo y volúmenes relativamente importantes y constantes de residuos peligrosos.(Cortinas, 2007; Clavero y Ysern, 2008)

1.3.1 CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS

Para la correcta clasificación de residuos provenientes de laboratorios, se establecen grupos de tipificación mediante un estudio de las actividades realizadas en el centro productor.

Se consideran todas las actividades que se desarrollan en el centro, desde las de investigación, docentes y servicios externos a empresas, hasta operaciones de limpieza y mantenimiento. Este estudio de actividades se efectúa partiendo de las materias primas utilizadas en cada actividad, siguiendo su transformación y mezcla con otros productos.

Del estudio realizado, se obtiene una relación de residuos generados en todas las actividades y una estimación de cantidades. Los datos conseguidos se comparan con el inventario de residuos acumulados en el centro productor, si se tiene el caso de existencia.

Con los datos conseguidos y teniendo en cuenta las propiedades fisicoquímicas de los residuos, las posibles reacciones de incompatibilidad en caso de mezcla y el tratamiento final de los mismos, se establecen los siguientes grupos de clasificación de residuos peligrosos: (Clavero y Ysern, 2008)

- Grupo I: Disolventes halogenados
- Grupo II: Disolventes no halogenados

- Grupo III: Disoluciones acuosas
- Grupo IV: Ácidos
- Grupo V: Aceites
- Grupo VI: Sólidos
- Grupo VII: Especiales

Grupo I: Disolventes halogenados

Son los productos líquidos orgánicos que contienen más del 2% de algún halógeno. Se encuentran en este grupo las mezclas de disolventes halogenados y no halogenados si el contenido en halógenos de la mezcla supera al 2%.

Estos productos son muy tóxicos e irritantes y en algún caso cancerígenos. Algunas de las sustancias que se encuentran en este grupo son: cloruro de metileno, bromoformo, cloroforme, entre otras.

Grupo II: Disolventes no halogenados

Se encuentran en este grupo los líquidos orgánicos inflamables con un contenido inferior al 2% en halógenos.

Los disolventes no halogenados son productos inflamables y tóxicos; entre ellos, se pueden citar los alcoholes, aldehídos, amidas, cetonas, ésteres, glicoles, hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos aromáticos y nitrilos.

Es fundamental, dentro de este grupo, evitar mezclas de disolventes que sean inmiscibles debido a que la aparición de fases diferentes dificulta el tratamiento posterior.

Grupo III: Disoluciones acuosas

En este grupo se encuentran soluciones acuosas de productos orgánicos e inorgánicos. Es un grupo muy amplio, lo cual crea la necesidad de establecer grupos y subgrupos; ya sea para evitar reacciones de incompatibilidad o por requerimiento de tratamiento posterior.

Los grupos identificados y sus divisiones son las siguientes:

- Soluciones acuosas inorgánicas:
 - Soluciones acuosas básicas: hidróxido sódico, hidróxido potásico.
 - Soluciones acuosas de metales pesados: Níquel, plata, cadmio, selenio, fijadores.
 - Soluciones acuosas de cromo VI.
 - Otras soluciones acuosas inorgánicas: sulfatos, fosfatos, cloruros.

- Soluciones acuosas orgánicas o de alta DQO:
 - Soluciones acuosas de colorantes.
 - Soluciones de fijadores orgánicos: Formol, fenol, glutaraldehído.
 - Mezclas agua/disolvente: eluyentes de cromatografía, metanol/agua.

Grupo IV: Ácidos

Constituyen a este grupo los ácidos inorgánicos y sus soluciones acuosas concentradas (más del 10% en volumen).

Debe tenerse en cuenta que la mezcla de ácidos, en función de la composición y la concentración, puede producir alguna reacción química peligrosa con desprendimiento de gases tóxicos e incremento de temperatura.

Para evitar riesgos, antes de hacer mezclas de ácidos concentrados en un mismo envase, se debe realizar una prueba con pequeñas cantidades y, si no se observa reacción alguna, llevar a cabo la mezcla. En caso contrario, los ácidos se recogerán por separado.

Grupo V: Aceites

Son aceites minerales derivados de operaciones de mantenimiento y, en algunos casos de baños calefactores.

Grupo VI: Sólidos

Se encuentran en este grupo los productos químicos en estado sólido, pueden ser de naturaleza orgánica e inorgánica; además se halla el material desechable contaminado con productos químicos.

No pertenecen a este grupo los reactivos puros caducados en estado sólido (grupo VII). Se establecen los siguientes subgrupos de clasificación dentro del grupo de sólidos:

- Sólidos orgánicos: Son los productos químicos de naturaleza orgánica o contaminados con productos químicos orgánicos. Entre estos desechos se tienen: carbón activo o gel de sílice impregnados con disolventes orgánicos.
- Sólidos inorgánicos: Son los productos químicos de naturaleza inorgánica. Por ejemplo: sales de metales pesados.
- Basura contaminada: Son los materiales contaminados con productos químicos. A este grupo pertenecen: guantes, papel absorbente y material de plástico contaminado con productos tóxicos y peligrosos.

Grupo VII: Especiales

Son los productos químicos, sólidos o líquidos, que por su elevada peligrosidad, no se deben incluir en ninguno de los grupos anteriores, por ejemplo los reactivos puros obsoletos o caducados.

Estos productos no deben mezclarse entre sí ni con residuos de los otros grupos. Algunos ejemplos de estos productos son los siguientes:

- Comburentes: peróxidos
- Compuestos pirofóricos: magnesio metálico en polvo

- Compuestos muy reactivos: ácidos fumantes, cloruros de ácido (cloruro de acetilo), metales alcalinos (sodio, potasio), hidruros (borohidruro sódico, hidruro de litio), compuestos con halógenos activos (bromuro de benzilo), compuestos polimerizables (isocianatos, epóxidos), compuestos peroxidables (éteres), restos de reacción, productos no etiquetados.
- Compuestos muy tóxicos: tetraóxido de osmio, mezcla crómica, cianuros, sulfuros, etc.
- Compuestos no identificados
(Martínez, 2001; Clavero y Ysern, 2008)

El agua proveniente de las actividades que se desarrollan en los laboratorios se convierte en agua residual, debido a que su composición es variada y presenta degradación de su calidad inicial. (TULAS, 2006)

1.3.2 CONTROL DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS

Los residuos que particularmente se originan en los laboratorios de investigación y docencia están en pequeñas cantidades. Estos residuos constituyen un grave problema para el medio ambiente, por lo que es conveniente recurrir a técnicas y procedimientos de tratamiento y reducción en el origen.

Dentro de las medidas más importantes para disminuir los niveles de contaminación se identifica a la Producción más Limpia.

“Producción más Limpia.- Es el conjunto de estrategias preventivas aplicadas a procesos, productos y servicios con el fin de reducir los riesgos al ambiente y a las personas.” (DMQ, Ordenanza 213, 2007)

La Producción más Limpia es la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integrada, en los procesos productivos, los productos y los servicios.

Esta estrategia ambiental incorpora prácticas de prevención de la contaminación, de eficiencia energética y las tres R's: Reuso, Reciclaje y Recuperación.

Reuso.- Es el aprovechamiento de un desecho, sin previo tratamiento.

Reciclaje.- Es la operación de separar y clasificar selectivamente a los desechos para utilizarlos convenientemente. El reciclaje se refiere cuando los desechos clasificados sufren una transformación para luego volver a utilizarse.

Recuperación.- Es utilizar o extraer componentes útiles del residuo.

La aplicación de Producción más Limpia genera una variedad de beneficios económicos, ambientales y comerciales. (Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2003; TULAS, 2006)

Para solucionar la producción de residuos en los laboratorios se requiere al menos de la ejecución de los siguientes pasos:

- Reducción drástica en la producción de residuos.
- Tratamiento adecuado para eliminar la toxicidad y minimizar el volumen de los residuos.
- Transferencia a una empresa especializada en tratamientos o destrucción.
(García, 2004; Martínez, 2001)

1.3.2.1 Reducción de residuos en la fuente

Se puede reducir la generación de residuos adoptando algunas medidas sencillas, como se indica a continuación:

a) Compra de reactivos en pequeñas cantidades

Al comprar reactivos en cantidades grandes, puede suceder que parte de

ellos se conviertan en residuos, ya sea porque no se usan más o porque con el paso del tiempo se transforman en otros que son inútiles. (García, 2004; Martínez, 2001)

Desde el punto de vista económico, un reactivo que se ha convertido en residuo constituye un despilfarro; es decir que se ha pagado por algo que no se ha utilizado y hay que volver a pagar por deshacerse de él. Además, si son peligrosos, constituyen un riesgo mientras están almacenados.

b) Cambio de escala

Las reacciones a escala más pequeña generan menos residuos, reducen el riesgo para los que las llevan a cabo y resultan más económicas. (García, 2004)

c) Sustitución de reactivos y/o procedimientos

La forma más eficaz de disminuir la producción de contaminantes en los laboratorios de docencia e investigación, es la sustitución siempre que sea posible, de los productos químicos de marcada acción biológica por otros de menor toxicidad.

Muchas veces, una misma reacción puede hacerse siguiendo varias alternativas. Lo más conveniente es elegir aquella ruta que genere menos residuos o, al menos, aquella en la que se produzcan residuos menos peligrosos. Esto se logra realizando las siguientes acciones:

- Cambiar el disolvente; es posible que en la utilización de disolventes orgánicos sea donde se ofrecen las mejores posibilidades para la sustitución.
- Modificar el reactivo
- Escoger otro procedimiento (García, 2004; Martínez, 2001)

d) *Redistribución de los reactivos no usados*

El intercambio de reactivos sobrantes reduce los residuos y evita nuevas compras.

e) *Reciclaje*

La utilización de productos de un proceso determinado como reactivos en otro distinto, disminuye la necesidad de nuevas compras y reduce la formación de residuos.

El reciclado tiene pleno sentido cuando el procedimiento de recuperación es simple, por ejemplo disolventes o cuando el precio del reactivo es realmente elevado, por ejemplo los metales preciosos.

1.3.2.2 Tratamiento de residuos

Existen diversos procedimientos para reducir el poder contaminante de muchos residuos; unos son físicos y otros son químicos. Los primeros suelen ser previos a los segundos.

a) *Métodos físicos*

Aunque se trata de los primeros pasos en el tratamiento completo, en muchas ocasiones ya se obtiene algún producto final de interés, ya sean residuos sólidos muy concentrados, o recuperación de alguna sustancia valiosa.

Bajo este enunciado se incluyen operaciones muy diversas, algunas de ellas son las siguientes:

- filtración
- separación por gravedad (sedimentación, centrifugación, floculación y flotación)
- evaporación

- destilación
- arrastre con aire o vapor
- adsorción en carbón
- intercambio iónico
- otros

b) Métodos químicos

Constituyen los procesos de transformación del residuo mediante la adición de sustancias químicas para lograr el objetivo deseado. Existen varios procedimientos para reducir o eliminar la toxicidad de las sustancias, algunos de ellos, los más generales se presentan a continuación:

- Neutralización

La neutralización es el ajuste del pH utilizando ácidos o álcalis. Durante la neutralización se pueden presentar condiciones de peligro debido a la liberación de gases tóxicos como: HCN, NH₃, H₂S, entre otros.

Los agentes neutralizantes más comunes son: cal, CaO o Ca (OH)₂ y H₂SO₄, a veces se utiliza ácido acético en lugar de ácido sulfúrico porque es más débil, no es muy tóxico y además es biodegradable.

Muchas veces, la neutralización es un paso previo para otros procedimientos.

- Precipitación Química

Se emplea la precipitación química principalmente para eliminar metales pesados de las disoluciones acuosas. Requiere un proceso de separación física posterior que genera lodos. Los productos de la precipitación son compuestos insolubles en agua, por lo que presentan menor movilidad una vez que son dispuestos.

El método más usado es la formación de hidróxidos, por ejemplo con

$\text{Ca}(\text{OH})_2$ o $\text{Na}(\text{OH})$, otras veces se precipitan los sulfuros añadiendo sulfuro de hierro II (FeS).

- Óxido / reducción

Se utiliza para cambiar el estado de oxidación del contaminante, modificando su toxicidad u otra propiedad como la solubilidad. Un ejemplo es la reducción de cromo VI a cromo III con la utilización de metabisulfito de sodio.

- Descomposición por oxidación

Consiste en la reacción del contaminante con un oxidante como: oxígeno, peróxido, ozono o hipoclorito. El contaminante se descompone en otras sustancias de menor toxicidad.

Existen múltiples alternativas de tratamientos físico-químicos, estos procesos son diseñados para el tratamiento de uno o varios contaminantes específicos y tienen restricciones particulares de acuerdo a la totalidad de las características físicas y químicas del residuo.

La selección de una alternativa particular se realiza en función de un análisis técnico específico previo. (Freeman, 1997)

2. METODOLOGÍA

2.1. SITUACIÓN ACTUAL DEL LABORATORIO DEL CICAM

Para establecer las acciones necesarias encaminadas al diseño del programa de Producción Más Limpia en el CICAM, se reconocieron las actividades que se desarrollan en el mismo: registro y almacenamiento de muestras e insumos, realización de análisis y limpieza del material del laboratorio.

Se revisaron los registros de consumo de reactivos y los de ingreso de muestras de aguas y/o lodos y sus respectivos parámetros de análisis solicitados por los clientes.

Se observó que la ejecución de los análisis en cada parámetro, así como la cantidad y características de los insumos utilizados, se fundamentan en métodos y técnicas normalizadas descritas en el libro “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, en el “Manual de Equipo Espectrofotómetro DR/2000” HACH y en normas INEN, además del conocimiento y criterio de los analistas.

Se verificó que en el CICAM se recoge el papel de documentos no válidos para entregarlo a personas que reciclan. Respecto a otros desechos y a efluentes, el laboratorio no cuenta con un manejo adecuado de los mismos. Las aguas residuales se vierten a los sistemas de drenaje sin ningún tratamiento previo.

Se observó que algunos recipientes de plástico y vidrio se reutilizan. Además se notó que los recipientes de PET (tereftalato de polietileno), se recogen conjuntamente con otros residuos como: algodón, látex, neopreno, aluminio, filtros, etc., sin realizar algún tipo de separación y se depositan directamente en los contenedores de basura ubicados en el campus de la Escuela Politécnica Nacional.

Se observó que los remanentes de muestras de lixiviado se devuelven al cliente quien solicitó el análisis del mismo.

2.1.1 DETERMINACIÓN DE LOS ANÁLISIS EFECTUADOS EN EL LABORATORIO Y FRECUENCIA DE REALIZACIÓN

A partir de la revisión de los registros de ingreso de muestras al laboratorio desde el año 2004 hasta el año 2007, se realizó un estudio estadístico para obtener aproximadamente el número de muestras que ingresan y la frecuencia de realización de análisis en los diversos parámetros, de acuerdo con la demanda de servicios.

Se tabuló el número de muestras que ingresaron al laboratorio mensualmente desde el año 2004 al 2007, se obtuvieron promedios semestrales en cada año y un promedio semestral general.

Para determinar la frecuencia de realización de análisis en los diferentes parámetros, se contabilizó el número mensual de análisis realizados en cada parámetro desde el año 2004 hasta el año 2007. Debido a que la frecuencia de realización de análisis es variada en cada mes, se trabajó con promedios semestrales por año.

2.1.2 TÉCNICAS Y METODOLOGÍA UTILIZADAS PARA CADA UNO DE LOS ANÁLISIS

Se revisaron las técnicas y metodologías empleadas para la realización de análisis de aguas y lodos en las referencias bibliográficas en las que se guían los analistas.

Es importante definir los siguientes términos:

- *Técnica*.- Es el ordenamiento de determinadas formas de actuar y emplear herramientas a través del cual se va a alcanzar un fin determinado. La técnica requiere de destrezas manuales e intelectuales, generalmente el uso de herramientas y siempre de varios conocimientos (Océano, 2000).
- *Metodología*.- Es el conjunto de métodos de investigación que permiten lograr ciertos objetivos en una ciencia; es decir, es el conjunto de métodos que rigen una investigación científica (Océano, 2000).

Para determinar la identidad o cantidad de un elemento en una muestra, se estima la masa o volumen y el grado de uniformidad de la misma, necesarios para el análisis, seguidamente se separan de la muestra los componentes deseados o aquéllos que puedan interferir en el estudio. El método de separación idóneo depende de la naturaleza del componente a analizar y de la muestra en sí. La separación se basa en la posibilidad de utilizar las diferencias existentes entre las propiedades físicas y químicas de los componentes de la muestra. (Skoog y otros, 1997)

Se verificó que para la realización de análisis de aguas y lodos en los diferentes parámetros en el CICAM, se emplean las metodologías y técnicas que se detallan en el ANEXO IV.

2.1.3 INSUMOS EMPLEADOS EN CADA ANÁLISIS

Para cuantificar los insumos empleados en la ejecución de los análisis en cada parámetro, se revisaron las guías bibliográficas de realización de análisis; además se observaron las técnicas y métodos empleados por los analistas.

Es necesario enfatizar que el tratamiento de cada muestra antes y durante el análisis depende de la naturaleza de la misma. Así pues, en el desarrollo del análisis muchas de las muestras requieren dilución, filtración, digestión, destilación y/o neutralización previas, debiendo utilizarse insumos extras.

2.1.4 BALANCE DE MATERIALES Y DE ENERGÍA

Para la elaboración de los balances de materiales y de energía, se diferenciaron y examinaron las etapas que intervienen en la realización de análisis, las mismas que son:

- 1) Recepción y almacenamiento de muestras
- 2) Recepción y almacenamiento de insumos
- 3) Realización de análisis
- 4) Lavado de materiales de laboratorio

2.1.4.1 Balance de materiales

Se determinó la cantidad de materiales consumidos y de residuos generados a través del balance de masa en las etapas identificadas en las que fue viable la cuantificación.

Para realizar el balance de masa se analizó el flujo de materiales que entran y salen en cada etapa.

2.1.4.1.1 Balance de materiales en la recepción y almacenamiento de muestras

El balance de materiales en la recepción y almacenamiento de muestras se hizo con base en el número aproximado de muestras que ingresan semestralmente al laboratorio.

Se observó que el volumen de muestra de agua que regularmente ingresa al laboratorio no se consume completamente, el cual está en función de los parámetros solicitados por el cliente; sin embargo, se determinó a partir de la experiencia de los analistas, el volumen efectivamente empleado en la realización de análisis.

2.1.4.1.2 Balance de materiales en la recepción y almacenamiento de insumos

Se identificaron los insumos que se utilizan en el laboratorio y se verificó que la adquisición de los mismos está en función de su consumo y necesidad. Los reactivos ingresan empacados en envolturas plásticas y cartones; constituyéndose estos materiales posteriormente en desechos sólidos.

Se observó que la compra de insumos no se realiza en forma periódica, las adquisiciones se sustentan en la revisión semanal del stock existente y del registro de consumo de reactivos de la bodega.

El agua es una materia muy importante en las actividades del laboratorio, su consumo se cuantificó en las etapas de realización de análisis y lavado de materiales.

2.1.4.1.3 Balance de materiales en la realización de análisis

Se procedió con el balance de materiales en la etapa de realización de análisis con base en el gasto aproximado de insumos en la ejecución de los análisis más frecuentes. Además, se consideró un porcentaje de repetición de análisis en los diferentes parámetros, esta estimación se fundamentó en las experiencias de los analistas; la cuantificación se hizo en períodos semestrales.

Parte importante de los insumos empleados en los análisis es el agua. El agua que se utiliza en la realización misma de los análisis y en enjuagar el material de vidrio antes de ser usado, es agua destilada, cuyo manejo es a través de pisetas y materiales volumétricos como: probetas, pipetas y matraces.

Se midió con un recipiente volumétrico y un cronómetro diariamente durante un mes, el volumen de agua destilada utilizada para enjuagar el material. Es importante indicar que este volumen dependió del material a usar y del criterio del analista en el empleo del mismo, sin embargo se determinó un consumo promedio en períodos mensuales y semestrales. El agua utilizada en los análisis se

cuantificó como reactivo.

Se estimó la cantidad de residuos generados en esta etapa con base en el consumo de los reactivos utilizados en cada análisis y en la frecuencia de realización.

La cuantificación de insumos consumidos y residuos generados en esta etapa se realizó en períodos semestrales.

2.1.4.1.4 Balance de materiales en el lavado de materiales de laboratorio

El agua utilizada para el lavado de material proviene del abastecimiento municipal y su uso no es correctamente controlado.

Para estimar el gasto y desperdicio de agua, se midió durante un mes el flujo empleando un recipiente volumétrico y un cronómetro. Se determinó el caudal promedio y se tomó el tiempo en el que las válvulas están abiertas en el transcurso del día. Se estimó el consumo de agua en períodos semestrales.

El consumo de detergente se estableció a partir de la cantidad empleada a diario. La persona encargada de lavar el material utiliza la misma cantidad de detergente para preparar una solución diaria, esta solución se dispone en los lavabos de cada laboratorio. Se midió el detergente gastado durante un mes.

2.1.4.2 Balance de energía

El balance de energía eléctrica en el CICAM se estimó de acuerdo al consumo de energía y del tiempo de funcionamiento de los equipos usados en la realización de análisis y la energía eléctrica consumida por las luminarias, computadoras y accesorios que también forman parte del CICAM.

Para conocer el consumo de energía, se registró el tiempo que están encendidos

diariamente los equipos durante un mes y se revisaron los catálogos para conocer el consumo energético de cada uno.

2.1.5 CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DE LAS AGUAS RESIDUALES DEL LABORATORIO

Debido a la heterogeneidad de las aguas que se originan en el laboratorio del CICAM, fue necesario hacer una evaluación de las mismas en diferentes parámetros.

Se utilizó el esquema mostrado en la Figura 2.1. para diferenciar la procedencia del agua residual en cantidad y calidad del laboratorio.

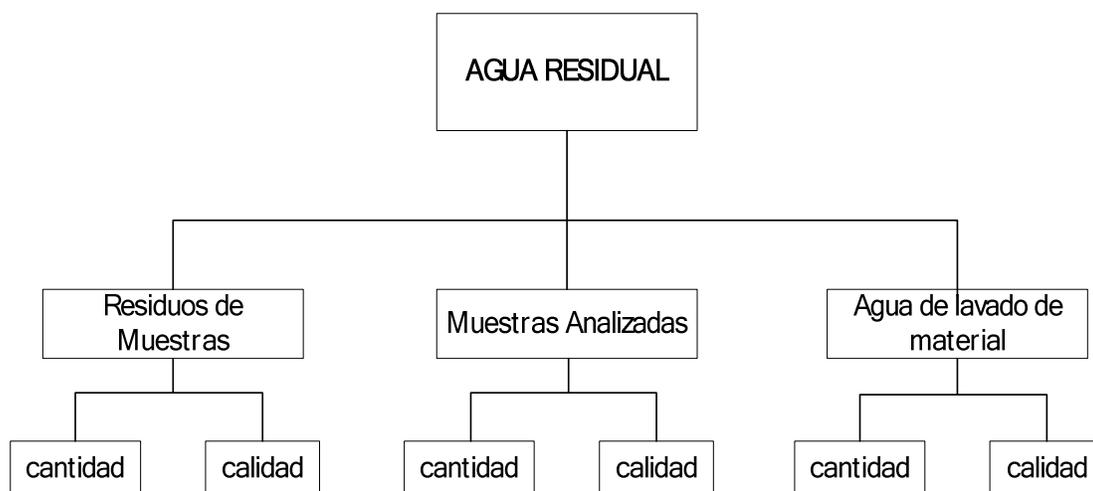


Figura 2.1. Aguas residuales del laboratorio del CICAM

La realización de los análisis es irregular, por esta razón, las aguas provenientes de la ejecución misma de los análisis, de restos de muestras y del lavado de materiales, varían en el transcurso del tiempo en volumen y composición.

Se analizaron los efluentes para determinar qué sustancias contienen y cuál es el posible origen de las mismas.

2.1.5.1 Muestreo y caracterización del agua compuesta por agua residual de la ejecución de análisis y de restos de muestras

Muestreo

Para el presente trabajo se realizaron muestreos diarios del agua residual de los análisis y de restos de muestras durante dos semanas.

Materiales:

- 2 baldes de 20 l de capacidad
- 1 probeta de 100 ml
- 1 probeta de 500 ml
- 10 botellas de plástico de 1 l

Método:

Se tomaron muestras compuestas del agua proveniente de la realización de análisis y de restos de muestras.

- Se recogió diariamente toda el agua proveniente de la realización de análisis y de residuos de muestras en los baldes designados: uno en el laboratorio de físico-química, uno el laboratorio de microbiología y uno en el laboratorio de aguas industriales.
- Se midió el volumen de agua recolectada en cada balde durante el día y tomó una muestra proporcional al volumen recogido de cada recipiente.
- Se mezclaron las muestras individuales para formar una muestra compuesta diaria, la cual se colocó en una botella de plástico y almacenó en la refrigeradora del laboratorio.
- El procedimiento descrito anteriormente se realizó en cada día laboral durante dos semanas.

- Se mezclaron las muestras diarias tomadas en dos semanas y obtuvo una muestra compuesta general.

Caracterización

Se analizó la muestra compuesta final obtenida tomando como referencia los parámetros más importantes que se pueden presentar en los efluentes, los indicados en la Norma Técnica de la Ordenanza 213 del Distrito Metropolitano de Quito y en el TULAS, respecto a los límites máximos permisibles de descargas de sectores productivos.

Los parámetros analizados fueron los siguientes:

- Aceites y grasas
- Cianuro
- Cobalto
- Cromo hexavalente
- Cromo total
- Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)
- Demanda química de oxígeno
- Compuestos fenólicos
- Fósforo total
- Mercurio
- Nitratos
- Nitritos
- Nitrógeno amoniacal
- Nitrógeno orgánico
- Nitrógeno total
- Nitrógeno total Kjendahl
- Potencial de hidrógeno
- Sólidos disueltos
- Sólidos disueltos volátiles
- Sólidos suspendidos
- Sólidos suspendidos volátiles

- Sólidos totales
- Sólidos totales volátiles
- Sulfatos
- Sulfuros
- Tensoactivos
- Coliformes totales

2.1.5.2 Muestreo y caracterización de restos de muestras de agua

Se tomaron muestras compuestas durante dos semanas. Se seleccionaron las muestras almacenadas para desechar; las cuales se recogieron en baldes. Se siguió el procedimiento de muestreo y caracterización descrito para las aguas residuales de la ejecución de análisis y restos de muestras.

Los parámetros analizados fueron los siguientes:

- Cianuros
- Cromo hexavalente
- Demanda bioquímica de oxígeno-DBO (5 días)
- Demanda química de oxígeno
- Compuestos fenólicos
- Fósforo total
- Manganeso
- Nitratos
- Nitritos
- Nitrógeno amoniacal
- Nitrógeno orgánico
- Nitrógeno total
- Nitrógeno total Kjendahl
- Potencial de hidrógeno
- Sólidos disueltos
- Sólidos disueltos volátiles
- Sólidos suspendidos

- Sólidos suspendidos volátiles
- Sólidos totales
- Sólidos totales volátiles
- Sulfatos
- Sulfuros
- Tensoactivos

2.1.5.3 Muestreo y caracterización del agua de lavado de material

Muestreo

Para analizar el agua resultante del lavado del material, se realizó un muestreo compuesto durante una semana de labor.

Materiales:

- 1 tina de 20 l
- 1 balde de 20 l
- 1 probeta de 500 ml
- 10 botellas de plástico de 1 l

Método:

- Se colocó la tina en el lavabo para recoger el agua durante la limpieza del material.
- Se recogió el agua utilizada en el balde.
- Terminada la limpieza del material se tomó una muestra proporcional al agua recogida. Este procedimiento se realizó dos veces al día: una vez por la mañana y una por la tarde, al momento del lavado.
- Se mezclaron las muestras individuales para formar una muestra compuesta diaria, la misma que se recogió en una botella de plástico y almacenó en la

refrigeradora del laboratorio.

- El procedimiento descrito anteriormente se realizó en cada día laboral durante una semana.
- Se mezclaron las muestras diarias tomadas en la semana de muestreo y obtuvo una muestra compuesta final.

Caracterización

Se realizaron análisis de la muestra obtenida. Los parámetros analizados fueron los siguientes:

- Demanda química de oxígeno
- Fósforo total
- Nitratos
- Nitritos
- Potencial de hidrógeno
- Sulfatos
- Sulfuros
- Tensoactivos

2.1.6 CARACTERIZACIÓN DE LOS DESECHOS SÓLIDOS DEL LABORATORIO

Aunque la cantidad de desechos sólidos generados es relativamente pequeña y variable en el tiempo por la diversidad de análisis realizados; se identificaron y cuantificaron los desechos sólidos producto de la realización de análisis y de la recepción y almacenamiento de muestras e insumos en el laboratorio.

Materiales:

- Balanza

Método:

- Al final de cada día de trabajo durante dos semanas, se separaron, identificaron y pesaron los desechos sólidos generados en el laboratorio.

2.1.7 GESTIÓN DE RESIDUOS Y REALIZACIÓN DEL PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

“Plan de Manejo Ambiental.- Es el documento que de manera detallada y en orden cronológico, establece las acciones necesarias para prevenir, mitigar, controlar, corregir y compensar los posibles efectos o impactos ambientales negativos; o enfatizar los impactos positivos originados en el desarrollo de una acción propuesta.” (DMQ, Ordenanza 213, 2007)

Para gestionar adecuadamente los residuos y realizar el plan de manejo ambiental correspondiente en el CICAM, se examinaron las posibles fuentes de desperdicios y contaminación basándose en el Diagrama de Ishikawua aplicado a las actividades del laboratorio como se indica en la Figura 2.2.

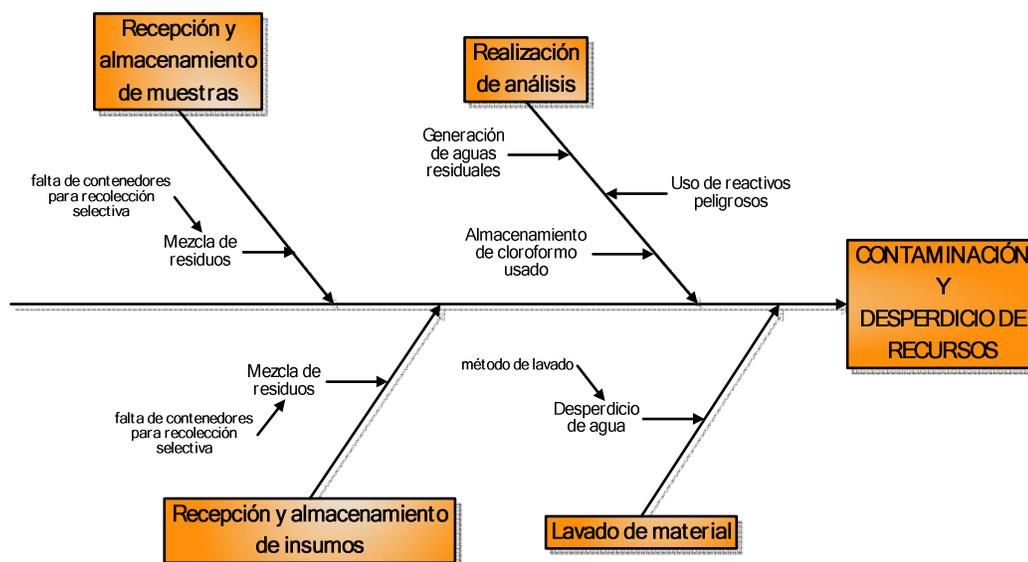


Figura 2.2. Diagrama de causas-efecto de la generación de desperdicios y contaminación en el CICAM

2.1.7.1 Plan de manejo ambiental en la recepción y almacenamiento de muestras

Problemas identificados:

- Se observó que se mezclan los residuos sólidos conformados especialmente por recipientes de vidrio y plástico, los mismos que se depositan en los basureros junto con otros residuos.

Acciones para la solución de los problemas:

- Ubicar contenedores para recolección selectiva de desechos.
- Separar y almacenar temporalmente los residuos en los contenedores correspondientes.

2.1.7.2 Plan de manejo ambiental en la recepción y almacenamiento de insumos

Problemas identificados:

- Se observó que se generan residuos sólidos conformados esencialmente por cartón, los cuales se depositan en los basureros del laboratorio junto a otros residuos.

Acciones para la solución de los problemas:

- Recoger por separado y almacenar temporalmente el cartón en el contenedor destinado para su recolección.

2.1.7.3 Plan de manejo ambiental en la realización de análisis

Problemas identificados:

- Se observó que el cloroformo usado se almacena en el laboratorio.
- Se notó que en la ejecución de algunos análisis se generan residuos que podrían causar contaminación. Se prestó especial atención en aquellos que

contienen sustancias peligrosas.

- Se observó que las aguas residuales generadas en la realización de análisis y los restos de muestras se vierten directamente al desagüe, estos efluentes contienen varias sustancias que podrían causar contaminación.

Acciones para la solución de los problemas:

- Recuperar el cloroformo usado empleando un evaporador rotativo. Se purificó el cloroformo realizando el siguiente procedimiento:

Equipo:

- Evaporador rotativo Yamato BM 100. Este equipo se presenta en la Figura 2.3.



Figura 2.3. Evaporador rotativo Yamato BM 100

Método:

- Se ajustó la temperatura de calentamiento de agua a 52,25°C ¹.
- Se colocó 800 ml de cloroformo en el balón de 1000 ml del equipo.
- Se sujetó el balón con cloroformo en el equipo sin sumergirlo en el agua de calentamiento.

¹ Temperatura de ebullición del cloroformo a la presión de Quito (547,7 mm Hg)

- Se ubicó en el equipo un balón de 500 ml para recoger el cloroformo recuperado.
- Cuando el agua de calentamiento alcanzó la temperatura fijada, se colocó en el agua el balón con cloroformo y accionó la rotación a velocidad media. El balón introducido en el agua de calentamiento se muestra en la Figura 2.4.



Figura 2.4. Balón con cloroformo colocado en el agua de calentamiento

- Obtenido el cloroformo purificado, se apagó el equipo, se dejó enfriar y se recogió el residuo en un recipiente de vidrio etiquetado apropiadamente.
- El cloroformo destilado se colocó en un embudo de separación y dejó reposar durante una hora para separar el agua contenida. En la Figura 2.10 se indica la separación de cloroformo de la fase acuosa que se encuentra en la parte superior.



Figura 2.5. Separación de cloroformo y agua en el embudo de separación

- Se filtró el cloroformo a través de algodón y recogió en un recipiente etiquetado de vidrio.
- Para disminuir la potencial contaminación a causa por los residuos de análisis, en especial de aquellos que contienen mercurio, se planteó que los residuos de análisis en los que se emplea el reactivo Nessler se deben recoger en recipientes etiquetados de vidrio.
- Las aguas generadas por la realización de análisis y los restos de muestras se deben recoger y tratar adecuadamente antes de verterlas al alcantarillado.

Se realizaron pruebas para reducir los valores de algunos parámetros contaminantes en las aguas residuales. En estas aguas parte de los parámetros que indican contaminación son pH y DQO² fuera del rango permitido.

Se probaron varias alternativas para mejorar las condiciones de los efluentes

² Volares comparados con los de la Norma Técnica de la Ordenanza 213 del Distrito Metropolitano de Quito, respecto a los límites máximos permisibles de descargas de sectores productivos.

respecto a pH y DQO; además se trató la reducción de sólidos suspendidos mediante coagulación y floculación.

Para la ejecución de las pruebas indicadas, se recolectó el agua de realización de análisis durante una semana de labor en baldes de 20 litros; colocados uno en el laboratorio de Físico-Química y otro en el de Microbiología.

a) Neutralización

Prueba con carbonato de calcio (CaCO_3)

Reactivos:

- Carbonato de calcio

Equipos y materiales:

- Peachímetro
- Balanza analítica
- Papel aluminio
- Agitador magnético
- Probeta de 100 ml
- Vaso de precipitación de 150 ml

Método:

- Se colocó en el vaso de precipitación 100 ml de agua residual recolectada y midió el pH inicial.
- Se añadió CaCO_3 a la muestra tomada y se activó la agitación.
- Se midió el pH obtenido.
- Se añadió CaCO_3 hasta alcanzar el pH deseado. En cada adición se midió el pH resultante.

Prueba con hidróxido de sodio técnico (NaOH)

Reactivos:

- Hidróxido de sodio técnico

Equipos y materiales:

- Peachímetro
- Balanza analítica
- Probeta de 100 ml
- Vaso de precipitación de 150 ml

Método:

Se siguió el mismo procedimiento aplicado en el caso del CaCO_3

b) Reducción de sólidos suspendidos

Se realizaron pruebas de coagulación y floculación porque con estas operaciones se puede desestabilizar las cargas orgánicas de la materia orgánica en suspensión y a la vez formar pequeños flóculos de materia orgánica para facilitar la filtración o sedimentación.

Reactivos:

- Sulfato de aluminio $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$
- Agua destilada

Equipo:

- Equipo de prueba de jarras
- 1 probeta de 1 l
- 1 matraz aforado de 25 ml
- 1 pipeta volumétrica de 5 ml

Método:

- Se colocó 1 l de muestra neutralizada en cada jarra (5 jarras).
- Se preparó una solución de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ de concentración $3,463 \times 10^{-4}$ mg/l.
- Se añadieron diferentes volúmenes de solución de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ en cada jarra del equipo, como se indica en la Tabla 2.1.
- Se agitó el agua durante 30 minutos a una velocidad de 18 RPM.

- Se dejó en reposo el agua durante media hora y con los datos obtenidos se determinó la cantidad más adecuada de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Tabla 2.1. Condiciones experimentales para la dosificación óptima de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

Jarra	Solución de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ [$3,463 \times 10^{-4}$ mg/l] (ml)
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5

c) Reducción de DQO

Se realizaron varias pruebas para reducir la DQO de las aguas residuales del laboratorio.

Prueba con peróxido de hidrógeno H_2O_2 (oxidación)

Reactivos:

- Peróxido de hidrógeno (H_2O_2) 30%
- Viales para DQO

Equipos y materiales:

- 1 probeta de 1 l
- 1 vaso de precipitación de 1 l
- 1 pipeta volumétrica de 5 ml
- 1 pipeta serológica de 2 ml
- Agitador magnético

Método:

- Se tomó 100 ml de muestra recogida y midió la DQO inicial.
- Se añadieron diferentes volúmenes de peróxido de hidrógeno a la

muestra en cada día, de acuerdo a los datos que se presentan en la Tabla 2.2.

- Se agitó la muestra durante media hora y dejó en reposo 24 horas.
- Se midió la DQO obtenida.

Tabla 2.2. Peróxido de hidrógeno añadido en cada día para reducir la DQO

Día	H ₂ O ₂ 30% (ml)	Concentración de H ₂ O ₂ en el agua (ml/l)
1	0,3	1000
2	3	9000
3	4	12000
4	5	15000

Prueba con hipoclorito de sodio (oxidación)

Reactivos:

- Hipoclorito de sodio (NaOCl) 5%
- Viales para DQO

Equipos y materiales:

- 1 probeta de 1 l
- 1 vaso de precipitación de 1 l
- 1 pipeta volumétrica de 25 ml
- 1 pipeta serológica de 2 ml
- Agitador magnético

Método:

Se siguió el procedimiento descrito para el peróxido de hidrógeno. Las cantidades y concentraciones correspondientes de NaOCl añadidas se indican en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3. Hipoclorito de sodio añadido en cada día para reducir la DQO

Día	NaOCl 5% (ml)	Concentración de NaOCl en el agua (ml/l)
1	2	1000
2	18	9000
3	24	12000
4	30	15000

Prueba de evaporación y condensación

- Reactivos:
- Viales para DQO

Equipos y materiales:

- 1 probeta de 500 ml
- Unidad de destilación Labconco

Método:

- Se midió la DQO inicial.
- Se colocó 500 ml de muestra en el equipo destilador a temperatura moderada.
- Se recogió el destilado y midió la DQO lograda.

Prueba con carbón activado granular (adsorción)

Reactivos:

- Carbón activado granular
- Viales para DQO

Equipos y materiales:

- Balanza Mettler PC
- 5 Jarras
- 1 probeta de 500 ml
- Colador

Método:

- Determinación de la cantidad de carbono necesaria
 - Se midió la DQO inicial.
 - Se colocó 500 ml de muestra neutralizada y clarificada en cada jarra.
 - Se añadió 20, 40, 50, 60 y 80 g de carbón activado granular en cada jarra respectivamente y se dejó reposar durante 24 horas. En la Figura 2.6. se observa el carbón en diferentes cantidades colocado en cada jarra.
 - Se midió la DQO obtenida en cada jarra.



Figura 2.6. Carbón activado granular colocado en cada jarra en diferentes cantidades

- Determinación de la velocidad de gasto

Con la cantidad apropiada de carbón se realizó la siguiente prueba:

 - Se colocó 500 ml de muestra neutralizada y clarificada en una jarra.
 - Se añadió 100 g de carbón activado granular y dejó reposar 48 horas.
 - Se midió la DQO obtenida.
 - Se filtró y eliminó el agua tratada con carbón activado.
 - Se colocó nuevamente 500 ml de muestra neutralizada y clarificada en la jarra con carbón activado usado y se dejó reposar 48 horas.

Este procedimiento se realizó hasta que el valor de DQO fue mayor al permitido por la Norma Ambiental.

2.1.7.4 Plan de manejo ambiental en el lavado de materiales

Problemas identificados:

- Mientras se lava el material, el agua se desperdicia al estar abierta siempre la válvula del lavabo, causando que el agua fluya sin ningún control y se desperdicie.

Acciones para la solución de los problemas:

- Se debe cambiar el método de lavado del material. Se lavó el material aplicando el siguiente procedimiento:
 - Colocar los materiales a lavar en una tina con agua y detergente y dejar en remojo por media hora aproximadamente.
 - Frotar los materiales con cepillo y enjuagar uno a uno cerrando la válvula de agua después de cada enjuague. (Xunta de Galicia, 2006)

2.2 PROGRAMA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL LABORATORIO DEL CICAM

La Producción Más Limpia en el CICAM tiene la finalidad de minimizar los residuos en el origen, usar la energía de manera eficiente, reciclar y reutilizar el material apto para estas operaciones.

Para encontrar los problemas y las alternativas a fin de disminuir la generación de contaminantes y desperdicios en el laboratorio, se revisaron y analizaron los

métodos de realización de análisis, las actividades efectuadas en el laboratorio y se diferenciaron los residuos producidos.

2.2.1 SELECCIÓN DE INSUMOS QUE SE PUEDEN SUSTITUIR POR OTROS MENOS CONTAMINANTES

Se seleccionaron y revisaron los parámetros de análisis de aguas cuyos reactivos son más contaminantes para encontrar la posibilidad de sustituirlos por otros menos nocivos, cambiar el método o técnica de análisis, o la utilización de modernos equipos. Los parámetros seleccionados con sus respectivos residuos se indican en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4. Parámetros de análisis que tienen residuos contaminantes y cantidad de residuo por análisis

Parámetro	Residuo	Cantidad de residuo / análisis (aprox.)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	vial con mercurio	4 ml
Zinc	agua con ciclohexanona	10 ml
Amoníaco	agua con yoduro mercúrico	25 ml
Amonio	agua con yoduro mercúrico	25 ml
Amonio Libre	agua con yoduro mercúrico	25 ml
Nitrógeno Kjendahl	agua con yoduro mercúrico	25 ml
Nitrógeno amoniacal	agua con yoduro mercúrico	25 ml

2.2.2 SELECCIÓN DE LAS ACTIVIDADES GENERADORAS DE DESPERDICIOS EN EL LABORATORIO Y OPTIMIZACIÓN DE LAS MISMAS PARA REDUCIR PÉRDIDAS

Se utilizaron indicadores para hacer el diagnóstico de las acciones propuestas y realizar comparaciones futuras en las etapas en las que fue posible optimizar recursos y reducir desperdicios. Las etapas e indicadores se muestran en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Indicadores en las etapas generadoras de desperdicio

Etapas	Indicador
Realización de análisis	agua destilada para enjuagar el material de vidrio
Lavado de material	agua para lavado

Se tomaron los datos obtenidos en el balance de materiales para identificar los desperdicios que se producen y proponer y analizar las posibilidades de reducción de los mismos.

2.2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS PARA: REUTILIZAR, RECICLAJE Y TRATAMIENTO CORRESPONDIENTE

Para llevar a cabo una correcta gestión de los residuos que se generan en el CICAM, se realizó una clasificación y segregación de los mismos.

Se estimó importante que las personas que generan residuos los clasifiquen en la fuente. Esta clasificación se realizó en diferentes grupos considerando:

- ▶ Las actividades que se realizan.
- ▶ Las propiedades de los residuos.
- ▶ Las operaciones de tratamiento y disposición; destilación, neutralización, oxidación, otras.

2.2.4 GESTIÓN Y TRATAMIENTO DE RESIDUOS CLASIFICADOS

La operación que se aplique a cada tipo de residuo para su adecuada gestión se determinó estimando los siguientes aspectos:

- volumen o masa de residuo
- naturaleza físico-química del residuo
- coste de cada operación
- infraestructura del CICAM

2.2.5 ANÁLISIS ECONÓMICO DE LAS ACTIVIDADES, INSUMOS Y RESIDUOS

Se realizó el análisis de viabilidad económica de las propuestas planteadas para disminuir la contaminación y los desechos generados en el CICAM.

Para la implementación de las acciones planteadas, es necesario hacer algunos cambios. Para la determinación de los costos que conlleva realizar los cambios, fue necesario conocer el precio de los materiales a utilizar, el costo de la gestión de los residuos que se entreguen al gestor designado, el costo operativo, así como también el ingreso por reciclaje.

Se cuantificó el costo total necesario en períodos semestrales; en el caso de los recipientes de HDPE, se consideró un tiempo de vida útil de 4 años, distribuyendo la inversión inicial en el período indicado.

El detalle de los costos estimados a realizarse se presenta en las Tablas 2.6, 2.7, y 2.8.

Tabla 2.6. Costo de los recipientes de HDPE necesarios para la implantación de las acciones propuestas

Descripción	Valor unitario (\$)	Cantidad	Total (\$)
contenedores de basura	52,50	3	157,50
cubeta plástica	5,15	3	15,50
tanque para recolección de agua residual	30,35	3	91,10
Costo Total (\$)			264,10

NOTA: Los precios fueron tomados de una cotización de Kiwi.

Se consideró que el valor del dinero cambia con el tiempo, así el interés anual tomado es 10,92%³. Se calculó el interés efectivo con la ecuación [1].

$$i = \left(1 + \frac{r}{m}\right)^m - 1 \quad [1]$$

Donde:

i : interés efectivo

r : interés nominal

m : número de períodos en el año

$$i = \left(1 + \frac{0,1092}{2}\right)^2 - 1$$

$$i = 0,1122$$

Se determinó el valor de cada cuota. Las cuotas que cubrirán el gasto inicial se calcularon con la ecuación [2].

$$C = P \left[\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \right] \quad [2]$$

Donde:

C : cuota de amortización (\$/semestre)

P : valor presente (\$)

n : número de períodos de interés

³ Tasa de interés activa, Banco Central del Ecuador, Abril 2009.

$$C = 264,10 \left[\frac{0,1122(1 + 0,1122)^8}{(1 + 0,1122)^8 - 1} \right]$$

$$C = \$ 51,70/\text{semestre}$$

El costo operativo se calculó a partir del salario mínimo vital que recibe una persona mensualmente. El tiempo necesario para realizar las operaciones de tratamiento del agua residual es medio día de trabajo a la semana.

Salario mínimo vital: \$ 218 / mes

Costo de un día de trabajo: \$ 10,90 / día

$$\text{Costo operativo} = \frac{\$ 10,90}{\text{día}} \times \frac{2 \text{ días}}{\text{mes}} \times \frac{6 \text{ meses}}{1 \text{ semestre}} = \$ 130,80/\text{semestre}$$

Tabla 2.7. Costo de los materiales necesarios para la implantación de las acciones propuestas

Descripción	Valor unitario (\$)	Cantidad / semestre	Costo operativo (\$/semestre)	Total (\$/semestre)
Hidróxido de sodio	1,66 / Kg	1,74 Kg	130,80	2,89
Sulfato de aluminio (Alúmina 8%)	0,22 / l	2,64 l		0,58
Carbón activado granular	1,76 / Kg	2,10 Kg		3,70
Vial para DQO	2,40	12		28,80
Costo Total (\$ / semestre)				166,77

NOTA: Los precios fueron tomados de una cotización de La Casa de los Químicos

Tabla 2.8. Costo de la gestión necesaria para la implantación de las acciones propuestas

Descripción	Valor unitario (\$/Kg)	Cantidad / semestre (Kg)	Total (\$)
Residuo de cloroformo	1,20	0,15	1,06
Residuo de carbón activado	0,70	2,10	1,47
Costo Total (\$ / semestre)			2,53

NOTA: Los precios fueron tomados de una cotización de INCINEROX

Sumando los costos para la implantación y mantenimiento de las mejoras, se tiene:

$$\text{Costo total /semestre} = 51,70 + 166,77 + 2,53 = \$ 221,0 / \text{semestre}$$

El momento que las mejoras se implanten se registrará algún tipo de ahorro. Para determinar el ahorro de agua en el lavado de materiales, se utilizaron los datos obtenidos en las acciones de mejora. En las Tablas 2.9. y 2.10. se indican los detalles.

Desperdicio antes del método sugerido: 2 805,48 l / mes

Desperdicio con la aplicación del método sugerido: 993,60 l / mes

Tabla 2.9. Ahorro de agua generado en el lavado de materiales

Descripción	Ahorro (m ³ / semestre)	Valor unitario (\$/m ³)	Total (\$ / semestre)
Agua de lavado de materiales	10,87	0,62	6,74
Ahorro Total (\$/semestre)			6,74

NOTA: Valor referencial EMAAP-Q

Tabla 2.10. Ingresos por reciclaje

Descripción	Valor unitario (\$/Kg)	Cantidad (Kg / semestre)	Total (\$)
Cartón recolectado	0,05	7,92	0,40
PET recolectado	0,03	38,64	1,16
Ingreso Total (\$/semestre)			1,56

NOTA: Los precios fueron tomados de una cotización de un gestor artesanal

$$\text{Beneficio total /semestre} = 6,74 + 1,56 = \$ 8,30/\text{semestre}$$

$$\text{Saldo total } \$/\text{semestre} = 8,30 - 221,0 = -212,70 \$ / \text{semestre}$$

La reducción de la contaminación del agua residual es un bien de uso pasivo, es decir, un valor de no uso. Se acordó con la dirección del laboratorio, que este valor será asumido por los clientes que soliciten los análisis que causan mayor

contaminación como: amoníaco, amonio, amonio libre, nitrógeno orgánico, nitrógeno Kjendahl, nitrógeno total y DQO.

De acuerdo a la frecuencia de realización de análisis en estos parámetros, en períodos semestrales, se tiene el número aproximado de análisis que se realizan, como se indica en la Tabla 2.11.

Tabla 2.11. Frecuencia semestral de realización de análisis de: amoníaco, amonio, amonio libre, nitrógeno orgánico, nitrógeno Kjendahl, nitrógeno total y DQO

Parámetro	Promedio /semestre
Amoníaco	-
Amonio	12
Amonio libre	-
Nitrógeno orgánico	2
Nitrógeno Kjendahl	2
Nitrógeno total	2
DQO	41
Total	59

El precio de estos análisis es de \$15 cada uno; se tiene entonces un ingreso semestral por estos análisis de:

$$\frac{59 \text{ análisis}}{\text{semestre}} \times \frac{\$ 15}{\text{análisis}} = \$ 885/\text{semestre}$$

Para determinar el aumento necesario en el precio de cada análisis se realizaron los siguientes cálculos:

$$\% \text{ aumento/análisis} = \frac{\text{saldo}}{\text{ingresos}} \times 100$$

$$\% \text{ aumento/análisis} = \frac{212,70}{885} \times 100 = 24,03 \%/ \text{análisis}$$

$$\text{Precio final/análisis} = 15 \times 1,24 = \$ 18,6 / \text{análisis}$$

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 NÚMERO DE MUESTRAS QUE INGRESAN AL LABORATORIO Y FRECUENCIA DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS

De la revisión de los registros de ingreso de muestras desde el año 2004 al 2007 y de su análisis estadístico, se obtuvieron valores aproximados del número de muestras que ingresan al laboratorio y la frecuencia con la que se realizan los análisis en los diferentes parámetros.

- Número de muestras por semestre: 50
- Desviación típica: 9.7

Los parámetros en los cuales la frecuencia de realización es mayor son: DQO, pH, DBO₅, sólidos suspendidos; mientras que algunos de los análisis que se realizan con frecuencia semestral de uno ó menor son: flúor soluble, sólidos volátiles, DQO soluble, alúmina soluble. En la Figura 3.1. y en la Tabla A.8. del ANEXO V se indica la frecuencia semestral de realización de análisis en los diferentes parámetros.

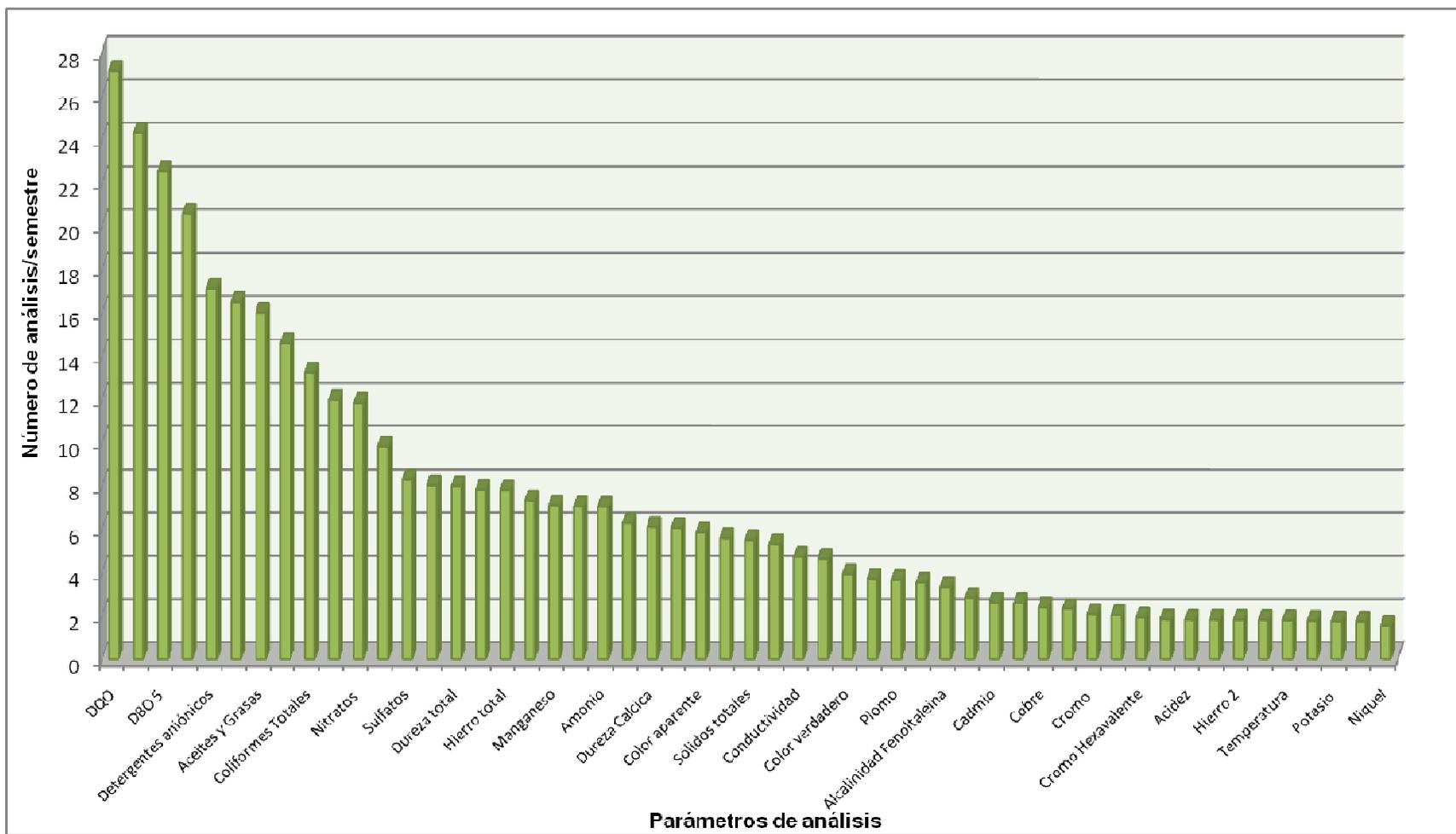


Figura 3.1. Frecuencia semestral de realización de análisis en diferentes parámetros desde el año 2004 hasta el año 2007

3.2 TÉCNICAS Y METODOLOGÍA UTILIZADAS PARA LA REALIZACIÓN DE ANÁLISIS

Los análisis en diferentes parámetros, se fundamentan en métodos y técnicas normalizados que se describen en el libro “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”, en el “Manual de Equipo Espectrofotómetro DR/2000” HACH, y en las normas INEN. Las metodologías y técnicas empleadas en la realización de los análisis se indican en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Técnicas y metodologías utilizadas para los análisis de los diferentes parámetros

Parámetro	Método / Técnica
Aceites y grasas (solubles en hexano)	Método gravimétrico de volatilización
Acidez	Método volumétrico
Alcalinidad fenolftaleína	Método volumétrico
Alcalinidad total	Método volumétrico
Alúmina soluble	Método volumétrico
Aluminio	Técnica de espectroscopia visible
Amoníaco	Técnica de espectroscopia visible
Amonio	Técnica de espectroscopia visible
Amonio libre	Técnica de espectroscopia visible
Bario	Técnica de espectroscopia visible
Basicidad	Método volumétrico
Bicarbonatos	Método volumétrico
Boro	Técnica de espectroscopia visible
Cadmio	Técnica de espectroscopia visible
Calcio	Método volumétrico
Carbonatos	Técnica de espectroscopia visible
Cianuros	Técnica de espectroscopia visible
Cloro activo	Método volumétrico
Cloro libre	Técnica de espectroscopia visible
Cloro residual	Método volumétrico
Clorofila	Técnica de espectroscopia visible

Tabla 3.1. Técnicas y metodologías utilizadas para los análisis de los diferentes parámetros (continuación)

Cloruros	Método volumétrico
Cobalto	Técnica de espectroscopia visible
Cobre	Técnica de espectroscopia visible
Coliformes fecales	Técnica de los tubos múltiples
Coliformes totales	Técnica de los tubos múltiples
Color aparente	Técnica de espectroscopia visible
Color verdadero	Técnica de espectroscopia visible
Conductividad	Técnica conductimétrica
Cromo	Técnica de espectroscopia visible
Cromo hexavalente	Técnica de espectroscopia visible
Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₂₁	Método volumétrico
Demanda bioquímica de oxígeno DBO ₅	Método volumétrico
Demanda bioquímica de oxígeno soluble	Método volumétrico
Demanda química de oxígeno DQO	Técnica de espectroscopia visible
Demanda química de oxígeno soluble	Técnica de espectroscopia visible
Densidad aparente	Medición directa de masa y volumen
Detergentes aniónicos	Técnica de espectroscopia visible
Dureza cálcica	Método volumétrico
Dureza total	Método volumétrico
Fenoles	Técnica de espectroscopia visible
Flúor	Técnica de espectroscopia visible
Flúor soluble	Técnica de espectroscopia visible
Fluoruros	Técnica de espectroscopia visible
Fosfatos	Técnica de espectroscopia visible
Fosforo soluble	Técnica de espectroscopia visible
Fósforo total	Técnica de espectroscopia visible
Hierro soluble (hierro 2)	Técnica de espectroscopia visible
Hierro total	Técnica de espectroscopia visible
Humedad	Método gravimétrico de volatilización indirecto
Manganeso	Técnica de espectroscopia visible
Material insoluble en agua	Método gravimétrico de volatilización directo
Material volátil	Método gravimétrico de volatilización indirecto
Níquel	Técnica de espectroscopia visible

Tabla 3.1. Técnicas y metodologías utilizadas para los análisis de los diferentes parámetros (continuación)

Nitratos	Técnica de espectroscopia visible
Nitritos	Técnica de espectroscopia visible
Nitrógeno amoniacal	Técnica de espectroscopia visible
Nitrógeno Kjendahl	Técnica de espectroscopia visible
Oxígeno disuelto	Método volumétrico
pH	Técnica potenciométrica
Plata	Técnica de espectroscopia visible
Plomo	Técnica de espectroscopia visible
Potasio	Técnica de espectroscopia visible
Salinidad	Técnica potenciométrica
Sólidos disueltos volátiles	Método gravimétrico de volatilización indirecto
Sólidos sedimentables	Medición directa del material en el cono
Sólidos suspendidos	Método gravimétrico de volatilización directo
Sólidos suspendidos volátiles	Método gravimétrico de volatilización indirecto
Sólidos totales	Método gravimétrico de volatilización directo
Sólidos totales disueltos (STD)	Método gravimétrico de volatilización directo
Sólidos volátiles	Método gravimétrico de volatilización indirecto
Sulfatos	Técnica de espectroscopia visible
Sulfitos	Técnica de espectroscopia visible
Sulfuros	Método volumétrico
Turbiedad	Técnica potenciométrica
Zinc	Técnica de espectroscopia visible

Los parámetros en los que se realizan cálculos directamente o a partir de los resultados de otros parámetros son los siguientes:

- Carga contaminante
- Caudal de descarga
- Demanda de cloro
- Dureza magnésica
- Hierro 3
- Índice de estabilidad
- Índice de Langeliere
- Índice de Ryznar

- Índice de saturación
- Magnesio
- Nitrógeno orgánico
- Nitrógeno total
- Sólidos disueltos fijos
- Sólidos fijos (cenizas)
- Sólidos suspendidos fijos

Como se puede ver en la Tabla 3.1, las técnicas más usadas son la espectroscopia visible y el método volumétrico, lo cual indica que hay un considerable consumo de reactivos por la aplicación de estos métodos.

3.3 INSUMOS EMPLEADOS EN CADA ANÁLISIS

Se cuantificaron los insumos utilizados para la realización de análisis en los parámetros en los que fue posible.

En la preparación de las muestras y en la realización misma del análisis, se consumen varios insumos que no fueron viables de cuantificar. En los análisis en los que se aplica el método Químico Volumétrico o Titulación, el volumen de titulante gastado obedece a la naturaleza de la muestra, razón por la cual, en este tipo de análisis se consideró la cantidad de titulante a partir de la revisión de registros de los analistas respecto a los consumos realizados. En la realización de análisis de coliformes totales y fecales también se estimó el gasto de insumos debido a que la utilización de los mismos depende de la muestra a analizar.

Teniendo en cuenta la individualidad de cada muestra, se realizó una valoración de los insumos empleados en la ejecución de análisis en diferentes parámetros a fin de establecer el consumo aproximado de los mismos. En la Tabla A.10. se presenta la cantidad de insumos utilizados en la realización de análisis en cada parámetro.

3.4 BALANCE DE MATERIALES Y DE ENERGÍA

Se efectuaron los balances de materiales y de energía en las etapas identificadas en la realización de análisis en el CICAM.

3.4.1 BALANCE DE MATERIALES

En las etapas en las que fue posible la realización del balance de materiales, se determinó en forma teórica y aproximada la cantidad de insumos empleados y desechos generados en el laboratorio.

En la Figura 3.2. se muestra el diagrama de bloques de las etapas que intervienen en la realización de análisis y sus interrelaciones, así como también las entradas y salidas en las mismas.

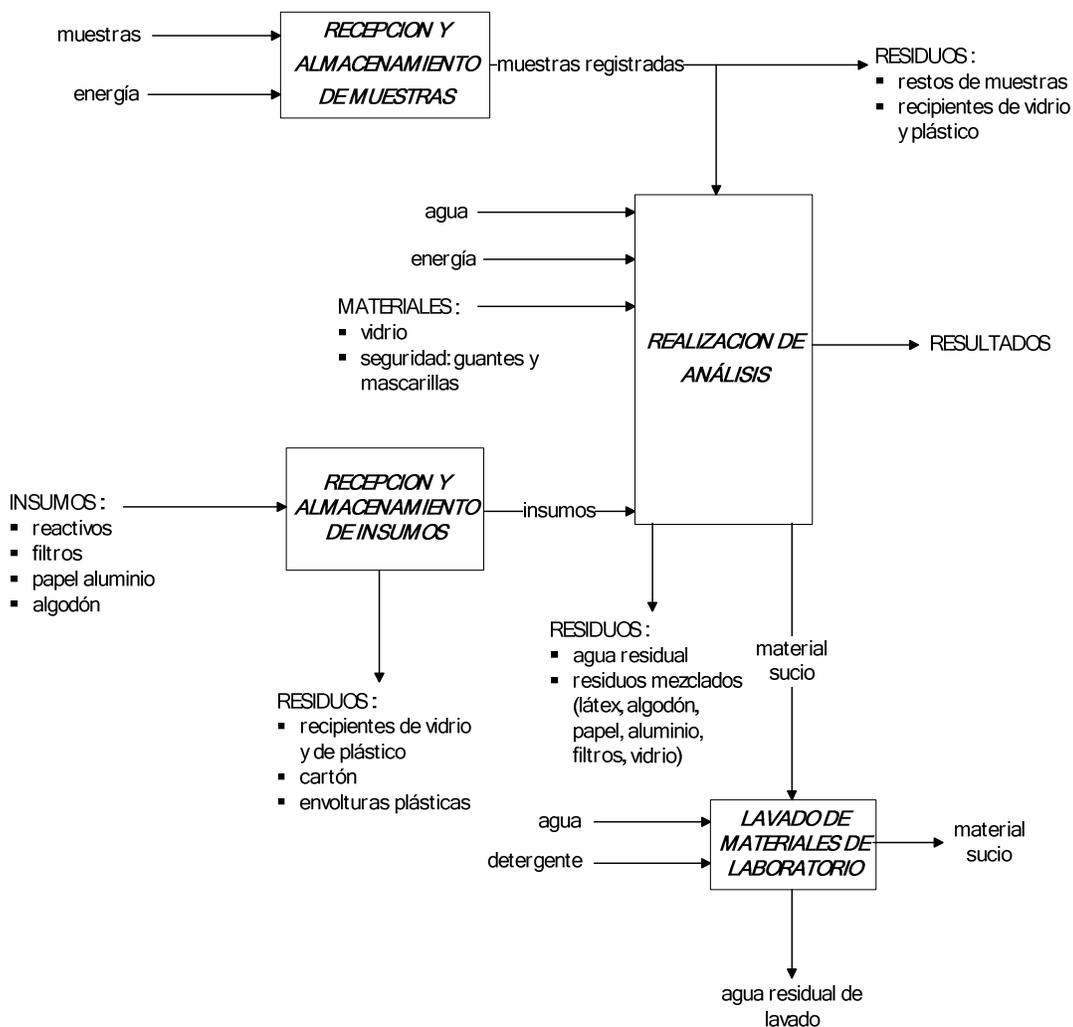


Figura 3.2. Diagrama bloques de la realización de análisis en el CICAM

3.4.1.1 Balance de materiales en la recepción y almacenamiento de muestras

El volumen de muestra de agua a analizar que ingresa al laboratorio, es mayor que el que se necesita; esto es una medida de seguridad de disponibilidad de muestra para la realización de los análisis solicitados.

El volumen que regularmente ingresa por muestra es 5 l, del que se consumen 3 l aproximadamente, y en general el 60 % del volumen inicial, lo cual genera un remanente del 40% por muestra.

De la tabulación de las muestras ingresadas, se estimó el correspondiente número de recipientes que ingresan. Los resultados obtenidos son:

Entradas:

- 60 muestras / semestre (300 l muestra / semestre)
- 60 recipientes de vidrio y/o plástico / semestre

Salidas a la siguiente etapa:

- 180 l muestra / semestre

Residuos:

- 120 l restos de muestra / semestre
- 60 recipientes de vidrio y/o plástico

En la Figura 3.3. se muestra el flujo de materiales en esta etapa.

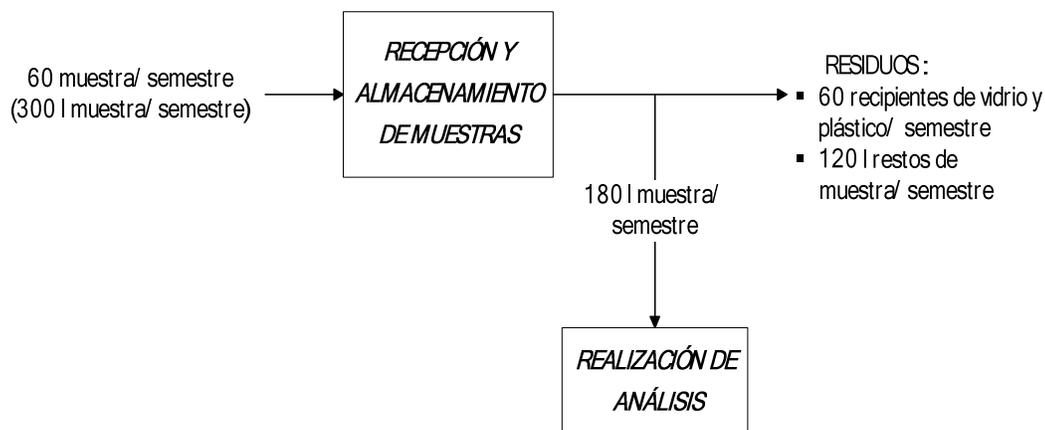


Figura 3.3. Diagrama de flujo en la etapa de recepción y almacenamiento de muestras

3.4.1.2 Balance de materiales en la recepción y almacenamiento de insumos

El abastecimiento de insumos está en función de las necesidades del laboratorio. En los años anteriores al 2006 no se llevaba ningún registro de ingreso ni gasto de insumos; a partir del 2006 se empezó a anotar los consumos realizados de

algunos reactivos, sin embargo, estos registros no son una fuente confiable a considerar por la irregularidad de las anotaciones.

El balance de materiales en esta etapa no se pudo realizar por falta de información al respecto.

En la Figura 3.4. se muestra el diagrama de flujo en la etapa de recepción y almacenamiento de insumos.

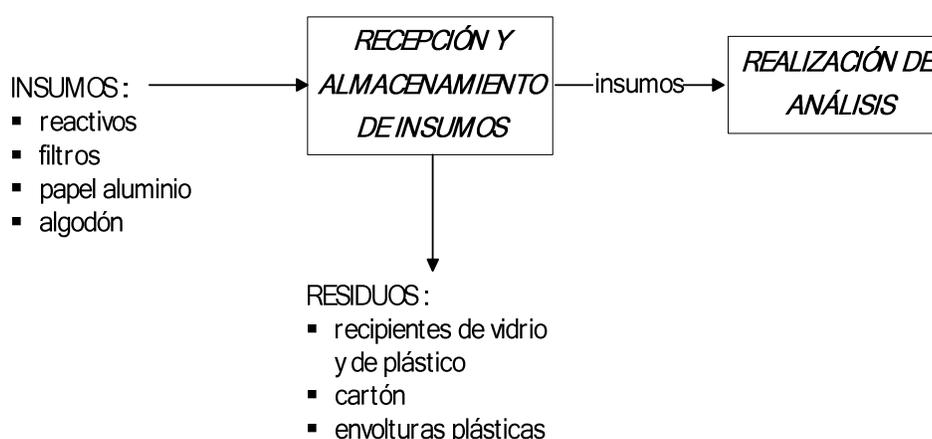


Figura 3.4. Diagrama de flujo en la etapa de recepción y almacenamiento de insumos

3.4.1.3 Balance de materiales en la realización de análisis

Se efectuó el balance de materiales en la realización de análisis con base en los procedimientos aplicados a cada uno; por otra parte, se determinó de acuerdo a la experiencia de los analistas, que hay un porcentaje de repetición de análisis correspondiente al 20 %. Se tomó en cuenta este porcentaje para determinar la cantidad de insumos empleados y residuos generados.

En la realización de análisis se preparan soluciones de reactivos, la cantidad de estas soluciones es limitada a un máximo de 500 ml para evitar alteración en las propiedades de la solución si supera la fecha de caducidad marcada en los recipientes. Las soluciones que se preparan con más frecuencia son las de ácido

sulfúrico y de hidróxido de sodio en varias concentraciones, si estas soluciones pasan la fecha de caducidad señalada, se utilizan para neutralizaciones en las que no es importante la calidad del reactivo.

Entradas:

- 180 l muestra / semestre
- 300 l agua destilada / semestre (para enjuague de material)
- Reactivos (Tabla 3.2.)
- Materiales de vidrio y seguridad (guantes y mascarillas no cuantificables)

Salidas a la siguiente etapa:

- Material sucio

Residuos:

- 300 l agua destilada residual / semestre (de enjuague de material)
- 253,80 l agua residual / semestre
- 57,81 l restos de muestras / semestre
- El volumen total de efluente que se descarga al desagüe es 611,61 l / semestre.
- 694,61 ml agua con reactivo Nessler / semestre
- 4087,20 ml cloroformo / semestre
- 243 ml reactivo para DQO / semestre
- Residuos mezclados (31,15 g algodón, 92 filtros, látex, neopreno, vidrio, aluminio) / semestre

En la Tabla 3.2. se muestra el gasto de insumos para la realización de análisis en los parámetros más frecuentes.

Tabla 3.2. Consumo aproximado de insumos para la realización de análisis en los parámetros más frecuentes

Insumo ó reactivo/ semestre	Unidad	Insumo / semestre
2-Propanol	ml	28,000
acetato de amonio	ml	25,000
acetona	ml	280,000
ácido acético glacial	ml	17,000
ácido ascórbico	g	0,245
ácido clorhídrico	ml	68,100
ácido etilendiaminotetraacético -EDTA	g	0,216
ácido etilendiaminotetraacético -EDTA 0,01N	ml	122,500
ácido sulfúrico concentrado	ml	200,086
agua de dilución (para coliformes)	ml	459,000
agua desionizada	ml	609,000
agua destilada	ml	69473,500
agua Machángara	ml	1850,000
alcohol polivinílico HACH	ml	3,920
algodón	g	25,959
almidón	ml	5,906
Alu Ver 3	g	3,062
anaranjado de xilenol	ml	0,190
azul de metileno	ml	1450,000
Bari Ver 4	g	1,760
Boro Ver 3	g	0,925
buffer de borato	ml	300,000
buffer de fosfato	ml	55,500
buffer tipo citrato para manganeso	g	1,798
buffer tipo citrato para metales pesados	g	31,854
caldo lactosado biliado verde brillante	g	41,940
Chroma Ver 3	g	1,405
Ciani Ver 3	g	0,073
Ciani Ver 4	g	0,600
Ciani Ver 5	g	1,697
cianuro de potasio	g	8,600
cianuro de sodio	g	1,391

Tabla 3.2. Consumo aproximado de insumos para la realización de análisis en los parámetros más frecuentes (continuación)

ciclohexano	ml	2,500
cloroformo	ml	3406,000
cloruro de calcio	ml	55,500
cloruro férrico	ml	55,500
Cu Ver 1	g	0,503
dicromato de potasio	ml	24,000
Dithi Ver metals reagent	g	7,291
EDTA reagent	g	0,433
estabilizador mineral HACH	ml	3,920
etanol 95%	ml	10,000
fenoltaleína	ml	22,736
Ferro Ver Iron reagent	g	1,150
Ferrous Iron	g	0,151
papel filtro	unidad	8,000
filtro de fibra de vidrio de 47 nm	unidad	69,000
hadless buffer	ml	310,000
hexano	ml	840,000
hidróxido de sodio	ml	1219,000
murexide	g	0,014
negro de eriocromo	g	0,004
Nitra Ver 5	g	9,081
nitrate de plata 0,00141 N	ml	48,000
Nitri Ver 3	g	6,483
PAN 0,3% solución indicadora	ml	4,000
papel aluminio	g	1,000
periodato de sodio	g	0,888
peróxido de hidrógeno	ml	38,000
Phenol 2 reagent	g	30,944
Phos Ver 3	g	2,044
Phthalate Phosphate reagent	g	6,184
Persulfato de potasio	g	0,366
Potassium 1 reagent	g	8,106
Potassium 2 reagent	g	5,214

Tabla 3.2. Consumo aproximado de insumos para la realización de análisis en los parámetros más frecuentes (continuación)

Potassium 3 reagent	g	1,192
reactivo Nessler	ml	28,000
reactivo para blanco	g	0,732
Silver 1	g	3,999
Silver 2	g	4158,000
Sodium tiosulfato reagent	g	0,185
solución buffer de dureza	ml	20,000
solución de ácido bórico	ml	600,000
solución de álcali yoduro azida	ml	11,000
solución de álcali yoduro nitruro	ml	37,000
solución de sulfato manganoso	ml	48,000
solución indicadora PAN 0,3%	ml	2,000
solución yodo-yoduro de potasio	ml	30,000
SPANDS reagent	ml	16,000
Sulfa Ver 4 reagent	g	2,402
sulfato de aluminio	g	7,000
sulfato de magnesio	ml	55,500
sulfato de zinc	ml	20,000
Sulfide 1 reagent	ml	7,000
Sulfide 2 reagent	ml	7,000
tiosulfato de sodio	ml	958,000
vial reactivo para digestión de DQO	ml	112,500
yoduro de potasio	g	7,000
Zinco Ver 5	g	3,864

En la Figura 3.5 se muestra el diagrama de flujo en la realización de análisis.

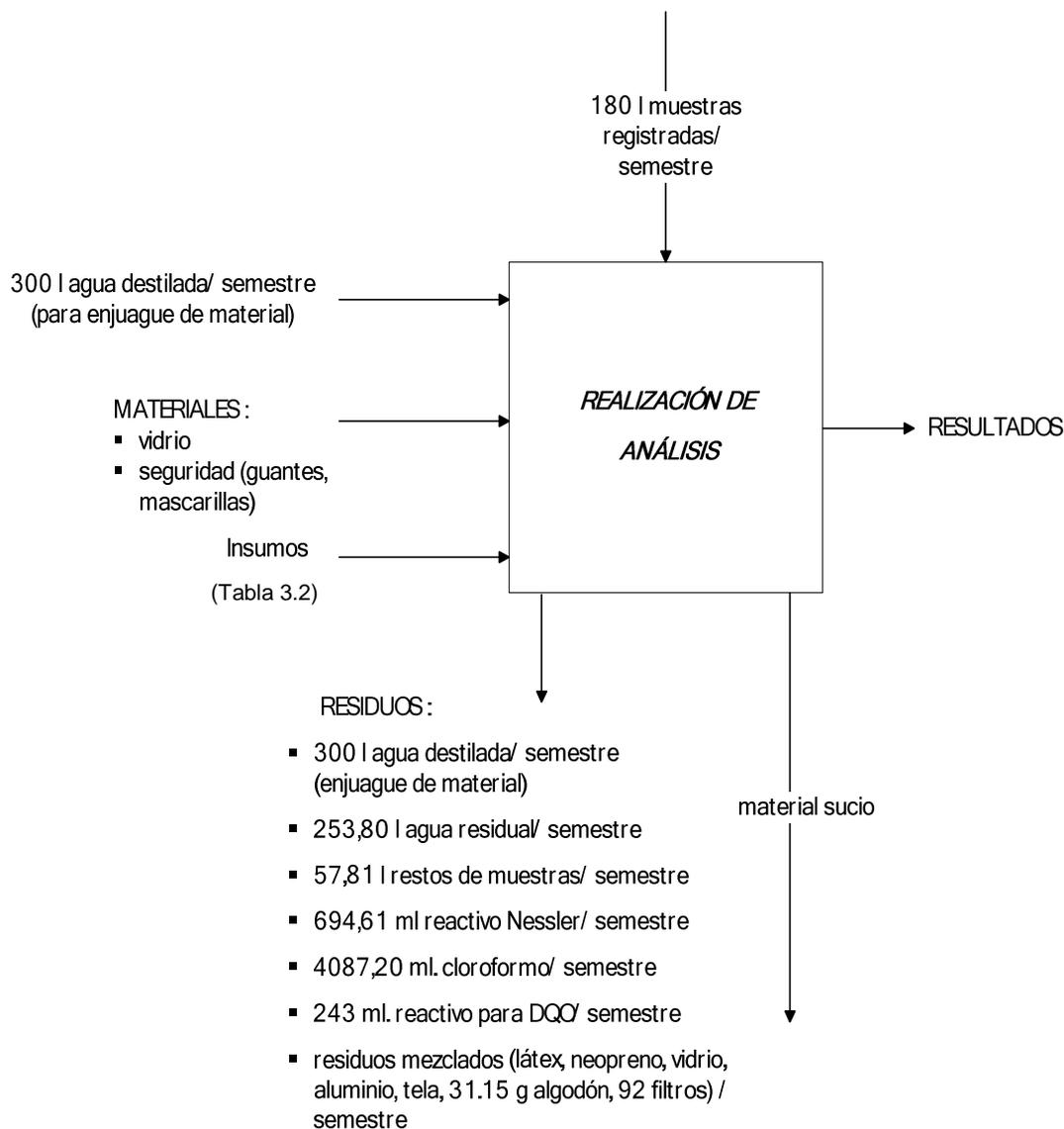


Figura 3.5. Diagrama de flujo en la etapa de realización de análisis

3.4.1.4 Balance de materiales en el lavado del material de laboratorio

Se realizó el balance de agua en esta etapa con base en el volumen consumido durante un mes, el mismo que se extendió a períodos semestrales. Se determinó también el gasto de detergente con base en las observaciones realizadas.

Entradas:

- ➔ 44 441,34 l agua / semestre
- ➔ 14 367,18 g detergente en polvo / semestre
- ➔ Material sucio

Salidas:

- ➔ Material limpio
- ➔ 444 441,34 l agua residual de lavado / semestre

El flujo de masa en el lavado de materiales se muestra en la Figura 3.6.

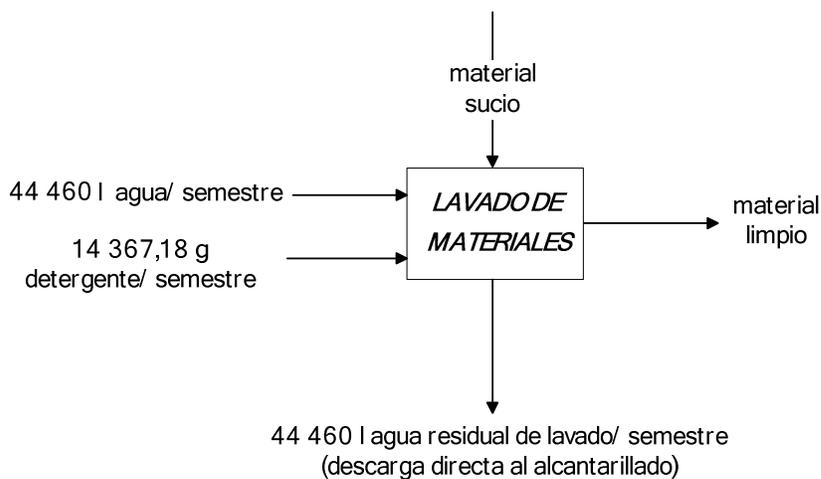


Figura 3.6. Diagrama de flujo en la etapa de lavado de materiales

3.4.2 BALANCE DE ENERGÍA

Se registró el tiempo que están encendidos los equipos diariamente. En la Tabla 3.3. se muestra el consumo aproximado de energía en el laboratorio.

Tabla 3.3. Consumo de energía por cada equipo durante un mes en el laboratorio del CICAM

Aparatos y equipos	W/equipo	horas/mes	kWh/equipo (mes)
16 lámparas fluorescentes - laboratorio de aguas industriales (40 w/lámpara)	640	160,00	102,40
16 lámparas fluorescentes - laboratorio de aguas industriales (40 w/lámpara)	640	161,00	103,04
16 lámparas fluorescentes - laboratorio de aguas industriales (40 w/lámpara)	640	162,00	103,68
16 lámparas fluorescentes - laboratorio de aguas industriales (40 w/lámpara)	640	163,00	104,32
agitador magnético	30	16,15	0,48
aireador	1,5	4,23	0,01
autoclave	2 200	2,00	4,40
balanza analítica Denver Instrument M-220D	13	178,00	2,31
balanza analítica Mettler Toledo AB 204-5	16	178,00	2,85
balanza eléctrica Mettler	16	180,00	2,88
baño termostático Branson	112	6,65	0,74
baño termostático Polystat	1800	216,00	388,80
baño termostático Precisión	2 000	144,00	288,00
bomba de vacío Millipore	497	10,20	5,07
cabina de flujo laminar	258	3,80	0,98
computadora (analista 1)	200	166,00	33,20
computadora (analista 2)	200	163,00	32,60
computadora (jefe técnico)	200	165,00	33,00
computadora (recepción)	200	160,00	32,00
desionizador de agua	1 265	45,00	56,93
digestor	250	5,45	1,36
equipo de prueba de jarras	250	1,50	0,38
espectrofotómetro HACH	30	155,00	4,65
estufa Lind berg Blue - laboratorio de aguas industriales	900	480,00	432,00
estufa Lind berg Blue - laboratorio de modelos	900	293,00	263,70
impresora	40	111,00	4,44
incubadora Wisconsin Oven	250	744,00	186,00
Mufla	3 100	12,00	37,20
pH-metro HACH	0,6	108,00	0,06
pH-metro ORION	0,8	91,00	0,07

Tabla 3.3. Consumo de energía por cada equipo durante un mes en el laboratorio del CICAM (continuación)

plancha de calentamiento Cimarec (grande)	700	1,70	1,19
plancha de calentamiento Cimarec (pequeña)	400	1,20	0,48
refrigeradora	200	744,00	148,80
refrigeradora Scien Temp	250	744,00	186,00
sorbona - laboratorio de Físico-Química	1 200	11,55	13,86
sorbona - laboratorio de modelos	1 200	1,65	1,98
termo reactor para DQO	200	43,76	8,75
		Total (kWh / mes)	2 588,62

El consumo aproximado de energía eléctrica en el laboratorio durante un mes es 2 588,6 kWh y en un semestre es 15 531,6 kWh; este consumo energético corresponde a las necesidades del laboratorio en cuanto al desarrollo de sus actividades, si se registrara sin justificación un valor mayor a este consumo, significaría que se está gastando más de lo necesario, constituyéndose en un desperdicio de energía.

3.5 CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DEL LABORATORIO

3.5.1 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA RESIDUAL DE LA REALIZACIÓN DE ANÁLISIS Y RESTOS DE MUESTRAS

El efluente constituido por el agua de los análisis realizados y por los remanentes de muestras en el período de muestreo fue de: 126,96 l.

Se tomó como referencia los valores límites máximos permisibles para descargas líquidas en alcantarillado, indicados en la Norma Técnica para el Control de Descargas Líquidas de Sectores Productivos de la Ordenanza 213 del Distrito Metropolitano de Quito y en el Anexo 1 del Libro VI del TULAS, estos valores se presentan en el ANEXO IX.

Comparando los valores obtenidos con los de la Normativa Ambiental, se observa que este efluente no se encuentra en condiciones de ser descargado directamente al alcantarillado ya que algunos de los parámetros analizados están fuera de los valores tolerables. Los resultados de la caracterización del efluente y los de la norma se muestran en la Tabla 3.4.

Tabla 3.4. Características del efluente compuesto por residuos de análisis y restos de muestras tomados durante 15 días, y valores límite máximo permisible para alcantarillado

Parámetro	Expresado como	Unidad	Valor	
			Efluente	Límite máximo permisible para alcantarillado
Aceites y Grasas	Sustancias Solubles en Hexano	mg/l	4,8	100
Cianuro	CN	mg/l	0,036	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,13	0,5 (2)
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,008	0,5
Cromo Total	Cr	mg/l	2,5	---
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO ₅	mg/l	317,34	146
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	740	292
Compuestos Fenólicos	Fenol	mg/l	0,597	0,2
Fósforo Total	P	mg/l	133	15
Mercurio	Hg	mg/l	1,91	0,01
Nitratos		mg/l	56	---
Nitritos		mg/l	0,03	---
Nitrógeno Amoniacal		mg/l	41	---
Nitrógeno Orgánico		mg/l	400	---
Nitrógeno Total		mg/l	497,03	---
Nitrógeno Total Kjendahl	N	mg/l	441	40 (2)
Potencial de Hidrógeno	pH		1,77	5 - 9
Sólidos Disueltos		mg/l	5210	---
Sólidos Disueltos Volátiles		mg/l	60	---
Sólidos Suspendidos		mg/l	120	116
Sólidos Suspendidos Volátiles		mg/l	10	---
Sólidos Totales		mg/l	5552	1600 (2)
Sólidos Totales Volátiles		mg/l	40	---
Sulfatos	SO ⁼⁴	mg/l	3200	400

Tabla 3.4. Características del efluente compuesto por residuos de análisis y restos de muestras tomados durante 15 días, y valores límite máximo permisible para alcantarillado (continuación)

Sulfuros	S	mg/l	24	1,0
Tensoactivos	MBAS ⁽¹⁾	mg/l	1,59	0,5
Coliformes totales	---		ausencia	---

Nota: (1) Sustancias activas al azul de metileno
(2) Límite máximo permisible TULAS

Como se ve en la Tabla 3.4., los parámetros que no estaban dentro de los valores indicados en la Norma Ambiental son: DBO₅, DQO, compuestos fenólicos, fósforo total, mercurio, nitrógeno total Kjendahl, potencial de hidrógeno, sólidos suspendidos, sólidos totales, sulfatos, sulfuros y tensoactivos. La presencia de estas sustancias es por la diversa composición de las aguas residuales del laboratorio producida por reactivos y muestras.

El mercurio presente en el agua residual proviene especialmente de los reactivos utilizados en la realización de análisis en parámetros como: amoníaco, amonio, amonio libre, nitrógeno amoniacal y nitrógeno Kjendahl. En la ejecución de estos análisis se emplea el reactivo Nessler, el cual está compuesto por yoduro mercúrico en una concentración cercana a 44 146,13 mg/l de mercurio.

3.5.2 CARACTERIZACIÓN DE RESTOS DE MUESTRAS DE AGUA

El volumen de muestra recogido para la caracterización fue de 15,3 l. Las características físico-químicas de este efluente y los valores de la Normativa Ambiental se muestran en la Tabla 3.5.

Tabla 3.5. Caracterización de restos de muestras tomadas durante 15 días y valores límite máximo permisible para alcantarillado

Parámetro	Expresado como	Unidad	Valor	
			Efluente	Límite máximo permisible para alcantarillado
Cianuro	CN	mg/l	0,026	1,0
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,173	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	DBO5	mg/l	583	146
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	880	292
Compuestos Fenólicos	Fenol	mg/l	0,008	0,2
Fósforo Total	P	mg/l	23,1	15
Manganeso		mg/l	0,4	10
Nitratos		mg/l	2,3	---
Nitritos		mg/l	0,025	---
Nitrógeno Amoniacal		mg/l	38,0	---
Nitrógeno Orgánico		mg/l	348	---
Nitrógeno Total		mg/l	388,33	---
Nitrógeno Total Kjendahl	N	mg/l	386	40 (2)
Potencial de Hidrógeno	pH		4,9	5 – 9
Sólidos Disueltos		mg/l	2636	---
Sólidos Disueltos Volátiles		mg/l	932	---
Sólidos Suspendidos		mg/l	500	220 (2)
Sólidos Suspendidos Volátiles		mg/l	288	---
Sólidos Totales		mg/l	2628	1600 (2)
Sólidos Totales Volátiles		mg/l	856	---
Sulfatos	SO ⁻⁴	mg/l	290	400
Sulfuros	S	mg/l	24	1,0
Tensoactivos	MBAS (1)	mg/l	3,58	0,5

Nota: (1) Sustancias activas al azul de metileno
(2) Límite máximo permisible TULAS

Los parámetros que estaban fuera de los valores indicados en la Normativa Ambiental son: DBO, DQO, compuestos fenólicos, nitrógeno total Kjendahl, sólidos suspendidos, sulfuros, tensoactivos y potencial de hidrógeno, éste último muy cercano al límite permisible. Los valores de estos parámetros resultan del aporte de la composición de cada muestra.

3.5.3 CARACTERIZACIÓN DEL AGUA DE LAVADO DE MATERIAL

El volumen recogido de muestra para el análisis fue 3 l. Las características de este efluente y los valores de la Norma Ambiental se muestran en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6. Caracterización de agua de lavado de material tomada durante una semana y valores límite máximo permisible para alcantarillado

Parámetro	Expresado como	Unidad	Valor	
			Efluente	Límite máximo permisible para alcantarillado
Demanda Química de Oxígeno	DQO	mg/l	197	292
Fósforo Total	P	mg/l	1,13	15
Nitratos		mg/l	0,2	---
Nitritos		mg/l	0,006	---
Potencial de Hidrógeno	pH		6,24	5 – 9
Sulfatos	SO ⁼⁴	mg/l	40	400
Sulfuros	S	mg/l		1,0
Tensoactivos	MBAS ⁽¹⁾	mg/l	0,43	0,5

Nota: (1) Sustancias activas al azul de metileno

Del análisis del agua de lavado de materiales, se observa que ningún parámetro analizado está fuera de los valores indicados en la Norma Ambiental, esto se debe especialmente a que al momento de lavar los materiales se gastaba gran cantidad de agua, disminuyendo la concentración de cualquier contaminante que se encuentre, lo cual se sustenta con el consumo de agua registrado en esta etapa.

3.6 CARACTERIZACIÓN DE DESECHOS SÓLIDOS DEL LABORATORIO

La cantidad de desechos sólidos generados en el laboratorio durante el período de muestreo fue irregular en cantidad y composición, esto se debió a que la realización de análisis fue variada, esta caracterización se indica en la Tabla 3.7.

Tabla 3.7. Desechos sólidos originados en la realización de análisis durante dos semanas

Residuos Sólidos	Total (g)	%
algodón	1,716	0,03
botellas plásticas (PET)	3220,45	62,31
otros plásticos (fundas)	413,18	7,99
papel blanco	243,04	4,70
vidrio	150,61	2,91
aluminio	78,24	1,51
tela	194,44	3,76
cartón	661,44	12,80
papel filtro	42,59	0,82
guantes de látex	162,36	3,14
Total	5 168,066	100

Como se ve en la Tabla 3.7., la mayor cantidad de residuos está dada por plástico y cartón, en porcentajes de 62,31% y 12,8% respectivamente; esto ratifica la necesidad de recoger por separado estos residuos para reciclarlos y/o reutilizarlos.

3.7 ANÁLISIS DE LAS ACCIONES PARA DISMINUIR LA CONTAMINACIÓN Y LOS DESPERDICIOS

3.7.1 RECUPERACIÓN DE CLOROFORMO

Se realizaron pruebas para determinar el volumen de cloroformo que se puede recuperar y la cantidad de residuo formado. Los resultados de esta experiencia son los siguientes:

- ➔ Volumen inicial: 800 ml
- ➔ Volumen final: 684 ml
- ➔ Residuo: 116 ml
- ➔ % Recuperación: 85,5 %

$$\% \text{ residuo final} = \frac{116}{800} \times 100 = 14,5 \%$$

Con esta operación el residuo disminuye a aproximadamente 14,5% del volumen inicial.

3.7.2 OPERACIONES DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

a) Neutralización

Para acondicionar las aguas residuales al pH requerido antes de la descarga, se efectuaron pruebas con carbonato de calcio e hidróxido de sodio técnico. Los resultados de esta experimentación se muestran en las Figuras 3.7. y 3.8. que se ven a continuación, los datos correspondientes se presentan en las Tablas A.23. y A.24. respectivamente, del ANEXO XI.

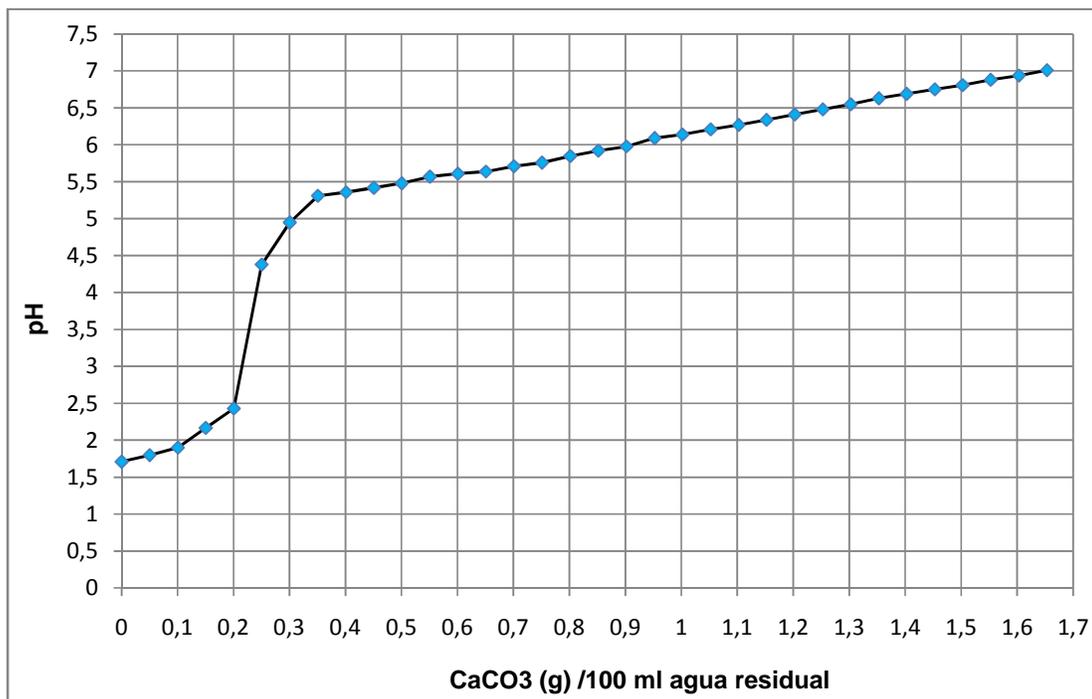


Figura 3.7. Utilización de carbonato de calcio en la neutralización de las aguas residuales del CICAM

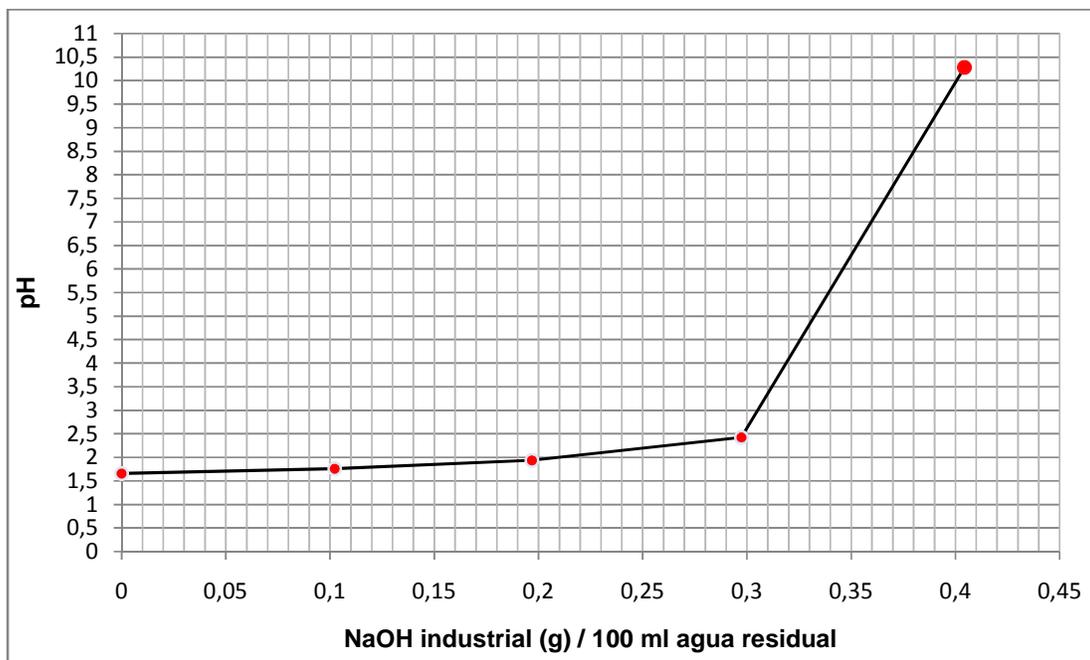


Figura 3.8. Utilización de hidróxido de sodio industrial en la neutralización de las aguas residuales del CICAM

A partir de los resultados obtenidos se seleccionó el hidróxido de sodio para la neutralización de las aguas residuales debido a que su uso no incrementó el contenido de sólidos en el agua residual; mientras que con la utilización de carbonato de calcio, se formó sedimento en el agua neutralizada.

Las cantidades utilizadas de cada sustancia fueron las siguientes:

- El pH del agua residual alcanzó el límite inferior permisible (pH=5) con la adición de 0,3 g de carbonato de calcio en 100 ml de agua residual.
- El pH del agua residual alcanzó el límite inferior permisible (pH=5) con la adición de 0,33 g de hidróxido de sodio en 100 ml de agua residual.

Las cantidades de las sustancias empleadas en la neutralización son similares en los dos casos; sin embargo, con hidróxido de sodio se obtuvieron mejores resultados respecto al contenido de sólidos.

b) Reducción de sólidos suspendidos

Para disminuir la cantidad de sólidos suspendidos, se trató al agua residual con diferentes cantidades de sulfato de aluminio, lográndose el mejor resultado con la aplicación de 5 ml de solución de concentración $3,463 \times 10^{-4}$ mg/l en 1 l de agua residual. En la Figura 3.9. se muestra el agua obtenida tras la adición de 5 ml de sulfato de aluminio.



Figura 3.9. Agua residual obtenida con la adición de 5 ml de sulfato de aluminio

c) Reducción de DQO

Para reducir la DQO de las aguas residuales, se realizaron pruebas con diferentes oxidantes, pruebas de evaporación y condensación y pruebas de adsorción con carbón activado granular.

- *Oxidación con peróxido de hidrógeno (H_2O_2)*

Las pruebas realizadas con H_2O_2 a diferentes concentraciones, proporcionaron los resultados que se muestran en la Tabla 3.8.

Tabla 3.8. Volumen y concentración de peróxido de hidrógeno al 30% añadido al agua residual y DQO obtenido con cada adición

H ₂ O ₂ añadido (ml/100 ml agua residual)	Concentración de H ₂ O ₂ en el agua residual (mg H ₂ O ₂ /l)	DQO del agua residual (mg/l)
0,00	0	1 670
0,33	1000	1 669
3,00	9 000	1 660
4,00	12 000	1 647
5,00	15 000	1 635

De los resultados obtenidos se observa que el H₂O₂ no oxida lo suficiente para reducir la DQO del agua residual hasta el valor indicado en la norma.

- *Oxidación con hipoclorito de sodio (NaOCl) 5%*

Se realizaron pruebas con NaOCl 5% en diferentes concentraciones y se obtuvieron los resultados indicados en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9. Volumen y concentración de NaOCl 5% añadido al agua residual y DQO obtenido con cada adición

NaOCl añadido (ml/100 ml agua residual)	Concentración de NaOCl en el agua residual (mg NaOCl /l)	DQO del agua residual (mg/l)
0	0	1670
2	1000	1667
18	9000	1654
24	12000	1643
30	15000	1639

Los resultados obtenidos indican que el NaOCl no oxida lo suficiente para reducir la DQO del agua residual hasta el valor indicado en la norma.

- *Reducción de DQO mediante evaporación y condensación*

Se realizó una prueba de evaporación y condensación para reducir el valor

de la DQO del agua residual, obteniéndose los siguientes resultados:

- ➔ DQO inicial: 1 670 mg/l
- ➔ DQO final : 1 670 mg/l

El resultado obtenido tras la realización de esta prueba revela que este método no es aplicable.

- *Reducción de DQO mediante adsorción con carbón activado granular*

- ➔ Cantidad de carbón activado granular a utilizar

Se realizaron las pruebas con agua residual proveniente de la coagulación-floculación y sedimentación previas, con una DQO inicial de 462 mg/l.

Mediante la adsorción en carbón activado se logró disminuir el valor de la DQO; en la Figura 3.10. se indica la aplicación del carbón activado en el agua residual. Los datos de esta experimentación se presentan en la Tabla A.25. del Anexo XI.



Figura 3.10. Prueba de adsorción en carbón activado

- ➔ Tiempo de utilización de carbón activado

En la Figura 3.11., se muestra el valor de DQO logrado hasta la séptima reutilización de carbón activado granular; los resultados obtenidos indican que se logró alcanzar una DQO dentro de los valores indicados en la Norma Ambiental hasta la quinta utilización, a partir de esta, la

DQO es mayor que el límite permitido.

Los resultados obtenidos se aplicarán a las aguas residuales que presenten similares condiciones al agua utilizada en las pruebas.

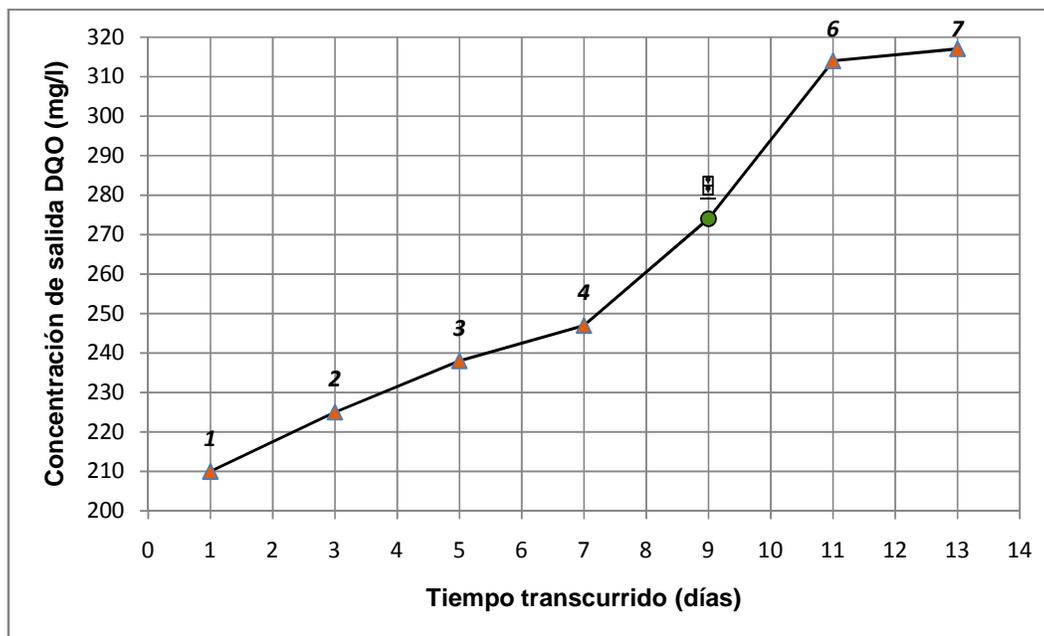


Figura 3.11. Número de reutilizaciones de carbón activado

3.7.3 LAVADO DE MATERIALES

Se determinó la cantidad de agua que se puede economizar en el lavado de materiales a partir de las mediciones del volumen de agua utilizado antes y después de la aplicación del método de lavado sugerido.

➤ Lavado antes del método sugerido:

Caudal promedio: 9,43 l / min.

Consumo de agua: 7 406,0 l / mes

Desperdicio: 3 064,84 l / mes

% Desperdicio: 41,38 %

➤ Lavado con la aplicación del método sugerido:

Caudal promedio: 9,32 l / min.

Consumo de agua: 5 401,69 l / mes

Desperdicio: 661,53 l / mes

% Desperdicio: 12,25 %

$$\text{Ahorro} = 7\,406,0 - 5\,401,69 = 2\,004,31 \text{ l / mes}$$

El desperdicio se ha reducido de 41,38% a 12,25 %, es decir, menor a la mitad del desperdicio inicial.

De los resultados obtenidos se observa un ahorro de agua, reduciéndose el consumo y desperdicio de la misma.

3.8 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL EN CADA ETAPA DE LA REALIZACIÓN DE ANALISIS

3.8.1 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL EN LA RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MUESTRAS E INSUMOS

Se analizaron los problemas identificados en el laboratorio respecto al manejo ambiental del mismo y se resolvió que las siguientes medidas se pueden adoptar para solucionar los inconvenientes hallados.

- ▶ Ubicar en la bodega del laboratorio contenedores para cada tipo de residuo: papel y cartón, vidrio y plástico. Estos contenedores deben cumplir las características referenciales para contenedores de recolección selectiva, según la Norma Técnica de la Ordenanza 213 del Distrito Metropolitano de Quito, de contenedores para recolección diferenciada de residuos reciclables.

Los contenedores deben tener las siguientes características:

- Altura total: 85 cm
- Ancho: 45 cm
- Largo: 34,5 cm

- Volumen: 132 l
- Material: polietileno
- Identificación clara del tipo de residuo: papel y cartón, plástico y vidrio.
- Uso del isotipo alusivo a reciclaje ubicado en la parte frontal superior.
- Imagen Institucional

En la Figura 3.12. se muestra el boceto de los contenedores para la recolección diferenciada de desechos sólidos en el CICAM.



Figura 3.12. Contenedores para recolección de papel y cartón, vidrio y plástico en el CICAM

- Separar y almacenar temporalmente los residuos de papel y cartón, vidrio y plástico en los contenedores asignados para cada tipo, hasta alcanzar un volumen tal que pueda ser entregado al gestor ambiental seleccionado.

3.8.2 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL EN LA RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE INSUMOS

En la recepción y almacenamiento de insumos se deben segregar y almacenar temporalmente los residuos en los contenedores correspondientes hasta entregar al gestor ambiental seleccionado.

3.8.3 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL EN LA REALIZACIÓN DE ANÁLISIS

- ▶ Recuperar el cloroformo usado. El manejo de esta sustancia debe hacerse en un área bien ventilada y dentro de la sorbona, evitando respirar los vapores y contacto con la piel; por ello deben utilizarse mandil, lentes de seguridad, mascarilla y guantes durante su manipulación.

Se recupera el cloroformo realizando el siguiente procedimiento:

1. Instalar el evaporador rotativo en la sorbona y encender el calentamiento de agua a 52,25 °C.
2. Colocar el cloroformo a recuperar en el balón correspondiente al equipo.
3. Sumergir el balón con cloroformo en el agua de calentamiento, abrir las válvulas de agua del refrigerante y activar la rotación del balón a velocidad moderada.
4. Transferir el cloroformo recuperado a un embudo de separación y dejar que se separen las fases de agua y cloroformo.
5. Filtrar el cloroformo a través de algodón y recogerlo en una botella de vidrio ámbar adecuadamente etiquetada según la norma NTE INEN 2 288:2000. La etiqueta de precaución del cloroformo se indica en el ANEXO XIV.
6. Ubicar el recipiente con los residuos finales, bien tapado, en el laboratorio de modelos hasta entregarlo al gestor ambiental seleccionado.

De acuerdo con la estimación realizada del volumen de cloroformo residual y el nivel de recuperación obtenido, se tendría aproximadamente el siguiente volumen de residuo final:

- ✦ volumen de cloroformo residual al semestre: 4 087,20 ml / semestre
- ✦ % de recuperación de cloroformo: 85,5%

$$\begin{aligned} \text{volumen de residuo final} &= \frac{4\,087,2 \text{ ml cloroformo}}{\text{mes}} \times (1 - 0,885) \\ &= 470,03 \text{ ml/semestre} \end{aligned}$$

- ▶ Recoger en recipientes de vidrio ámbar los residuos de análisis de amoníaco, amonio, amonio libre, nitrógeno amoniacal y nitrógeno Kjendahl que contienen yoduro mercúrico. Los recipientes con los residuos deben tener una etiqueta de precaución bien visible, la etiqueta del yoduro mercúrico se indica en el ANEXO XIV.

El volumen aproximado de residuos con mercurio de acuerdo a los cálculos realizados es 694,61 ml/semestre.

Los recipientes para la recolección de cloroformo y yoduro mercúrico no se deben llenar por encima del 80% de su capacidad total para evitar salpicaduras, derrames y sobrepresión, cuidando además de que su exterior este siempre limpio para evitar accidentes por contacto. Los recipientes deben estar bien cerrados; la tapa del recipiente debe tener un cerrado de tornillo y se deben ubicar en el laboratorio de modelos, preferentemente en el suelo.

- ▶ En el almacenamiento de los residuos de los análisis de amoníaco, amonio, amonio libre, nitrógeno amoniacal y nitrógeno Kjendahl, así como los viales residuales de los análisis de DQO, se deben tomar las medidas de seguridad necesarias hasta que las autoridades ambientales indiquen las acciones que se deben seguir con este tipo de residuos debido a que no existe gestor ambiental en el país que trate sustancias que contienen mercurio.
- ▶ Recoger y tratar las aguas de la realización de análisis y restos de muestras antes de verterlas al desagüe.

Las aguas residuales del laboratorio siempre cambian en volumen y

composición, razón por la cual no fue viable establecer un tratamiento específico a dichos efluentes, no obstante, de los resultados de las pruebas realizadas se observó que es posible reducir varios parámetros que indican contaminación.

Las operaciones que se pueden realizar en el laboratorio son de tipo batch y requieren de una evaluación previa de las aguas residuales antes de cualquier tratamiento. Las operaciones que se deben realizar previas a la descarga son:

- Recolección
- Neutralización
- Reducción de sólidos suspendidos
- Reducción de la DQO

Recolección

Se deben recoger y tratar semanalmente las aguas provenientes de la realización de análisis y de restos de muestras en tanques de HDPE de 20 l de capacidad, ubicados uno en cada laboratorio.

El volumen de agua residual a tratar cada semana es aproximadamente: 22,5 l.

Neutralización

Para neutralizar las aguas residuales del laboratorio, se debe realizar el siguiente procedimiento:

1. Tomar 100 ml del efluente y medir el pH.
2. Neutralizar los 100 ml con hidróxido de sodio técnico y anotar la cantidad gastada.
3. Añadir el hidróxido de sodio de acuerdo a la siguiente relación:

$$0,1 \rightarrow x$$

$$y \rightarrow z$$

Donde:

x : gramos de hidróxido de sodio utilizados para neutralizar 0,1 l de agua.

y : volumen total de agua residual a neutralizar en litros.

Z : gramos de hidróxido de sodio necesarios para neutralizar el volumen total de agua residual presente.

Para el volumen de agua residual estimado, y si el pH fuese similar al de las pruebas realizadas se consumiría 74,25 g NaOH / semana.

Reducción de sólidos suspendidos

Para disminuir el contenido de sólidos en el agua residual se debe realizar el siguiente procedimiento:

1. Al agua neutralizada, añadir la cantidad necesaria de solución de sulfato de aluminio.
2. Agitar a velocidad moderada.
3. Dejar reposar para que sedimenten los flóculos formados.
4. Filtrar a través de papel filtro. El lodo resultante dejar secar, recoger y almacenar.
5. Recoger el agua clarificada en un tanque.

Para el volumen de agua residual estimado, y en condiciones similares a las de las pruebas realizadas se consumiría 112 ml Al_2SO_4 / semana.

Reducción de DQO

Para reducir la DQO de las aguas residuales del laboratorio, se debe realizar la adsorción con carbón activado granular aplicando el siguiente procedimiento:

1. Medir la DQO del efluente neutralizado y tratado con sulfato de aluminio.
2. Añadir la cantidad de carbón activado granular necesaria.
3. Dejar que se adsorban los contaminantes del agua durante 48 horas.
4. Filtrar el carbón activado y descargar el efluente en el desagüe.

5. El carbón activado se puede reutilizar varias veces hasta que el efluente presente valores de la DQO sobre los límites permisibles.

Considerando que las circunstancias iniciales del agua residual sean similares a las del agua utilizada en la presente investigación, y para el volumen de agua estimado, se utilizaría 0,36 Kg de carbón activado/semana.

6. Una vez que el carbón activado esté saturado, éste se debe recoger y almacenar para entregar al gestor seleccionado.

3.8.4 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL EN EL LAVADO DE MATERIALES

Aplicar el siguiente método para el lavado del material:

1. Colocar los materiales en una cubeta con detergente y el agua destilada empleada en el enjuague de los materiales. En la Figura 3.13. se muestra la cubeta para remojar el material.



Figura 3.13. Cubeta plástica para remojar el material antes de lavar

2. Dejar los materiales en remojo por alrededor de media hora.
3. Refregar los materiales con cepillo y enjuagar uno a uno, cerrando la válvula de agua después de cada enjuague.

En la Figura 3.14. se indica el esquema integral de gestión de residuos propuesta para el CICAM, el mismo que comprende la clasificación para reutilizar y tratar los residuos a fin de disminuir la contaminación; además de lograr la recuperación de fracciones comercializables de residuos mediante recolección selectiva.

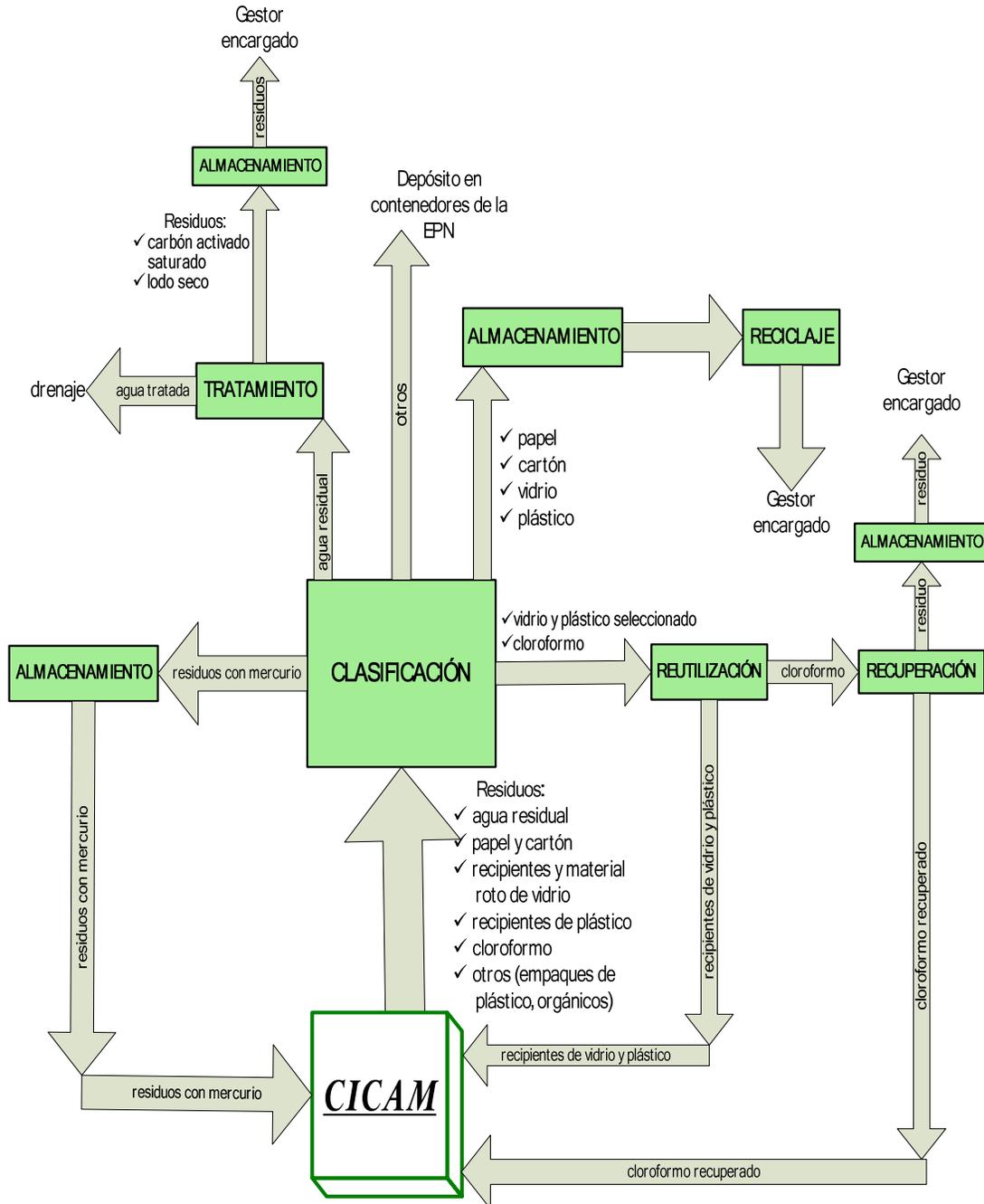


Figura 3.14. Diagrama de flujo de la gestión integral de residuos propuesta para el CICAM

3.9 ANÁLISIS DE LAS OPORTUNIDADES DE MEJORA IDENTIFICADAS

3.9.1 INSUMOS QUE SE PUEDEN SUSTITUIR POR OTROS MENOS CONTAMINANTES

El reemplazo de algunos insumos por otros que generen menor contaminación, se sujeta a la disponibilidad de recursos en el laboratorio como: equipos e instalaciones, así como también la capacitación requerida para el personal.

Se examinaron los análisis que utilizan reactivos muy contaminantes, y de ellos, los que son factibles de variación.

Los métodos analizados, el cambio sugerido y la valoración de dichos cambios se muestran en la Tabla 3.10.

Tabla 3.10. Parámetros y valoración de los cambios sugeridos

Parámetro	Cambio sugerido	Valoración del cambio sugerido	Cantidad de residuo/análisis (aprox.)
Amoníaco	Utilizar un electrodo selectivo	El laboratorio cuenta actualmente con el equipo necesario. No se requiere de nuevas adquisiciones. Es necesario capacitar al personal en la utilización del equipo.	---
Amonio	Utilizar un electrodo selectivo	El laboratorio cuenta actualmente con el equipo necesario. No se requiere de nuevas adquisiciones. Es necesario capacitar al personal en la utilización del equipo.	---
Amonio Libre	Utilizar un electrodo selectivo	El laboratorio cuenta actualmente con el equipo necesario. No se requiere de nuevas adquisiciones. Es necesario capacitar al personal en la utilización del equipo.	---
Cadmio	No es posible cambiar el método actual de análisis	Se necesita un límite de cuantificación bajo, esto se consigue con el método empleado actualmente.	
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	No es posible cambiar el método actual de análisis	Con el método actual se genera la menor cantidad de residuos.	4 ml de solución con mercurio
Nitrógeno amoniacal	Utilizar un electrodo selectivo	El laboratorio cuenta actualmente con el equipo necesario. No se requiere de nuevas adquisiciones. Es necesario capacitar al personal en la utilización del equipo.	---
Nitrógeno Kjendahl	Utilizar un electrodo selectivo	El laboratorio cuenta actualmente con el equipo necesario. No se requiere de nuevas adquisiciones. Es necesario capacitar al personal en la utilización del equipo.	---
Zinc	Utilizar un electrodo selectivo	El laboratorio cuenta actualmente con el equipo necesario. No se requiere de nuevas adquisiciones. Es necesario capacitar al personal en la utilización del equipo.	---

3.9.2 EVALUACION DE LAS ACTIVIDADES EN LAS QUE SE GENERAN DESPERDICIOS

De la información obtenida en los balances de materiales se determinaron las principales fuentes de desperdicios, esta evaluación se hizo a través de indicadores como se ve en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11. Etapas y desperdicios generadores de desperdicios

Indicador	Antes de la acción correctiva	Después de la acción correctiva	Ahorro (%)
Agua destilada para enjuagar el material de vidrio	300 l/semestre vertidos directamente al desagüe	Agua reutilizada en el lavado de materiales	100
Agua para el lavado de materiales	7 410,001 l / mes	6 677,4072 l / mes	9,9

3.9.3 RESIDUOS CLASIFICADOS Y GESTIÓN DE LOS MISMOS

Se identificaron los residuos aptos para reutilizar, reciclar, almacenar y a los que se les debe aplicar un tratamiento antes de la desecharlos. Se indican los residuos y la gestión correspondiente a cada uno.

a) Reutilizar

Los materiales que se pueden reutilizar son los siguientes:

- recipientes de vidrio color ámbar de 500 ml, 1l, 2,5l y 4 l
- recipientes de HDPE de 500 ml y 4 l
- cloroformo usado
- agua destilada del enjuague de materiales

b) Reciclaje

Los residuos aprovechables para reciclar son:

- papel de documentos no validos
- cartón

- botellas de PET
- envolturas y fundas plásticas
- material de vidrio roto no contaminado

c) Almacenamiento

Los residuos que se deben separar y almacenar en condiciones seguras hasta que las autoridades ambientales indiquen la disposición final de los mismos, son los siguientes:

- agua residual proveniente de los análisis de amoníaco, amonio libre, nitrógeno amoniacal y nitrógeno Kjendahl
- viales de reactivo para digestión de DQO

d) Tratamiento

Los residuos a los cuales se les debe aplicar un tratamiento determinado son:

- *Residuo:* agua residual proveniente de la realización de análisis.
Tratamiento: neutralización y reducción de contaminantes.
- *Residuo:* agua proveniente de los residuos de muestras.
Tratamiento: neutralización y reducción de contaminantes.

3.9.4 COSTO DE LOS CAMBIOS PLANTEADOS

- Costo total de los cambios propuestos: \$ 221,0 / semestre
- Ingreso total con los cambios propuestos: \$ 8,30 / semestre
- Saldo total obtenido: - \$ 212,70 / semestre

Como se puede ver, el saldo total obtenido es negativo; para costear los cambios propuestos se calculó el incremento necesario en el precio de los análisis de: amoníaco, amonio, amonio libre, nitrógeno orgánico, nitrógeno Kjendahl, nitrógeno total y DQO. El precio de cada análisis aumentó en 24,03%; incrementándose de 15 a 18,6 dólares.

4 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES

- Se observó que el manejo de insumos se realiza ordenadamente y el consumo de los mismos se da obedeciendo las necesidades del laboratorio, sin embargo, no se cuenta con un registro detallado del uso de insumos.
- Los efluentes y residuos en general, presentaron una notable diversificación en volumen y composición, porque están en función de las actividades que se desarrollan en el laboratorio, especialmente por la realización de análisis.
- El mercurio presente en el agua residual de la ejecución de análisis, se debió particularmente al empleo del reactivo Nessler en análisis de varios parámetros.
- De acuerdo a las características de los reactivos y de las aguas residuales del laboratorio, se permite concluir que se podría tener un impacto negativo sobre el ambiente, pues algunos parámetros analizados en aguas residuales del laboratorio presentaron valores fuera de los permitidos en la Norma Ambiental.
- Se propuso un plan de manejo ambiental acorde a los recursos disponibles en el laboratorio, obteniéndose beneficios ambientales, especialmente en la disminución de mercurio, de las aguas residuales.
- Se notó que la gestión de los residuos sólidos ayudará a mejorar la imagen del laboratorio y finalmente de la institución.

- Con la evaluación económica realizada para la implementación de las medidas propuestas en la gestión de los residuos, se cuantificó un gasto de \$ 214,0 / semestre, valor que se puede cubrir con el incremento de 24,18 % en el precio de los análisis de amoníaco, amonio, amonio libre, nitrógeno orgánico, nitrógeno Kjendahl, nitrógeno total y DQO.
- Las acciones planteadas para alcanzar ventajas ambientales en el CICAM, en cuanto a la reducción de desperdicios y contaminantes y a la gestión de los residuos, se ponen a disposición de las personas encargadas del mismo para su ejecución.

4.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda llevar un registro detallado del uso de insumos para poder evaluar el consumo y desperdicio de los mismos periódicamente.
- Se recomienda llevar registros de los residuos peligrosos generados en el laboratorio.
- Se recomienda aplicar medidas de seguridad en la manipulación de reactivos, obligatoriamente en aquellos peligrosos.
- Se recomienda evaluar el pH y la DQO antes de realizar cualquier operación de tratamiento al agua residual del laboratorio proveniente de análisis realizados y de restos de muestras.
- Se recomienda optar por opciones de mejoramiento tecnológico en la medida de las posibilidades económicas ya que no sólo mejorarían el desarrollo de la realización de análisis, sino que también reducirían el consumo de reactivos y consecuentemente la generación de residuos, muchos de ellos contaminantes.

- Se recomienda adoptar cambios de procedimientos y operación diarios por parte del personal del laboratorio como: cerrar bien las válvulas de agua evitando goteos, apagar las lámparas de lugares en los que no se necesite de iluminación, mantener encendidos los equipos únicamente el tiempo necesario.

- Se recomienda difundir la recolección diferenciada de desechos en toda la institución, esto permitirá extender la concientización sobre la necesidad de una adecuada gestión ambiental.

- Se recomienda identificar los gestores ambientales calificados para el manejo adecuado de residuos peligrosos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Aragón, P., Gómez, C., Marín M. y Torres S., 2004, "Bases químicas del medio ambiente: Manual de Laboratorio", Ediciones Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, pp 15, 16.
2. Centro de Promoción de Tecnologías Sostenibles, 2003, "Guía Técnica de Producción más Limpia para Curtiembres-Bolivia", <http://www.cpts.org/prodlimp/guias/curtiembres.htm>., (Diciembre, 2008).
3. Clavero, J. y Ysern, P., 2008, "La gestión de los residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación", http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentación/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/401a500/ntp_480.pdf, (Agosto, 2008).
4. Clesceri, S. L., Eaton, A. D. y Franson, M. A., 2005, "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater", 21 edición, Joint Board, Estados Unidos, pp 1-36, 1-37, 1-41.
5. Corbitt, R. A., 2003, "Manual de Referencia de la Ingeniería Medioambiental", 2da edición, McGraw-Hill / Interamericana de España S.A.U, Madrid, España, pp. 5.152-5.155, 6.213-6.214.
6. Corrales, F., 2007, "Manual de experimentos de laboratorio para química I y II", Editorial Universidad Estatal a Distancia-EUNED, San José, Costa Rica, pp.8, 9, 10.
7. Cortinas, Cristina, 2007, "Ideas sobre planes de manejo de residuos peligrosos de laboratorios universitarios: responsabilidad social de las universidades", <http://www.eumed.net/rev/rucc/20/ccn.htm>, (Octubre, 2008)

8. El Consejo del Distrito Metropolitano de Quito, 2008, "Normas Técnicas para la Aplicación de la Codificación del Título V", "De la Prevención y Control del Medio Ambiente", Quito, Ecuador, pp. 22,23,37-50,58,59,63.
9. El Consejo del Distrito Metropolitano de Quito, 2007, "Ordenanza Sustitutiva del Título V Del Medio Ambiente", "Libro Segundo, del Código Municipal para el Distrito Metropolitano de Quito", Quito, Ecuador.
10. Freeman, H., 1997, "Standard handbook of hazardous waste treatment and disposal", 2da edición, Estados Unidos, pp. 99-108.
11. García, F., 2004, "Seguridad en el laboratorio de química", Editorial de la Universidad de Oviedo, Oviedo, España, pp. 41, 42, 43.
12. Grant, E. L. y Leavenworth, R., 1982. "Control Estadístico de Calidad", 5ta impresión, Cia. Editorial Continental, México D.F., México, pp. 50.
13. "Diccionario Enciclopédico Océano", Grupo Editorial Océano, Barcelona, España, pp. 1057,1563.
14. Hach Company, 1988, "Manual de Equipo Espectrofotómetro DR/2000", Loveland, Colorado, Estados Unidos.
15. Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2000, "Productos químicos industriales peligrosos. Etiquetado de precaución. Requisitos" NTE INEN 2, 1era edición, Quito, Ecuador.
16. Irving, S. y Lewis, R. J., 1993, "Diccionario de Química y de Productos Químicos", Omega S.A., Barcelona, España, pp. 408, 1030.
17. J.T.Baker, 2007, "Catálogo de Sustancias Químicas", Mallinckrodt Baker Inc., Phillipsburg, NJ, Estados Unidos, pp. 117-459.

18. Kirk, R. E. y Othmer, D. F., 1962, "Enciclopedia de Tecnología Química", volumen 13, Hispano Americana, México, México, p. 307-346.
19. Martínez Cabañas, I., 2008, "La gestión de residuos químicos y peligrosos en laboratorios de docencia e investigación", <http://www.uclmes/organos/gerencia/servicioprevencion/Residuos/documentacion/Manual/07.%20Residuos%20Quimicos.pdf>., Noviembre, 2008.
20. Morante, S., Pérez, D. y Sierra, I., 2007, "Experimentación en química analítica", Librería –Editorial Dykinson, Madrid, España, pp. 143, 144.
21. TULAS, 2006, " Libro VI De la Calidad Ambiental", Anexo 1, Quito, Ecuador, p. 287-291, 293, 321-328.
22. Riera, P., García, D., Kriström, B., y Brännlund, 2005, "Manual de economía ambiental y de los recursos naturales", Thomson, Madrid, España, pp. 121, 122, 168.
23. Romero Rojas, J. A., 2002, "Calidad del Agua", 1era edición, Nomos S.A., Bogotá, Colombia, pp. 173-176, 203, 204.
24. Skoog, D., West, D. M. y Holler, F. J., 1997, "Química Analítica", 6ta edición, McGraw-Hill, Bogotá, Colombia, pp. 1-4, 96, 97, 114, 794, 795.
25. Spiegel, M. R., 1991, "Estadística", 2da edición, McGRAW-HILL, México D.F., México, pp. 60, 61.
26. Torres, S., Aragón, P. y Gómez, C., 2006, "Técnicas instrumentales- Manual de laboratorio", Editorial Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, pp. 7-16, 101, 104.
27. Treyball, R. E., 1980, "Operaciones de Transferencia de Masa", 2da edición, McGraw-Hill, México D.F., México, pp. 641-651.

28. Xunta de Galicia, 2006, "Auxiliar de Laboratorio", MAD-Ediforma, Galicia, España, p. 105.

ANEXOS

ANEXO I
PLANTA ARQUITECTONICA DEL CICAM

ANEXO II

**PARÁMETROS DE ANÁLISIS DE AGUAS Y LODOS QUE OFRECE EL
CICAM**

Tabla A.1. Parámetros de análisis físico-químico y microbiológico de aguas y lodos que oferta el CICAM

Ítem	Lista general de parámetros de análisis
1	Aceites y grasas (solubles en hexano)
2	Acidez
3	Alcalinidad fenolftaleína
4	Alcalinidad total
5	Alúmina soluble
6	Aluminio
7	Amoníaco
8	Amonio
9	Amonio libre
10	Bario
11	Basicidad
12	Bicarbonatos
13	Boro
14	Cadmio
15	Calcio
16	Carbonatos
17	Carga contaminante
18	Caudal de descarga
19	Cianuros
20	Cloro activo
21	Cloro libre
22	Cloro residual
23	Clorofila
24	Cloruros
25	Cobalto
26	Cobre

Tabla A.1. Parámetros de análisis físico-químico y microbiológico de aguas y lodos que oferta el CICAM (continuación)

27	Coliformes fecales
28	Coliformes totales
29	Color aparente
30	Color verdadero
31	Conductividad
32	Cromo
33	Cromo hexavalente
34	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₂₁)
35	Demanda bioquímica de oxígeno (DBO ₅)
36	Demanda bioquímica de oxígeno soluble
37	Demanda de cloro
38	Demanda química de oxígeno (DQO)
39	Demanda química de oxígeno soluble
40	Densidad aparente
41	Detergentes aniónicos
42	Dureza cálcica
43	Dureza magnésica
44	Dureza total
45	Fenoles
46	Flúor
47	Flúor soluble
48	Fluoruros
49	Fosfatos
50	Fosforo soluble
51	Fósforo total
52	Hierro 3
53	Hierro soluble (hierro 2)
54	Hierro total
55	Humedad
56	Índice de estabilidad
57	Índice de Langelier
58	Índice de Ryznar
59	Índice de saturación

Tabla A.1. Parámetros de análisis físico-químico y microbiológico de aguas y lodos que oferta el CICAM (continuación)

60	Magnesio
61	Manganeso
62	Material flotante
63	Material insoluble en agua
64	Material volátil
65	Níquel
66	Nitratos
67	Nitritos
68	Nitrógeno amoniacal
69	Nitrógeno Kjeldahl
70	Nitrógeno orgánico
71	Nitrógeno total
72	Oxígeno disuelto
73	Potencial hidrógeno (pH)
74	Plata
75	Plomo
76	Potasio
77	Prueba de jarras
78	Salinidad
79	Sólidos disueltos fijos
80	Sólidos disueltos volátiles
81	Sólidos disueltos
82	Sólidos fijos (cenizas)
83	Sólidos sedimentables
84	Sólidos suspendidos
85	Sólidos suspendidos fijos
86	Sólidos suspendidos volátiles
87	Sólidos totales
88	Sólidos totales disueltos (STD)
89	Sólidos volátiles
90	Sulfatos
91	Sulfitos

Tabla A.1. Parámetros de análisis físico-químico y microbiológico de aguas y lodos que oferta el CICAM (continuación)

92	Sulfuros
93	Temperatura
94	Turbiedad
95	Zinc

ANEXO III

CARACTERÍSTICAS DE LOS REACTIVOS EMPLEADOS EN LA REALIZACIÓN DE ANÁLISIS

Tabla A.2. Características principales de los reactivos empleados en la realización de análisis

REACTIVO	ESTADO FÍSICO	FORMULA QUÍMICA	DENSIDAD (20°C) (g/cm ³)	PELIGROS / ALMACENAMIENTO	SÍMBOLOS DE PELIGRO
2-propanol	líquido	CH ₃ CHOHCH ₃	0,79	Riesgo de flamabilidad. Mantener en lugar ventilado y lejos de fuentes de ignición.	  F Xi
acetato de amonio	líquido	CH ₃ COONH ₄	1,17	Sustancia no peligrosa.	---
acetona	líquido	CH ₃ COCH ₃	0,79	Sustancia altamente inflamable e irritante. Mantener en lugar ventilado y lejos de fuentes de ignición.	  F Xi
ácido acético glacial	líquido	CH ₃ COOH	1,05	Inflamable, provoca quemaduras graves. Almacenar alejado de fuentes de ignición y calor. No respirar los vapores.	 C
ácido etilendiaminotetraacético (EDTA)	sólido	C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₈	---	Sustancia no peligrosa.	---
ácido sulfúrico	líquido	H ₂ SO ₄	1,84	Corrosivo. Riesgo por contacto. Almacenar en un lugar fresco y seco, lejos de las fuentes de calor.	 C

Tabla A.2. Características principales de los reactivos empleados en la realización de análisis (continuación)

agua de dilución para coliformes (fosfato dibásico de potasio, fosfato monobásico de potasio, cloruro de sodio, agua destilada)	líquido				
▶ fosfato di básico de potasio	sólido	K ₂ HPO ₄	2,44	Sustancia no peligrosa	---
▶ fosfato monobásico de potasio	sólido	KH ₂ PO ₄	2,34	Sustancia no peligrosa	---
▶ cloruro de sodio	sólido	NaCl	2,17	Sustancia no peligrosa	---
agua de dilución para DBO (agua destilada, cloruro férrico, sulfato de magnesio, buffer de fosfato, cloruro de calcio)	líquido				
▶ cloruro férrico	sólido	Fe Cl ₃	1,4	Riesgo por contacto. Almacenar en un área a prueba de corrosión.	 C
▶ sulfato de magnesio	líquido	SO ₄ Mg	---	Sustancia no peligrosa	---
▶ buffer de fosfato	líquido	Kh ₂ PO ₄ .NaOH	---	Irritante leve	---
▶ cloruro de calcio	sólido	CaCl ₂	2,15	Sustancia no peligrosa	---
agua desionizada	líquido	H ₂ O	1	Sustancia no peligrosa.	---
agua destilada	líquido	H ₂ O	1	Sustancia no peligrosa.	---

Tabla A.2. Características principales de los reactivos empleados en la realización de análisis (continuación)

agua del Machángara	líquido	H ₂ O	~1	Contiene bacterias y diversas sustancias. Mantener en refrigeración.	---
alcohol polivinílico (Hach) (alcohol polivinílico, agua desmineralizada)	líquido	(CH ₂ CHOH) _n	1,0042	Sustancia no peligrosa.	---
almidón	sólido	(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	(162,14) _n	Sustancia no peligrosa.	---
anaranjado de xilenol	sólido	C ₃ H ₂₈ N ₂ Na ₄ O ₁₃ S	---	Sustancia no peligrosa.	---
azul de metileno	sólido	C ₁₆ H ₁₈ CIN ₃ S.3H ₂ O	---	Sustancia no peligrosa.	---
buffer de borato (hidróxido de sodio, tetra borato de sodio)	líquido	---	---	Irritante leve.	---
buffer de fosfato	líquido	---	---	Sustancia no peligrosa.	---
caldo lactoso verde brillante (bilis de buey deshidratada, lactosa, peptona, verde brillante)	sólido	---	---	Irritante leve.	 Xi
cianuro de potasio	líquido	KCN	1,55	Muy tóxico. Riesgo para la salud y el medioambiente. Almacenar en un área para sustancias tóxicas que sea segura.	  T+ N
cianuro de sodio	líquido	NaCN	1,6	Muy tóxico. Riesgo para la salud y el medioambiente. Almacenar en un área para sustancias tóxicas que sea segura.	  T+ N

Tabla A.2. Características principales de los reactivos empleados en la realización de análisis (continuación)

ciclohexano	líquido	C ₆ H ₁₂	0,78	Altamente inflamable, irritante. Peligroso para la salud y el medioambiente. Mantener en lugar ventilado y lejos de fuentes de ignición.	 F  Xn  N
cloroformo	líquido	CHCl ₃	1,47	Riesgo para la salud. Irritante Almacenar en un área para sustancias tóxicas que sea segura.	 Xn
cloruro de calcio	líquido	CaCl ₂	2,15	Irritante leve.	 Xi
cloruro férrico	líquido	Fe Cl ₃	1,49	Irritante. Riesgo por contacto. Almacenar en un área a prueba de corrosión.	 Xn
dicromato de potasio	líquido	Cr ₂ K ₂ O ₇	2,69	Riesgo de reactividad. Mantener el producto separado de materiales inflamables y combustibles.	 T+  N
estabilizador mineral (Hach) (tartrato de sodio y potasio, citrato de sodio, agua des ionizada)	líquido	---	1,29	Irritante leve.	---
etanol 95%	líquido	C ₂ H ₅ OH	0,81	Riesgo de flamabilidad. Mantener en lugar ventilado y lejos de fuentes de ignición.	 F
fenolftaleína	líquido	C ₂₀ H ₁₄ O ₄	0,89	Sustancia no peligrosa.	---
hexano	líquido	C ₆ H ₁₄	0,66	Riesgo de flamabilidad. Mantener en lugar ventilado y lejos de fuentes de ignición.	 F  Xn  N

Tabla A.2. Características principales de los reactivos empleados en la realización de análisis (continuación)

hidróxido de sodio	sólido	NaOH	2,13	Corrosivo. Riesgo por contacto. Almacenar en un área a prueba de corrosión.	 C
negro de eriocromo	sólido	C ₂₀ H ₁₂ N ₃ NaO ₇ S	---	Riesgo de flamabilidad. Mantener en lugar ventilado y lejos de fuentes de ignición.	  Xi N
nitrate de plata	sólido	AgNO ₃	4,35	Riesgo de reactividad. Mantener el producto separado de materiales inflamables y combustibles.	  C N
peróxido de hidrógeno	líquido	H ₂ O ₂	1,11	Riesgo por contacto. Almacenar en un área a prueba de corrosión.	 Xn
reactivo Nessler (hidróxido de sodio, yoduro de mercurio)	líquido	---	~1,25	Muy tóxico para la salud por exposición prolongada o por contacto con la piel e ingestión. Provoca quemaduras. Nocivo para los organismos acuáticos. Manténgase lejos de: ácidos, material orgánico, amoníaco. Proteja de luz, calor y congelamiento.	  T + N
ácido ascórbico (Hach) (ácido ascórbico)	sólido	C ₆ H ₈ O ₆	1,65	Sustancia no peligrosa.	---
ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) (Hach)	sólido	C ₁₀ H ₁₆ N ₂ O ₈	---	Irrita los ojos. Almacenar en recipientes bien cerrados y a temperatura ambiente.	---
AluVer 3 (Hach) (ácido succínico)	sólido	C ₄ H ₆ O ₄	~1,55	Causa grave irritación a los ojos. Almacenar lejos de fuentes de calor y de oxidantes.	 Xi

Tabla A.2. Características principales de los reactivos empleados en la realización de análisis (continuación)

Bari Ver 4 (Hach) (ácido cítrico, goma arábica)	sólido	---	---	Causa grave irritación a los ojos. Alergénico. Almacenar entre 10-30°C. Proteger de la humedad.	 Xi
Boro Ver 3 (Hach) (carmín, cloruro de potasio)	sólido	---	---	Podría causar irritación. Mantener lejos de oxidantes. Proteger de la humedad.	 Xi
Buffer tipo citrato para manganeso (Hach) (ácido cítrico, sulfato de sodio, fosfato di básico de sodio)	sólido	---	2,3	Irritante leve. Mantener en recipientes cerrados. Proteger de la humedad.	---
Buffer tipo citrato para metales pesados (Hach) (ácido cítrico, sulfato de hidracina)	sólido	---	1,74	Causa irritación. Carcinógeno experimental. Puede originar reacción alérgica. Proteger del calor. Mantener lejos de oxidantes.	  T N
Chroma Ver 3 (Hach) (piro sulfato de potasio, sulfato de magnesio)	sólido	---	2,26	Causa quemaduras en los ojos. Mantener lejos de reductores. Proteger de la humedad.	 Xi
Ciani Ver 3 (Hach) (fosfato di básico de sodio, halane, fosfato monobásico de potasio)	sólido	---	2,5	Irritante leve. Proteger del calor y humedad.	---
Ciani Ver 4 (Hach) (ácido ascórbico, ácido piridina-3 nitro ftálico, sulfato de sodio)	sólido	---	1,94	Irritante leve. Proteger del calor y humedad.	---
Ciani Ver 5 (Hach) (3-metil-1-fenil pirazolina-5-ona)	sólido	---	2,16	Irritante leve. Proteger del calor, humedad y oxidantes.	---

Tabla A.2. Características principales de los reactivos empleados en la realización de análisis (continuación)

Cu Ver 1 (Hach) (ascorbato sódico, fosfato monobásico de potasio, fosfato di básico de sodio, 2,2 bicincionato de sodio)	sólido	---	2,32	Irritante leve. Proteger del calor y humedad.	---
Dithi Ver metals (Hach) (meta bisulfito de sodio, otros tóxicos)	sólido	---	2,32	Irritante leve. Puede causar reacción alérgica. Proteger de la humedad, calor y luz.	 Xn
DPD free chlorine (Hach) (N,N dietilfenilendiamino, yoduro de potasio, carboxilato, hidrógeno fosfato disódico)	sólido	---	1,76	Nocivo por ingestión. Irrita los ojos. Almacénese en un lugar seco y fresco.	---
EDTA (Hach) (sal tetra sódica de EDTA)	sólido	C10H12N2Na4O8.2H2O	---	Irritante leve. Proteger del calor y humedad.	 Xi
Ferro Ver Iron (Hach) (hidrosulfito de sodio, meta bisulfito de sodio)	sólido	---	2,27	Irritante leve. Puede causar reacción alérgica. Proteger de calor, humedad y luz. Mantener lejos de ácidos, material combustible y oxidante.	 Xn
Ferrous Iron (Hach) (1,10 fenantrolina, bicarbonato de sodio)	sólido	---	2,1	Irritante. Perjudicial para el medioambiente. Proteger de la humedad y oxidantes.	  Xn N
Nitra Ver 5 (Hach) (cadmio, ácido sulfanílico)	sólido	---	2	Tóxico, veneno acumulativo. Carcinógeno reconocido. Teratógeno experimental. Puede causar irritación. Almacenar a temperatura ambiente lejos de oxidantes.	  T N

Tabla A.2. Características principales de los reactivos empleados en la realización de análisis (continuación)

Nitri Ver 3 (Hach) (fosfato de potasio)	sólido	---	3,12	Causa quemaduras en los ojos. Proteger de la luz y humedad.	 Xi
Phenol 2 (Hach) (ferricianato de potasio)	sólido	---	2,05	Irritante leve. Al contacto con ácidos puede originar vapores tóxicos. Mantener lejos de ácidos.	---
Phos Ver 3 (Hach) (piro sulfato de potasio)	sólido	---	2,22	Causa quemaduras en los ojos. Almacenar a temperatura ambiente.	 Xi
Phthalate Phosphate (Hach) (pirofosfato de sodio)	sólido	---	1,74	Causa irritación. Proteger del calor y mantener lejos de oxidantes.	---
Potasio persulfato (Hach) (persulfato de potasio)	sólido	K ₂ S ₂ O ₄	2,477	Causa grave irritación a los ojos. Oxidante. Alergénico. Mantener lejos de reductores. Proteger del calor y la humedad.	  Xn O
Potassium 1 (Hach) (sal tetra sódica de ácido etilendiaminotetraacético)	sólido	C ₁₀ H ₁₂ N ₂ Na ₄ O ₈ .2H ₂ O	---	Irritante leve. Proteger del calor y humedad.	 Xi
Potassium 2 (Hach) (formaldehído, metanol)	líquido	---	1,08	No es posible detoxificar. Causa irritación. Causa quemaduras. Carcinógeno. Proteger de una fuente de ignición.	   T F C
Potassium 3 (Hach) (tetrafenilborato de sodio)	sólido	C ₂₄ H ₂₀ BNa	---	Propiedades tóxicas desconocidas. Puede causar irritación. Proteger de la humedad y exposición directa de la luz solar.	 Xn

Tabla A.2. Características principales de los reactivos empleados en la realización de análisis (continuación)

Reactivo para blanco (Hach) (piro sulfato de potasio, pirofosfato de sodio)	sólido	---	2,48	Causa quemaduras en los ojos. Mantener lejos de reductores. Proteger del calor y humedad.	 Xi
Silver 1 (Hach) (ácido cítrico, borato de potasio, citrato de sodio, sal di sódica de magnesio, ácido ciclo hexano di amino tetra cético)	sólido	---	1,729	Causa grave irritación a los ojos. Puede irritar la piel. Proteger del calor y humedad. Almacenar en un sitio seco y fresco.	---
Silver 2 (Hach) (1-metil-2 pirrolidinona)	líquido	---	1,1	Puede causar irritación. Mantener lejos de cualquier fuente de ignición.	 Xi
Sodium Periodate (Hach) (m-periodato de sodio)	sólido	NaIO ₄	3,865	Causa irritación. Oxidante. Proteger de la humedad y materiales oxidables.	  Xi O
Sodium tiosulfato (Hach) (tiosulfato de sodio)	sólido	Na ₂ S ₂ O ₃ .5H ₂ O	1,69	Puede causar irritación. Mantener lejos oxidantes y humedad.	---
Sulfa Ver 4 (Hach) (cloruro de bario, ácido cítrico)	sólido	---	~2	Causa grave irritación a los ojos. Almacenar lejos de oxidantes. Proteger de la humedad.	 T
Sulfide 1 (Hach) (ácido sulfúrico)	líquido	---	1,5	Perjudicial si se inhala. Causa graves quemaduras. Carcinógeno. Mantener cerrado herméticamente.	 C

Tabla A.2. Características principales de los reactivos empleados en la realización de análisis (continuación)

Sulfide 2 (Hach) (dicromato de potasio)	líquido	---	0,987	Mutágeno y teratógeno experimental. Puede causar reacción alérgica. Causa asma y cáncer pulmonar. Almacenar en recipientes herméticos y en un sitio fresco y seco.	 T
Zinco Ver 5 (Hach) (cianuro de potasio)	sólido	---	1,83	Tóxico. Proteger de la humedad. Mantener lejos de ácidos.	 T
solución buffer de dureza (cloruro de amonio, hidróxido de amonio, EDTA sal, sulfato de magnesio heptahidratado)	líquido				
▶ cloruro de amonio	sólido	NH ₄ Cl	1,52	Nocivo por ingestión. Irrita los ojos. Mantener lejos de álcalis y sustancias formadoras de álcalis, de nitritos y de agentes oxidantes. Proteger de la humedad.	 Xn
▶ hidróxido de amonio	líquido	NH ₄ OH	0,9	Puede causar quemaduras graves. Tóxico para los organismos acuáticos. Manténgase lejos de ácidos/vapores de ácidos.	  C N
▶ sulfato de magnesio heptahidratado	sólido	MgSO ₄ .7H ₂ O	---	Irritante leve. Almacenar en lugar fresco y seco.	 Xi
solución de ácido bórico	líquido	H ₃ BO ₃	---	Irritante leve.	---

Tabla A.2. Características principales de los reactivos empleados en la realización de análisis (continuación)

solución de álcali yoduro azida (hidróxido de sodio, yoduro de sodio, agua destilada, azida sódica)	líquido				
▶ yoduro de sodio	sólido	NaI	3,67	Irritante. Nocivo y reactivo leve. Almacenar en un lugar fresco, seco y con buena ventilación.	---
▶ azida sódica	sólido	Na ₃ N	1,85	Nocivo por ingestión. En contacto con ácidos libera vapores muy tóxicos. Nocivo para organismos acuáticos. Almacenar lejos de sustancias oxidantes y ácidas.	 T+  N
solución de álcali yoduro nitruro (hidróxido de sodio, yoduro de sodio, azida sódica, agua destilada)	líquido				
solución de sulfato manganoso (sulfato manganoso, agua destilada)	líquido	MnSO ₄ . H ₂ O	2,95	Irritante leve.	---
solución indicadora PAN 0,3% (Hach) (N,N dimetil formamida, octilfenoxipolietoxi etanol, agua desmineralizada)	líquido	---	1,006	Causa grave irritación a los ojos. Puede ser embriotóxico. Proteger de oxidantes y calor.	 T
solución yodo-yoduro de potasio (yoduro de potasio, iodina, agua destilada)	líquido				
▶ yoduro de potasio	sólido	KI	3,13	Nocivo e irritante. Reactivo leve. Almacenar en un lugar fresco, seco y con buena ventilación.	 Xi

Tabla A.2. Características principales de los reactivos empleados en la realización de análisis (continuación)

yodo	sólido	I_2	4,97	<p>Reacciona con materiales combustibles, reductores, metales alcalinos, fósforo, antimonio, amoníaco, acetaldehído, acetileno, originando peligro de incendio y explosión. Tóxico por ingestión e inhalación. Fuerte irritante para los ojos y la piel. Nocivo para el medio ambiente.</p> <p>Almacenar lejos de materiales incompatibles. Mantener en lugar fresco y bien cerrado. Ventilación a ras del suelo.</p>	 Xn  N
SPANDS reagent (Hach) (ácido clorhídrico, arsenito de sodio, agua destilada)	líquido	---	1,015	<p>Causa quemaduras. Proteger del calor y mantener lejos de metales.</p>	 C
sulfato de aluminio	sólido	$Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$	---	<p>Irritante. Evitar la humedad y altas temperaturas.</p>	 Xi
sulfato de magnesio	sólido	$MgSO_4$	---	Sustancia no peligrosa.	---
sulfato de zinc heptahidratado	sólido	$ZnSO_4 \cdot 7 H_2O$	1,97	<p>Nocivo, irritante, peligroso para el medio ambiente. Almacenar en lugar seco y fresco.</p>	 Xn  N
tiosulfato de sodio	líquido	$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$	1,12	Sustancia no peligrosa.	---
vial reactivo para digestión de DQO (Hach) (sulfato mercuríco, ácido sulfúrico)	líquido	---	~1,78	<p>Tóxico. Causa graves quemaduras. Veneno acumulativo. Causa asma y cáncer pulmonar. Proteger de la luz y calor.</p>	 T  C

Tabla A.2. Características principales de los reactivos empleados en la realización de análisis (continuación)

yoduro de potasio	líquido	KI	1,22	Sustancia no peligrosa.	---
-------------------	---------	----	------	-------------------------	-----

[J.T.Baker, 2007; Torres, *et al*, 2006]

Nota: SIMBOLOS DE PELIGRO



E Explosivo



T+ Muy Tóxico



F Fácilmente inflamable



O Comburente



F+ Extremadamente inflamable



Xn Nocivo



C Corrosivo



Xi Irritante



T Tóxico



N Peligro para el medio ambiente

ANEXO IV

MÉTODOS Y TÉCNICAS DE ANÁLISIS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO DEL CICAM

ANÁLISIS QUÍMICO

El análisis químico se divide en:

- análisis cualitativo (identificación de componentes en la muestra)
- análisis cuantitativo (cantidad de cada componente en la muestra)

Los métodos que se emplean en el análisis químico son:

- a) Métodos químicos o clásicos (basados en reacciones químicas)
 - análisis volumétrico
 - análisis gravimétrico
- b) Métodos fisicoquímicos o instrumentales (basados en interacciones físicas)
 - métodos espectroscópicos
 - métodos electroanalíticos (Skoog y otros, 1997)

Métodos Químicos.- Se basan en una reacción química del componente que produce una cualidad fácilmente identificable como el color.

- **Análisis Volumétrico**.- También llamado titulación, es el proceso de adición de volúmenes de una disolución con un reactivo conocido (solución valorante). Se mide el volumen de la disolución hasta que la reacción se complete, generalmente se indica por un cambio de color debido a un indicador. A través de un cálculo estequiométrico se determina la concentración del compuesto problema. (Irving y Lewis, 1993)
- **Análisis Gravimétrico**.- Consiste en determinar la cantidad de un elemento, radical o compuesto presente en una muestra por medio de mediciones de masa. Los cálculos se fundamentan en los pesos atómicos y moleculares, y se basan en que la composición de sustancias puras y la estequiometría de

las reacciones químicas se mantienen constantes.

Los métodos gravimétricos son de dos tipos principalmente:

- de precipitación
- de volatilización (Skoog y otros, 1997)

En el método de *precipitación* se convierte el analito en precipitado difícilmente soluble. El precipitado se filtra, se eliminan impurezas mediante el lavado y se convierte en un producto de composición conocida a través de un tratamiento térmico apropiado que finalmente se pesa.

En el método de *volatilización* se miden los componentes de la muestra que son o pueden ser volátiles. El método será directo si se evapora el analito y se lo hace pasar a través de una sustancia absorbente que ha sido previamente pesada, así el incremento de peso corresponderá al analito buscado. El método será indirecto si se volatiliza el analito y se pesa el residuo posterior a la volatilización, la pérdida de peso sufrida corresponde al analito que ha sido volatilizado. (Skoog y otros, 1997)

El método por volatilización solamente puede utilizarse si el analito es la única sustancia volátil o si el absorbente es selectivo para el analito. (Skoog y otros, 1997)

Métodos Físicoquímicos. - Se fundamentan en propiedades fisicoquímicas y la clasificación se basa en la propiedad que se mide. (Irving y Lewis, 1993)

- Métodos Espectroscópicos.- Son métodos de análisis dedicados a la identificación de elementos y descubrimiento de la estructura atómica y molecular mediante la medición de la energía radiante absorbida o emitida por una sustancia en cualquiera de las longitudes de onda del espectro electromagnético en respuesta a la excitación por una fuente de energía externa. Estos métodos emplean técnicas que se dividen en espectroscópicas y en no espectroscópicas. (Irving y Lewis, 1993)

Las técnicas *espectroscópicas* son aquellas en las que el analito sufre procesos de absorción, emisión o luminiscencia. Estas técnicas se diferencian también según la forma en la que se encuentra el analito en el momento en el que sufre el proceso espectroscópico, dando lugar a la espectroscopia atómica y a la espectroscopia molecular.

En la espectroscopia molecular se distinguen varias técnicas con sus correspondientes radiaciones electromagnéticas, como se muestran en la tabla siguiente. (Irving y Lewis, 1993)

Tabla A.3. Técnicas y radiaciones electromagnéticas de la espectroscopia molecular

Técnica	Radiación electromagnética
Espectroscopia infrarroja	Infrarrojo
Espectroscopia ultravioleta-visible	Ultravioleta-visible
Espectroscopia de fluorescencia ultravioleta-visible	Ultravioleta-visible

- **Métodos Electroanalíticos.**- Se utilizan las propiedades electroquímicas de una disolución para determinar la concentración de un analito.

Según las propiedades medidas se distinguen una serie de técnicas electroanalíticas: potenciometría, conductimetría, técnicas voltamétricas, electrogravimetría y culombimetría.

- *Potenciometría.*- Es una técnica electroanalítica con la cual se puede determinar la concentración de una especie electroactiva en una disolución usando un electrodo de referencia (un electrodo con un potencial constante con el tiempo y conocido) y un electrodo de trabajo (un electrodo sensible a la especie electroactiva). (Kirk y Othmer, 1962)
- *Conductimetría.*- Es una técnica de análisis que se fundamenta en que las sustancias iónicas conducen fácilmente la electricidad en muchos disolventes. Se utiliza para medir la conductividad de una disolución,

determinada por su carga iónica, o salina, de gran movilidad entre dos puntos de diferente potencial. (Kirk y Othmer, 1962)

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Es el conjunto de operaciones orientadas a determinar los microorganismos presentes en una muestra problema de agua.

Técnica de los Tubos Múltiples (NMP).- Se utiliza esta técnica para determinar la densidad más probable de organismos coliformes en el agua.

Se inoculan volúmenes decrecientes de la muestra, o diluciones decimales consecutivas, en un medio de cultivo adecuado. Se incuban a $35 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ por 24 y 48 horas. La producción de gas indica la presencia de organismos coliformes; se obtiene así una dilución donde uno o más tubos dan resultados positivos, y otra, en que 1 o más tubos resultan negativos. La combinación de los resultados positivos y negativos es usada en la determinación del Número Más Probable (NMP) de coliformes presentes. (Romero, 2002)

PRUEBA DE JARRAS

Es un método con el cual se establece las condiciones óptimas de operación para el tratamiento de aguas. Esta prueba permite ajustar el pH, variar la dosificación de los reactivos que se añaden a las muestras, alternar velocidades de mezclado y recrear a pequeña escala lo que se vería en un equipo de tamaño industrial.

Una prueba de jarras puede simular los procesos de coagulación o floculación que promueven la remoción de coloides suspendidos y materia orgánica. (Romero , 2002)

ANEXO V

**NÚMERO DE MUESTRAS
QUE INGRESAN AL LABORATORIO Y FRECUENCIA DE
REALIZACIÓN DE ANALISIS EN DIVERSOS PARAMETROS**

El *promedio* (media aritmética) es una medida de tendencia central que indica un valor representativo de un conjunto de datos. La media aritmética de n valores es igual a la suma de todos ellos dividida por n. En forma algebraica es: (Spiegel, 1991)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad [3]$$

Donde:

\bar{X} = media aritmética

$\sum X$ = suma de las puntuaciones

n = número de casos

**DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE MUESTRAS QUE INGRESAN AL
LABORATORIO POR SEMESTRE**

Ejemplo de cálculo:

Para el año 2004 se tiene:

2004	Primer Semestre	MES	X	$\bar{X} = \frac{34 + 86 + 113 + 43 + 47 + 82}{6} = 68$
		Enero	34	
		Febrero	86	
		Marzo	113	
		Abril	43	
		Mayo	47	
	Junio	82		
	Segundo Semestre	MES	X	$\bar{X} = \frac{62 + 54 + 70 + 55 + 76 + 16}{6} = 56$
		Julio	62	
		Agosto	54	
		Septiembre	70	
		Octubre	55	
Noviembre		76		
Diciembre	16			

Media de Medias:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_T}{\sum N} \quad [4]$$

\bar{X}	N	$\sum X$
68	6	408
56	6	336
$\sum N = 12$		$\sum X = 744$

$$\bar{X} = \frac{744}{12} = 62$$

La media aritmética semestral del número de muestras en los años 2004 al 2007

es:

<i>AÑO</i>	\bar{X}	N	$\sum N$
2004	62	2	124
2005	39	2	78
2006	51	2	102
2007	46	2	92
$\sum N = 8$		$\sum X = 396$	

$$\bar{X}_{T \text{ año}} = \frac{396}{8} = 50$$

La desviación típica de la media aritmética es:

$$s = \sqrt{\frac{\sum x^2}{n-1}} \quad [5]$$

Donde:

$$x = X - \bar{X}$$

n = número de casos

$$\bar{X} = 50$$

AÑO	X	x	x^2
2004	62	12	144
2005	39	-11	121
2006	51	1	1
2007	46	-4	16
			$\sum x^2 = 282$

$$s = \sqrt{\frac{282}{3}} = 9,70$$

En la Figura A.1. se presenta el número de muestras que mensualmente han ingresado al laboratorio desde el año 2004 al 2007.

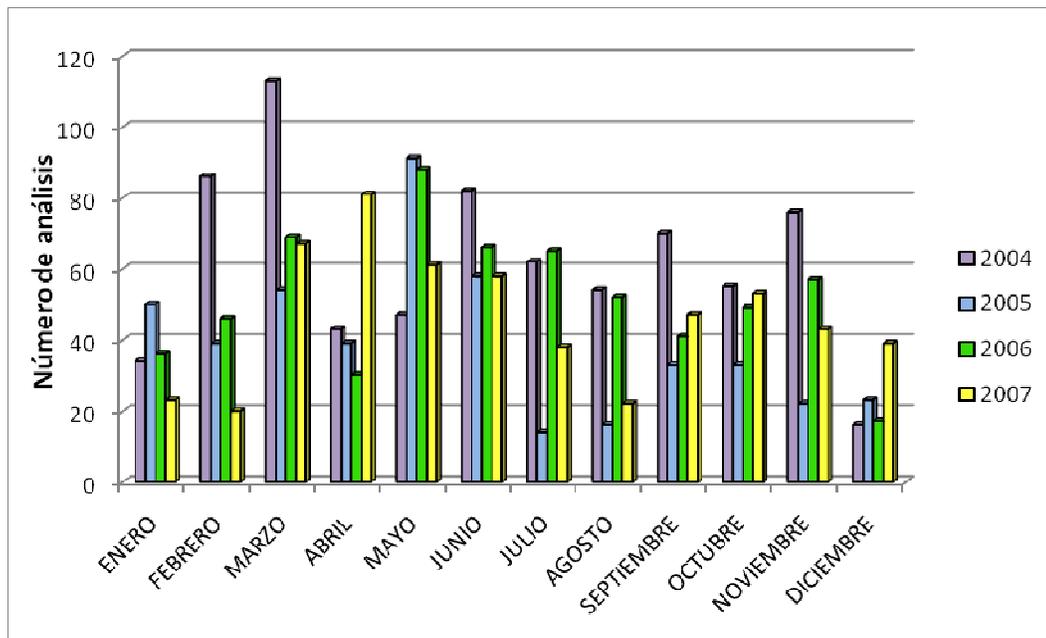


Figura A.1. Número de muestras ingresadas en los años 2004, 2005, 2006 y 2007

FRECUENCIA DE REALIZACIÓN DE ANÁLISIS DE DIVERSOS PARÁMETROS

Una distribución de frecuencias de un conjunto de observaciones es una tabla de valores en la que se indica la repetición de cada uno de los valores en cada variable. (Grant y Leavenworth, 1982)

Ejemplo de cálculo:

Para el parámetro Demanda Química de Oxígeno (DQO) en el año 2004 se tiene:

2004	Primer Semestre	MES	X	f	$\bar{X} = \frac{20 + 57 + 102 + 32 + 42 + 68}{6} = 54$
		Enero	20	20	
		Febrero	57	57	
		Marzo	102	102	
		Abril	32	32	
		Mayo	42	42	
	Junio	68	68		
	Segundo Semestre	MES	X	f	$\bar{X} = \frac{46 + 41 + 52 + 44 + 70 + 4}{6} = 43$
		Julio	46	46	
		Agosto	41	41	
		Septiembre	52	52	
		Octubre	44	44	
Noviembre		70	70		
Diciembre	4	4			

Media de Medias:

$$\bar{X} = \frac{\sum X_T}{\sum N}$$

\bar{X}	N	$\sum X$
54	6	321
43	6	257
$\sum N = 12$		$\sum X = 578$

$$\bar{X}_{T \text{ año}} = \frac{578}{12} = 48$$

La media aritmética semestral del número de análisis de DQO en los años 2004 a 2007 es:

AÑO	\bar{X}	N	$\sum N$
2004	48	2	96
2005	19	2	38
2006	23	2	46
2007	19	2	38
		$\sum N = 8$	$\sum X = 218$

$$\bar{X}_{T \text{ año}} = \frac{218}{8} = 27,3$$

Desviación típica para DQO:

$$\bar{X} = 27$$

AÑO	X	x	x^2
2004	48	21	441
2005	19	-8	64
2006	23	-4	16
2007	19	-8	64
			$\sum x^2 = 585$

$$s = \sqrt{\frac{585}{3}} = 13,96$$

En las tablas A.4., A.5., A.6. y A.7. se muestran las frecuencias absolutas y las medias aritméticas semestrales de la realización de los análisis en cada año desde el 2004 hasta el 2007. Las figuras A.3., A.4., A.5. y A.6. indican la frecuencia promedio semestral de realización de los análisis en cada año.

Tabla A.4. Frecuencia absoluta semestral de realización de análisis en el año 2004

Parámetro	1° Semestre	Prom./ Sem. 1	2° Semestre	Prom./ Sem. 2	Total/ año	Promedio/ Semestre
DQO	321	54	257	43	578	48
DBO 5	249	42	239	40	488	41
Fenoles	265	44	190	32	455	38
Sólidos suspendidos	202	34	249	42	451	38
pH	237	40	213	36	450	38
Detergentes aniónicos	238	40	172	29	410	34
Aceites y Grasas	224	37	174	29	398	33
Sólidos sedimentables	164	27	169	28	333	28
Material Flotante	101	17	82	16	183	17
Amonio	125	21	35	7	160	14
Nitratos	97	16	62	12	159	14
Cloruros	88	15	41	8	129	11
Coliformes Fecales	76	13	51	9	127	11
Cianuros	72	12	48	8	120	10
Coliformes Totales	79	16	36	6	115	11
Oxígeno Disuelto	81	20	10	3	91	12
Turbiedad	55	11	32	6	87	9
Fosfatos	57	10	25	5	82	7
Sulfuros	46	8	36	6	82	7
Detergentes 0	42	7	37	9	79	8
Nitritos	60	12	18	4	78	8
Sulfitos	44	7	34	6	78	7
Detergentes 5	32	5	37	9	69	7
Color aparente	44	9	24	5	68	7
Dureza total	53	11	15	3	68	7
Sulfatos	43	9	24	5	67	7
Dureza Cálcida	45	11	16	4	61	8
Hierro total	38	8	21	4	59	6
Sólidos totales	41	8	15	4	56	6
STD	35	6	19	5	54	5
Manganeso	27	5	13	3	40	4
Alcalinidad total	14	3	22	6	36	4
Color verdadero	7	2	11	4	18	3
Hierro 2	10	2	7	1	17	2

Tabla A.4. Frecuencia absoluta semestral de realización de análisis en el año 2004
(continuación)

Basicidad	5	1	6	1	11	1
Conductividad	5	2	6	2	11	2
Material insoluble en agua	5	1	6	1	11	1
Cloro residual	5	1	5	5	10	3
Sólidos suspendidos volátiles	3	1	7	4	10	2
Alúmina Soluble	5	1	3	1	8	1
Amoníaco	0	0	7	4	7	
Clorofila	2	1	5	2	7	1
DQO Soluble	4	1	1	1	5	1
DBO Soluble	1	1	3	3	4	2
Acidez	0	0	3	1	3	0
Demanda de cloro	0	0	0	3	3	0
Sólidos suspendidos fijos	1	1	2	2	3	2

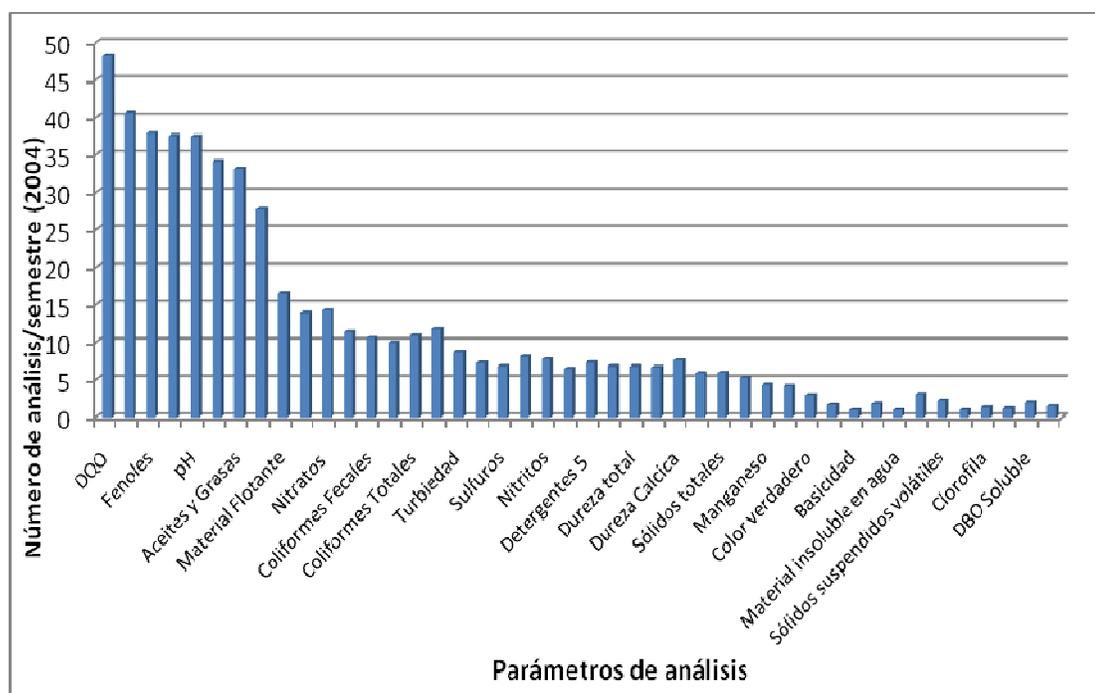


Figura A.2. Frecuencia absoluta semestral de parámetros analizados en el año 2004

Tabla A.5. Frecuencia absoluta semestral de realización de análisis en el año 2005

Parámetro	1° Semestre	Prom./ Sem. 1	2° Semestre	Prom./ Sem. 2	Total / año	Promedio/semestre
Sólidos suspendidos	229	38	35	6	264	22
pH	168	28	72	12	240	20
DQO	181	30	50	8	231	19
DBO5	178	30	49	8	227	19
Detergentes aniónicos	159	27	35	6	194	16
Fenoles	155	26	33	6	188	16
Sólidos sedimentables	127	21	30	5	157	13
Coliformes Totales	75	13	59	10	134	11
Alcalinidad Fenoltaleína	128	26	1	1	129	13
Coliformes Fecales	72	14	42	7	114	11
Cloruros	50	8	45	8	95	8
Nitratos	52	9	36	7	88	8
Sulfatos	47	8	29	6	76	7
STD	43	7	29	7	72	7
Dureza total	41	7	29	6	70	6
Turbiedad	31	5	39	8	70	6
Hierro total	33	7	32	6	65	7
Cianuros	42	7	16	4	58	6
Manganeso	31	6	27	7	58	6
Aceites y Grasas	24	24	33	6	57	15
Nitritos	27	5	27	5	54	5
Dureza Calcica	37	6	15	4	52	5
Amonio	31	6	18	4	49	5
Alcalinidad total	19	3	28	5	47	4
Material Flotante	42	7	5	3	47	5
Sulfuros	38	8	9	3	47	5
Sólidos totales	30	10	16	3	46	7
Color aparente	16	3	28	6	44	4
Sulfitos	27	5	9	9	36	7
Conductividad	5	2	30	6	35	4
Fosfatos	19	5	13	3	32	4
Calcio	1	1	19	5	20	3
Color verdadero	11	6	9	5	20	5
Oxígeno Disuelto	10	5	9	2	19	4

Tabla A.5. Frecuencia absoluta semestral de realización de análisis en el año 2005
(continuación)

Hierro 2	4	1	11	2	15	2
Alúmina soluble	6	2	6	1	12	1
Basicidad	6	2	6	1	12	1
Material insoluble en agua	6	2	6	1	12	1
Magnesio	1	1	10	3	11	2
DQO Soluble	5	5	4	4	9	5

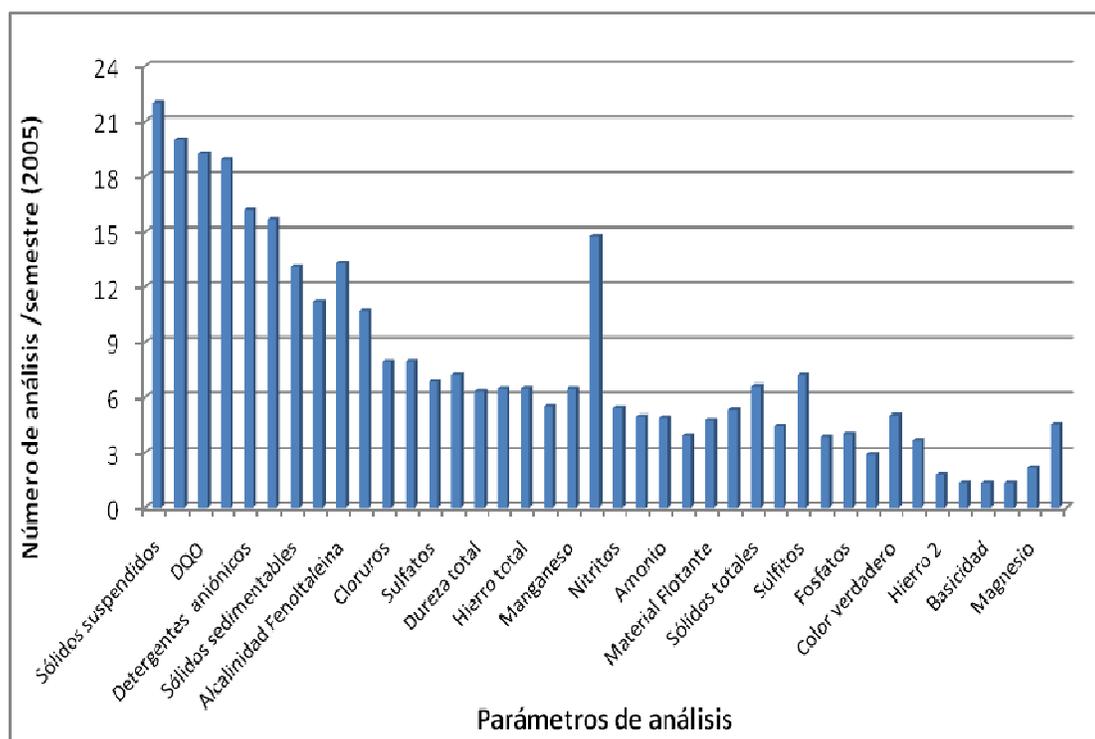


Figura A.3. Frecuencia absoluta semestral de parámetros analizados en el año 2005

Tabla A.6. Frecuencia absoluta semestral de realización de análisis en el año 2006

Parámetro	1° Semestre	Prom./ Sem.1	2° Semestre	Prom./ Sem.2	Total/ año	Promedio/Semestre
DQO	138	23	132	22	270	23
pH	113	19	106	18	219	18
DBO5	93	16	77	13	170	14
Coliformes Totales	59	12	84	14	143	12
Nitratos	91	15	45	8	136	11
Sólidos suspendidos	68	11	56	9	124	10
Sólidos sedimentables	59	10	50	8	109	9
Sulfatos	66	11	35	7	101	8
Coliformes Fecales	52	9	48	8	100	8
Dureza total	61	10	38	6	99	8
STD	61	10	35	6	96	8
Detergentes aniónicos	54	9	40	7	94	8
Cloruros	64	11	29	6	93	8
Aceites y Grasas	50	8	42	7	92	8
Fenoles	57	10	34	7	91	8
Hierro total	53	9	37	6	90	8
Nitritos	57	10	28	6	85	7
Turbiedad	57	10	28	6	85	7
Fosfatos	54	9	28	5	82	7
Color aparente	49	8	31	5	80	7
Alcalinidad total	49	10	27	5	76	6
Manganeso	48	8	28	6	76	6
Plomo	57	11	19	3	76	6
Dureza Calcica	52	9	23	5	75	6
Conductividad	46	9	20	3	66	6
Cadmio	38	13	12	3	50	4
Amonio	25	5	24	4	49	4
Cromo Hexavalente	38	10	8	2	46	4
Sólidos totales	36	6	10	2	46	4
Cianuros	40	7	4	4	44	4
Cobre	28	6	14	4	42	4
Sulfuros	25	5	16	3	41	3
Humedad	38	19	1	1	39	3

Tabla A.6. Frecuencia absoluta semestral de realización de análisis en el año 2006
(continuación)

Cromo	27	5	11	2	38	3
Sólidos Fijos	37	37	0	---	37	3
Sólidos volátiles	37	37	0	---	37	3
Nitrógeno orgánico	29	15	0	---	29	2
Fósforo Total	21	11	7	2	28	2
Caudal de Descarga	8	3	19	4	27	2
Material Flotante	12	3	11	3	23	2
Bario	20	7	2	2	22	2
Calcio	11	4	11	3	22	2
Cloro residual	6	2	16	3	22	2
Hierro 2	6	1	14	2	20	2
Temperatura	7	2	13	3	20	2
Oxígeno Disuelto	5	5	13	3	18	2
Zinc	15	5	0	---	15	1
Sólidos suspendidos volátiles	14	4	0	---	14	1
Alúmina soluble	6	1	7	1	13	1
Basicidad	6	1	7	1	13	1
Boro	9	5	4	4	13	1
Magnesio	6	2	7	2	13	1
Material insoluble en agua	6	1	7	1	13	1
Sulfitos	13	3	0	---	13	1
Color verdadero	6	6	6	2	12	1
Cloro Activo	1	1	10	5	11	1
Níquel	11	4	0	---	11	1
Clorofila	8	8	0	---	8	1
DBO Soluble	8	8	0	---	8	1
Cobalto	2	2	5	3	7	1
Nitrógeno Total	2	2	5	2	7	1
Aluminio	6	6	0	---	6	1
Carga Contaminante	0	---	6	3	6	1

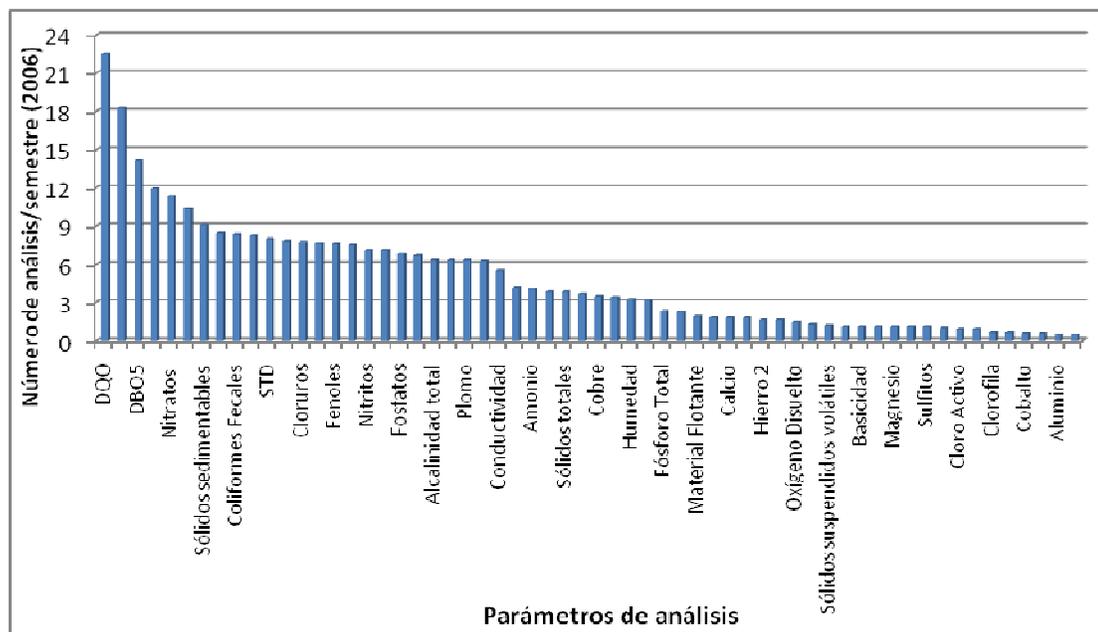


Figura A.4. Frecuencia absoluta semestral de parámetros analizados en el año 2006

Tabla A.7. Frecuencia absoluta semestral de realización de análisis en el año 2007

Parámetro	1° Semestre	Prom./ Sem. 1	2° Semestre	Prom./ Sem. 2	Total/ año	Promedio/Semestre
pH	129	22	129	22	258	22
Coliformes Totales	113	19	115	19	228	19
DQO	122	20	103	17	225	19
Coliformes Fecales	108	18	111	19	219	18
DBO5	104	17	92	15	196	16
Nitratos	89	15	76	13	165	14
Sólidos suspendidos	75	13	74	12	149	12
Hierro total	56	9	80	13	136	11
Cloruros	58	12	77	13	147	12
Sulfatos	61	10	74	12	135	11
Manganeso	61	10	62	12	135	11
STD	61	10	57	11	129	11
Turbiedad	50	8	67	11	117	10
Dureza total	56	11	59	10	126	11
Detergentes aniónicos	54	9	58	12	124	10
Aceites y Grasas	48	8	53	9	101	8

Tabla A.7. Frecuencia absoluta semestral de realización de análisis en el año 2007
(continuación)

Sólidos sedimentables	49	8	52	9	101	8
Plomo	36	6	63	11	99	8
Nitritos	57	10	31	6	94	8
Conductividad	27	5	50	10	92	8
Alcalinidad total	32	6	43	7	81	7
Color verdadero	26	5	49	8	80	7
Magnesio	35	9	39	13	131	11
Calcio	31	6	42	7	79	7
Cobre	29	5	43	7	72	6
Zinc	28	5	44	7	72	6
Cadmio	25	4	42	8	75	6
Sólidos totales	42	7	25	4	67	6
Fosforo total	22	6	42	8	83	7
Amonio	34	6	28	5	62	5
Temperatura	36	6	25	5	66	6
Cromo	21	4	37	6	62	5
Aluminio	28	7	29	6	77	6
Fenoles	27	5	26	5	58	5
Bario	24	4	27	7	65	5
Caudal de Descarga	27	5	21	4	58	5
Níquel	16	3	32	8	64	5
Color aparente	26	4	20	7	66	6
Potasio	17	4	29	10	84	7
Dureza Cálctica	29	6	16	5	67	6
Fosfatos	24	4	18	5	51	4
Cloro residual	16	4	20	7	64	5
Oxígeno Disuelto	22	4	12	12	98	8
Cromo Hexavalente	11	2	22	6	46	4
Sulfuros	6	2	22	4	35	3
Boro	8	2	13	3	32	3
Hierro 2	7	1	14	3	25	2
Acidez	11	6	9	9	87	7
Carga Contaminante	6	2	14	3	29	2
Nitrógeno Total	18	4	2	1	28	2
Flúor Soluble	15	8	4	4	69	6

Tabla A.7. Frecuencia absoluta semestral de realización de análisis en el año 2007
(continuación)

Plata	8	3	9	3	34	3
Alúmina soluble	7	1	7	1	15	1
Cobalto	9	2	5	3	29	2
Material insoluble en agua	7	1	7	1	15	1
Sólidos volátiles	13	4	1	1	32	3
Basicidad	7	1	6	1	14	1
Bicarbonatos	1	1	12	6	42	4
Cianuros	13	3	38	8	61	5
Material Flotante	8	8	4	4	72	6
Salinidad	6	3	5	3	33	3
Cloro Activo	3	3	6	2	30	3
Sólidos suspendidos volátiles	6	2	1	1	15	1
Carbonatos	4	2	2	1	18	2
Humedad	2	1	4	1	14	1
Nitrógeno Kjedadhl	1	1	4	4	30	3
Sólidos suspendidos fijos	3	2	1	1	15	1
Densidad Aparente	5	1	3	2	17	1

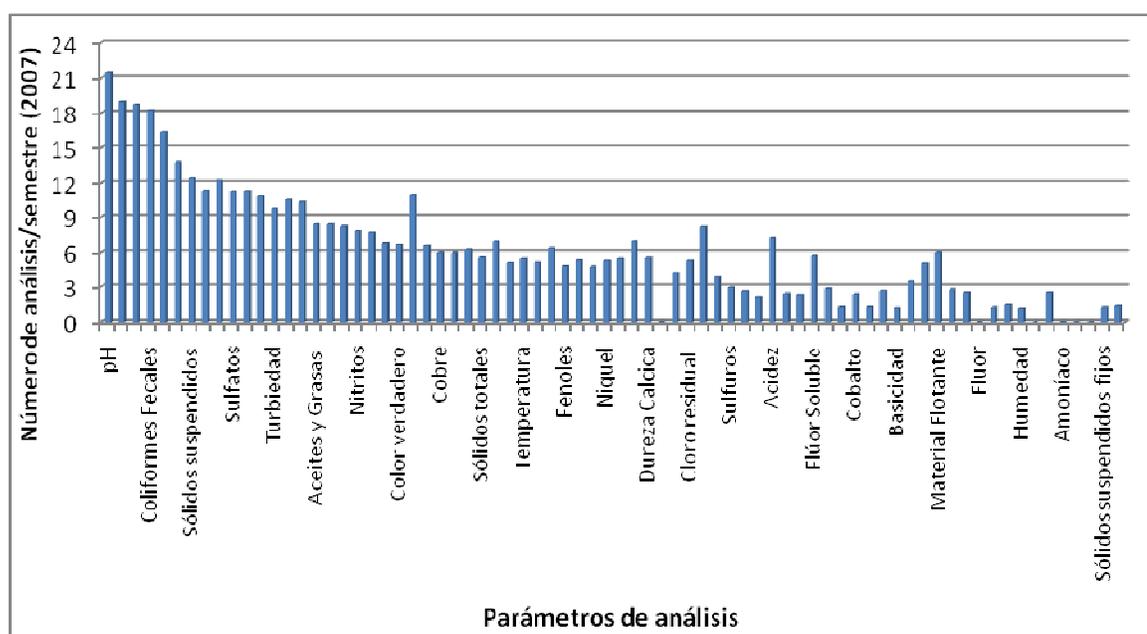


Figura A.5. Frecuencia absoluta semestral de parámetros analizados en el año 2007

Tabla A.8. Frecuencia semestral de realización de análisis de diferentes parámetros en el CICAM desde el año 2004 hasta el año 2007

Parámetro	Promedio /semestre	Desviación típica
DQO	27	14,10
pH	24	8,89
DBO 5	23	12,25
Sólidos suspendidos	21	12,42
Detergentes aniónicos	17	11,89
Fenoles	17	15,00
Aceites y Grasas	16	11,88
Sólidos sedimentables	15	9,02
Coliformes Totales	13	3,86
Coliformes Fecales	12	4,33
Nitratos	12	2,89
Cloruros	10	2,33
Sulfatos	8	2,12
Turbiedad	8	1,49
Dureza total	8	1,89
STD	8	2,28
Hierro total	8	2,44
Material Flotante	7	6,43
Manganeso	7	2,95
Nitritos	7	1,14
Amonio	7	4,62
Oxígeno Disuelto	6	4,62
Dureza Cálctica	6	1,15
Cianuros	6	2,74
Color aparente	6	1,12
Fosfatos	6	1,70
Sólidos totales	5	1,19
Alcalinidad total	5	1,47
Conductividad	5	2,49
Sulfuros	5	1,79
Color verdadero	4	2,46
Sulfitos	4	3,68

Tabla A.8. Frecuencia semestral de realización de análisis de diferentes parámetros en el CICAM desde el año 2004 hasta el año 2007 (continuación)

Plomo	4	-
Magnesio	4	-
Alcalinidad Fenolftaleína	3	-
Calcio	3	2,78
Cadmio	3	3,14
Cloro residual	3	2,24
Cobre	2	-
Fósforo Total	2	-
Cromo	2	-
Detergentes 0	2	-
Cromo Hexavalente	2	-
Detergentes 5	2	-
Acidez	2	-
Zinc	2	-
Hierro 2	2	0,20
Bario	2	-
Temperatura	2	-
Caudal de Descarga	2	-
Potasio	2	-
Aluminio	2	-
Níquel	2	-
Flúor Soluble	1	-
Sólidos volátiles	1	-
DQO Soluble	1	-
Alúmina Soluble	1	0,16
Material insoluble en agua	1	0,16
Sólidos suspendidos volátiles	1	0,60
Basicidad	1	0,15
Humedad	1	-
Boro	1	-
Bicarbonatos	1	-
Cloro Activo	1	-
Sólidos Fijos	1	-

Tabla A.8. Frecuencia semestral de realización de análisis de diferentes parámetros en el CICAM desde el año 2004 hasta el año 2007 (continuación)

Cobalto	1	-
Carga Contaminante	1	-
Nitrógeno Total	1	-
Plata	1	-
Salinidad	1	-
Sólidos suspendidos fijos	1	0,18
DBO Soluble	1	0,94
Nitrógeno Kjeldahl	1	-
Nitrógeno orgánico	1	-
Clorofila	1	0,64

ANEXO VI

**INSUMOS EMPLEADOS Y RESIDUOS GENERADOS EN LA
REALIZACIÓN DE ANÁLISIS Y EN EL LAVADO DE MATERIALES**

Tabla A.9. Consumo diario de agua destilada para enjuagar los materiales durante un mes

Día	Volumen de agua destilada consumida (l)
1	---
2	---
3	---
4	---
5	2,5
6	2,5
7	2,5
8	2,5
9	2,5
10	---
11	---
12	2,5
13	2,5
14	2,5
15	2,5
16	2,5
17	---
18	---
19	2,5
20	2,5
21	2,5
22	2,5
23	2,5
24	---
25	---
26	2,5
27	2,5
28	2,5
29	2,5
30	2,5
31	---
Total (l/mes)	50

El gasto de agua destilada en un período semestral es:

$$(50 \text{ l})/\text{mes} \times (6 \text{ meses})/(1 \text{ semestre}) = (300 \text{ l}) / \text{semestre}$$

Tabla A.10. Consumo de reactivos y residuos generados por análisis en cada parámetro en períodos semestrales

Parámetro	Insumos	Unidad	Insumos/ análisis	Análisis/ semestre	Insumos/ semestre	Residuos / semestre						
						agua residual (ml)	algodón (g)	filtro (unidad)	aluminio (g)	cloroformo (ml)	residuos con Nessler (ml)	vial DQO (ml)
aceites y grasas	muestra	ml	1 000	28	28 000	34 708,8	2,654					
	ácido clorhídrico	ml	2		56							
	hexano	ml	30		840							
	agua destilada (lavado)	ml	20		560							
	acetona (lavado)	ml	10		280							
	2-Propanol (si está emulsionado)	ml	1		28							
	algodón	g	0,079		2,212							
acidez	muestra	ml	50	5	250	306						
	hidróxido de sodio 0,02N (titular)	ml	1		5							
alcalinidad fenolftaleína	muestra	ml	50	10	500	648						
	ácido sulfúrico 0,02 N (titular pH=8.3)	ml	4		40							
alcalinidad total	muestra	ml	50	7	350	487,2						
	ácido sulfúrico 0,02 N (titular pH=4.3)	ml	8		56							
alúmina soluble	muestra	ml	1	1	1	115,53						
	ácido sulfúrico	ml	0,09		0,09							
	ácido etilendiaminotetraacético - EDTA 0,05 M	ml	50		50							
	acetato de amonio	ml	25		25							
	anaranjado de xilenol	ml	0,19		0,19							
	sulfato de zinc 0,2 N (titular)	ml	20		20							
aluminio	muestra	ml	50	5	250	300						
	1 contenido de Acido ascórbico	g	0,049		0,245							
	1 contenido de Alu Ver 3	g	0,612		3,062							
	1 contenido de Reactivo para blanco	g	0,146		0,732							

Tabla A.10. Consumo de reactivos y residuos generados por análisis en cada parámetro en períodos (continuación)

amonio	muestra	ml	300	12	3 600	5 083,2						606,86
	buffer de borato	ml	25		300							
	hidróxido de sodio (para subir a pH = 9,5)	ml	3		36							
	solución de ácido bórico	ml	50		600							
	estabilizador mineral HACH	ml	0,28		3,36							
	alcohol polivinílico HACH	ml	0,28		3,36							
	reactivo Nessler	ml	2		24							
	agua destilada	ml	25		300							
bario	muestra	ml	20	4	80	96						
	l contenido de Bari Ver 4	g	0,44		1,76							
basicidad	sulfato de aluminio (<i>muestra</i>)	g	7	1	7	169,2		1,2				
	agua destilada	ml	100		100							
	filtro	unidad	1		1							
	ácido sulfúrico 0,5N	ml	10		10							
	fenolftaleína	ml	20		20							
	hidróxido de sodio 0,5N (titular)	ml	10		10							
bicarbonatos	muestra	ml	50	3	150	208,8						
	ácido sulfúrico 0,02 N (titular pH=4,3)	ml	8		24							
boro	ácido sulfúrico concentrado	ml	75	2	150	189,60						
	l contenido de Boro Ver 3	g	0,463		0,925							
	agua desionizada	ml	2		4							
	muestra	ml	2		4							
cadmio	muestra	ml	250	6	1 500	1 944	0,72				540	
	l contenido de Buffer tipo citrato para metales pesados	g	2,401		14,406							
	cloroformo	ml	75		450							
	l contenido de Dithi Ver metals reagent	g	0,521		3,125							
	hidróxido de sodio 50%	ml	20		120							
	cianuro de potasio	g	0,1		0,6							
	algodón	g	0,1		0,6							

Tabla A.10. Consumo de reactivos y residuos generados por análisis en cada parámetro en períodos (continuación)

calcio	muestra	ml	50	6	300	392,4						
	hidróxido de sodio 1N	ml	2		12							
	murexide	g	0,001		0,006							
	ácido etilendiaminotetraacético -EDTA 0,01 N (titular)	ml	2,5		15							
cianuro	muestra	ml	50	9	450	540						
	1 contenido de Ciani Ver 3	g	0,008		0,073							
	1 contenido de Ciani Ver 4	g	0,067		0,600							
	1 contenido de Ciani Ver 5	g	0,189		1,697							
cloro activo	muestra	ml	5	2	10	128,4						
	agua destilada	ml	45		90							
	ácido acético glacial	ml	1		2							
	yoduro de potasio	g	1		2							
	almidón	ml	1		2							
	tiosulfato de sodio 0,01 N (titular)	ml	1,5		3							
cloro residual	muestra	ml	25	5	125	276,29						
	ácido acético glacial	ml	3		15							
	yoduro de potasio	g	1		5							
	almidón	ml	0,047		0,235							
	tiosulfato de sodio 0,1 N (titular)	ml	18		90							
clorofila	muestra	ml	1 125	1	1 125	1 362,12		2,4	1,2			
	filtro	unidad	2		2							
	papel aluminio	g	1		1							
	etanol 95%	ml	10		10							
	ácido clorhídrico 0,12 N	ml	0,1		0,1							

Tabla A.10. Consumo de reactivos y residuos generados por análisis en cada parámetro en períodos (continuación)

cloruros	ácido sulfúrico (neutralizar pH=7)	ml	0,5	12	6	3 045,60						
	hidróxido de sodio (neutralizar pH=7)	ml	3		36							
	muestra	ml	50		600							
	agua destilada	ml	150		1 800							
	peróxido de hidrógeno	ml	2		24							
	dicromato de potasio	ml	2		24							
	nitrate de plata 0,00141 N (titular)	ml	4		48							
cobalto	muestra	ml	10	2	20	50,4						
	agua desionizada	ml	10		20							
	2 contenidos de Phthalate Phosphate reagent	g	1,031		2,061							
	solución indicadora PAN 0,3%	ml	1		2							
	2 contenido de ácido etilendiaminotetraacético - EDTA	g	0,108		0,216							
cobre	muestra	ml	20	5	100	120						
	1 contenido de Cu Ver 1	g	0,101		0,503							
coliformes fecales	caldo lactosado biliado verde brillante	g	0,9	16	14,4	432	7,59					
	agua destilada	ml	22,5		360							
	algodón	g	0,395		6,32							
coliformes totales (para tres diluciones)	muestra	ml	1	17	17	1 397,4	14,50					
	agua de dilución (para coliformes)	ml	27		459							
	caldo lactosado biliado verde brillante	g	1,62		27,54							
	agua destilada	ml	40,5		688,5							
	algodón	g	0,711		12,087							
color aparente	muestra	ml	25	7	175	420						
	agua desionizada	ml	25		175							
color verdadero	muestra	ml	25	6	150	360	7,20					
	papel filtro 0,45 µm	unidad	1		6							
	agua desionizada	ml	25		150							

Tabla A.10. Consumo de reactivos y residuos generados por análisis en cada parámetro en períodos (continuación)

cromo total	muestra	ml	25	5	125	720						
	ácido sulfúrico	ml	2		10							
	peróxido de hidrógeno	ml	2		10							
	agua destilada	ml	85		425							
	hidróxido de sodio 50% (neutralizar pH=7)	ml	6		30							
	1 contenido Chroma de Ver 3	g	0,156		0,781							
cromo hexavalente	muestra	ml	20	4	80	96						
	1 contenido Chroma de Ver 3	g	0,156		0,624							
DBO 5	Preparación del Inoculo			35		66485,45						
	agua Machángara	ml	50		1 750							
	muestra	ml	0,94		32,9							
	Preparación del Agua de Dilución											
	agua destilada	ml	1500		52 500							
	buffer de fosfato	ml	1,5		52,5							
	cloruro férrico	ml	1,5		52,5							
	sulfato de magnesio	ml	1,5		52,5							
	cloruro de calcio	ml	1,5		52,5							
	Siembra de la muestra											
	muestra (D1)	ml	3		105							
	muestra (D2)	ml	5		175							
	Estabilización y Titulación de la muestra											
	solución de sulfato manganoso	ml	1		35							
	solución de álcali yoduro nitruro	ml	1		35							
	ácido sulfúrico concentrado	ml	1		35							
	almidón	ml	0,047		1,645							
	tiosulfato de sodio 0,025 N (titular)	ml	15		525							

Tabla A.10. Consumo de reactivos y residuos generados por análisis en cada parámetro en períodos (continuación)

DBO soluble	filtro de fibra de vidrio	unidad	1	2	2	3 799,17							
	Preparación del Inoculo												
	agua Machángara	ml	50		100								
	muestra	ml	0,94		1,88								
	Preparación del agua de dilución												
	agua destilada	ml	1 500		3 000								
	buffer de fosfato	ml	1,5		3								
	cloruro férrico	ml	1,5		3								
	sulfato de magnesio	ml	1,5		3								
	cloruro de calcio	ml	1,5		3								
	Siembra de la muestra												
	muestra (D1)	ml	3		6								
	muestra (D2)	ml	5		10								
	Estabilización y titulación de la muestra												
	solución de sulfato manganoso	ml	1		2								
	solución de álcali yoduro nitrato	ml	1		2								
	ácido sulfúrico concentrado	ml	1		2								
	almidón	ml	0,047		0,094								
	tiosulfato de sodio 0,025 N (titular)	ml	15		30								
DQO	muestra	ml	2	41	82							221,4	
	vial reactivo para digestión	ml	2,5		102,5								
DQO soluble	filtro de fibra de vidrio	unidad	1	4	4			4,8				21,6	
	muestra	ml	2		8								
	vial reactivo para digestión	ml	2,5		10								
densidad aparente	muestra	g	10	1	10	12							

Tabla A.10. Consumo de reactivos y residuos generados por análisis en cada parámetro en períodos (continuación)

detergentes aniónicos	muestra	ml	5	29	145	8 709,85	2,75			835,20		
	agua destilada	ml	195		5 655							
	fenolftaleína	ml	0,094		2,735							
	hidróxido de sodio	ml	0,094		2,735							
	ácido sulfúrico	ml	0,094		2,735							
	azul de metileno	ml	50		1450							
	cloroformo	ml	24		696							
	algodón	g	0,079		2,291							
dureza cálcica	muestra	ml	100	7	700	877,80						
	hidróxido de sodio 1N	ml	2		14							
	cianuro de sodio	g	0,082		0,573							
	murexide	g	0,001		0,007							
	ácido etilendiaminotetraacético -EDTA 0,01 N (titular)	ml	2,5		17,5							
dureza total	muestra	ml	100	10	1000	1 272						
	solución buffer dureza	ml	2		20							
	cianuro de sodio	g	0,082		0,818							
	negro de eriocromo	g	0,0004		0,004							
	ácido etilendiaminotetraacético -EDTA 0,01N (titular)	ml	4		40							
fenoles	agua destilada	ml	300	31	9300	22 692	2,94					
	muestra	ml	300		9300							
	Hadless Buffer	ml	10		310							
	2 contenido de Phenol 2 reagent	g	0,998		30,944							
	cloroformo	ml	60		1860							
	algodón	g	0,079		2,449							

Tabla A.10. Consumo de reactivos y residuos generados por análisis en cada parámetro en períodos (continuación)

flúor soluble	filtro	unidad	1	4	4	115,20		4,80				
	muestra	ml	10		40							
	agua destilada	ml	10		40							
	SPANDS reagent	ml	4		16							
fosfatos	muestra	ml	20	7	140	168						
	1 contenido de Phos Ver 3	g	0,292		2,044							
fosforo total	muestra	ml	25	6	150	280,80						
	1 contenido de Potasio persulfato	g	0,061		0,366							
	ácido sulfúrico 5,25 N	ml	2		12							
	hidróxido de sodio 5,0 N	ml	2		12							
	agua destilada	ml	10		60							
hierro 2	muestra	ml	35	2	70	84						
	1 contenido de Ferrous Iron	g	0,075		0,151							
hierro total	muestra	ml	20	10	200	240						
	1 contenido Ferro Ver Iront reagent	g	0,115		1,15							
manganeso	muestra	ml	20	10	200	240						
	1 contenido de Buffer tipo citrato para manganeso	g	0,180		1,798							
	1 contenido Sodium Periodate	g	0,089		0,888							
material flotante	muestra	ml	3 000	14	42000	60 480		16,8				
	agua destilada	ml	600		8400							
	filtro de fibra de vidrio	unidad	1		14							
material insoluble en agua	muestra sólida	g	40	1	40	300		1,2				
	agua destilada	ml	150		150							
	filtro	unidad	1		1							
	agua destilada caliente (lavado)	ml	100		100							

Tabla A.10. Consumo de reactivos y residuos generados por análisis en cada parámetro en períodos (continuación)

níquel	muestra	ml	10	4	40	100,80						
	agua desionizada	ml	10		40							
	2 contenidos de Phthalate Phosphate reagent	g	1,031		4,122							
	PAN 0,3% solución indicadora	ml	1		4							
	2 contenidos de EDTA reagent	g	0,108		0,433							
nitratos	muestra	ml	10	15	150	360						
	agua desionizada	ml	10		150							
	1 contenido de Nitra Ver 5	g	0,605		9,081							
nitritos	muestra	ml	20	8	160	192						
	1 contenido de Nitri Ver 3	g	0,810		6,483							
nitrógeno Kjendahl	muestra	ml	25	2	50	480					87,74	
	ácido sulfúrico	ml	2		4							
	peróxido de hidrógeno	ml	2		4							
	hidróxido de sodio (para neutralizar pH=7)	ml	5		10							
	agua destilada	ml	200		400							
	estabilizador mineral HACH	ml	0,28		0,56							
	alcohol polivinílico HACH	ml	0,28		0,56							
	reactivo Nessler	ml	2		4							
oxígeno disuelto	solución de sulfato manganoso	ml	1	11	11	383,42						
	solución de álcali yoduro azida	ml	1		11							
	ácido sulfúrico concentrado	ml	1		11							
	almidón	ml	0,047		0,517							
	tiosulfato de sodio 0,025 N (titular)	ml	26		286							
plata	muestra	ml	50	2	100	120						
	1 contenido Silver 1	g	1,999		3,999							
	1 contenido de Silver 2	g	2,079		4 158							
	1 contenido de Sodium tiosulfato reagent	g	0,093		0,185							

Tabla A.10. Consumo de reactivos y residuos generados por análisis en cada parámetro en períodos (continuación)

plomo	muestra	ml	250	8	2 000	2 453,89						
	1 contenido de Buffer tipo citrato para metales pesados	g	2,181		17,448							
	cloroformo	ml	50		400							
	1 contenido de Dithi Ver metals reagent	g	0,520		4,166							
	hidróxido de sodio 5 N	ml	5		40							
	ácido sulfúrico 5,25 N	ml	0,142		1,132							
	hidróxido de sodio 5 N	ml	0,472		3,773							
	cianuro de potasio	g	1		8							
potasio	muestra	ml	35	5	175	210						
	1 contenido de Potasium 1 reagent	g	1,621		8,106							
	1 contenido de Potasium 2 reagent	g	1,042		5,214							
	1 contenido de Potasium 3 reagent	g	0,238		1,191							
sólidos sedimentables	muestra	ml	1 000	24	24 000	28 800						
sólidos suspendidos	muestra	ml	50	33	1650			39,60				
	filtro de fibra de vidrio de 47 nm	unidad	1		33							
sólidos totales disueltos	muestra	ml	50	10	500			12				
	filtro de fibra de vidrio de 47 nm	unidad	1		10							
sulfatos	muestra	ml	20	10	200	240						
	1 contenido Sulfa Ver 4 reagent	g	0,240		2,402							
sulfitos	muestra	ml	10	7	70	184,8						
	agua desionizada	ml	10		70							
	1 contenido de Sulfide 1 reagent	ml	1		7							
	1 contenido de Sulfide 2 reagent	ml	1		7							

Tabla A.10. Consumo de reactivos y residuos generados por análisis en cada parámetro en períodos (continuación)

sulfuros	muestra	ml	100	6	600	800,90						
	solución yodo-yoduro de potasio	ml	5		30							
	ácido clorhídrico	ml	2		12							
	almidón	ml	0,236		1,415							
	tiosulfato de sodio 0,025 N (titular)	ml	4		24							
zinc	muestra	ml	20	5	100	123						
	l contenido Zinco Ver 5	g	0,773		3,864							
	ciclohexano	ml	0,5		2,5							
TOTAL/ semestre					253802,0	31,15	92	1,20	4 087,20	694,61	243	

Nota: En esta Tabla se observa que los valores no tienen el mismo número de cifras decimales porque el consumo de algunos insumos se realiza en cantidades muy pequeñas.

CONSUMO DE INSUMOS EN LA REALIZACIÓN DE ANÁLISIS EN CADA PARÁMETRO

Ejemplo de cálculo:

- Consumo de ácido clorhídrico en cada parámetro analizado durante un semestre:

➤ Aceites y grasas:

$$\frac{2 \text{ ml ácido clorhídrico}}{\text{análisis}} \times \frac{28 \text{ análisis}}{\text{semestre}} = 46 \text{ ml ácido clorhídrico/semestre}$$

➤ Clorofila:

$$\frac{0,1 \text{ ml ácido clorhídrico}}{\text{análisis}} \times \frac{1 \text{ análisis}}{\text{semestre}} = 0,1 \text{ ml ácido clorhídrico/semestre}$$

➤ Sulfuros:

$$\frac{2 \text{ ml ácido clorhídrico}}{\text{análisis}} \times \frac{6 \text{ análisis}}{\text{semestre}} = 12 \text{ ml ácido clorhídrico/semestre}$$

$$\text{Total} = 46 + 0,1 + 12 = 58,1 \text{ ml ácido clorhídrico/semestre}$$

Considerando un porcentaje de repetición de análisis de 20 % se tiene:

$$58,1 \times 1,2 = 69,72 \text{ ml ácido clorhídrico/semestre}$$

- Residuos generados

A partir de la cuantificación del consumo de reactivos, del número de análisis realizados al semestre y de la revisión de las técnicas y métodos de análisis de cada parámetro, se determinaron los residuos líquidos y sólidos generados.

Se realizan aproximadamente 28 análisis de aceites y grasas al semestre y tomando un porcentaje de repetición de 20%, se generan los siguientes residuos:

➤ Muestra:

$$\frac{1000 \text{ ml muestra}}{\text{análisis}} \times \frac{28 \text{ análisis}}{\text{semestre}} = 28\,000 \text{ ml muestra/semestre}$$

➤ Ácido clorhídrico:

$$\frac{2 \text{ ml ácido clorhídrico}}{\text{análisis}} \times \frac{28 \text{ análisis}}{\text{semestre}} = 46 \text{ ml ácido clorhídrico/semestre}$$

➤ Hexano:

$$\frac{30 \text{ ml hexano}}{\text{análisis}} \times \frac{28 \text{ análisis}}{\text{semestre}} = 840 \text{ ml hexano/semestre}$$

➤ Agua destilada:

$$\frac{20 \text{ ml agua destilada}}{\text{análisis}} \times \frac{28 \text{ análisis}}{\text{semestre}} = 560 \text{ ml agua destilada/semestre}$$

➤ Acetona:

$$\frac{10 \text{ ml acetona}}{\text{análisis}} \times \frac{28 \text{ análisis}}{\text{semestre}} = 280 \text{ ml acetona/semestre}$$

➤ 2-propanol:

$$\frac{1 \text{ ml 2 - propanol}}{\text{análisis}} \times \frac{28 \text{ análisis}}{\text{semestre}} = 28 \text{ ml 2 - propanol/semestre}$$

Los materiales líquidos se suman sin considerar el hexano, ya que éste se evapora en la estufa obteniéndose el siguiente resultado:

$$(28\,000 + 46 + 560 + 280 + 28)$$

$$= (28\,914 \text{ ml residuo del análisis de aceites y grasas}) / \text{semestre}$$

$$\frac{0,079 \text{ g algodón}}{\text{análisis}} \times \frac{28 \text{ análisis}}{\text{semestre}} = 2,21 \text{ g residuo de algodón del análisis de aceites y grasaa/semestre}$$

Realizando este cálculo para cada parámetro se obtiene la cantidad de residuos generados. Los residuos líquidos de todos los análisis realizados es 253,80 l / semestre.

El gasto de muestra en la realización de análisis que más se aproxima al valor real es 122,19 l/semestre, de los 180 l que inicialmente entran a la etapa de realización de análisis, el volumen que no se utiliza es:

$$180 \text{ l} - 122,19 = 57,81 \text{ l restos de muestras/semestre}$$

Restos de muestra: 57,81 l al desagüe

CONSUMO DE AGUA Y DETERGENTE PARA EL LAVADO DE MATERIALES

Tabla A .11. Volumen de agua y tiempo para determinar el caudal en las válvulas de los lavabos del laboratorio

Volumen (l)	Tiempo (s)
1	6,27
1	6,41
1	6,34
1	6,42

$$\text{tiempo promedio} = \frac{6,27 + 6,41 + 6,34 + 6,42}{4} = 6,36$$

$$\text{caudal} = \frac{1 \text{ l}}{6,36 \text{ s}} \times \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} = 9,43 \text{ l/min}$$

Tabla A.12. Tiempos diarios de consumo y desperdicio de agua en el lavado del material durante mes

Día	Tiempo total de uso (min)	Tiempo de desperdicio (min)
1	---	---
2	---	---
3	---	---
4	---	---
5	26,58	10,36
6	21,417	8,59
7	28,32	12,27
8	24,51	7,14
9	61,8	25,38
10	---	---
11	---	---
12	15,54	8,18
13	33,44	17,31
14	34,35	15,49
15	42,32	14,08
16	29,35	13,22
17	---	---
18	---	---
19	37,1	15,27
20	27,33	11,52
21	77,09	31,46
22	80,09	35,21
23	71,55	28,35
24	---	---
25	---	---
26	5,42	1,49
27	37,23	14,26
28	68,11	27,58
29	41,56	19,51
30	22,35	8,34
TOTAL	785,46	325,01

$$\text{Agua consumida/mes} = \frac{785,46 \text{ min}}{\text{mes}} \times \frac{9,43 \text{ l}}{\text{min}} = 7\,406,89 \text{ l/mes}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua consumida / semestre} &= \frac{7\,406,89 \text{ l}}{\text{mes}} \times \frac{6 \text{ meses}}{\text{semestre}} \\ &= 44\,441,34 \text{ l /semestre} = 44,44 \text{ m}^3/\text{semestre} \end{aligned}$$

Toda el agua utilizada en el lavado de materiales constituye el agua residual en esta etapa, de tal manera que se tiene:

Agua residual: 44,44 m³ / semestre

$$\text{Agua desperdiciada/mes} = \frac{325,01 \text{ min}}{\text{mes}} \times \frac{9,43 \text{ l}}{\text{min}} = 3\,064,84 \text{ l/mes}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua desperdiciada / semestre} &= \frac{3\,064,84 \text{ l}}{\text{mes}} \times \frac{6 \text{ meses}}{\text{semestre}} \\ &= 18\,389,07 \text{ l /semestre} = 18,39 \text{ m}^3/\text{semestre} \end{aligned}$$

$$\% \text{ desperdicio} = \frac{3\,064,84}{7\,406,0} \times 100 = 41,38 \%$$

Tabla A .13. Consumo diario de detergente para el lavado del material durante un mes

Día	Detergente gastado (g)
1	---
2	---
3	---
4	---
5	119,56
6	98,37
7	156,98
8	89,23
9	130,58
10	---
11	---
12	106,87
13	145,35
14	140,92
15	83,38
16	103,02
17	---
18	---
19	115,72
20	95,27
21	113,48
22	102,91
23	120,63
24	---
25	---
26	130,48
27	105,76
28	148,24
29	98,47
30	189,31
TOTAL	2 394,53

$$\begin{aligned} \text{Detergente consumido/semestre} &= \frac{2\,394,53\text{ g}}{\text{mes}} \times \frac{6\text{ meses}}{1\text{ semestre}} \\ &= 14\,367,18\text{ g detergente/semestre} \end{aligned}$$

ANEXO VIII

CONSUMO DE ENERGIA ELECTRICA EN EL CICAM

Tabla A.14. Tiempo de encendido de los equipos en el CICAM durante un mes

Aparatos y equipos	Días																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
	Tiempo de encendido de cada equipo en cada día (horas)																														
16 lámparas fluorescentes laboratorio de aguas industriales					8	8	8	8	8			8	8	8	8	8			8	8	8	8	8			8	8	8	8	8	
16 lámparas fluorescentes laboratorio de aguas industriales					8	8	8	8	9			8	8	8	8	8			8	8	8	8	8			8	8	8	8	8	
16 lámparas fluorescentes laboratorio de aguas industriales					8	9	8	8	9			8	8	8	8	8			8	8	8	8	8			8	8	8	8	8	
16 lámparas fluorescentes laboratorio de aguas industriales					9	8	9	8	9			8	8	8	8	8			8	8	8	8	8			8	8	8	8	8	
agitador magnético					0,75	1,25	0	0	0,8			1	1	1	1	1			1	1	0,75	0,75	0,75			1	1	0	1,3	0,8	
aireador					0,33	0	0,18	0,33	0			0	0	0,33	0	0			0	0	0,5	0,7	0,33			0,35	0	0,68	0,5	0	
autoclave					0	0	0	0	0			1	1	0	0	0			0	0	0	0	0			0	0	0	0	0	

Tabla A.14. Tiempo de encendido de los equipos en el CICAM durante un mes (continuación)

Sorbona - laboratorio de modelos					0	0	0	0	0			1,15	0	0	0	0			0	0	0	0	0			0	0,5	0	0	0	
termo reactor para DQO					2	0	2,4	4,17	2,2			0	2,3	4,3	2,2	0			2,18	4,25	2,25	2,2	0			2,31	4,5	0	4,2	2,3	

Tabla A.15. Consumo de energía eléctrica por cada equipo y tiempo de encendido de los equipos durante un mes

Aparatos y equipos	W/equipo	horas/mes
16 lámparas fluorescentes - laboratorio de aguas industriales (40 w/lámp)	640	160,0
16 lámparas fluorescentes - laboratorio de aguas industriales (40 w/lámp)	640	161,0
16 lámparas fluorescentes - laboratorio de aguas industriales (40 w/lámp)	640	162,0
16 lámparas fluorescentes - laboratorio de aguas industriales (40 w/lámp)	640	163,0
agitador magnético	30	16,2
aireador	1,5	4,2
autoclave	2 200	2,0
balanza analítica Denver Instrument M-220D	13	178,0
balanza analítica Mettler Toledo AB 204-5	16	178,0
balanza eléctrica Mettler	16	180,0
baño termostático Branson	112	6,7
baño termostático Polystat	1 800	216,0
baño termostático Precisión	2 000	144,0
bomba de vacío Millipore	497	10,2
cabina de flujo laminar	258	3,8
computadora (analista 1)	200	166,0
computadora (analista 2)	200	163,0
computadora (jefe técnico)	200	165,0
computadora (recepción)	200	160,0
desionizador de agua	1 265	45,0
digestor	250	5,5
equipo de prueba de jarras	250	1,5
espectrofotometro HACH	30	155,0
estufa Lind berg Blue - laboratorio de aguas industriales	900	480,0
estufa Lind berg Blue - laboratorio de modelos	900	293,0
impresora	40	111,0
incubadora Wisconsin Oven	250	744,0
mufla	3 100	12,0
ph-metro HACH	0,6	108,0
ph-metro ORION	0,8	91,0
plancha de calentamiento Cimarec (grande)	700	1,7
plancha de calentamiento Cimarec (pequeña)	400	1,2

Tabla A.15. Consumo de energía eléctrica por cada equipo y tiempo de encendido de los equipos durante un mes (continuación)

refrigeradora Indurama	200	744,0
refrigeradora Scien Temp	250	744,0
sorbona - laboratorio de Físico-Química	1 200	11,6
sorbona -laboratorio de modelos	1 200	1,7
termo reactor para DQO	200	43,8

Ejemplo de cálculo del consumo de energía por equipo durante un mes.

Para las 16 lámparas que se encuentran en el laboratorio de aguas industriales se tiene:

$$\frac{640 \text{ W}}{\text{lámparas fluorescentes}} \times \frac{160 \text{ horas}}{\text{mes}} \times \frac{1 \text{ kW}}{1000 \text{ W}} = 102,4 \text{ kWhora/mes}$$

ANEXO VIII

MUESTRAS DE AGUAS RESIDUALES Y DESECHOS SOLIDOS DEL LABORATORIO DEL CICAM

MUESTRAS DE AGUA

Muestra Compuesta.- Es una mezcla de muestras sencillas recogidas en el mismo punto en distintos momentos. Las porciones individuales se recogen en envases de abertura amplia. Se recogen y se mezclan una vez concluida la toma o se combinan en una botella a medida que se van recogiendo. (Clesceri y otros, 2005)

Resulta conveniente, y a menudo esencial, combinar las muestras individuales en volúmenes proporcionales al flujo. Un volumen final de dos o tres litros es suficiente para analizar depuradoras, corrientes y aguas residuales. (Clesceri y otros, 2005)

En la Tabla A.16. se indican los volúmenes de muestra de agua residual del laboratorio proveniente de la realización de análisis y de restos de muestras tomados durante dos semanas.

Tabla A.16. Agua residual de la realización de análisis y de restos de muestras en dos semanas de muestreo

Día	Volumen total diario (l)	Volumen diario de muestra compuesta (l)
1	2,56	0,060
2	36,3	0,858
3	28,7	0,678
4	15,2	0,359
5	1,4	0,033
6	---	---
7	---	---
8	21,9	0,517
9	12	0,284
10	2,1	0,050
11	2,8	0,066
12	4	0,095

En la Tabla A.17. se indican los datos del muestreo realizado con los restos de muestras del laboratorio tomados durante dos semanas.

Tabla A.17. Agua residual de restos de muestras en dos semanas de muestreo

Día	Volumen total diario (l)	Volumen diario de muestra compuesta (l)
1	---	---
2	---	---
3	6,3	1,24
4	1,5	0,29
5	---	---
6	---	---
7	---	---
8		0,00
9	5,4	1,06
10	---	---
11	2,1	0,41
12	---	---

En la Tabla A.18. se indican los datos del muestreo realizado al agua de lavado

de materiales del laboratorio tomados durante una semana.

Tabla A.18. Agua residual de lavado de materiales en una semana de muestreo

Día	Volumen total diario (l)	Volumen diario de muestra compuesta (l)
1	10,5	0,25
2	15,7	0,37
3	9,2	0,22
4	17,8	0,42
5	11,6	0,27
6	---	
7	---	
8	8,4	0,20
9	12,1	0,29
10	10,8	0,26
11	14,2	0,34
12	16,3	0,39

MUESTRA DE DESECHOS SOLIDOS

En la Tabla A.19. se presenta las muestras tomadas de los desechos del laboratorio durante dos semanas

Tabla A.19. Desechos del laboratorio en dos semanas de muestreo

Día	Residuos Sólidos	Masa (g)
1	Algodón:	0,32
	Otros plásticos (fundas):	65,23
	Aluminio:	5,23
	Tela:	28,11
2	Algodón:	0,198
	Botellas plásticas (PET):	367,23
	Otros plásticos (fundas):	20,45
	Papel blanco:	39,7
	Vidrio:	57,32
	Aluminio:	7,36
	Cartón:	256,9
filtro:	2,79	
3	Algodón:	0,379
	Botellas plásticas (PET):	534,5
	Aluminio:	8,71
	Tela:	17,54
	filtro:	6,31
4	Algodón:	0,182
	Botellas plásticas (PET):	763,62
	Papel blanco:	16,34
	Aluminio:	6,2
	Papel filtro:	3,65
5	Otros plásticos (fundas):	83,56
	Aluminio:	11,67
	Guantes de látex:	38,56
	Cartón:	128,56
	Papel filtro:	5,39
6	---	---
7	---	---

Tabla A.19. Desechos del laboratorio en dos semanas de muestreo (continuación)

8	Algodón:	0,112
	Botellas plásticas (PET):	327,76
	Otros plásticos (fundas):	100,45
	Papel blanco:	38,56
	Aluminio:	7,98
	Guantes de látex:	38,48
	Tela:	55,24
	filtro:	4,27
9	Algodón:	0,345
	Botellas plásticas (PET):	358,2
	Otros plásticos (fundas):	36,89
	Papel blanco:	73,89
	Vidrio:	49,53
	Aluminio:	10,3
	Tela:	27,36
	Cartón:	275,98
	Papel filtro:	5,37
10	Botellas plásticas (PET):	200,74
	Papel blanco:	27,65
	Aluminio:	8,61
	Guantes de látex:	42,16
	Tela:	38,56
	Papel filtro:	4,27
11	Algodón:	0,18
	Otros plásticos (fundas):	47,3
	Papel blanco:	46,9
	Vidrio:	43,76
	Aluminio:	4,56
	filtro:	3,71
12	Botellas plásticas (PET):	668,4
	Otros plásticos (fundas):	59,3
	Aluminio:	7,62
	Guantes de látex:	43,16
	Tela:	27,63
	filtro:	6,83

ANEXO IX

LIMITES MAXIMOS PERMISIBLES DE PARAMETROS CONTAMINANTES DESCARAGADOS

Tabla A.20. Límites máximos permisibles por cuerpo receptor

PARÁMETROS	EXPRESADO COMO	UNIDAD	LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE	
			Alcantarillado	Cauce de agua
Aceites y grasas	A y G	mg/l	100	50
Aluminio	Al	mg/l	5,0	5,0
Arsénico total	As	Mg/l	0,1	0,1
Cadmio	Cd	Mg/l	0,02	0,02
Caudal máximo	-	l/s	1,5 veces el caudal (1)	4,5 dato referencial.
Cianuro	CN-	Mg/l	1,0	0,1
Cobre	Cu	Mg/l	1,0	1,0
Cromo Hexavalente	Cr+6	Mg/l	0,5	0,5
Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	Mg/l	0,2	0,2
Fósforo Total	P	Mg/l	15	10
Hidrocarburos Totales	TPH	Mg/l	20	20
Materia flotante	Visible	-	Ausencia	Ausencia
Manganeso	Mn	Mg/l	10,0	2,0
Mercurio (total)	Hg	Mg/l	0,01	0,005
Níquel	Ni	Mg/l	2,0	2,0
Organoclorados totales	Concentración	Mg/l	0,05	0,05
Organofosforados totales	Concentración	Mg/l	0,1	0,1
Plomo	Pb	Mg/l	0,5	0,2
Potencial de hidrógeno	PH		5-9	5-9
Sólidos Sedimentables	-	MI/l	10	1,0
Sulfuros	S	Mg/l	1,0	0,5
Sulfatos	SO4	Mg/l	400	1000
Temperatura	.	oC	< 40	< 35
Tensoactivos	MBAS (2)	Mg/l	0,5	0,5
Zinc	Zn	Mg/l	2,0	2,0

(El Consejo del Distrito Metropolitano de Quito, 2008)

Notas: (1) Caudal promedio horario del sistema de alcantarillado.

(2) Substancias activas al azul de metileno.

Tabla A.21. Para todos los sectores productivos, exceptuando al sector textil y al sector textil y al de bebidas gaseosas, embotelladoras y cervecería

Parámetros	Expresado como	Unidad	Limite máximo permisible		
			Junio 2006 a mayo 2008	Junio 2008 a mayo 2010	Junio 2010
Demanda bioquímica de oxígeno (5 días)	D.B.O ₅	mg/l	172 (A) 122 (C)	146 (A) 96 (C)	120 (A) 70 (C)
Demanda química de oxígeno	D.Q.O	mg/l	344 (A) 214 (C)	292 (A) 168 (C)	240 (A) 123 (C)
Sólidos suspendidos	SS	mg/l	137 (A) 92 (C)	116 (A) 72 (C)	95 (A) 53 (C)
Caudal	Q	l/s	4,5 ^a	4,5 ^a	4,5 ^a

(El Consejo del Distrito Metropolitano de Quito, 2008)

Notas: (1) (A) Alcantarillado y (C) Cauce de agua.

(2) ^a dato referencial para el cálculo de la carga contaminante para descargas líquidas.

Tabla A.22. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	100
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Acidos o bases que puedan causar contaminación, sustancias explosivas o inflamables.		mg/l	Cero
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Carbonatos	CO ₃	mg/l	0,1
Caudal máximo		l/s	1.5 veces el caudal promedio horario del sistema de alcantarillado
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	1,0
Cobalto total	Co	mg/l	0,5
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo (ECC)	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cromo Hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5

Tabla A.22. Límites de descarga al sistema de alcantarillado público (continuación)

Compuestos fenólicos	Expresado como fenol	mg/l	0,2
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D.B.O ₅	mg/l	250
Demanda Química de Oxígeno	D.Q.O.	mg/l	500
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Fósforo Total	P	mg/l	15
Hierro total	Fe	mg/l	25,0
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	20
Manganeso total	Mn	mg/l	10,0
Materia flotante	Visible		Ausencia
Mercurio (total)	Hg	mg/l	0,01
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	40
Plata	Ag	mg/l	0,5
Plomo	Pb	mg/l	0,5
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Sólidos Sedimentables		ml/l	20
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	220
Sólidos totales		mg/l	1 600
Selenio	Se	mg/l	0,5
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	400
Sulfuros	S	mg/l	1,0
Temperatura	°C		< 40
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	2,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Sulfuro de carbono	Sulfuro de carbono	mg/l	1,0
Compuestos organoclorados (totales)	Concentración de organoclorados totales.	mg/l	0,05
Organofosforados y carbamatos (totales)	Concentración de organofosforados y carbamatos totales.	mg/l	0,1
Vanadio	V	mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	10

(TULAS, 2006)

ANEXO X

DETERMINACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE MERCURIO EN EL REACTIVO NESSLER

En la preparación del reactivo Nessler se utilizan las siguientes sustancias (Clesceri y otros, 2005):

- 100 g de yoduro mercúrico (HgI_2)
- 70 g de yoduro de potasio (KI)
- 160 g de hidróxido de sodio (NaOH)
- 1000 ml agua destilada

Peso molecular Hg = 200,6 g

Peso molecular I = 126,9 g

Peso molecular HgI_2 = 454,4 g

Concentración de Hg

$$\begin{aligned}
 &= \frac{100 \text{ g } HgI_2}{1000 \text{ ml}} \times \frac{1 \text{ mol } HgI_2}{454,4 \text{ g } HgI_2} \times \frac{1 \text{ mol g}}{1 \text{ mol } HgI_2} \times \frac{200,6 \text{ g Hg}}{1 \text{ mol Hg}} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1 \text{ g}} \\
 &\quad \times \frac{1000 \text{ ml}}{1 \text{ l}} = 44\,146,13 \text{ mg Hg / l}
 \end{aligned}$$

ANEXO XI

PRUEBAS PARA REDUCIR LA CONTAMINACIÓN DEL AGUA RESIDUAL

Recolección de agua

Del balance de materiales en las etapas de recepción y almacenamiento de muestras y en la realización de análisis se tiene el siguiente volumen de agua residual a tratar:

$$311,61 \text{ l agua realización de análisis} / \text{semestre}$$

$$120 \text{ l restos de muestra} / \text{semestre}$$

$$\begin{aligned} \text{volumen de agua a tratar} &= \frac{(311,61 + 120) \text{ l}}{\text{semestre}} = 431,61 \text{ l} / \text{semestre} \\ &= 17,98 \text{ l} / \text{semana} \end{aligned}$$

Es conveniente tomar un porcentaje de volumen extra como una medida de disponibilidad de recursos; de esta manera se consideró un 25% más del volumen de agua, obteniéndose un volumen de agua a tratar de:

$$\text{volumen de agua a tratar} = \frac{17,98 \text{ l}}{\text{semana}} \times 1,25 = 22,48 \text{ l} / \text{semana} \sim 22,5 \text{ l} / \text{semana}$$

Neutralización

Para neutralizar las aguas residuales se hicieron pruebas con carbonato de calcio e hidróxido de sodio, los datos de la experimentación se muestran en las Tablas A.23 y A.24.

Tabla A.23. Carbonato de calcio utilizado para la prueba la neutralización en 100 ml de

agua residual

CaCO ₃ acumulado (g)	pH
0	1,71
0,0499	1,8
0,1002	1,9
0,1503	2,17
0,2006	2,43
0,2504	4,38
0,3006	4,95
0,3507	5,31
0,4008	5,36
0,4507	5,42
0,5006	5,48
0,5507	5,57
0,6008	5,61
0,6509	5,64
0,7011	5,71
0,7514	5,76
0,8015	5,85
0,8518	5,92
0,902	5,98
0,9522	6,09
1,0021	6,14
1,0522	6,21
1,1025	6,27
1,1523	6,34
1,2025	6,41
1,2527	6,48
1,3028	6,55
1,3527	6,63
1,4027	6,69
1,4529	6,75
1,5027	6,81
1,5527	6,88
1,603	6,94
1,6533	7,01

Tabla A.24. Hidróxido de sodio utilizado para la prueba de neutralización en 100 ml de

agua residual

NaOH acumulado (g)	pH
0	1,66
0,1022	1,76
0,1969	1,94
0,2974	2,43
0,4043	10,28

La cantidad necesaria de NaOH para neutralizar el agua residual se calcula con la siguiente relación:

$$0,1 \rightarrow x$$

$$y \rightarrow z$$

Donde:

x = g de hidróxido de sodio utilizados para neutralizar 0,1 l de agua.

y = volumen total de agua residual a neutralizar en litros.

z = g de hidróxido de sodio necesarios para neutralizar el volumen total de agua residual presente.

Para estimar la cantidad de NaOH necesaria para neutralizar, se consideraron pH inicial = 1,77 y volumen de agua a tratar = 22,5 l / semana

$$z = \frac{22,5 \text{ l/semana} \times 0,33 \text{ gNaOH}}{0,1 \text{ l}} = 74,25 \text{ g NaOH/semana}$$

Reducción de sólidos suspendidos

La cantidad necesaria de sulfato de aluminio para disminuir los sólidos del agua residual, calculando en base a las condiciones del agua de las pruebas realizadas es:

$$\frac{5 \text{ ml AlSO}_4 \times 22,5 \text{ l agua/ semana}}{1 \text{ l agua}} = 112 \text{ ml AlSO}_4/\text{semana}$$

Reducción de DQO con carbón activado granular

Para determinar la cantidad de carbón activado que se podría utilizar, se trabajó con agua residual clarificada obtenida del tratamiento de coagulación-floculación y sedimentación, el mismo que tenía una DQO inicial de 462 mg/l.

Tabla A.25. Carbón activado granular utilizado para la prueba de reducción de DQO en 500 ml de agua residual y DQO final obtenido

N°	Carbón activado granular (g)	DQO (mg/l)
1	0	462
2	20	208
3	40	171
4	50	172
5	60	146
6	80	116

Se aplica la ecuación de Freundlich para la adsorción en esta investigación:

$$c^* = k[v(c_0 - c^*)]^n \quad [6]$$

Donde:

c^* : concentración de soluto del líquido en el equilibrio

c_0 : concentración de soluto en el líquido inicial

k : constante

v : volumen del líquido por unidad de masa de adsorbente

La ecuación de Freundlich puede escribirse de la siguiente forma:

$$Y^* = kX^n \quad [7]$$

esta forma de la ecuación indica que si se grafican la concentración de soluto en el equilibrio como ordenada vs el contenido de adsorbato del sólido como abscisa en coordenadas logarítmicas, se obtendrá una línea recta de pendiente n e

intersección k . Se puede proceder también linearizando la ecuación de Freundlich de la siguiente manera: (Treyball, 1980)

$$\text{Log}Y^* = n\text{Log}X + \text{Log}k \quad [8]$$

Ejemplo de cálculo:

$$v = \frac{0,5 \text{ l agua}}{0,02 \text{ Kg carbón}} = 25 \text{ l agua / Kg carbón}$$

$$X = \frac{25 \text{ l agua}}{\text{Kg carbón}} \times \frac{(462 - 208) \text{ mg DQO}}{\text{l agua}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} = 0,006 \text{ Kg DQO / Kg carbón}$$

$$Y = \frac{462 \text{ mg DQO}}{\text{l Agua}} \times \frac{1 \text{ g}}{1000 \text{ mg}} \times \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} = 4,62 \times 10^{-4} \text{ Kg DQO / l agua}$$

Calculando los logaritmos a X e Y se tienen los resultados mostrados en la Tabla A.26.

Tabla A.26. Resultados de los cálculos para la aplicación de la ecuación de Freundlich

Nº	v	X	Y	Log X	Log Y
1	-	-	$4,62 \times 10^4$	-	-
2	25	0,006	$2,08 \times 10^4$	-2,22	-3,68
3	12,5	0,004	$1,71 \times 10^4$	-2,40	-3,77
4	10	0,003	$1,72 \times 10^4$	-2,52	-3,76
5	8,33	0,003	$1,46 \times 10^4$	-2,52	-3,84
6	6,25	0,002	$1,16 \times 10^4$	-2,70	-3,94

Después de realizar la regresión lineal con los valores de Log(X) y Log(Y) de la Tabla A.26. se tiene:

$$n = 0,513$$

$$\text{Log } k = -2,529 \rightarrow k = 0,003$$

Para determinar aproximadamente la cantidad de carbón a utilizar a partir de la concentración de DQO de las aguas residuales utilizadas en las pruebas se tiene:

$$L_s(Y_0 - Y_1) = S_s(X_1 - X_0) \quad [9]$$

Donde:

S_s : masa de adsorbente

L_s : masa de disolvente

En el equilibrio, de la ecuación [7] se tiene:

$$X_1 = \left(\frac{Y_1}{k}\right)^{1/n}$$

El carbón activado que se utiliza no contiene al principio materia oxidable, es decir $X_0 = 0$, por lo que la ecuación [9] da:

$$\frac{S_s}{L_s} = \frac{Y_0 - Y_1}{\left(\frac{Y_1}{k}\right)^{1/n}}$$

$$S_s = \frac{(4,62 \times 10^{-4} - 2,92 \times 10^{-4})}{\left(\frac{2,92 \times 10^{-4}}{0,003}\right)^{1,949}} \times \text{volumen a tratar (l)}$$

Para estimar la cantidad de carbón activado a utilizar se han asumido las condiciones del agua residual similares a las de las pruebas realizadas. Reemplazando el volumen de agua a tratar en la ecuación anterior resulta lo siguiente:

Agua residual: 22,5 l / semana

$$S_s = \frac{(4,62 \times 10^{-4} - 2,92 \times 10^{-4})}{\left(\frac{2,92 \times 10^{-4}}{0,003}\right)^{1,949}} \times 22,5 \text{ l/semana}$$
$$= 0,36 \text{ Kg carbón activado/semana}$$

El carbón activado se puede utilizar hasta cinco veces sin que la DQO obtenida sea mayor a la indicada en la Norma Ambiental. La aplicación de esta operación es semanal, razón por la cual se utilizará alrededor de 0,36 Kg carbón activado / semana.

ANEXO XII

CONSUMO DE AGUA PARA LAVADO CON LA APLICACIÓN DEL METODO PROPUESTO

Tabla A.27. Volumen de agua y tiempo para determinar el caudal en las válvulas de los lavabos del laboratorio

Volumen (l)	Tiempo (s)
1	6,34
1	6,48
1	6,53
1	6,40

$$tiempo\ promedio = \frac{6,34 + 6,48 + 6,53 + 6,40}{4} = 6,44$$

$$caudal = \frac{1\ l}{6,44\ s} \times \frac{60\ s}{1\ min} = 9,32\ l/min$$

Tabla A.28. Consumo de agua para lavado de material durante dos semanas, aplicando el método propuesto

Día	Tiempo total de uso (min)	Tiempo de desperdicio (min)
1	---	---
2	18,34	2,46
3	27,43	3,52
4	15,44	2,51
5	19,18	3,27
6	45,37	5,19
7	---	---
8	---	---
9	14,21	2,37
10	28,48	3,28
11	53,27	5,22
12	42,16	4,55
13	22,53	3,12
Total	286,41	35,49

Agua consumida:

$$\text{Agua consumida}/\text{mes} = \frac{286,41 \text{ min}}{2 \text{ semanas}} \times \frac{4 \text{ semanas}}{1 \text{ mes}} \times \frac{9,43 \text{ l}}{\text{min}} = 5\,401,69 \text{ l / mes}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua consumida}/\text{semestre} &= \frac{5\,401,69 \text{ l}}{\text{mes}} \times \frac{6 \text{ meses}}{\text{semestre}} \\ &= 32\,410,16 \text{ l /semestre} = 32,41 \text{ m}^3/\text{semestre} \end{aligned}$$

$$\text{Agua desperdiciada}/\text{mes} = \frac{35,49 \text{ min}}{2 \text{ semanas}} \times \frac{4 \text{ semanas}}{1 \text{ mes}} \times \frac{9,32 \text{ l}}{\text{min}} = 661,53 \text{ l / mes}$$

$$\begin{aligned} \text{Agua desperdiciada}/\text{semestre} &= \frac{661,53 \text{ l}}{\text{mes}} \times \frac{6 \text{ meses}}{\text{semestre}} \\ &= 3\,969,20 \text{ l /semestre} = 3,97 \text{ m}^3/\text{semestre} \end{aligned}$$

$$\% \text{ desperdicio} = \frac{661,53}{5\,401,69} \times 100 = 12,25 \%$$

ANEXO XIII

CARACTERÍSTICAS REFERENCIALES PARA CONTENEDORES DE RECOLECCIÓN SELECTIVA

Tabla A.29. Contenedores de 500 litros para puntos limpios-recolección carga manual

Contenedores diferenciados	Dimensiones*	Unidad	Capacidad * (litros)	Material	Entrada de residuos	Forma y estructura	Colores	Especificaciones	Ubicación
Altura total	1,53	m	500	Polietileno	Frontal Superior para ingreso de residuos, vaciado superior	Forma cilíndrica con parte posterior plana, tapas con orificio (s) de entrada circular para vidrio y/o plástico y una sola boca que permita la entrada de materiales de gran volumen Papel y cartón	AZUL: Papel y cartón AMARILLO: plástico. GRIS: vidrio	Sistemas de seguridad para tapa, ganchos internos para sujetar saco plástico de almacenamiento.	Preferentemente en instituciones, lugares recreativos y otros definidos por la Municipalidad
Largo total	0,57								
Ancho total	0,87								

(El Consejo del Distrito Metropolitano de Quito, 2008)

NOTA: *Podrá variar dependiendo del lugar a ubicarse y a la demanda identificada.

ANEXO XIV**ETIQUETAS DE PRECAUCION DE PRODUCTOS PELIGROSOS****▶ ETIQUETA DE PRECAUCIÓN PARA YODURO MERCÚRICO****PELIGRO DE EFECTOS ACUMULATIVOS****ADVERTENCIA! MUY TÓXICO POR INHALACIÓN, INGESTIÓN Y EN CONTACTO
CON LA PIEL****MUY TÓXICO PARA LOS ORGANISMOS ACUÁTICOS**

Evitar el contacto con la piel.
Lavarse las manos al final del trabajo.
Trabajar bajo vitrina extractora. No inhalar la sustancia.
Mantener el recipiente cerrado herméticamente.
Evítese su liberación al medio ambiente.

PRIMEROS AUXILIOS:

En caso de inhalación trasladar a la persona al aire libre.
En caso de asfixia proceder inmediatamente a la respiración artificial. Pedir rápidamente atención médica.
En caso de contacto con la piel lavar abundantemente con agua. Quitarse la ropa contaminada.
En caso de contacto con los ojos lavar con abundante agua (mínimo durante 15 minutos), manteniendo los párpados abiertos. Pedir inmediatamente atención médica.
En caso de ingestión mantener libres las vías respiratorias. Beber abundante agua. Provocar el vómito. Administrar solución de carbón activo de uso médico. Pedir inmediatamente atención médica.

(Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2000)

▶ **ETIQUETA DE PRECAUCIÓN PARA CLOROFORMO**

RIESGO DE CANCER

LA SOBREEXPOSICIÓN PUEDE CREAR RIESGO DE CANCER

ADVERTENCIA! NOCIVO SI ES INHALADO

Evitar que el preparado entre en contacto con la piel y ojos.
Evitar la inhalación de vapor y las nieblas que se producen durante el pulverizado.
Usar con ventilación adecuada, extracción localizada o protección respiratoria.
Utilizar bata, lentes de seguridad y guantes durante su manejo.
No deben usarse lentes de contacto al trabajar con este producto.
Para trasvasar pequeñas cantidades debe usarse propipeta.
No comer, beber, ni fumar durante el trabajo.
Procurar higiene personal adecuada después de su manipulación.

PRIMEROS AUXILIOS:

En caso de Inhalación situar al accidentado al aire libre, mantenerle caliente y en reposo, si la respiración es irregular o se detiene, practicar respiración artificial. No administrar nada por la boca.

En caso de contacto con los ojos lavar abundantemente los ojos con agua limpia y fresca durante, por lo menos, 10 minutos, tirando hacia arriba de los párpados y buscar asistencia médica.

En caso de contacto con la piel quitar la ropa contaminada. Lavar la piel vigorosamente con agua y jabón. Nunca utilizar disolventes o diluyentes.

En caso de ingestión buscar inmediatamente atención médica. Mantenerle en reposo. Nunca provocar el vómito.

PREPARADO IRRITANTE: Su contacto repetido o prolongado con la piel o las mucosas, puede causar síntomas irritantes, tales como enrojecimiento, ampollas o dermatitis. Algunos de los síntomas pueden no ser inmediatos. Pueden producirse reacciones alérgicas en la piel.

INSTRUCCIONES DE LUCHA CONTRA INCENDIOS: Se recomienda utilizar polvo extintor o CO₂. En caso de incendios más graves también espuma resistente al alcohol y agua pulverizada. No usar para la extinción chorro directo de agua.

INSTRUCCIONES EN CASO DE VERTIDO ACCIDENTAL: Eliminar los posibles puntos de ignición y ventilar la zona. No fumar. Evitar respirar los vapores. Recoger el vertido con materiales absorbentes no combustibles (tierra, arena, vermiculita, tierra de diatomeas...).

MANIPULACIÓN: Mantener el envase bien cerrado, aislado de fuentes de calor, chispas y fuego. No emplear herramientas que puedan producir chispas.

ALMACENAMIENTO: Almacenar los envases entre 5 y 35° C, en un lugar seco y bien ventilado, lejos de fuentes de calor y de la luz solar directa. Mantener lejos de agentes oxidantes y de materiales fuertemente ácidos o alcalinos.

(Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2000)