

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN PARA EL ALMACENAMIENTO DE
RESIDUOS QUÍMICOS GENERADOS POR EL LABORATORIO DE QUÍMICA DEL
CENTRO CONTROL DE CONTAMINACIÓN DEL PACIFICO (CCCP), DIRECCIÓN
GENERAL MARÍTIMA (DIMAR), ARMADA NACIONAL. SAN ANDRES DE TUMACO,
NARIÑO.**

MARCELA DUARTE MUÑOZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE QUÍMICA
BUCARAMANGA
2006**

**IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN PARA EL ALMACENAMIENTO DE
RESIDUOS QUÍMICOS GENERADOS POR EL LABORATORIO DE QUÍMICA DEL
CENTRO CONTROL DE CONTAMINACIÓN DEL PACIFICO (CCCP), DIRECCIÓN
GENERAL MARÍTIMA (DIMAR), ARMADA NACIONAL. TUMACO, NARIÑO.**

MARCELA DUARTE MUÑOZ

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de químico(a).

DIRECTOR DEL PROYECTO DE GRADO

MARIANNY Y. COMBARIZA

QUÍMICA Ph. D.

CODIRECTOR DE PROYECTO

QUÍMICA. SANDRA L. FRANCO SERRANO

DIRECTORA DEL LABORATORIO DE QUÍMICA DEL CCCP.

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

FACULTAD DE CIENCIAS

ESCUELA DE QUÍMICA

BUCARAMANGA

2006

**AGRADEZCO A DIOS POR PERMITIRME ALCANZAR
ESTA META.**

**A MI HIJA VALENTINA POR DARME LA FUERZA
PARA SEGUIR HACIENDO DEL BARRO MI CAMINO.**

**A MIS PADRES Y HERMANOS POR CREER EN MI,
APOYARME Y DARME LA OPORTUNIDAD DE ESTAR
AQUÍ.**

**A MI AMIGA LINA MARIA QUE ME BRINDO
SIEMPRE SU APOYO Y COLABORACIÓN.**

**A MIS AMIGOS Y TODOS LOS QUE ME BRINDARON
SU AYUDA EN TODO MOMENTO.**

**A LA DOCTORA MARIANNY POR SU PACIENCIA Y
COMPRENSIÓN.**

MARCELA

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis agradecimientos a Dios y a mis padres por creer en mí y brindarme la oportunidad para formarme como profesional.

A la doctora Marianny Y. Combaríza, por su especial paciencia, comprensión y enseñanza.

Al Centro Control Contaminación del Pacífico (CCCP) por brindarme la oportunidad para realizar este proyecto.

A la doctora Sandra P. Franco, por sus consejos y enseñanzas.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	10
I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	12
1. GESTIÓN DE RESIDUOS	12
1.1 RECOGIDA	14
1.2 CLASIFICACIÓN	14
1.3 ALMACENAMIENTO	16
1.3.1 Tipos de envases	17
1.3.2 Etiquetado e identificación de los envases	18
1.3.3 Incompatibilidades entre sustancias	19
1.4 TRATAMIENTO	20
1.5 RECUPERACIÓN	20
1.6 ELIMINACIÓN	21
1.6.1 Procedimientos para eliminación-recuperación de residuos	21
II. METODOLOGÍA	22
2.1 INVENTARIO DE REACTIVOS Y SUSTANCIAS CON FECHAS DE VENCIMIENTO YA EXPIRADAS	22
2.2 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS DEL LABORATORIO	22
2.2.1 Determinación de la peligrosidad de un residuo.	23
2.2.2 Clasificación de los residuos según los análisis realizados.	24
2.2.3 Recolección.	26
2.2.4 Normas de seguridad:	26
3. PROGRAMA DE ALMACENAMIENTO	26
4. SELECCIÓN DE LOS RECIPIENTES ADECUADOS	26
5. SITIO DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL	27
6. FORMATO DE ALMACENAMIENTO	27
7. TRATAMIENTO DE RESIDUOS QUÍMICOS NO PELIGROSOS	28
TABLAS	30
III. RESULTADOS	31
Resultado 1. Inventario de reactivos a diciembre de 2004	32
Resultado 2: Clasificación de la peligrosidad	34
Resultado 3: LAQ-MR-001 Manual de procedimiento para el almacenamiento de residuos químicos.	38
IV. CONCLUSIONES	45
RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	48
ANEXOS	50

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. Categorías tóxicas	20
TABLA 2. Tabla de la clasificación de los residuos químicos por pruebas	22
TABLA 3. Clasificación de residuos	27
TABLA 4. Concentraciones de residuos no peligrosos restringidos	44

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Gestión de Residuos	11
FIGURA 2 Bidón de plástico	15
FIGURA 3 Bidón de plástico de tapa móvil	15
FIGURA 4 Fórmula 1	20
FIGURA 5. Formato de la etiqueta de residuos	24
FIGURA 6. Formato técnico LAQ-FT-058 Almacenamiento de residuos químicos	25

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 Lista-p de la EPA sobre residuos peligrosos	47
ANEXO 2. Diagrama del laboratorio de química del CCCP	50

RESUMEN

TÍTULO*:

IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE GESTIÓN PARA EL ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS QUÍMICOS GENERADOS POR EL LABORATORIO DE QUÍMICA DEL CENTRO CONTROL DE CONTAMINACIÓN DEL PACIFICO (CCCP), DIRECCIÓN GENERAL MARÍTIMA (DIMAR), ARMADA NACIONAL. TUMACO, NARIÑO.

Duarte Muñoz Marcela, Combariza Marianny Y** y Franco Serrano Sandra L**.

Palabras claves, Residuo químico, medio ambiente, recolección, clasificación, almacenamiento, gestión.

En la actualidad los residuos químicos representan un gran problema ambiental debido a su manejo inadecuado y a la falta de políticas institucionales para su control.

El manejo integral de los residuos químicos en los laboratorios tiene como función principal la disminución del impacto ambiental en su disposición final. Sin embargo actualmente el manejo integral de los residuos químicos constituye además una pieza fundamental en la aplicación de criterios de calidad y gestión tendientes a obtener o mantener acreditación de laboratorios de prestación de servicios. En 1991 la legislación medio ambiental tomó nuevas dimensiones en Colombia, y en 1993 se expidió la Ley 99 que conformó el Sistema Nacional Ambiental (Sina) y creó el Ministerio del Medio Ambiente. Actualmente existe el Decreto 1594 de 1984, que establece normas de vertimiento de sustancias químicas a las aguas residuales y trámites ambientales aplicables en todo el territorio nacional de Colombia. Este decreto contiene artículos muy importantes como el artículo 72 (Descargas a Cuerpos de Agua.) y el artículo 73, y el Decreto 1594/84 (Descargas a la red de alcantarillado). Y también existe la norma NTC-ISO-IEC-17025 sobre requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración³

El laboratorio de química del Centro Control de Contaminación del Pacífico (CCCP) es una entidad oficial bajo la jurisdicción de la Dirección General Marítima de la Armada Nacional que tiene como función el monitoreo de los niveles de contaminación en las aguas marinas. Para cumplir con este objetivo el laboratorio realiza una gran cantidad de análisis que generan residuos químicos.

En este proyecto se desarrolló un plan de gestión para el almacenamiento de los residuos químicos generados por el laboratorio del CCCP debido en parte a la obsolescencia de los procedimientos establecidos anteriormente. El plan de gestión desarrollado, que incluye un sistema de recolección, clasificación y almacenamiento de los residuos químicos generados por el CCCP, está acorde con las normas ambientales y de aseguramiento de la calidad vigentes en Colombia a la fecha (Decreto 1594 del 26 de junio de 1984 y norma NTC-ISO-IEC-17025). Con la implementación del plan se minimizó la contaminación causada por el vertimiento al drenaje de residuos desactivados inadecuadamente; se estableció la importancia de su recolección y clasificación; y se

Acondicionó un espacio adecuado para su almacenamiento temporal, mientras que se les da un tratamiento especial para su disposición final.

***Proyecto de grado**

****Facultad de Ciencias, Escuela de Química, Directora: Marianny Y. Combariza, QUÍMICA Ph. D.**

**** Directora del Laboratorio de Química del CCCP, Codirectora: Sandra Liliana Franco Serrano, Química.**

INTRODUCCIÓN

Los residuos químicos se han convertido en un gran problema para el medio ambiente debido, en parte, a su manejo inadecuado y a los altos costos asociados con su disposición final. A nivel mundial, incluyendo a Colombia, la legislación ambiental requiere que las entidades generadoras de residuos químicos se hagan responsables de su segregación, almacenamiento, desactivación y/o eliminación.

El Decreto 1594 de 1984, establece normas de vertimiento de sustancias químicas a las aguas residuales y trámites ambientales aplicables en todo el territorio nacional de Colombia. Artículo 72, Decreto 1594/84 (Descargas a Cuerpos de Agua.), Artículo 73, Decreto 1594/84 (Descargas a la red de alcantarillado).³ Por otra parte, en la actualidad la gestión adecuada de los residuos en el laboratorio no solo es una necesidad primaria para mejorar las condiciones de trabajo sino que constituye también una pieza fundamental en la aplicación de criterios de calidad y gestión en el laboratorio.¹

El laboratorio de química del Centro Control de Contaminación del Pacífico (CCCP) es una entidad oficial bajo la jurisdicción de la Dirección General Marítima de la Armada Nacional que tiene como función el monitoreo de los niveles de contaminación en las aguas marinas. Para cumplir con este objetivo el laboratorio realiza una gran cantidad de análisis químicos como la determinación de fósforo total, silicato reactivo, amonio, nitritos, nitratos, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), metales por absorción atómica, hidrocarburos en organismos, hidrocarburos en sedimentos, hidrocarburos disueltos y dispersos en aguas por el método fluorométrico, plaguicidas organoclorados, clorofila, materia orgánica en aguas, materia orgánica en suelos, oxígeno disuelto, salinidad y determinación de pH, que obviamente generan residuos. Inicialmente, se implementaron en el laboratorio algunos procedimientos elementales de tratamiento, sin embargo eventualmente se hizo evidente la necesidad de desarrollar un sistema adecuado para la gestión integral de los desechos.

En el presente documento se consigna una descripción detallada de las actividades relacionadas con la implementación de un programa para la gestión integral de los residuos químicos generados por el CCCP. Esta experiencia se llevó a cabo, como parte de una pasantía en el laboratorio de química, durante el periodo comprendido entre agosto y diciembre de 2004. En general el plan de gestión desarrollado, que incluye un sistema de recolección, clasificación y almacenamiento de los residuos químicos generados por el CCCP, esta acorde con las normas ambientales y de aseguramiento de la calidad vigentes en Colombia a la fecha (Decreto 1594 del 26 de junio de 1984 relacionado con usos del agua y residuos líquidos y norma NTC-ISO-IEC-17025 sobre requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración). Con la implementación del plan se minimizó la contaminación causada por el vertimiento al drenaje de residuos desactivados inadecuadamente; se estableció la importancia de su recolección y clasificación; y se acondicionó un espacio adecuado para su almacenamiento temporal, mientras que se les da un tratamiento adecuado para su disposición final.

El diseño del plan de gestión incluyo, entre otras, las siguientes actividades:

1. Inventario de reactivos y sustancias con fechas de vencimiento ya expiradas.
2. Identificación y clasificación de los residuos químicos del laboratorio.
 - Determinación de la peligrosidad.
 - Clasificación de los residuos según los análisis realizados.
 - Recolección.
 - Normas de seguridad.
3. Programa de almacenamiento. Mecánica de funcionamiento de la recolección selectiva.
4. Selección de los recipientes adecuados.
5. Sitio de almacenamiento temporal.
6. Formato de almacenamiento.
7. Tratamiento de residuos químicos no peligrosos.

Finalmente, es nuestro objetivo a largo plazo que la aplicación rigurosa de las normas y el seguimiento de las actividades establecidas en el plan de gestión contribuyan a la eliminación de vertimientos contaminados, con sustancias químicas provenientes del CCCP, en las aguas del puerto de Tumaco.

I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. GESTIÓN DE RESIDUOS.

Un producto se convierte en residuo en el momento en el que su productor o poseedor lo destina al abandono. También todo aquel material sólido, viscoso o líquido que se genera como una consecuencia no deseada de la actividad humana se considera como residuo.¹

En general los residuos se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- Residuos inertes (de origen mineral, escombros).
- Residuos no peligrosos (asimilables a municipales).
- Residuos especiales (tóxicos o peligrosos y no peligrosos).

Los residuos especiales incluyen los residuos químicos, los gases, los aceites usados y aquellos que exigen una gestión diferenciada y que están legislados específicamente como son los residuos radiactivos, los residuos cancerígenos y los residuos biológicos.¹

La gestión integral de residuos comprende a su vez todas las actividades encaminadas a dar a los residuos tóxicos y peligrosos el destino final más adecuado. Un “residuo peligroso/tóxico” puede ser cualquier material/sustancia química residual que no se planea usar o reciclar. Por ejemplo, un reactivo o sustancia caduca que se haya utilizado y se planea descartar o el producto de un derrame o de un accidente en el laboratorio se consideran residuos; los adjetivos peligroso o tóxico se utilizan una vez se haya establecido el grado de peligrosidad del residuo (*vide infra*).²

En Colombia existe la siguiente reglamentación con respecto a la gestión y destino final de residuos especiales:

- La norma NTC-ISO-IEC-17025 Requisitos Generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración, que regula la competencia técnica para ejecutar análisis ambientales con confiabilidad y de acuerdo con estándares internacionales.
- El decreto 1669 de 2002 por el cual se modifica parcialmente el Decreto 2676 de 2000*, este decreto reglamenta la gestión integral de los residuos hospitalarios y similares.
- Resolución 1164 de 2002 del Ministerio del Medio Ambiente por la cual se adopta el Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de los residuos hospitalarios y similares en Colombia.
- El decreto No 1594 del 26 de junio de 1984. que regula las cargas en las aguas residuales de algunos compuestos como Aluminio, arsénico, boro, cadmio, cinc, cobre, cromo, mercurio, nitratos + nitritos, nitrito, plomo, contenido de sales, etc.³

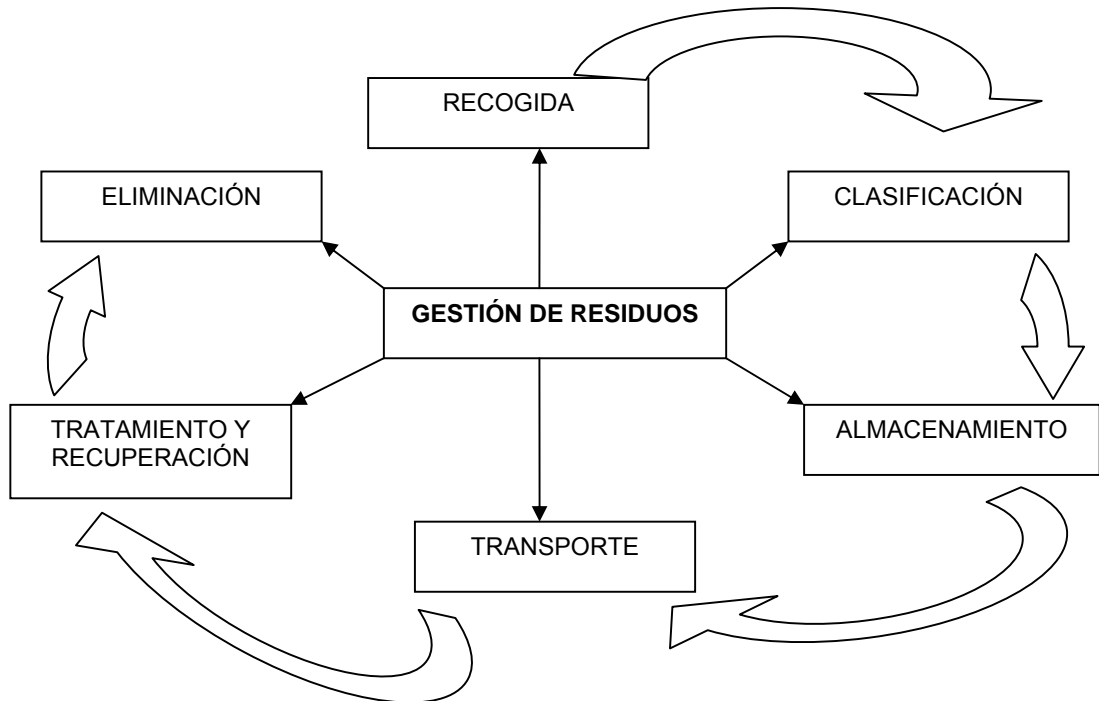
**De acuerdo con el decreto 2676 de 2000 los laboratorios que utilicen reactivos químicos tóxicos deben tener un plan de gestión de residuos.*

Un programa integral de gestión de residuos para el laboratorio debe abarcar todos los residuos generados en el mismo, tanto los no peligrosos como los peligrosos. Para elaborar un programa de gestión de residuos se deben tener en cuenta algunos de los siguientes puntos: ⁴

- **Responsable o responsables.** Debe nombrarse un responsable o responsables que supervisen y comprueben la correcta aplicación y ejecución del programa e informen a la Dirección.⁵
- **Nivel de recursos necesarios.** Debe conocerse y evaluarse el costo del programa considerando todas las operaciones (recogida, transporte, reutilización, recuperación, tratamiento, etc.).
- **Identificación.** Todos los productos considerados como residuos deben estar clasificados e identificados en función de su peligrosidad y/o destino final.
- **Minimización / reducción.** Deben estudiarse y valorarse las posibilidades de reutilización, recuperación, tratamiento en el propio laboratorio o racionalización de compras al objeto de reducir en lo posible la generación de residuos.
- **Inventario.** Debe confeccionarse una relación de los residuos generados y mantenerla actualizada.
- **Almacén.** Debe disponerse de un espacio separado del laboratorio para almacén de residuos, provisto de los elementos de seguridad necesarios.
- **Recogida y transporte.** Se deben facilitar los recipientes y etiquetas adecuados para la recogida y el transporte de los residuos.
- **Medidas de seguridad.** Deben establecerse las medidas de seguridad necesarias indicando las prendas de protección que deben utilizarse.
- **Actuación en caso de accidentes / incidentes.** Se deben dar las instrucciones de actuación en caso de vertidos o derrames, o de cualquier incidente que pueda producirse. Asimismo deben indicarse las pautas de actuación en caso de una emergencia.
- **Formación e información.** Todo el personal debe conocer el programa de gestión de residuos adoptado, su ejecución y la responsabilidad de cada uno en el mismo. Todas las informaciones sobre el programa deben proporcionarse por escrito.⁴

Específicamente, el programa de gestión de residuos peligrosos en el laboratorio de química comprende las operaciones de recogida, clasificación, almacenamiento, transporte, tratamiento, recuperación y eliminación. (Fig. 1).¹

Figura. 1: Gestión de residuos.¹



A continuación se mencionan algunas características importantes asociadas con cada uno de los procesos involucrados en el programa de gestión de residuos.

1.1 RECOGIDA

La implantación del programa de gestión, implica el establecimiento de un plan de recogida selectiva que conlleva distintas acciones como el estudio de la organización y actividad del laboratorio. El programa de gestión desarrollado depende básicamente del tipo de laboratorio, de la actividad del mismo y del sector al que pertenece. Son aspectos a considerar:

- Actividad del laboratorio (investigación, docencia, servicios, etc.).
- Relación de productos utilizados.
- Técnicas instrumentales utilizadas.
- Relación de operaciones y determinaciones analíticas que se efectúan en el laboratorio.
- Cantidad, periodicidad y variedad de residuos generados (inventario).
- Organización del laboratorio.
- Posibilidades de minimización (reducción, recuperación, tratamiento in situ, etc.).¹

1.2 CLASIFICACIÓN

La caracterización, selección e identificación de los residuos es básica en el programa de gestión, porque se minimizan riesgos asociados con manipulación, transporte o

almacenamiento incorrectos. Asimismo se facilita el tratamiento que debe implementarse para su eliminación. Para la clasificación apropiada de los residuos se deben considerar los siguientes aspectos:

- **Definición de grupos.** Los grupos se definen de acuerdo con las características fisicoquímicas de los productos, su peligrosidad y destino final.

Posibles grupos de residuos de laboratorio

- METALES PESADOS
- ÁCIDOS
- SALES DE METALES PESADOS
- BASES
- HALOGENADOS
- DISOLVENTES
- ORGANOMETÁLICOS
- DISOLVENTES CLORADOS
- PESTICIDAS
- HIDROCARBUROS

- **Envases o contenedores.** Se debe contar con recipientes adecuados para cada tipo de residuo considerando su estado físico, sus propiedades y destino final .
- **Identificación.** Todos los residuos y sus recipientes deben estar identificados y correctamente etiquetados de acuerdo con las disposiciones legales sobre clasificación, envasado y etiquetado. Debe tenerse en cuenta que un residuo es frecuentemente una sustancia o un preparado peligroso, y tiene que estar claramente identificado para que su manipulación pueda efectuarse en las condiciones de seguridad apropiadas. ¹

Un residuo químico se puede clasificar como:

- Residuos peligrosos característicos
- La mayoría de los residuos de laboratorio se consideran peligrosos si pertenecen a una o más de las seis categorías mencionadas a continuación. Si hay duda en cuanto al residuo, este se trata como residuo peligroso por defecto. ²
- **Corrosivos:** Las sustancias y preparados que, en contacto con tejidos vivos puedan ejercer una acción destructiva de los mismos.
 - **Inflamables:** Las sustancias y preparados líquidos cuyo punto de ignición sea bajo, menor de 60 °C. ⁵
 - **Halogenados:** son sustancias que en su estructura contienen halógenos como flúor, cloro, bromo y yodo.
 - **Reactivos:** sustancias que reaccionan fácilmente con el aire y el agua.

- **Tóxicos:** Las sustancias y preparados que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea en pequeñas cantidades puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.⁵
- **Combustibles o comburentes:** Las sustancias y preparados que, en contacto con otras sustancias, en especial con sustancias inflamables, produzcan una reacción fuertemente exotérmica.⁵
- **No peligrosos:** sustancias y preparados que no tienen efectos nocivos sobre la salud humana.⁵
- *Residuos peligrosos listados.*

Existe una lista de compuestos que se consideran automáticamente como residuos peligrosos (**Ver anexo 1**). En esta lista de 850 compuestos hay algunos señalados con asterisco (*) que conforman la denominada Lista-P (P-listed wastes, según la EPA). Las sustancias de Lista-P se consideran de extrema peligrosidad debido a que en muy bajas concentraciones, pueden causar severos efectos tóxicos en humanos. El recipiente original en el cual se almacenó el residuo de la lista-P debe ser enjuagado tres veces antes de descartarse y el residuo del enjuague debe almacenarse e identificarse como residuo peligroso y altamente tóxico.²

Las sustancias o residuos químicos se pueden clasificar de acuerdo con el análisis de donde provengan. Es muy importante clasificar todos los productos químicos utilizados o almacenados en el laboratorio, porque se facilita su disposición y tratamiento. Asimismo se evita la formación de compuestos finales recalcitrantes debido a mezclas de residuos incompatibles que pueden dificultar su identificación debido a la complejidad de los compuestos formados.⁶

Una buena clasificación de estas sustancias permite conocer el grado de peligrosidad que cada una posee. Los desechos son clasificados en caso de que se conozca su toxicidad, si existe algún requerimiento especial para su transporte, manejo en caso de derrame o alguna contaminación del personal encargado de los residuos.⁶

1.3 ALMACENAMIENTO

La disposición adecuada de residuos químicos es esencial para la salud y seguridad de los trabajadores de la Empresa y/o Institución, y a la comunidad circundante. La disposición responsable de los residuos químicos reduce presentes y futuras amenazas al medio ambiente. De esta manera, resulta imperativa la disposición de todos los residuos químicos de una manera segura, eficiente y legal.⁷

El almacenamiento de los distintos residuos debe efectuarse de acuerdo con los grupos establecidos, evitando incompatibilidades y otras situaciones peligrosas que puedan incrementar el riesgo. Deben tenerse en cuenta aquellos residuos que exigen una gestión diferenciada como los cancerígenos o los radiactivos. En el almacén debe llevarse un registro, anotando las fechas de entrada y salida, y no debe admitirse residuo alguno si no está debidamente etiquetado. Al objeto de minimizar el volumen de residuos acumulados y evitar costos suplementarios, es importante conocer la periodicidad con que se generan los residuos para poder establecer unos plazos de recogida y tratamiento.¹

Los residuos no deben almacenarse nunca en el propio laboratorio. Debe buscarse un lugar específico que cumpla con normas de seguridad, considerando además los riesgos inherentes y la incompatibilidad con otros productos químicos y las condiciones del medio, como el calor, fuentes de ignición, luz y humedad.⁸ El lugar que se destinará al almacenamiento de los residuos debe tener las siguientes condiciones:

- a) Espacio para el almacenaje exclusivo de productos químicos.
- b) Construcción sólida (muros, pisos y puertas) y techo liviano. Resistencia al fuego de 120 minutos.
- c) Piso no absorbente y de fácil limpieza.
- d) Lugar fresco con buena ventilación (natural o forzada) y mínima humedad.
- e) Mínima exposición a luz solar directa. Preferentemente optar por bodegas sin ventanas.
- f) Sistema de evacuación de derrames, con depósito de contención.
- g) Sistema eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión para el caso particular de productos inflamables.
- h) Vías de alternativas de evacuación, no obstaculizadas. Apertura de las puertas hacia afuera.
- i) Las estanterías deben ser resistentes a las sustancias químicas, contar con soporte de sujeción y disponer de bandejas para contener derrames.
- J) Señalización de riesgos en accesos e interior.
- k) Acceso a bodegas solo a personal autorizado, con prohibición de fumar, beber e ingerir alimentos.
- l) Mantener un buen orden y aseo.⁹

1.3.1 Tipos de envases

Para el envasado y correspondiente separación de los residuos se emplean distintos tipos de bidones o recipientes, dependiendo de las características fisicoquímicas del residuo y de la cantidad producida.¹⁰

La elección del tipo de envase también depende de cuestiones logísticas como la capacidad de almacenaje del laboratorio. Algunos tipos de posibles envases a utilizar son los siguientes:

- Recipientes de baja capacidad para almacenar sustancias químicas:

Garrafas de polietileno (de alta densidad resistente a la mayoría de productos químicos) de 5 a 30 litros de capacidad. Los envases son aptos para los residuos, tanto sólidos como líquidos. También pueden emplearse envases originales procedentes de productos, siempre que estén correctamente etiquetados y marcados.

Para el envasado y correspondiente separación de los residuos se emplean distintos tipos de bidones o recipientes, dependiendo del tipo de residuo y de la cantidad producida¹¹.

- Bidones de alta capacidad para almacenar

Son recipientes normalmente de polietileno de 60 y 90 litros o 55 galones de capacidad y boca ancha, destinados al material contaminado. Pueden ser cilíndricos, de fondos planos, así como los recipientes de otras formas similares.¹¹

Ejemplos:

- Bidón de plástico de tapa fija de 220 L. (Fig. 2)
- Bidón de plástico de tapa móvil de 30 a 150 L. (Fig. 3)

Figura 2. Bidón de plástico.



Figura 3. Bidón de plástico de tapa móvil.



- Cajas

Recipientes de paredes rectangulares fabricados en plástico sin orificios. Pueden reforzarse con rebordes de metal. También pueden ser cajas de polietileno con un fondo de producto absorbente, preparadas para el almacenamiento y transporte de reactivos obsoletos y otros productos especiales.¹¹

Para pequeñas cantidades de productos químicos se utilizan garrafas de 4 o 5L de vidrio o plástico. Para grandes cantidades se utilizan bidones de alta capacidad de polietileno.

El plástico para soluciones acuosas inorgánicas, soluciones básicas o ácidas con un pH no menor de 3 y no mayor de 9.

El vidrio para soluciones con hidrocarburos clorados, disolventes halogenados, disolventes clorados.¹²

1.3.2 Etiquetado e identificación de los envases

Todo envase que contenga residuos peligrosos debe estar correctamente etiquetado (indicación del contenido) e identificado (indicación del productor). La identificación incluye los datos de la empresa productora, la referencia concreta de la unidad (nombre, clave o similar), el nombre del responsable del residuo y las fechas de inicio y final de llenado del envase. La función del etiquetado es permitir una rápida identificación del residuo así como informar del riesgo asociado al mismo, tanto al usuario como al gestor. Se debe proponer una codificación de etiquetas de distinto color, por ejemplo:¹⁰

Disolventes halogenados, disolventes clorados
Disolventes no-halogenados

Color etiqueta
Naranja
Verde

Soluciones acuosas inorgánicas	Azul
Soluciones acuosas básicas: NaOH, KOH	Azul
Soluciones acuosas de metales pesados	Azul
Soluciones acuosas de cromo (vi)	Azul
Soluciones acuosas de sulfatos, fosfatos, cloruros nitratos.	Azul
Soluciones acuosas orgánicas con alta DQO.	Azul
Soluciones acuosas de colorantes	Azul
Soluciones con fijadores orgánicos: formol, fenol.	Azul
Mezclas agua / disolvente: metanol / agua, eluyentes de cromatografía.	Azul
Soluciones acuosas orgánicas: aminas, amidas, amonio	Celeste
Ácidos	Rojo
Aceites	Marrón
Sólidos	Amarillo
Hidrocarburos	Negro
Pesticidas	Gris
Especiales	Violeta

El contenido de las etiquetas debe contener:

- Pictogramas e indicaciones de peligro.
- Los riesgos específicos que correspondan mediante una o más frases de riesgos (frases R).
- Los consejos de prudencia que correspondan mediante las frases de seguridad (frases S).
- Un espacio en blanco donde el productor hará constar el principal componente tóxico o peligroso del residuo (p.e., metanol, metales pesados, cromo, plomo, etc.)¹⁰

1.3.3 Incompatibilidades entre sustancias

El principal riesgo en la recogida selectiva de los residuos son las posibles reacciones como consecuencia de incompatibilidad. En este sentido es especialmente importante lo expuesto en el apartado referente a la identificación de los envases.⁴

Ejemplos de incompatibilidades a considerar en el almacenamiento de residuos:¹⁰

Ácidos con Bases

Ejemplo:

Ácido sulfúrico con hidróxido sódico

Ácidos fuertes con Ácidos débiles que desprendan gases

Ejemplo:

Ácido nítrico con ácido clorhídrico

Ácido clorhídrico con cianuros o Sulfuros

Oxidantes con Reductores

Ejemplo:

Ácido nítrico con compuestos orgánicos

Agua con Compuestos varios

Ejemplo: Agua con boranos, Anhídridos, carburos, triclorosilanos, haluros, haluros de ácido, hidruros. Isocianatos, metales alcalinos, pentóxido de fósforo, reactivos de Grignard.

Una vez almacenados los residuos se debe examinar periódicamente (2 veces por semana), el estado actual en el que se encuentran. La siguiente es la metodología sugerida para llevar a cabo el proceso de manejo de residuos:

- Examinar la apariencia física del contenedor, tamaño, material del que está hecho, y si presenta alguna degradación (rupturas, cambios de color, etc.).
- Si el contenedor es transparente, con la inspección ocular se puede determinar si existen dos o más fases de separación en el residuo, así como porcentaje en volumen ocupado por ambas fases, presencia de sedimento, presencia de material cristalino.
- Si el contenedor es opaco, se examina si después de la adición del residuo conserva sus características físicas.⁶

1.4 TRATAMIENTO

El tratamiento de los residuos químicos reduce las características que hacen que un residuo químico sea peligroso.⁷ Es de gran importancia realizar tratamientos en el laboratorio a algunos residuos antes de eliminarlos con el fin de minimizar los riesgos para la salud humana y para el medio ambiente.

- Procesos de tratamiento Físico - Químico

Este tipo de método puede ser aplicado separadamente o como complemento a métodos químicos o biológicos.⁹

A continuación se presentan algunos procesos de tratamiento de residuos peligrosos.⁹

Adsorción en carbón

Adsorción en resinas

Destilación

Intercambio iónico

Extracción de disolvente

Ultrafiltración

Sedimentación

Filtración al vacío

Neutralización

1.5 RECUPERACIÓN

Este procedimiento consiste en efectuar un tratamiento al residuo que permita recuperar algún elemento o compuesto específico que se pueda reutilizar o que sea extremadamente tóxico. La recuperación generalmente se aplica a solventes orgánicos y los metales pesados.⁹

Por ejemplo, en las técnicas analíticas como la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC), la extracción líquido-líquido, y la preparación de muestras se utilizan grandes cantidades de solventes que se pueden reutilizar luego de ser recuperados por destilación.

1.6 ELIMINACIÓN

Los residuos generados en el laboratorio pueden tener características muy diferentes y producirse en cantidades variables, aspectos que inciden directamente en la elección del procedimiento para su eliminación.

Entre otros, se pueden citar los siguientes factores:

- Volumen de residuos generados.
- Periodicidad de generación.
- Facilidad de neutralización.
- Posibilidad de recuperación, reciclado o reutilización.
- Coste del tratamiento y de otras alternativas.
- Valoración del tiempo disponible.

Todos estos factores combinados deberán ser convenientemente valorados con el objeto de optar por un modelo de gestión de residuos adecuado y concreto. Así por ejemplo, si se opta por elegir una empresa especializada en eliminación de residuos, se debe concertar de antemano la periodicidad de la recogida y conocer los procesos empleados por la empresa, así como su solvencia técnica. La elección de una empresa especializada es recomendable en aquellos casos en que los residuos son de elevada peligrosidad y no les son aplicables los tratamientos generales habitualmente utilizados en el laboratorio.¹³

1.6.1 Procedimientos para eliminación-recuperación de residuos

Los procedimientos para la eliminación de los residuos son varios y el que se apliquen unos u otros dependerá de los factores citados anteriormente, siendo generalmente los más utilizados, los siguientes:

- Vertido

Recomendable para residuos no peligrosos y para peligrosos, una vez reducida su peligrosidad mediante neutralización o tratamiento adecuado. El vertido se puede realizar directamente a las aguas residuales o bien a un vertedero. Los vertederos deben estar preparados convenientemente para prevenir contaminaciones en la zona y preservar el medio ambiente.⁹

- Incineración

Los residuos son quemados en un horno y reducidos a cenizas. Es un método muy utilizado para eliminar residuos de tipo orgánico y material biológico. Debe controlarse la temperatura y la posible toxicidad de los humos producidos. La instalación de un incinerador sólo está justificada por un volumen importante de residuos a incinerar o por una especial peligrosidad de los mismos. En ciertos casos se pueden emplear las propias calderas disponibles en los edificios.⁹

- Reutilización - Reciclado

Una vez recuperado un compuesto, la solución ideal es su reutilización o reciclado, ya que la acumulación de productos químicos sin uso previsible en el laboratorio no es recomendable. El mercurio es un ejemplo claro en este sentido. En algunos casos, el reciclado puede tener lugar fuera del laboratorio, ya que el producto recuperado (igual o diferente del contaminante originalmente considerado) puede ser útil para otras actividades distintas de las del laboratorio.⁹

II. METODOLOGÍA

Como se mencionó anteriormente, la metodología a seguir durante el desarrollo del proyecto comprende los siguientes pasos:

1. Inventario de reactivos y sustancias con fechas de vencimiento ya expiradas.
2. Identificación y clasificación de los residuos químicos del laboratorio.
3. Programa de almacenamiento.
4. Selección de los recipientes adecuados.
5. Sitio de almacenamiento temporal.
6. Formato de almacenamiento.
7. Tratamiento de residuos químicos no peligrosos.

A continuación se describe la metodología implementada para cada uno de los pasos descritos anteriormente

2.1 INVENTARIO DE REACTIVOS Y SUSTANCIAS CON FECHAS DE VENCIMIENTO YA EXPIRADAS

La elaboración de inventarios, en un laboratorio químico, es fundamental para establecer un control de las sustancias en existencia. Los inventarios actualizados y debidamente mantenidos permiten conocer la dinámica del laboratorio en cuanto a consumo, reserva y necesidad de reactivos.

Inicialmente se elaboró una lista detallada de todos los reactivos que se encontraban en el almacén siguiendo el formato que se ilustra a continuación:

CANTIDAD (UNIDADES)	PRESENTACIÓN	NOMBRE DEL REACTIVO	NUMERO DE LOTE	FECHA DE VENCIMIENTO	MARCA	CÓDIGO	UBICACIÓN ESTANTE	SUB TOTAL	SALDO	SALDO TOTAL
4	2,5 L	ACIDO CLORHIDRICO	K30553317215	30/04/2007	MERCK	112	N5		10 L	10 L

Paralelamente, se actualizaron las hojas de datos de seguridad de materiales (MSDS Material Safety Data Sheet) para cada uno de los reactivos en el almacén. A partir de los resultados iniciales fue posible retirar reactivos caducos, que fueron almacenados para su posterior eliminación.

2.2 IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS DEL LABORATORIO

Este paso involucra necesariamente el conocimiento de todos los análisis que se realizan en el CCCP con sus correspondientes reactivos. En general, las pruebas mas comunes que se realizan en el laboratorio son: determinación de fósforo total, silicato reactivo, amonio, nitritos, nitratos, DBO, metales por absorción atómica, hidrocarburos en organismos, hidrocarburos en sedimentos, hidrocarburos disueltos y dispersos en aguas

por el método fluorométrico, plaguicidas organoclorados, clorofila, materia orgánica en aguas, materia orgánica en suelos, oxígeno disuelto, salinidad y pH.

2.2.1 Determinación de la peligrosidad de un residuo.

Para la determinación de la peligrosidad de los residuos se tuvieron en cuenta las siguientes características:

- Toxicidad

Para la determinación de la toxicidad de las mezclas de residuos se tuvo en cuenta la siguiente tabla de Categorías Tóxicas y la fórmula 1 (Figura 4) tomadas del artículo “reglamento de manejo de residuos peligrosos”⁷, que establece las categorías X, A, B, C ó D para niveles de toxicidad particulares. La categoría X es la más tóxica y la categoría D es la menos tóxica. Sustancias bajo la categoría D son consideradas no tóxicas porque se necesitan altos niveles de concentración la sustancia para que sean tóxicos.

Tabla 1. Categorías Tóxicas⁷

Categoría	Rata. Oral <u>LD₅₀ (mg/l)</u>	Rata. Inhalación <u>LC₅₀ (mg/l)</u>	Conejo. Dérmico <u>LD₅₀ (mg/l)</u>
X	< 0.5	< 0.02	< 2.0
A	0.5 – 5	0.02 – 0.2	2 – 20
B	5 – 50	0.2 – 2	20 – 200
C	50 – 500	2 – 20	200 – 2,000
D	500 – 5,000	20 – 200	2,000 – 20,000

Figura 4. Fórmula 1

$$CE(\%) = \sum X\% + \frac{\sum A\%}{10} + \frac{\sum B\%}{100} + \frac{\sum C\%}{1,000} + \frac{\sum D\%}{10,000}$$

A continuación se ilustra el procedimiento para la determinación de la toxicidad de un residuo particular:

En el análisis de fósforo total se obtiene un residuo de ácido perclórico (D); sln de ácido ascórbico (D); sln de ácido clorhídrico (D); Sln de hidróxido de sodio 6 N (D); trazas de Fenoltaleína.

Como todas las sustancias que componen la mezcla están bajo la categoría D, por su baja concentración en la mezcla, el residuo se considera no tóxico.

- Inflamabilidad

La inflamabilidad de un compuesto es la capacidad que tiene de inflamarse bajo ciertas condiciones (fuente de ignición cercana) o de combustionarse espontáneamente. Pueden

ser compuestos sólidos que pueden arder por fricción o contacto con agua, gases comprimidos, y compuestos Oxidantes.

La temperatura más baja a la cual los vapores en la superficie de un líquido inflamable sufren ignición al acercársele una llama, se conoce como Flash Point.⁵

Un residuo químico exhibe la característica de inflamabilidad si:

- a. El líquido tiene un Flash Point menor que 60 °C;
- b. Los sólidos que puedan inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de inflamación y que sigan quemándose o consumiéndose una vez retirada dicha fuente.
- c. Un sólido, líquido o gas que elimine o libere oxígeno, ya sea a temperatura ambiente o bajo pequeños calentamientos. Esto incluye peróxidos, cloratos, percloratos, nitratos y permanganatos.^{5,7}

- Corrosividad

Es la capacidad de dañar o destruir materiales o tejidos orgánicos por acción química.

Un residuo químico exhibe la característica de corrosividad si:

- a. La solución acuosa posee un $\text{pH} \leq 2$ o un $\text{pH} \geq 11,5$.
- b. Sólidos que, cuando son mezclados con una parte igual de agua, forman soluciones con un pH menor a 2 o mayor a 12.5.^{5,7}

- Reactividad

Es el potencial de las sustancias para reaccionar químicamente liberando energía.

Un residuo químico exhibe la característica de reactividad si:

- a. Normalmente es inestable y fácilmente realiza un cambio violento sin detonación.
- b. Cuando se mezcla con agua, reacciona violentamente, forma mezclas potencialmente explosivas, o genera gases tóxicos en cantidades suficientes como para presentar un peligro a la salud humana.
- c. Contiene cianuros o sulfuros que, cuando son expuestos a condiciones de pH entre 2.0 y 12.5, pueden generar gases tóxicos en cantidades suficientes como para presentar un peligro a la salud humana.⁷

- Nocivo

Las sustancias que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.⁵

Para determinar si las mezclas residuales eran peligrosas para el medio ambiente, nocivas, irritantes, comburentes, inflamables, corrosivas, y reactivas, se consultaron las hojas de datos de seguridad de materiales (MSDS Material Safety Data Sheet[®]) de cada uno de los reactivos implicados en las mezclas.

2.2.2 Clasificación de los residuos según los análisis realizados.

Para la clasificación de los residuos químicos del laboratorio del CCCP se agruparon los residuos según el análisis de donde provenían, (ver **Resultado 2**) y se tuvo en cuenta que los reactivos tuvieran la misma naturaleza química (grupos funcionales) esto con el fin de no generar mezclas incompatibles.

En la Tabla 2 se agrupan los reactivos utilizados en cada uno de los análisis de acuerdo con su naturaleza química. El color asignado a cada grupo deberá aparecer en la etiqueta del envase que lo contiene como se puede observar en la Figura 5.

TABLA 2. Tabla de la clasificación de los residuos químicos por pruebas.

GRUPO	PRUEBA	CÓDIGO	CLASIFICACIÓN	PELIGROSIDAD	ENVASE
A**	Materia orgánica en aguas O.D. Crucero O.D. Laboratorio DBO	A-3.1	SLN. ACUOSAS INORGÁNICAS	NO TÓXICO CORROSIVO	P.E.*
B	Silicato reactivo Fósforo Total	B-3.1.4	SLN. AC. SULFATOS FOSFATOS	NO TOXICO	P.E.
C***	HC. Sedimentos HC. Orgánicos HC. Disueltos y dispersos	C-2	DISOLVENTE NO HALOGENADO	TÓXICO INFLAMABLE NOCIVO	VIDRIO
D	Plaguicidas organoclorados	D-8	PESTICIDAS	TÓXICO INFLAMABLE	VIDRIO
E	Clorofila	E-2	DISOLVENTE NO HALOGENADO	NO TÓXICO INFLAMABLE	VIDRIO
F	Nitritos Nitratos	F-3.3	SLN. ACUOSA ORGÁNICA	NO TÓXICO	P.E.
G	Metales pesados por A.A.	G-3.3	SLN. ACUOSA ORGÁNICA	INFLAMABLE CORROSIVO	VIDRIO
H	Amonio	H-3.3	SLN. AC. ORGANIC.	NO TÓXICO	P.E.
I	Materia orgánica en suelos	I-3.1	SLN. AC. INORGÁNICA	CORROSIVO	P.E.
J	Mezcla Sulfocrómica	J-3.1.3	SLN AC. DE CROMO	TÓXICA	VIDRIO
K	Hexano (Recuperación)	K-2	SOLVENTE NO HALOGENADO	INFLAMABLE P.M.A****	VIDRIO
L	Diclorometano	L-1	SOLVENTE HALOGENADO	NOCIVO	VIDRIO
M	CADMIO	M-9	ESPECIAL (METAL PESADO)	TÓXICO, CARCINOGENICO	E.M***

*P.E. = poli-etileno

****E.M = Envase metálico con bolsa plástica.

*****P.M.A = Peligroso para el medio ambiente.

****GRUPO A** Los residuos de oxígeno disuelto se deben separar en dos recipientes: uno donde van a ir los residuos de la titulación con tiosulfato de sodio y otro con los residuos de la muestra de agua con los reactivos de preservación de la muestra, estos últimos residuos se consideran como tóxicos pues contienen azida de sodio.

*****GRUPO C.** El diclorometano se recoge en un recipiente aparte como un disolvente halogenado.

2.2.3 Recolección.

Para la recolección de los residuos se adecuo un espacio en el laboratorio (ver **Anexo 2**. Diagrama del laboratorio de química del CCCP). Para la selección del espacio se tuvieron en cuenta características como ventilación, entradas de luz, humedad y materiales de construcción apropiados como superficies, pisos y paredes no porosas. La recolección de los residuos dentro del laboratorio se hace terminado el análisis en los recipientes de recolección que están ubicados en la cabina de extracción del laboratorio húmedo.

2.2.4 Normas de seguridad:

Para la manipulación de los reactivos químicos se deben tener en cuenta las siguientes características:

- Incompatibilidades entre sustancias.
- Manipulación, transporte y almacenamiento ⁴

Para establecer las normas de seguridad en el laboratorio de química del CCCP, se elaboró un manual para el almacenamiento de residuos químicos. En dicho manual se dejó plasmada la información correspondiente al control de exposición de sustancias químicas, equipos de protección personal, y primeros auxilios en casos de accidentes. (**Ver Resultado 3** Manual de procedimiento para el almacenamiento de residuos químicos CÓDIGO N°: LAQ-MR-001).

3. PROGRAMA DE ALMACENAMIENTO.

Los tipos de envases en que se almacenaron los residuos químicos fueron escogidos según las propiedades fisicoquímicas de los residuos como inflamabilidad, corrosión, contenido de halógeno, reactividad, toxicidad y combustión, y la cantidad producida por el laboratorio.

4. SELECCIÓN DE LOS RECIPIENTES ADECUADOS.

Se escogieron garrafas de vidrio, bidones de plástico (poli-etileno) de cincuenta y cinco (55) galones y de ocho (8) Litros de acuerdo con las características del residuo. Los reactivos vencidos se mantuvieron en sus respectivos envases.


Los bidones de cincuenta y cinco (55) galones se utilizaron para los residuos de oxígeno disuelto, pues este es el análisis que más se realiza en el laboratorio, pues se repiten con un periodo de tiempo de quince (15) días y el que mayor cantidad de residuos genera.

- Etiquetado e identificación de los envases.

Para la elaboración de los rótulos de los envases de residuos químicos se tuvo en cuenta la clasificación de los residuos químicos por pruebas (Tabla 2.)

También se tuvo en cuenta la ubicación en bodega, las especificaciones del residuo, es decir, los reactivos que van inmersos en la mezcla, y la fecha de llenado. Se crearon etiquetas para los recipientes de recolección primarios y otras para los recipientes secundarios, donde se encuentra la mayor información posible a cerca del contenido de dichos recipientes.

Figura 5. Formato de la etiqueta de residuos.

	Pictograma De peligrosidad	
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> color de la etiqueta </div>	<div style="border: 1px solid black; width: 60px; height: 40px; margin: 0 auto;"></div>
NOMBRE DEL RESIDUO:		
GRUPO:		
CÓDIGO		
FECHA DE LLENADO:		
TIPO ENVASE:		
TRATAMIENTO:		
UBICACIÓN EN BODEGA:		
ESPECIFICACIÓN DEL RESIDUO:		

5. SITIO DE ALMACENAMIENTO TEMPORAL.


Para el almacenamiento de los residuos se acondicionó un espacio con suficiente ventilación, con un estante de 2,5 m de alto y 1,5 m de ancho donde se pusieron algunas garrafas de vidrio y garrafas de plástico de 3 Litros teniendo en cuenta las normas básicas de almacenaje de reactivos. (ver ubicación anexo 2. Diagrama).

El sitio de almacenamiento debe ser temporal debido a que los residuos pueden descomponerse o reaccionar dentro de las mezclas y ocasionar accidentes; por esta razón no deben permanecer por mas de seis meses en el sitio de almacenamiento. Una vez almacenados deben seguir su curso normal y ser desactivados para ser eliminados posteriormente. En caso de no tener infraestructura suficiente para desactivación es necesario contactar entidades especializadas en su manejo y eliminación.

6. FORMATO DE ALMACENAMIENTO.

El sitio de almacenamiento temporal de residuos se controla con un formato técnico (Figura 6 LAQ-FT-058 Almacenamiento de residuos químicos) donde se anotan las fechas de entrada y salida de los envases. Este formato fue creado para ejercer control sobre la acumulación de los residuos que tendrán un tiempo máximo de almacenaje de 6 meses.

Figura 6. Formato técnico LAQ-FT-058 Almacenamiento de residuos químicos.

	CENTRO CONTROL CONTAMINACIÓN DEL PACIFICO LABORATORIO DE QUÍMICA	Código:
		LAQ-FT-058
	ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS QUÍMICOS	Página 1 de 1
		Rev. 0

Día: _____ **Hora:** _____ **RESPONSABLE:** _____

FECHA DEL ANÁLISIS:						
FECHA DE ENTRADA A BODEGA:						
FECHA DE SALIDA DE BODEGA:						
GRUPO	CÓDIGO	ENVASE	CANTIDAD	ESPECIFICACIONES REACTIVOS	CLASIFICACIÓN	TRATAMIENTO

FIRMA RESPONSABLE ALMACENAMIENTO: _____

FIRMA JEFE DEL LABORATORIO: _____

7. TRATAMIENTO DE RESIDUOS QUÍMICOS NO PELIGROSOS.

Los residuos químicos no peligrosos pueden ser dispuestos como basuras o por medio del sistema de alcantarillado. Sin embargo, se deben tener en cuenta algunas indicaciones básicas como las concentraciones permitidas de algunas sustancias químicas, sustancias corrosivas, grasas y aceites, metales, cianuros y algunos sólidos en las aguas residuales. Las basuras no deben contener ningún metal como Arsénico, Cadmio, Cromo (VI), Plomo, Mercurio, Niquel, Selenio, y Talio. Estas concentraciones ya están establecidas según la normativa EPA.

Cuando se trata de soluciones ácidas y básicas se pueden neutralizar como se describe a continuación: (tomado del artículo "REGLAMENTO DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS. UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN Proyecto Fondef D97/F1066. Chile. <http://www2.udec.cl/sqrt/reglamento/reglresiduos.html>).⁷

1. Procedimiento general para neutralizar ácidos concentrados:
 - a. Dilución lenta del ácido mineral concentrado de 1 a 10 con agua fría, adicionar el ácido al agua.

- b. Adicionar 30 mg/L de fosfato de sodio o 20 mg/L de fosfato hidrógeno de sodio en el ácido diluido.
 - c. Agitar y agregar lentamente hidróxido de sodio 1 N hasta llegar a pH 5.5 a 7.5 (rango neutro).
 - d. No neutralizar ácido fluorhídrico usando este método.
2. Procedimiento general para neutralizar bases concentradas:
- a. Diluir lentamente la base concentrada de 1 a 10 con agua fría, adicionar la base en el agua.
 - b. Adicionar 30 mg/L de fosfato de sodio o 20 mg/L de fosfato hidrógeno de sodio en la base diluida.
 - c. Agitar, lentamente y adicionar ácido clorhídrico 1 M a la base diluida hasta llegar a un pH entre 5.5 y 7.5.

Advertencia: durante este procedimiento se pueden generar calor y vapores. Realizar este procedimiento en una campana de extracción de vapores con el equipo apropiado de protección personal.

TABLAS.

Tabla 3. Clasificación de residuos.⁴

CÓDIGO	GRUPOS DE CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS	COLOR ETIQUETA
1	SOLVENTES HALOGENADOS, SOLVENTES CLORADOS.	
2	SOLVENTES NO-HALOGENADOS	
3	DISOLUCIONES ACUOSAS	
3.1.	SOLUCIONES ACUOSAS INORGÁNICAS	
3.1.1	SOLUCIONES ACUOSAS BÁSICAS: NaOH, KOH	
3.1.2	SOLUCIONES ACUOSAS DE METALES PESADOS	
3.1.3	SOLUCIONES ACUOSAS DE CROMO (VI)	
3.1.4	SOLUCIONES ACUOSAS DE SULFATOS, FOSFATOS, CLORUROS, NITRATOS.	
3.2	SOLUCIONES ACUOSAS ORGÁNICAS CON ALTA DQO.	
3.2.1	SOLUCIONES ACUOSAS DE COLORANTES	
3.2.2	SOLUCIONES CON FIJADORES ORGÁNICOS: FORMOL, FENOL.	
3.2.3	MEZCLAS AGUA / DISOLVENTE: METANOL / AGUA, ELUYENTES DE CROMATOGRAFÍA.	
3.3	SOLUCIONES ACUOSAS ORGÁNICAS: AMINAS, AMIDAS, AMONIO	
4.	ÁCIDOS	
5.	ACEITES	
6.	SÓLIDOS	
7.	HIDROCARBUROS	
8.	PESTICIDAS	
9.	ESPECIALES	

III. RESULTADOS

Los siguientes resultados fueron obtenidos durante el desarrollo del plan de gestión para el almacenamiento de residuos químicos en el laboratorio del CCCP:

Los siguientes resultados fueron obtenidos durante el desarrollo del plan de gestión para el almacenamiento de residuos químicos en el laboratorio del CCCP:

Resultado 1. Inventario de reactivos a diciembre de 2004.

Aquí se puede observar el formato del inventario de reactivos del laboratorio de química del CCCP. Es un formato donde se detalla el nombre del reactivo, número de lote, la fecha de vencimiento, la ubicación en el almacén, y la cantidad existente.

En esta tabla es solo una muestra del inventario.

Gracias a la actualización del inventario se pudo detectar que algunos de los reactivos ya tenían fechas de vencimiento ya expiradas.

Resultado 2: Clasificación de la peligrosidad.

En esta tabla se agruparon los residuos químicos según el análisis de donde provenían teniendo en cuenta la naturaleza química de cada grupo.

Resultado 3: LAQ-MR-001 Manual de procedimiento para el almacenamiento de residuos químicos.

Este manual tiene como objetivo guiar al personal del laboratorio de química en la recolección y almacenamiento de los residuos químicos.

Resultado 1. Inventario de reactivos a diciembre de 2004.

UNIDAD	PRESENTACIÓN	NOMBRE DEL REACTIVO	NUMERO DE LOTE	FECHA DE VENCIMIENTO	MARCA	CÓDIGO	UBICACIÓN ESTANTE	SALDO	SALDO TOTAL
4	2,5 L	ÁCIDO CLORHÍDRICO	K30553317215	30/04/2007	MERCK	112	N5	10 L	
2	2,5 L	ÁCIDO CLORHÍDRICO	K31257417241	30/09/2007	MERCK	112	N5	5 L	
1	2,5 L	ÁCIDO CLORHÍDRICO	K30366417207	28/02/2007	MERCK	112	N5	2,5 L	
1	2,5 L	ÁCIDO CLORHÍDRICO	K29648217132	31/08/2006	MERCK	112	N5	2,5 L	
3	2,5 L	ÁCIDO CLORHÍDRICO	K29322217121	31/05/2006	MERCK	112	N5	6 L	
2	2,5 L	ÁCIDO CLORHÍDRICO	K28393217044	21/10/2005	MERCK	112	N5	5 L	
2	2,5 L	ÁCIDO CLORHÍDRICO	K28191217034	31/08/2005	MERCK	112	N5	5 L	
3	1,9 L	ÁCIDO CLORHÍDRICO	10332	NA	PROTOKIMICA	112	N5	5,7 L	
1	2,5 L	ÁCIDO CLORHÍDRICO	HX06033	NA	EM	112	N4	0 L	
1	2,5 L	ISOCTANO	172617	NA	MERCK	114	AZ3	2,2 L	
1	1 L	ISOBUTILMETILCETONA	154046	NA	MERCK	115	AZ3	1 L	2 L
1	1 L	ISOBUTILMETILCETONA	541546	NA	MERCK	115	AZ3	1 L	
1	2,5 L	ÉTER	6738660	NA	ANALAR	116	AZ3	2,5 L	17,9 L
1	2,5 L	ÉTER	6580080	NA	ANALAR	116	AZ3	400 mL	
4	4 L	ETER	J01264	NA	BEAKER	116	AZ3	15 L	
1	2,5 L	TOLUENO	139289	NA	MERCK	117	AZ3	2 L	
1	2,5 L	METANOL	K32599109	NA	MERCK	118	AZ4	2,3 L	10,3 L
2	4 L	METANOL	95026UER	05/08	PANREAC	118	AZ4	8 L	
3	2,5 L	ACETONA	C011812201	31/12/2004	MERCK	120	AZ4	7,5 L	
6	2,5 L	ACETONA		NA	REYDEL-DE	120	AZ4	12,75 L	19,375 L
2	500 g	SULFATO DE SODIO	TA157839633	NA	MERCK	121	VI	0 g	2200 g
1	1000 g	SULFATO DE SODIO	502316	NA	CARLO ERBA	121	VI	600 g	
1	1000 g	SULFATO DE SODIO	A514849420	31/01/2009	MERCK	121	V1	1000 g	
1	1000 g	SULFATO DE SODIO	803959JP	09/09	PANREAC	121	V1	1000 g	
1	500 g	HEPTAMOLIBDATO DE AMONIO * 6 H2O	A1227065	NA	CARLO ERBA	122	VI	400 g	
1	500 g	HEPTAMOLIBDATO DE AMONIO * 6 H2O	B20337	NA	BEAKER	122	VI	300 g	

UNIDAD	PRESENTACIÓN	NOMBRE DEL REACTIVO	NUMERO DE LOTE	FECHA DE VENCIMIENTO	MARCA	CÓDIGO	UBICACIÓN ESTANTE	SALDO	SALDO TOTAL
1	1000 g	HEPTAMOLIBDATO DE AMONIO * 6 H2O	A887482549	NA	MERCK	122	VI	1000 g	3750 g
1	1000 g	HEPTAMOLIBDATO DE AMONIO * 6 H2O	A923082635	NA	MERCK	122	VI	700 g	
2	1000 g	HEPTAMOLIBDATO DE AMONIO * 6 H2O	A118182821	NA	MERCK	122	VI	1000 g	
1	500 g	ACETATO DE AMONIO	99F0322	NA	SIGMA	123	VI	300 g	300 g
1	1000 g	SULFATO DE AMONIO	902020	NA	MERCK	124	VI	1800 g	1800 g

REACTIVOS VENCIDOS

UNIDAD	PRESENTACIÓN	NOMBRE DEL REACTIVO	NUMERO DE LOTE	FECHA DE VENCIMIENTO	MARCA	CODIGO	UBICACIÓN ESTANTE	SALDO	SALDO TOTAL
1	1000 g	COLORURO DE MAGNESIO	TA467337832	31/05/2003	MERCK	126	V2	1000 g	4800 g
1	1000 g	COLORURO DE MAGNESIO	TA743533624	01/08/1997	MERCK	126	V2	900 g	
2	1000 g	COLORURO DE MAGNESIO	TA468733824	31/05/2003	MERCK	126	V2	2000 g	
1	250 g	ALMIDON SOLUBLE	F502857-008	30/09/2003	MERCK	005	A2	200 g	
5	1000 g	CITRATO DE SODIO TRIBASICO	A252448038	30/09/2003	MERCK	036	A4	4200 g	5280 g
1	1000 g	CITRATO DE SODIO TRIBASICO	A188648002	30/09/2003	MERCK	036	A4	900 g	
1	500 g	FERROSULFATO DE AMONIO 6 H2O	A104792904	28/02/2001	MERCK	124	V1	586 g	350 g
1	500 g	FERROSULFATO DE AMONIO 6 H2O	A965492804	31/07/2000	MERCK	124	V1	350 g	
1	500 g	DISODIO HIDROGENOFOSFATO	K24221580	31/07/2002	MERCK	129	V2	350 g	
1	1000 g	COLORURO DE AMONIO	A133245838	31/07/2003	MERCK	041	R1	1000 g	

NA = NO APLICA

Resultado 2: Clasificación de la peligrosidad.

NOMBRE DE LA PRUEBA	REACTIVOS UTILIZADOS	LD50 (mg/Kg)	CATEGORÍA*	PELIGROSIDAD
DETERMINACIÓN DEL FÓSFORO TOTAL	A. PERCLÓRICO	1100	D	O, Co
	SLN. A. ASCÓRBICO	11900	D	-----
	A. CLORHÍDRICO	-----	D	Co
	SLN. NaOH 6 N	-----	D	Co
	FENOLFTALEÍNA	-----	D	-----
DETERMINACIÓN DE SILICATO REACTIVO	SLN. HEPTAMOLIBDATO DE AMONIO	3883	D	---
	A. CLORHIDRICO	-----	D	Co
	SLN. METOL-SULFITO			
	SULFITO DE SODIO ANH. p- metil-amonio-fenol-sulfato	2610 237	D C	--- Xn, N
	SLN. A. OXALICO	7500	D	Xn
	A. SULFURICO SILICO FLUORURO DE SODIO	2140 -----	D D	Co -----
METALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA	ACETILENO			
	A. CLORHIDRICO CONC.	-----	D	Co
	A. NITRICO CONC.	-----	D	Co
	HIDROXIDO DE AMONIO	350	C	Co, N
	SLN. DE DITOCARABAMATO DE PIRROLIDIN AMONIO	-----	D	-----
	METILISOBUTILCETONA	2080	D	F, Xn, Xi
DETERMINACIÓN DE DBO	SLN. YODURO DE POTASIO	2779	D	-----
	SLN. SULFITO DE SODIO 0,0125 M	2610	D	-----
	A. ACETICO	3310	D	Co, Xi
	SLN. SULFATO DE MANGANESO	-----	D	Xn, N
	SLN. YODURO ALCALINA : NaOH	-----	D	Co
	Yoduro de potasio (KI)	2779	D	-----
	azida de sodio	27	B	T+, N
	A. SULFURICO	2140	D	Co
	TIOSULFATO DE SODIO	-----	D	-----
	DISULFURO DE CARBONO (CS ₂)	3188	D	F, T, Xi
HIDROCARBUROS EN SEDIMENTOS Y ORGANISMOS	IODATO DE POTASIO	-----	D	O
	METANOL	5628	D	F, T
	HIDROXIDO DE POTASIO	273	C	Co, Xn
	HEXANO	15840	D	F, Xn, N, T
	ACETONA	5800	D	F, Xi

NOMBRE DE LA PRUEBA	REACTIVOS UTILIZADOS	LD50 (mg/Kg)	CATEGORIA	PELIGROSIDAD
H.C. EN SEDIMENTOS Y ORGANISMOS	DICROMATO DE POTASIO	25	B	T+, N
	A. SULFURICO CONC.	2140	D	Co
	OXIDO DE ALUMINIO (ALUMINA)	>5000	D	-----
	LANA DE VIDRIO	-----	D	-----
	DICLOROMETANO	1600	D	Xn
	PATRÓN INTERNO n-C20	-----	-----	-----
HC EN SEDIMENTOS Y ORGANISMOS	ALUMINA DESACTIVADA	-----	D	-----
	SÍLICA GEL DESACTIVADA	-----	D	-----
	ETER ETILICO	1215	D	F+, Xn
HIDROCARBUROS DISUELTOS Y DISPERSOS EN AGUA POR FLUOROMETRIA	HEXANO (nanogrado)	15840	D	F, Xn, N, T
	SULFATO DE SODIO ANHIDRIDO	5989	D	-----
	A. SULFÚRICO	2140	D	Co
	CRISENO	-----	D	T, N
	CLORURO DE METILENO	1600	D	Xn
	ESTANDARES DE API			
PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS	n-HEXANO	15840	D	F, Xn, N, T
	DICLOROMETANO GRADO PESTICIDA	1600	D	Xn
	METANOL GRADO PESTICIDA	5628	D	F, T
	ACETONA	5800	D	F, Xi
	FLORISIL PR, 60-100 MESH	-----	D	NO-PELIGROSO
	A. SULFURICO CONC. LIBRE HC CLORADOS	2140	D	Co
	SULFATO DE SODIO ANHIDRIDO	5989	D	-----
	MERCURIO	LISTA-P	X	T, N
	DICROMATO DE POTASIO			
	ESTANDAR PURO DE Lindano	76	B	T, N
	Aldrín	LISTA-P	X	T, N
Dieldrín	LISTA-P	X	T, N	
CLOROFILA	SUSPENSIÓN DE CARBONATO DE MAGNESIO	-----	D	-----
	SLN. ACETONA AL 90 %	5800	D	F, Xi
	MATERIA ORGANICA EN AGUAS	SLN. PERMANGANATO DE POTASIO	1090	D
	SLN. NaOH AL 33%	-----	D	Co

NOMBRE DE LA PRUEBA	REACTIVOS UTILIZADOS	LD50 (mg/Kg)	CATEGORÍA	PELIGROSIDAD
MATERIA ORGANICA EN AGUAS	SLN. TIOSULFATO DE SODIO 0,01 N	-----	D	-----
	SLN. YODURO DE POTASIO AL 10 %	2779	D	-----
	SLN ALMIDÓN AL 1 %	-----	D	NO-PELIGROSO
	SLN. GLICERINA AL 3 %	12600	D	-----
	ACIDO SALICILICO	891	D	Xn, Xi
	SLN. A. SULFURICO (1:3)	2140	D	Co
MATERIA ORGANICA EN SUELOS	SLN DICROMATO POTASIO 1N	25	B	T+, N
	ACIDO SULFURICO CONCENTRADO	2140	D	Co
	SLN SULFATO FERROSO AMONICAL AL 0,5 N + ACIDO SULFURICO	1389	D	-----
	ACIDO FOSFORICO AL 85 %	1350	D	Co
	SLN DE DIFENILAMINA SULFONATO DE SODIO	?		
AMONIO	SLN DE FENOL	317	C	T, Co
	etanol	7060	D	F
	SLN DE NITROPUSIATO DE SODIO	99	C	T
	REACTIVO ALCALINO citrato de sodio	-----	D	-----
	hidroxido de sodio	-----	D	Co
	HIPOCLORITO DE SODIO 5,25%	8200	D	Co
	SLN. OXIDANTE reactivo alcalino hipoclorito de sodio	8200	D	Co
	SLN. ESTANDAR DE AMONIO cloruro de amonio	1440	D	Xn, Xi
NITRITOS	SLN. DE SULFANILAMIDA	3900	D	-----
	acido clorhidrico	-----	D	Co
	SLN DE DICLORHIDRATO DE N-(1-NAFTIL) ETILENDIAMINA	-----	D	Xi
	ESTADAR DE NITRITO 50 mmoles/l nitrito de sodio	85	C	O, T, N
NITRATOS	cloroformo	908	D	Xn, Xi
	SLN CONC. DE CLORURO DE AMONIO	1440	D	Xn, Xi
	SLN. DE SULFANILAMIDA	3900	D	Co

NOMBRE DE LA PRUEBA	REACTIVOS UTILIZADOS	LD50 (mg/Kg)	CATEGORÍA	PELIGROSIDAD
NITRATOS	acido clorhidrico			
	SLN DE DICLORHIDRATO DE N-(1-NAFTIL) ETILENDIAMINA	-----	D	Xi
	SLN SULFATO DE COBRE			
	PENTAHIDRATADO 2%	300	C	Xn, N, Xi
	CADMIO METALICO GRANULADO	225	C	T, Carcinogenico
	ESTADAR DE NITRATO 10 mmoles/l			
	nitrate de potasio	3750	D	O
OXÍGENO DISUELTO	SULFATO DE MANGANESO 0,365 g/ml	-----	D	Xn, N, Xi
	SLN. YODURO-ALCALINA			
	hidroxido de sodio	-----	D	Co
	yoduro de potasio	2779	D	-----
	Azida de sodio	27	B (LISTA P)	T+, N
	ÁCIDO SULFÚRICO 70%	2140	D	Co
	SLN ALMIDON 3%	-----	-----	NO-PELIGROSO
	glicerina	12600	D	-----
	TIOSULFATO DE SODIO	-----	D	-----
	DISULFURO DE CARBONO	3188	D	F,T, Xi
SLN. ESTANDAR YODATO DE POTASIO	-----	D	O	
MEZCLA	ÁCIDO SULFÚRICO	2140	D	Co
SULFOCRÓMICA	DICROMATO DE POTASIO	25	B	T+, N

PELIGROSIDAD:

Co: CORROSIVO
T, T+: TÓXICO, TÓXICO MUY FUERTE
N: PELIGROSO PARA EL MEDIO AMBIENTE
Xn: NOCIVO
Xi: IRRITANTE
F: FLAMABLE
O: COMBURENTE

* Para la clasificación por categorías que aparece en esta tabla, se tuvo en cuenta la Tabla 1. Categorías tóxicas que aparece en la pagina 20.

AZIDA DE SODIO: Este compuesto es extremadamente tóxico y aparece listado por la EPA en la lista- P de sustancias tóxicas. La azida de sodio puede descomponerse mediante yodo en presencia de tiosulfato de sodio desprendiendo nitrógeno (N) gaseoso.

MEZCLA SULFOCRÓMICA: Ésta mezcla contiene dicromato de potasio y ácido sulfúrico que forman óxido de cromo.

Resultado 3: LAQ-MR-001 Manual de procedimiento para el almacenamiento de residuos químicos.



**MANUAL PARA EL ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS QUÍMICOS EN EL
LABORATORIO DE QUÍMICA DEL CCCP.**

**MARCELA DUARTE MUÑOZ
PASANTE DE QUÍMICA
2004**

**CENTRO CONTROL CONTAMINACIÓN DEL PACIFICO
LABORATORIO DE QUÍMICA**

**MANUAL DE PROCEDIMIENTO PARA EL
ALMACENAMIENTO DE RESIDUOS QUÍMICOS
CÓDIGO N°: LAQ-MR -001**

0.1 CONTROL DE REVISIONES

			Marcela D.	Cap. Julián Reyna
REV.	FECHA	DATOS DE REVISIÓN	ELABORO	APROBÓ
EN CONSTANCIA DE APROBACIÓN A LA ÚLTIMA REVISIÓN SE FIRMA				
<hr/> Director del CCCP			<hr/> Jefe laboratorio Química	

0.2 CONTENIDO

0.1 CONTROL DE REVISIONES

0.2 CONTENIDO

1.OBJETIVO

2.ALCANCE

3.REFERENCIAS

4. GENERALIDADES

4.1 Identificación de los residuos químicos

4.2 Recogida de los residuos

4.3 Almacenamiento

4.4 Especificaciones del lugar de almacenamiento

4.5 Etiquetas

4.6 Formato Técnico

4.7 Normas de Seguridad

5. Pictogramas de peligrosidad de productos químicos

6. DIAGRAMAS

7. RESPONSABILIDAD

1. OBJETIVO

Este manual tiene como objetivo guiar al técnico del laboratorio de química en la recolección y almacenamiento de los residuos químicos.

2. ALCANCE

Esta norma es aplicable al personal y los procedimientos técnicos llevados a cabo en el laboratorio de Química del CCCP.

3. REFERENCIA

1. ALBARRÁN, Isabel. BANCHS, Rosa M^a. GONZÁLEZ, Pilar. LLACUNA Jaime. NAVAJAS, M^a del Mar. ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUÍMICAS. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. INSHT–Centro Nacional de Condiciones de Trabajo. Dulcet, 2-10 08034 Barcelona. Centro Nacional de Condiciones de Trabajo.
http://www.mtas.es/insht/erga_fp/np_efp_13.pdf
2. MANUAL DE SEGURIDAD EN LABORATORIOS QUÍMICOS. Panreac Química S.A. Barcelona, España. 2004.
<http://www.panreac.com/esp/publicaciones/docs/seguridad.pdf>
3. CLAVERO SUBÍAS, José M^a. COMAS OSHA, Pere Ysern Universidad Autónoma De Barcelona. GÁLLEGO PEIRÉ, Belén. TRAVESA AIJÓN, Francisco. Tecnología Química Y Medio Ambiente. GADEA CARRERA, Enrique. GUARDINO SOLÁ, Xavier. Centro Nacional De Condiciones De Trabajo. NTP 480: La gestión de los residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación. Hazardous waste management in the university and research laboratories. 1999.
http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_480.htm

4. Tamborero del Pino, José M^a. Ingeniero Industrial. CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO. NTP 381: Envases plásticos: condiciones generales de seguridad (I). España. 1995.
http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_381.htm
5. REGLAMENTO DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS. UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN Proyecto Fondef D97/F1066. Chile.
<http://www2.udec.cl/sqrr/reglamento/reglresiduos.html>

4. GENERALIDADES

En la actualidad los residuos químicos representan un gran problema ambiental debido a su manejo inadecuado y a la falta de políticas institucionales para su control. El manejo integral de los residuos químicos en los laboratorios tiene como función principal la disminución del impacto ambiental en su disposición final. Sin embargo actualmente el manejo integral de los residuos químicos constituye además una pieza fundamental en la aplicación de criterios de calidad y gestión tendientes a obtener o mantener acreditación de laboratorios de prestación de servicios.

4.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS QUÍMICOS.

Este paso involucra necesariamente el conocimiento de todos los análisis que se realizan en el CCCP con sus correspondientes reactivos. En general, las pruebas más comunes que se realizan en el laboratorio son: determinación de fósforo total, silicato reactivo, amonio, nitritos, nitratos, DBO, metales por absorción atómica, hidrocarburos en organismos, hidrocarburos en sedimentos, hidrocarburos disueltos y dispersos en aguas por el método fluorométrico, plaguicidas organoclorados, clorofila, materia orgánica en aguas, materia orgánica en suelos, oxígeno disuelto, salinidad y pH.

3.1.1 Determinación de la peligrosidad de un residuo.

Para la determinación de la peligrosidad de los residuos se tuvieron en cuenta las siguientes características:

- Toxicidad

Para la determinación de la toxicidad de las mezclas de residuos se tuvo en cuenta la siguiente tabla de Categorías Tóxicas y la fórmula 1 tomadas del artículo "reglamento de manejo de residuos peligrosos"⁷, que establece las categorías X, A, B, C ó D para niveles de toxicidad particulares. La categoría X es la más tóxica y la categoría D es la menos tóxica. Sustancias bajo la categoría D son consideradas no tóxicas porque se necesitan altos niveles de concentración la sustancia para que sean tóxicos.

Tabla 1. Categorías Tóxicas⁵

Categoría	Rata. Oral LD₅₀ (mg/l)	Rata. Inhalación LC₅₀ (mg/l)	Conejo. Dérmico LD₅₀ (mg/l)
X	< 0.5	< 0.02	< 2.0
A	0.5 – 5	0.02 – 0.2	2 – 20
B	5 – 50	0.2 – 2	20 – 200
C	50 – 500	2 – 20	200 – 2,000
D	500 – 5,000	20 – 200	2,000 – 20,000

Fórmula 1

$$CE(\%) = \sum X\% + \frac{\sum A\%}{10} + \frac{\sum B\%}{100} + \frac{\sum C\%}{1,000} + \frac{\sum D\%}{10,000}$$

A continuación se ilustra el procedimiento para la determinación de la toxicidad de un residuo particular:

En el análisis de fósforo total se obtiene un residuo de ácido perclórico (D); sln de ácido ascórbico (D); sln de ácido clorhídrico (D); Sln de hidróxido de sodio 6 N (D); trazas de Fenoltaleína.

Como todas las sustancias que componen la mezcla están bajo la categoría D, por su baja concentración en la mezcla, el residuo se considera no tóxico.

- Inflamabilidad

La inflamabilidad de un compuesto es la capacidad que tiene de inflamarse bajo ciertas condiciones (fuente de ignición cercana) o de combustionarse espontáneamente. Pueden ser compuestos sólidos que pueden arder por fricción o contacto con agua, gases comprimidos, y compuestos Oxidantes.

La temperatura más baja a la cual los vapores en la superficie de un líquido inflamable sufren ignición al acercársele una llama, se conoce como Flash Point.⁵

Un residuo químico exhibe la característica de inflamabilidad si:

- d. El líquido tiene un Flash Point menor que 60 °C;
- e. Los sólidos que puedan inflamarse fácilmente tras un breve contacto con una fuente de inflamación y que sigan quemándose o consumiéndose una vez retirada dicha fuente.
- f. Un sólido, líquido o gas que elimine o libere oxígeno, ya sea a temperatura ambiente o bajo pequeños calentamientos. Esto incluye peróxidos, cloratos, percloratos, nitratos y permanganatos.^{5,7}

- Corrosividad

Es la capacidad de dañar o destruir materiales o tejidos orgánicos por acción química.

Un residuo químico exhibe la característica de corrosividad si:

- c. La solución acuosa posee un pH ≤ 2 o un pH ≥ 11,5.
- d. Sólidos que, cuando son mezclados con una parte igual de agua, forman soluciones con un pH menor a 2 o mayor a 12.5.^{5,7}

- Reactividad

Es el potencial de las sustancias para reaccionar químicamente liberando energía.

Un residuo químico exhibe la característica de reactividad si:

- d. Normalmente es inestable y fácilmente realiza un cambio violento sin detonación.
- e. Cuando se mezcla con agua, reacciona violentamente, forma mezclas potencialmente explosivas, o genera gases tóxicos en cantidades suficientes como para presentar un peligro a la salud humana.
- f. Contiene cianuros o sulfuros que, cuando son expuestos a condiciones de pH entre 2.0 y 12.5, pueden generar gases tóxicos en cantidades suficientes como para presentar un peligro a la salud humana.⁵

- Nocivo

Las sustancias que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea puedan provocar efectos agudos o crónicos e incluso la muerte.⁵

Para la determinar si las mezclas residuales eran peligrosas para el medio ambiente, nocivas, irritantes, comburentes, inflamables, corrosivas, y reactivas, se consultaron las hojas de datos de seguridad de materiales (MSDS Material Safety Data Sheet") de cada uno de los reactivos implicados en las mezclas.

4.2 RECOGIDA DE LOS RESIDUOS

La recogida de los residuos se hará en recipientes de recolección primaria que se encontrarán ubicados en el laboratorio húmedo al lado de la campana de extracción. Una vez determinado el tipo de análisis que se está llevando a cabo es fácil poder identificar el recipiente donde podrá arrojar los residuos, pues cada envase tendrá una etiqueta donde llevará escrito el residuo que debe contener.

4.3 ALMACENAMIENTO

Los productos químicos se almacenarán a ser posible, en envases y embalajes originales, en estanterías metálicas, ubicando en cada una de ellas y por separado, las sustancias inflamables, las corrosivas, las venenosas y las oxidantes.

Los envases destinados para la recolección de los residuos químicos se encontraran en la bodega del laboratorio, allí deben estar disponibles bidones de poli-etileno de 3, 5 y 8 galones, igual que envases (garrafas) de vidrio de 3 y 4 litros. Los bidones de polietileno de 55 galones vacíos se podrán encontrar en la parte de afuera del laboratorio.

4.4 ESPECIFICACIONES DEL LUGAR DE ALMACENAMIENTO

Para el almacenamiento de los residuos se dispuso de un cuarto al lado de la bodega de insumos no químicos con una ventana y una puerta abierta para tener una buena ventilación en caso de algún derrame. En el cuarto hay un estante en el cual se podrán poner los recipientes más pequeños. En el suelo se pondrán los envases de 8 y 55 galones.

Se debe tener en cuenta que este cuarto es un sitio provisional para el almacenamiento de residuos.

4.5 ETIQUETAS

Para la identificación de los componentes de los envases de residuos se creó una etiqueta que deberá ir en cada envase que se encuentre en el cuarto de almacenamiento de residuos químicos. Esta etiqueta se podrá encontrar en la cartelera del laboratorio.

4.6 FORMATO TÉCNICO

Cada vez que entre o salga un envase con residuos del cuarto de residuos se deberá llenar un formato técnico (LAQ-FT-058) con el cual se llevará un control estricto de la cantidad de residuos que genera el laboratorio. Este formato también se podrá encontrar en la cartelera del laboratorio.

4.7 NORMAS DE SEGURIDAD

En el manejo de los productos químicos peligrosos esta asociada la exposición a diversos riesgos inherentes, que pueden conducir a que se produzca una lesión, producto de un

accidente de trabajo o una enfermedad profesional, lo que sin lugar a dudas se debe evitar.

La manipulación de residuos químicos debe ir acompañada del buen uso de las normas de seguridad del laboratorio. Por eso es muy importante tener en cuenta el uso de:

- Indumentaria de trabajo resistente a los productos químicos (Bata).
- Protección respiratoria como máscaras específicas para retener las sustancias químicas comprometidas.
- Guantes de protección impermeables y que no sean atacados por el reactivo o solución química. (guantes de nitrilo)
- Lentes de seguridad resistentes contra salpicaduras y proyecciones de la sustancia química.









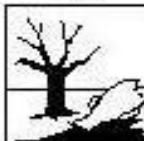

5. DIAGRAMAS

No aplica

6. RESPONSABILIDAD

Es responsable por la correcta aplicación de este manual el jefe del laboratorio de química.

7. Pictogramas de peligrosidad productos químicos

Comburente	Corrosivo	Explosivo	Extremadamente Inflamable	Inflamable
O 	C 	E 	F+ 	F 
Irritante	Muy Tóxico	Nocivo	Peligroso para el Medio Ambiente	Tóxico
Xi 	T+ 	Xn 	N 	T 

IV. CONCLUSIONES

- Se estableció que el inventario se actualizará cada dos meses para poder tener un mayor control sobre los reactivos vencidos. Estos reactivos no pueden ser utilizados en los análisis ya que pueden presentar cambios en sus estructuras químicas y alterar los resultados de los análisis.
- Se pudo identificar la toxicidad, inflamabilidad, corrosividad, reactividad y nocividad de las mezclas formadas por los residuos químicos provenientes de los diferentes análisis.
- Se agruparon los residuos químicos según el análisis de donde provenían, teniendo en cuenta también su naturaleza química (grupos funcionales) para no generar mezclas recalcitrantes.
- Se le asignó un color a cada grupo de residuos químicos con el fin de que fueran fácilmente identificables por el personal del laboratorio, y se crearon etiquetas para los recipientes de recolección (Figura 6), con el fin de identificar fácilmente el contenido de éstos.
- El CCCP no cuenta con infraestructura adecuada para la desactivación de todos los residuos químicos, por esta razón se acondicionó un espacio para el almacenamiento temporal (tiempo no mayor a seis meses) de los residuos, mientras se les da un tratamiento adecuado para su disposición final.
- Se creó un formato de almacenamiento (Figura 7. LAQ-FT-058 Almacenamiento de residuos químicos) con el propósito de ejercer control sobre la acumulación de los residuos químicos.
- La importancia de la recolección, la clasificación y el almacenamiento de los residuos se vio reflejada en la disminución del vertimiento de sustancias químicas en el alcantarillado sin ningún tipo de tratamiento. Esto significa una gran disminución en la contaminación de las aguas marinas del muelle del CCCP y la capitanía de puerto de Tumaco.
- Con la implementación del plan de gestión de residuos químicos se da cumplimiento a la norma NTC-ISO-IEC-17025 sobre requisitos generales de competencia de laboratorios de ensayo y calibración, y con el Decreto 1594 de 1984, que establece normas de vertimiento de sustancias químicas a las aguas residuales y trámites ambientales aplicables en todo el territorio nacional de Colombia, con el fin de cumplir con los criterios de calidad y gestión en el laboratorio para seguir siendo un laboratorio con altos estándares de calidad.
- Gracias al desarrollo de este proyecto en el laboratorio de química del CCCP se pudieron establecer parámetros bajo los cuales se hará la recolección de los residuos químicos en el laboratorio del CCCP, lo que ayuda a tener en el laboratorio una mejor organización, tanto de reactivos como de los residuos químicos generados.

RECOMENDACIONES

- El inventario deberá actualizarse cada dos meses.
- Llevar un control estricto sobre el almacenamiento de los residuos químicos teniendo al día el formato técnico LAQ-FT-058 Almacenamiento de residuos químicos.
- Se recomienda el cambio de la mezcla sulfocrómica por detergentes biodegradables como Alconox, Pierce RB535, Nochromix, que no son contaminantes para el medio ambiente.
- Se debe tomar gran precaución para prevenir la formación de peróxidos en los residuos químicos. Un aspecto importante es tener control cuidadoso del inventario de químicos peroxidables. Poner fecha a todos los contenedores, es decir la fecha en que la botella fue abierta por primera vez, y desechar los contenedores que excedan el tiempo límite de almacenaje y que representan peligro de formar peróxidos.⁷

Peligro de peróxido severo – 3 meses

Diisopropil éter, divinilacetileno, metales potásicos, amidas potásicas, amidas sódicas, 1,1 – dicloroetileno.

Peligro de peróxido alto – 6 meses

Cumeno, ciclohexano, ciclopentano, dietil éter, dioxano, etilenglicol éteres, furano, metil isobutil cetona, tetrahidrofurano, vinil éteres.⁷

- Un principio fundamental para una buena práctica de laboratorio es que cualquier residuo químico peligroso no se debe manipular sin primero entender las propiedades de las sustancias y conocer los productos del método de destrucción. En la referencia bibliográfica 7 “REGLAMENTO DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS. UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN Proyecto Fondef D97/F1066. Chile”. se presentan algunas sugerencias de libros y revistas donde se pueden encontrar métodos de destrucción que son aceptados por la comunidad científica:

1. Prudent Practices for Disposal of Chemicals from laboratories, National Academy Press, 1983. Esta publicación presenta métodos de destrucción para fenoles, mercaptanos, ácidos halogenados, anhídridas, ácidos orgánicos, aldehidos, cetonas, aminas, y peróxidos.

2. Microchemical Journal Contiene artículos que proveen de procedimientos para la destrucción de muchos químicos diferentes.

3. Potentially carcinogenic Chemicals, Information and Disposal Guide, M.A. Armour, et al., University of Alberta, 1986. Esta publicación provee de procedimientos para destruir 263 químicos potencialmente carcinogénicos.

4. Hazardous Laboratory Chemicals Disposal Guide, M.A. Armour, et al., University of Alberta, 1989. Esta publicación provee de procedimientos para destruir 347 químicos peligrosos.

5. Destruction of Hazardous Chemicals in the Laboratory, G. Lunn and E.B. Sansone, Wiley-Interscience, 1990. Esta publicación contiene 271 páginas sobre métodos de destrucción.

- Los residuos no peligrosos que exhiban cualquiera de estas cualidades no pueden ser descargados en el alcantarillado (Según normativa EPA):⁷
 1. Residuos que contengan sólidos precipitables > 7.0 mL/L
 2. Residuos corrosivos con un pH < 5.0 o > 12.0;
 3. Residuos que contengan grasas o aceites en concentraciones > 100mg/L.
 4. Residuos que contengan metales o cianuro en concentraciones señaladas en la Tabla 4. Concentraciones de residuos no peligrosos restringidos, que fue tomada del artículo “reglamento de manejo de residuos peligrosos, de la universidad de concepción”.
 5. Insolubles en agua, o residuos gaseosos.

Tabla 4. Concentraciones de residuos no peligrosos restringidos.⁷

NOMBRE COMPUESTO	PROMEDIO DIARIO (ppm)	MÁXIMO INSTANTÁNEO (ppm)	MÁXIMO DIARIO (ppm)
Arsénico	1.0	4.0	4.0
Cadmio	0.5	0.6	0.6
Cromo	2.75	5.0	5.0
Cobre	3.0	8.0	8.0
Plomo	2.0	4.0	4.0
Mercurio	0.1	0.2	0.2
Níquel	2.5	5.0	5.0
Plata	1.0	3.0	3.0
Zinc	5.0	10.0	10.0
Cianuro	2.0	3.0	3.0

- Hay que recordar un principio muy importante y es que los residuos químicos no pueden ser diluidos para cumplir el criterio de residuo no peligroso.

BIBLIOGRAFÍA

1. GADEA CARRERA, Enrique. Licenciado en Ciencias Químicas. CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO. NTP 359 seguridad en el laboratorio. gestión de residuos tóxicos y peligrosos en pequeñas cantidades. España. 1994.
http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_359.htm
2. MANUAL DE MANEJO DE RESIDUOS QUÍMICOS. Escuela de Química, Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.
3. REPUBLICA DE COLOMBIA - MINISTERIO DE SALUD - DECRETO No. 1594 DEL 26 DE JUNIO DE 1984 Por el cual se reglamenta parcialmente el Título 1 de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la parte III - Libro I - del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a Usos del Agua y Residuos Líquidos.
4. GESTIÓN DE RESIDUOS EN GENERAL. Facultad de ciencias exactas y naturales – Servicio de higiene y seguridad. España. P, 1-8.
http://www.si.fcen.uba.ar/cocam/planprot/gestion_residuos.pdf
5. BERENQUER SUBILS, M^a José Lda. en Ciencias Químicas. GADEA CARRERA, Enrique Ldo. en Ciencias Químicas. Centro Nacional De Condiciones De Trabajo. NTP 635: Clasificación, envasado y etiquetado de las sustancias peligrosas. España. 2004.
http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_635.htm
6. QUINTERO DUQUE, Claudia Sofía, Diagnostico para el manejo de residuos líquidos tóxicos en la UIS. Monografía. Colombia. 1999. p-1-19.
7. REGLAMENTO DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS. UNIVERSIDAD DE CONCEPCIÓN Proyecto Fondef D97/F1066. Chile.
<http://www2.udec.cl/sqrt/reglamento/reglresiduos.html>
8. MANUAL DE SEGURIDAD EN LABORATORIOS QUÍMICOS. Panreac Química S.A. Barcelona, España. 2004.
<http://www.panreac.com/esp/publicaciones/docs/seguridad.pdf>
9. LIRA, Gonzalo. Universidad de Santiago de Chile. Compendio De Seguridad. Tratamiento De Residuos Peligrosos En Gran Volumen. 1999
<http://lauca.usach.cl/ima/buenambiente/REALINVENT9.htm>
10. CLAVERO SUBÍAS, José M^a. COMAS OSHA, Pere Ysern Universidad Autónoma De Barcelona. GÁLLEGO PEIRÉ, Belén. TRAVESA AIJÓN, Francisco. Tecnología Química Y Medio Ambiente. GADEA CARRERA, Enrique. GUARDINO SOLÁ, Xavier. Centro Nacional De Condiciones De Trabajo. NTP 480: La gestión de los residuos peligrosos en los laboratorios universitarios y de investigación. Hazardous waste management in the university and research laboratories. España. 1999.
http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_480.htm

11. Tamborero del Pino, José M^a. Ingeniero Industrial. CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO. NTP 381: Envases plásticos: condiciones generales de seguridad (I). España. 1995.

http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_381.htm

12. Tamborero del Pino, José M^a. Ingeniero Industrial. CENTRO NACIONAL DE CONDICIONES DE TRABAJO. NTP 382: Envases plásticos: condiciones generales de seguridad (II). España. 1995.

http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_382.htm

13. GADEA CARRERA, Enrique. Ldo. en Ciencias Químicas. GUARDINO SOLÁ, Xavier. Dr. en Ciencias Químicas. Centro Nacional De Condiciones De Trabajo. NTP 276: Eliminación De Residuos en el Laboratorio: Procedimientos Generales. España. 1991.

http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_276.htm

14. Lawrence Berkeley, Ernest Orlando. National Laboratory. Waste Management Group. Environment, Health and Safety Division. GUIDELINES FOR GENERATORS TO MEET HWHF ACCEPTANCE REQUIREMENTS FOR HAZARDOUS, RADIOACTIVE AND MIXED WASTES AT BERKELEY LAB. University of California. Revision 4. September 1999.

<http://www.ksu.edu/safety/Documents/Discarded%20Accutely%20Toxic%20Commercial%20Chemical%20Products.htm>

ANEXOS

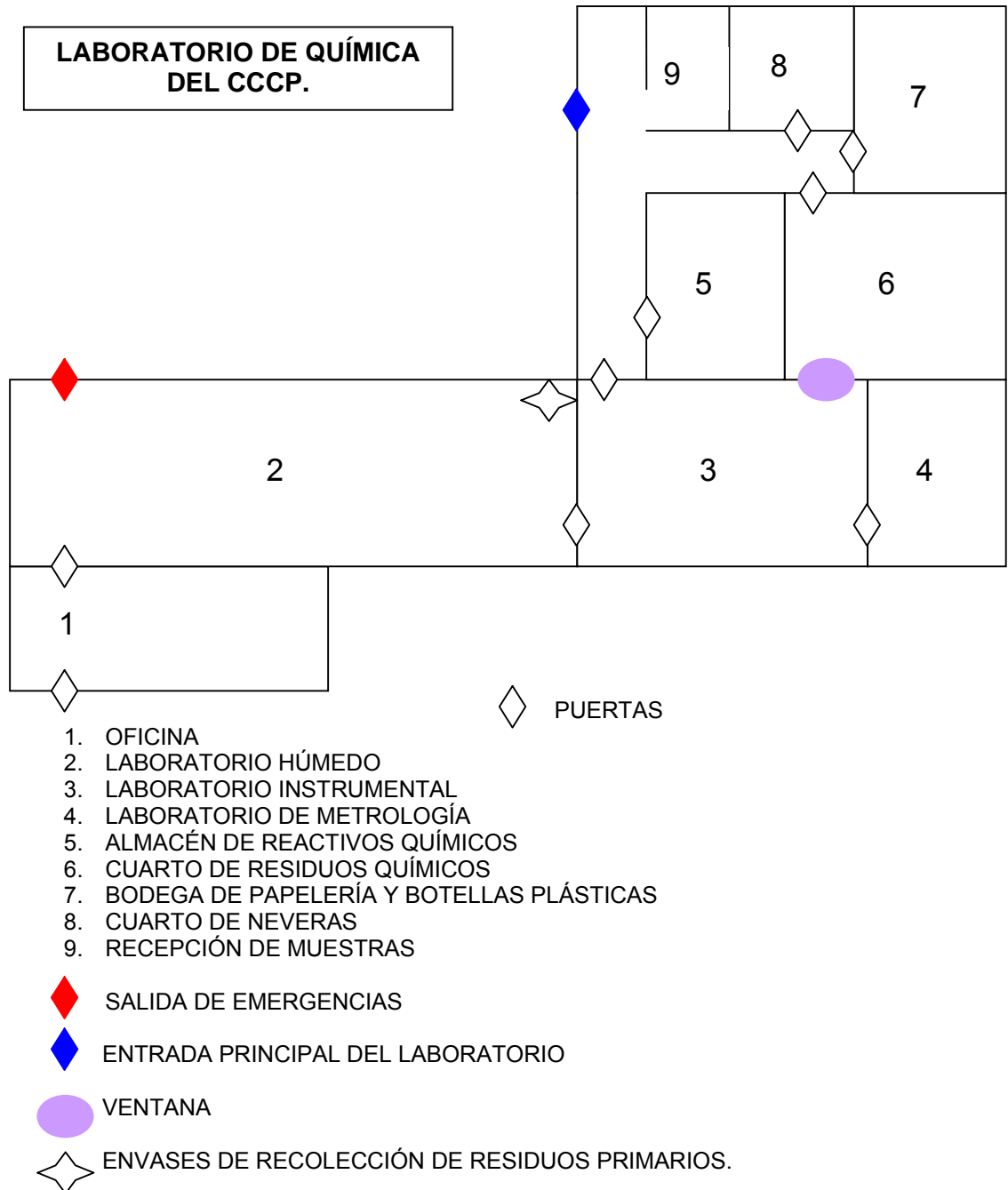
Anexo 1. Lista-p de la EPA sobre residuos peligrosos.

- Acetaldehyde, chloro-
- Acetamide, N-(aminothioxomethyl)-
- Acetamide, 2-fluoro-
- Acetic acid, fluoro-, sodium salt
- 1-Acetyl-2-thiourea
- Acrolein
- Aldicarb
- Aldrin
- Allyl alcohol
- Aluminum phosphide
- 5-(Aminomethyl)-3-isoxazolol
- 4-Aminopyridine
- Ammonium picrate
- Ammonium vanadate
- Argentate(1-), bis(cyano-C)-, potassium
- Arsenic acid
- Arsenic oxide
- Arsenic pentoxide
- Arsenic trioxide
- Arsine, diethyl-
- Arsonous dichloride, phenyl-
- Aziridine
- Aziridine, 2-methyl-
- Barium cyanide
- Benzenamine, 4-chloro-
- Benzenamine, 4-nitro-
- Benzene, (chloromethyl)-
- 1,2-Benzenediol, 4-[1-hydroxy-2-(methylamino)ethyl]-
- Benzeneethanamine, alpha,alpha-dimethyl-
- Benzenethiol
- 2H-1-Benzopyran-2-one, 4-hydroxy-3-(3-oxo-1-phenylbutyl)-, & salts, when present at concentrations greater than 0.3%
- Benzyl chloride
- Beryllium
- Bromoacetone
- Brucine
- 2-Butanone, 3,3-dimethyl-1-(methylthio)-, O-[methylamino]carbonyl] oxime
- Calcium cyanide
- Carbon disulfide
- Carbonic dichloride
- Chloroacetaldehyde
- p-Chloroaniline
- 1-(o-Chlorophenyl)thiourea
- 3-Chloropropionitrile
- Copper cyanide
- Cyanides (soluble cyanide salts), not otherwise specified
- Cyanogen
- Cyanogen chloride
- 2-Cyclohexyl-4,6-dinitrophenol
- Dichloromethyl ether
- Dichlorophenylarsine
- Dieldrin
- Diethylarsine
- Diethyl-p-nitrophenyl phosphate
- O,O-Diethyl O-pyrazinyl phosphorothioate
- Diisopropylfluorophosphate
- 1,4,5,8-Dimethanonaphthalene, 1,2,3,4,10,10-hexa-chloro-1,4,4a,5,8,8a,-hexahydro (1alpha,4alpha,4abeta,5alpha,8alpha,8abeta)-
- 1,4,5,8-Dimethanonaphthalene, 1,2,3,4,10,10-hexa-chloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-, (1alpha,4alpha,4abeta,5beta,8beta,8abeta)-
- 2,7:3,6-Dimethanonaphth[2,3-b]oxirene,3,4,5,6,9,9-hexachloro-1a,2,2a,3,6,6a,7,7a-octahydro-, (1alpha,2beta,2alpha,3beta,6beta,6aalpha,7beta, 7aalpha)-
- 2,7:3,6-Dimethanonaphth [2,3-b]oxirene,3,4,5,6,9,9-hexachloro-1a,2,2a,3,6,6a,7,7a-octahydro

- (1alpha,2beta,2beta,3alpha,6alpha,6beta,7beta,7alpha)-, & metabolites
- Dimethoate
- alpha,alpha-Dimethylphenethylamine
- 4,6-Dinitro-o-cresol, & salts
- 2,4-Dinitrophenol
- Dinoseb
- Diphosphoramidate, octamethyl-
- Diphosphoric acid, tetraethyl ester
- Disulfoton
- Dithiobiuret
- Endosulfan
- Endothall
- Endrin
- Endrin, & metabolites
- Epinephrine
- Ethanedinitrile
- Ethanimidothioic acid, N-[[[(methylamino)carbonyl]oxy]-, methyl ester
- Ethyl cyanide
- Ethyleneimine
- Famphur
- Fluorine
- Fluoroacetamide
- Fluoroacetic acid, sodium salt
- Fulminic acid, mercury(2+) salt
- Heptachlor
- Hexaethyl tetraphosphate
- Hydrazinecarbothioamide
- Hydrazine, methyl-
- Hydrocyanic acid
- Hydrogen cyanide
- Hydrogen phosphide
- Isodrin
- 3(2H)-Isoxazolone, 5-(aminomethyl)-
- Mercury, (acetato-O)phenyl-
- Mercury fulminate
- Methanamine, N-methyl-N-nitroso-
- Methane, isocyanato-
- Methane, oxybis[chloro-
- Methane, tetranitro-
- Methanethiol, trichloro-
- 6,9-Methano-2,4,3-benzodioxathiepin, 6,7,8,9,10,10-hexachloro-1,5,5a,6,9,9a-hexahydro-, 3-oxide
- 4,7-Methano-1H-indene, 1,4,5,6,7,8,8-heptachloro-3a,4,7,7-tetrahydro-
- Methomyl
- Methyl hydrazine
- Methyl isocyanate
- 2-Methylactonitrile
- Methyl parathion
- alpha-Naphthylthiourea
- Nickel carbonyl
- Nickel cyanide
- Nicotine, & salts
- Nitric oxide
- p-Nitroaniline
- Nitrogen dioxide
- Nitrogen oxide
- Nitroglycerine (R)
- N-Nitrosodimethylamine
- N-Nitrosomethylvinylamine
- Octamethylpyrophosphoramidate
- Osmium oxide, (T-4)-
- Osmium tetroxide
- 7-Oxabicyclo[2.2.1]heptane-2,3-dicarboxylic acid
- Parathion
- Phenol, 2-cyclohexyl-4,6-dinitro-
- Phenol, 2,4-dinitro-
- Phenol, 2-methyl-4,6-dinitro-, & salts
- Phenol, 2-(1-methylpropyl)-4,6-dinitro-
- Phenol, 2,4,6-trinitro-, ammonium salt
- Phenylmercury acetate
- Phenylthiourea
- Phorate
- Phosgene
- Phosphine
- Phosphoric acid, diethyl 4-nitrophenyl ester
- Phosphorodithioic acid, O,O-diethyl S-[2-(ethylthio)ethyl] ester
- Phosphorodithioic acid, O,O-diethyl S-[(ethylthio)methyl] ester
- Phosphorodithioic acid, O,O-dimethyl S-[2-(methylamino)-2-oxoethyl] ester
- Phosphorofluoridic acid, bis(1-methylethyl) ester
- Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-(4-nitrophenyl) ester
- Phosphorothioic acid, O,O-diethyl O-pyrazinyl ester
- Phosphorothioic acid, O-[4-[(dimethylamino)sulfonyl]phenyl] O,O-dimethyl ester
- Phosphorothioic acid, O,O,-dimethyl O-(4-nitrophenyl) ester
- Plumbane, tetraethyl-
- Potassium cyanide
- Potassium silver cyanide
- Propanal, 2-methyl-2-(methylthio)-, O-[(methylamino)carbonyl]oxime
- Propanenitrile
- Propanenitrile, 3-chloro-

- Propanenitrile, 2-hydroxy-2-methyl-
- 1,2,3-Propanetriol, trinitrate
- 2-Propanone, 1-bromo-
- Propargyl alcohol
- 2-Propenal
- 2-Propen-1-ol
- 1,2-Propylenimine
- 2-Propyn-1-ol
- 4-Pyridinamine
- Pyridine, 3-(1-methyl-2-pyrrolidinyl)-, (S)-, & salts
- Selenious acid, dithallium(1+) salt
- Selenourea
- Silver cyanide
- Sodium azide
- Sodium cyanide
- Strychnidin-10-one, & salts
- Strychnidin-10-one, 2,3-dimethoxy-
- Strychnine, & salts
- Sulfuric acid, dithallium(1+) salt
- Tetraethyldithiopyrophosphate
- Tetraethyl lead
- Tetraethyl pyrophosphate
- Tetranitromethane
- Tetrphosphoric acid, hexaethyl ester
- Thallic oxide
- Thallium oxide
- Thallium(I) selenite
- Thallium(I) sulfate
- Thiodiphosphoric acid, tetraethyl ester
- Thiofanox
- Thioimidodicarbonic diamide
- Thiophenol
- Thiosemicarbazide
- Thiourea, (2-chlorophenyl)-
- Thiourea, 1-naphthalenyl-
- Thiourea, phenyl-
- Toxaphene
- Trichloromethanethiol
- Vanadic acid, ammonium salt
- Vanadium oxide
- Vanadium pentoxide
- Vinylamine, N-methyl-N-nitroso-
- Warfarin, & salts, when present at concentrations greater than 0.3%
- Zinc cyanide
- Zinc phosphide, when present at concentrations greater than 10%

Anexo 2. Diagrama del laboratorio de química del CCCP.



Todo el laboratorio cuenta con sistema de aire acondicionado, para controlar que la humedad no dañe los equipos.