

TUES
157506
H54519P
1996
EJ-2

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**



**PROPUESTA PARA LA INTRODUCCION EN LA
ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA QUIMICA DEL
CONCEPTO Y PRACTICA DE "TECNOLOGIAS
MAS/LIMPIAS DE PRODUCCION". 1a. Parte.**

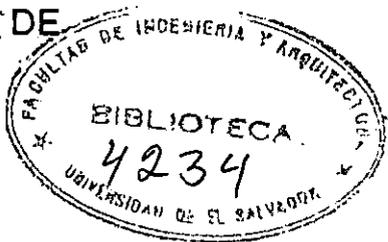
PRESENTADO POR

GRECIA LIDICE HENRIQUEZ ARGUETA
MARIA SOLEDAD MARTINEZ ROMERO
LUCIA ANTONIETA SOSA CASTILLO

15101026

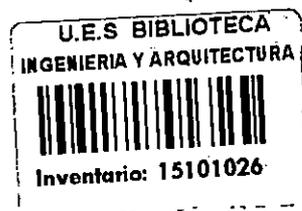
15101026

PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO



CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 1996

Recibida el 3 de septiembre / 96



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR : DR. BENJAMIN LOPEZ GUILLEN

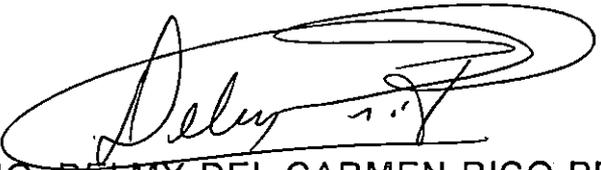
SECRETARIO GENERAL: LIC. ENNIO ARTURO LUNA

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

DECANO : ING. JOAQUIN ALBERTO VANEGAS AGUILAR

SECRETARIO : ING. JOSE RIGOBERTO MURILLO CAMPOS

ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

DIRECTORA :  ING. DELMY DEL CARMEN RICO PEÑA



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

Trabajo de Graduación previo a la opción al grado de:

INGENIERO QUIMICO

Título:

PROPUESTA PARA LA INTRODUCCION EN LA
ENSEÑANZA DE LA INGENIERIA QUIMICA DEL
CONCEPTO Y PRACTICA DE "TECNOLOGIAS
MAS/LIMPIAS DE PRODUCCION". 1a. Parte.

Presentado por:

GRECIA LIDICE HENRIQUEZ ARGUETA
MARIA SOLEDAD MARTINEZ ROMERO
LUCIA ANTONIETA SOSA CASTILLO

Trabajo de Graduación aprobado por:

Coordinadora: ING. DELMY DEL CARMEN RICO PEÑA

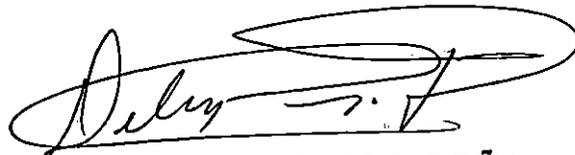
Asesor: LIC. VICTOR MANUEL SEGURA LEMUS

Asesor: ING. ITALO ANDRÉS CORDOVA FLAMENCO

SAN SALVADOR, AGOSTO DE 1996

TRABAJO DE GRADUACION APROBADO POR:

COORDINADORA

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Delmy del Carmen Rico Peña', with a large, stylized flourish at the end.

ING. DELMY DEL CARMEN RICO PEÑA

ASESOR

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Victor Manuel Segura Lemus', with a large, stylized flourish at the end.

LIC. VICTOR MANUEL SEGURA LEMUS

ASESOR

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Italo Andrés Cordova Flamenco', with a large, stylized flourish at the end.

ING. ITALO ANDRÉS CORDOVA FLAMENCO

INTRODUCCION

El Salvador, al igual que los demás países del mundo, presenta un grave deterioro de sus recursos naturales debido a la contaminación que las actividades productivas, sociales y del diario vivir generan. Los niveles de contaminación alcanzados afectan la calidad de vida y la salud de la población. Para tratar de solucionar la problemática mencionada, surgen a nivel mundial diferentes estrategias, y organismos que tratan de implementarlas.

Entre las estrategias planteadas se presentan las "Tecnologías Más/Limpias de Producción" que orientan para hacer uso de métodos preventivos, técnicas de reciclaje, reutilización de residuos, optimización del uso de materias primas y de energía, y en el último de los casos a disponer de una forma adecuada los residuos generados sin potencial de reutilización. Enfocando su filosofía a la prevención de la contaminación como opción preferencial, minimizando así la descarga de contaminantes al ambiente. A diferencia de las tecnologías tradicionales que atacan el problema de la contaminación con métodos correctivos, que están demostrando ser de altos costos económicos y tecnológicos.

La Ingeniería Química tiene entre sus objetivos la formación de profesionales con capacidad de solución de problemas, innovaciones en los procesos, creación e implementación de nuevas tecnologías propias de su quehacer profesional. El ingeniero químico adquiere a lo largo de su carrera, los conceptos aplicados en la creación e implementación de "Tecnologías Más/Limpias" y por esta razón debe ser parte de la adopción de estas nuevas tecnologías. La aplicación de las "Tecnologías Más/Limpias" es de carácter multidisciplinario, y todos los profesionales están llamados a contribuir con la recuperación y preservación del ambiente. Por esta razón debe forjarse un cambio de actitud en los futuros profesionales, en el sentido de dejar de ser indiferentes a la problemática ambiental que se vive en la actualidad, y que logre un compromiso real de apoyo y participación en medidas encaminadas a la minimización de los residuos y emisiones, fundamentalmente en su campo de acción profesional.

Como primer aporte formal, y creando un precedente, se incorporan en este documento aspectos ambientalistas, conceptos y la filosofía de la "Producción Más Limpia" en

asignaturas específicas de la carrera de Ingeniería Química. Constituye, además, una propuesta del trabajo conjunto que deben realizar docentes y estudiantes, encaminado a la minimización de desechos en el proceso de la enseñanza.

Por lo que son las autoridades centrales de la Universidad de El Salvador (U.E.S.) con el más alto nivel jerárquico las llamadas a definir lineamientos, estrategias y políticas de trabajo para que los miembros de la Comunidad Universitaria conozcan e implementen el concepto de "Tecnologías Más/Limpias" en los diferentes campos de la actividad Universitaria.

AGRADECIMIENTOS

A:

OPS
SEMA

Lic. Victor Manuel Segura Lemus
Ing. Carlos Roberto Ochoa
Ing. Delmy del Carmen Rico Peña
Ing. Italo Andrés Córdova Flamenco
Dra. Elvia Berenice Huezó de Oliva
Lic. Xochitl María Godoy de Villatoro
Lic. Ana Isabel Pereira de Ruiz
Lic. Carlos Rolando Velásquez
Ing. Tania Torres Rivera
Sr. Rodolfo Mendoza
Sr. Ismael Sosa
Betty Marcelli de Biollo

Por su invaluable aporte a este trabajo de graduación.

DEDICATORIA

A:

Dios Todopoderoso

Mis Padres y Mi Abuelita Ade

Mis Hermanos y mi Primahermana

Mi Tío, Tías y Primos

Mi sobrino

Mis Amigos, compañeros y maestros

**Con todo mi amor, por haberme apoyado y
soportado a lo largo de este esfuerzo!**

Grecia Lídice

DEDICATORIA

A:

Dios Todopoderoso

Por estar siempre conmigo dándome fuerza en los momentos más difíciles, y haberme guiado para alcanzar este triunfo.

Mis Padres, José Luis y Berta Lidia

Con mucho amor, respeto y admiración ya que con su esfuerzo y dedicación me impulsaron a seguir adelante para realizar mis metas.

Mis Hermanos

Por haberme brindado su ayuda en todo momento.

Mi Esposo, Miguel Alberto

Con amor y agradecimiento por su apoyo, ayuda y comprensión lo cual hizo más fácil la realización de este trabajo, gracias por todo esto y mucho más!

Mis Hijos, Miguelito y Alejandrita

Que con sus besos y abrazos me ayudaron a seguir adelante.

La Sra. Marta de Carranza

Por su tiempo y dedicación al cuidar de mis hijos, lo que me permitió disponer de más tiempo para la realización de este trabajo.

Mis Compañeros, Amigos y Profesores

Quienes me animaron, acompañaron, enseñaron con especial agradecimiento.

María Soledad

DEDICATORIA

A:

Dios Todopoderoso

Por haberme auxiliado en los momentos que más lo necesité en el transcurso de mi carrera, y a la Virgen María por su amor de madre.

Mis Padres, Teresa e Ismael

Por haberme brindado su amor y comprensión y apoyo en mis estudios; y a quienes especialmente dedico este triunfo alcanzado.

Mis Hermanos, Paty, Linda y William

Por haberme soportado y ayudado en el desarrollo de este trabajo con su invaluable apoyo y comprensión.

Mi Cuñado, Salvador

Por ser como otro hermano con su invaluable ayuda y disposición.

Mi Sobrinito, Cristofer

Por ser un aliciente más para el feliz término de este trabajo.

Betty de Biollo

Por haber sido una integrante más debido a sus horas de desvelo para el desarrollo de este trabajo.

Mis Amigos

Por su apoyo y ayuda brindada en el transcurso de mi carrera.

Lucy

RESUMEN

Los problemas de contaminación que vive El Salvador han provocado el surgimiento de organismos gubernamentales y no gubernamentales que se han encargado de formular planes, estrategias, leyes y decretos encaminados a contrarrestar los efectos de la contaminación sobre los recursos naturales y el hombre. Han surgido además entidades cuyo objetivo es formar una conciencia ambiental en la población. En este estudio se hace una revisión de las instituciones salvadoreñas y sus funciones en pro de la recuperación ambiental.

Se establece el marco conceptual y filosófico de las "Tecnologías Más/Limpias de Producción" mediante investigación bibliográfica, dando a conocer las diferentes opciones en el manejo de procesos para la minimización de los desechos.

Para facilitar el control y la evaluación del cumplimiento de las regulaciones y normas estándares ambientales, se hace uso de las auditorías de desechos, las cuales permiten conocer que cantidad y tipos de desechos son generados por las industrias; además plantean soluciones evaluadas técnica y ambientalmente para minimizar la generación de los mismos, detallándose los pasos a seguir para la realización de una auditoría de desechos tomando como base los lineamientos dados por la U.S. EPA y la UNEP (por sus siglas en inglés de United States Environmental Protection Agency y United Nations Environment Program respectivamente).

Como objetivo fundamental de este estudio se realiza la revisión de los contenidos programáticos de asignaturas de la carrera de Ingeniería Química en las áreas de Química y Análisis Químico, a fin de efectuar la introducción de aspectos ambientalistas basados en la filosofía y concepto de "Tecnologías Más/Limpias de Producción", específicamente para las asignaturas siguientes: Métodos Experimentales, Química General I, Química General II, Química Inorgánica, Química Orgánica, Química Analítica y Análisis Instrumental; ésto con la finalidad de

hacer conciencia en el futuro Ingeniero Químico del papel que deberá asumir ante el reto de participar en los procesos de producción de tal forma que sus acciones no contribuyan más al acelerado deterioro del medio ambiente, causado por la generación de desechos industriales, entre otros.

La revisión programática de las asignaturas en mención incluye las prácticas de laboratorio, presentándose datos fisicoquímicos y de peligrosidad de los reactivos y productos involucrados en los laboratorios tratados. Se cuantifican, además, los reactivos utilizados en las diferentes prácticas. Además se presentan ejemplos de revisiones de prácticas de laboratorio siguiendo una guía de auditoría adaptada a las condiciones de trabajo en los laboratorios de la universidad y se proponen cambios en algunas prácticas, con el objeto de reducir la contaminación que generan, así como disminuir el posible riesgo a que se exponen los estudiantes y docentes en su ejecución.

INDICE
CONTENIDO

INTRODUCCION	xix
CAPITULO I PANORAMA GENERAL DE LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL EN EL SALVADOR	1
1.1 MEDIO AMBIENTE Y PLAN NACIONAL DE EMERGENCIA	3
1.2 MARCO LEGAL AMBIENTAL	11
1.2.1 Aspectos Legales e Institucionales	11
CAPITULO II	
MARCO CONCEPTUAL Y FILOSOFICO DE "TECNOLOGIAS MAS/LIMPIAS DE PRODUCCION"	15
2.1 ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACION DE UNA "PRODUCCION MAS/LIMPIA"	18
2.1.1 Reducción en la Fuente	19
2.1.2 Reciclaje	26
2.1.3 Técnicas Afines a las de Minimización de Desechos	27
2.2 BENEFICIOS DE LA MINIMIZACION DE RESIDUOS	28
CAPITULO III	
AUDITORIAS AMBIENTALES	30
3.1 PROCEDIMIENTO DE UNA EVALUACION DE AUDITORIA DE DESECHOS	35

CAPITULO IV

CLASIFICACION DE PRODUCTOS QUIMICOS PELIGROSOS	47
4.1 ETIQUETADO	50
4.2 INCOMPATIBILIDADES QUIMICAS	51
4.3 MANIPULACION DE PRODUCTOS QUIMICOS PELIGROSOS	53
4.4 VALORES UMBRALES LIMITES	56

CAPITULO V

METODOLOGIA APLICADA PARA LA INCORPORACION DE LA TEMATICA AMBIENTAL Y DEL MARCO CONCEPTUAL DE LAS "TECNOLOGIAS MAS/LIMPIAS DE PRODUCCION" A LAS ASIGNATURAS DE METODOS EXPERIMENTALES, QUIMICA GENERAL I, QUIMICA GENERAL II, QUIMICA INORGANICA, QUIMICA ORGANICA, QUIMICA ANALITICA Y ANALISIS INSTRUMENTAL	59
5.1 REVISION DEL PROGRAMA DE METODOS EXPERIMENTALES	61
5.1.1 Desarrollo del Tema: Relación Ciencia-Tecnología-Medio Ambiente	61
5.1.2 Propuesta de Discusión de Métodos Experimentales	68
5.2 REVISION DEL PROGRAMA DE QUIMICA GENERAL I	70
5.2.1 Desarrollo del Tema: Efectos de los Compuestos Químicos sobre el Medio Ambiente	70
5.2.2 Desarrollo del Tema: Los Gases y la Contaminación Atmosférica	71
5.2.3 Minimización de Residuos y Emisiones Mediante la Implementación de "Tecnologías Más/Limpas de Producción"	74
5.2.4 Propuesta de Tarea Ex-Aula de Química General I	75
5.3 REVISION DEL PROGRAMA DE QUIMICA GENERAL II	76
5.3.1 Desarrollo del Tema: Las Reacciones Químicas y sus Efectos sobre el Medio Ambiente	76

	xii	
5.3.2	Propuesta de Tarea Ex-Aula de Química General II	85
5.3.3	Desarrollo del Tema: Aplicación de "Tecnologías Más/Limpias" en el Proceso de Anodizado	85
5.4	REVISION DEL PROGRAMA DE QUIMICA INORGANICA	89
5.4.1	Desarrollo de Tema: Química de los Elementos de Transición y sus Compuestos de Coordinación	89
5.4.2	Propuesta de Tarea Ex-Aula de la Asignatura Química Inorgánica	92
5.5	REVISION DEL PROGRAMA DE QUIMICA ORGANICA	93
5.5.1	Desarrollo del Tema: Industria del Petróleo y sus Efectos en el Medio Ambiente	93
5.5.2	Desarrolló del Tema: Solventes Industriales y sus Problemas para el Medio Ambiente	99
5.6	REVISION DEL PROGRAMA DE QUIMICA ANALITICA	106
5.6.1	Desarrollo del Tema: Panorama General de la Relación de la Química Analítica con el Medio Ambiente	106
5.6.2	Propuesta de Tarea Ex-Aula de la Asignatura de Química Analítica	109
5.7	REVISION DEL PROGRAMA DE ANALISIS INSTRUMENTAL	110
5.7.1	Desarrollo del Tema: Riesgos de Exposición a la Radiación Ultravioleta y Cercano Infrarrojo para el Hombre y el Medio Ambiente	110
5.7.2	Propuesta de la Tarea Ex-Aula de la Asignatura Análisis Instrumental	114
 CAPITULO VI		
REVISION DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE QUIMICA GENERAL I, QUIMICA GENERAL II, QUIMICA INORGANICA, QUIMICA ORGANICA Y QUIMICA ANALITICA		
		115
6.1	METODOLOGIA APLICADA PARA LA REVISION DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO	115

6.2	DATOS DE SEGURIDAD Y PELIGROSIDAD DE LOS REACTANTES UTILIZADOS Y DE LOS PRODUCTOS GENERADOS EN LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE LAS ASIGNATURAS ESTUDIADAS	117
6.3	REVISION DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE QUIMICA GENERAL I	119
6.4	REVISION DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE QUIMICA GENERAL II	127
6.5	REVISION DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE QUIMICA INORGANICA	135
6.6	REVISION DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE QUIMICA ORGANICA	146
6.7	REVISION DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE QUIMICA ANALITICA	162
	OBSERVACIONES	172
	CONCLUSIONES	173
	RECOMENDACIONES	175
	GLOSARIO	177
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	179
	ANEXOS	
	ANEXO N° 1 DATOS GENERALES DE LA SITUACION ACTUAL DE LA CONTAMINACION AMBIENTAL EN EL SALVADOR	184
	CUADRO N° 1-A: CONTAMINACION GENERADA POR DIVERSAS INDUSTRIAS EN EL SALVADOR	185

CUADRO Nº 1-B:	PROYECTOS EN EL AREA DE CONTAMINACION AMBIENTAL PRESENTADOS POR EL PNEA	186
CUADRO Nº 1-C:	PROGRAMAS AMBIENTALES APROBADOS Y FINANCIADOS POR EL FONDO DE INICIATIVA PARA LAS AMERICAS	187
CUADRO Nº 1-D:	CAMPOS DE ACCION DE DIFERENTES INSTITUCIONES ESTATALES	188
ANEXO Nº 2	PROGRAMAS DE LAS ASIGNATURAS DE LA CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA DEL AREA DE QUIMICA Y ANALISIS QUIMICO, Y PROPUESTA DE EVALUACION DE TEMAS RELACIONADOS CON EL MEDIO AMBIENTE	191
ANEXO Nº 2-A	METODOS EXPERIMENTALES	192
ANEXO Nº 2-B	QUIMICA GENERAL I	199
ANEXO Nº 2-C	QUIMICA GENERAL II	203
ANEXO Nº 2-D	QUIMICA INORGANICA I	207
ANEXO Nº 2-E	QUIMICA ORGANICA I	213
ANEXO Nº 2-F	QUIMICA ANALITICA	217
ANEXO Nº 2-G	ANALISIS INSTRUMENTAL	223
ANEXO Nº 3	DATOS DE SEGURIDAD Y PELIGROSIDAD DE LOS REACTANTES UTILIZADOS Y PRODUCTOS GENERADOS EN LAS DIFERENTES PRACTICAS DE LABORATORIO DE LAS ASIGNATURAS ESTUDIADAS EN ESTE DOCUMENTO, Y PARAMETROS PERMISIBLES DE CIERTAS SUSTANCIAS EN DIFERENTES CUERPOS RECEPTORES	227
CUADRO Nº 3-A	CARACTERIZACION DE REACTANTES Y PRODUCTOS QUIMICOS DE PRACTICAS DE LABORATORIO DE LAS ASIGNATURAS ANALIZADAS	228

CUADRO N° 3-B	FRASES DE RIESGO DE SUSTANCIAS QUIMICAS (R)	244
CUADRO N° 3-C	FRASES DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUIMICAS (S)	248
CUADRO N° 3-D:	PARAMETROS SOBRE VALORES MAXIMOS PER- MISIBLES DE SUSTANCIAS TOXICAS EN LOS CUERPOS RECEPTORES	252

INDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1:	CLASIFICACION DE LA TOXICIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUIMICAS	51
CUADRO N° 2:	INCOMPATIBILIDADES EN EL ALMACENAMIENTO Y MANIPULACION DE LOS COMPUESTOS QUIMICOS	54
CUADRO N° 3:	VALORES UMBRALES LIMITES PARA ALGUNAS SUSTANCIAS DE USO COMUN EN LABORATORIOS QUIMICOS	58
CUADRO N° 4:	GRUPOS DE CONTAMINANTES QUIMICOS DERIVADOS DE PROCESOS INDUSTRIALES Y PRODUCTOS DE USO COMUN, ALGUNOS DE SUS EFECTOS EN LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE	64
CUADRO N° 6:	LA CONTAMINACION ATMOSFERICA Y SUS EFECTOS SOBRE LA SALUD	73
CUADRO N° 7:	CUADRO COMPARATIVO DE LAS CARACTERISTIICAS DEL ANODIZADO USANDO COMO ELECTROLITO ACIDO SULFURICO Y ACIDO CROMICO	86
CUADRO N° 8:	COLORACION DE DIFERENTES IONES DE ELEMENTOS DE TRANSICION	90
CUADRO N° 9:	APLICACIONES INDUSTRIALES Y PROBLEMAS AMBIENTALES DE ELEMENTOS QUIMICOS DE TRANSICION	91
CUADRO N° 10:	REPERCUSIONES AMBIENTALES DEL PETROLEO	96
CUADRO N° 11:	LISTA DE ALGUNOS SOLVENTES COMUNMENTE USADOS EN LA INDUSTRIA	100
CUADRO N° 12:	PRINCIPALES AREAS DE USO DE LOS SOLVENTES ORGANICOS	102
CUADRO N° 13:	CATEGORIAS DE DESECHOS DE SOLVENTES	103

CUADRO N° 14:	GENERACION DE DESECHOS DE SOLVENTES DE ALGUNAS INDUSTRIAS	104
CUADRO N° 15:	VALORES UMBRALES LIMITES PERMITIDOS PARA LA REGION DEL ACTINICO ULTRAVIOLETA	113
CUADRO N° 16:	EFFECTOS DE EXPOSICION	118
CUADRO N° 17:	REACTIVOS USADOS Y PRODUCTOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE QUIMICA GENERAL I	120
CUADRO N° 18:	REACTIVOS USADOS Y PRODUCTOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE QUIMICA GENERAL II	128
CUADRO N° 19:	REACTIVOS USADOS Y PRODUCTOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE QUIMICA INORGANICA	136
CUADRO N° 20:	REACTIVOS USADOS Y PRODUCTOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE QUIMICA ORGANICA	147
CUADRO N° 21:	REACTIVOS USADOS Y PRODUCTOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE QUIMICA ANALITICA	163

INDICE DE FIGURAS

FIGURA Nº 1:	ELEMENTOS ESENCIALES DE UNA ESTRATEGIA DE "PRODUCCION MAS/LIMPIA"	16
FIGURA Nº 2:	LA NECESIDAD DE REORIENTAR EL MANEJO DE DESECHOS, DE LA CURA A LA PREVENCION	17
FIGURA Nº 3:	JERARQUIA DE OPCIONES DE MANEJO AMBIENTAL	20
FIGURA Nº 4:	MINIMIZACION DE DESECHOS - TECNICAS DE MINIMIZACION DE RESIDUOS	21
FIGURA Nº 5:	METODOS DE REDUCCION EN LA FUENTE	22
FIGURA Nº 6:	REPRESENTACION ESQUEMATICA DE UN DISEÑO DE PROCESO DE UN PRODUCTO ECOLOGICO	24
FIGURA Nº 7:	TECNICAS EN LA MINIMIZACION DE DESECHOS	26
FIGURA Nº 8:	PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DE LA MINIMIZACION DE DESECHOS	33
FIGURA Nº 9:	REFERENCIA RAPIDA DE UNA GUIA DE AUDITORIAS	34
FIGURA Nº 10:	PICTOGRAMAS RELATIVOS A LA PELIGROSIDAD DE SUSTANCIAS QUIMICAS	52
FIGURA Nº 11:	REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LA REACCION PARA LA PRODUCCION DE IODURO DE METILO	80
FIGURA Nº 12:	ESQUEMA DE LA DESTILACION DEL PETROLEO CRUDO	94

CAPITULO I
PANORAMA GENERAL DE LA PROBLEMATICA AMBIENTAL EN
EL SALVADOR

El Salvador, al igual que el resto de los países de la Región, enfrenta serios problemas; entre éstos la alta densidad poblacional, el reducido territorio nacional (285 habitantes/Km² promedio en 1990), la alta deforestación, un bajo ingreso per cápita, US\$1,102.00 reportados para 1992 como el más bajo para el continente, el nivel de educación de la población, la falta de conciencia ambiental y la no aplicación de leyes ambientales, entre otros, hacen que la gravedad de los problemas ambientales sean mayores (USAID, 1993) (SEMA, 1994).

El desarrollo urbano y rural que en forma descontrolada se han llevado a cabo en los últimos años, ha originado que a los problemas habitacionales y de saneamiento básico, todavía no resueltos, se agreguen problemas de contaminación ambiental como la deforestación de bosques originales y tierras de cultivo, acelerando los problemas de erosión y pérdida de suelo fértil (ECOSAL II, 1993).

La contaminación de los ríos por uso de plaguicidas y por vertidos industriales y domésticos sin tratamiento, la falta de servicios sanitarios, así como la emisión de humo negro de los vehículos, presentan características incontrolables que unidas al ruido de los mismos afecta la calidad de vida de la ciudad, incrementando las causas de enfermedades de las vías respiratorias (ECOSAL II, 1993).

Todo lo anterior afecta el medio ambiente y por consiguiente, la calidad de vida de los salvadoreños, lo cual se demuestra a través de los siguientes índices (ECOSAL II, 1993 y SEMA, 1992):

- A. Contaminación Ambiental y Ecosistema (SEMA 1994-95, USAID 1993 y La Prensa Gráfica, 1996)**
 - a. Para 1978 se estimó que la superficie de bosques y matorrales era de un 12.4% del

territorio nacional, de los cuales el 0.6% correspondía a plantaciones forestales y menos del 3% se encontraba en condiciones naturales. Estimándose que para la década de los 80's se deforestó un equivalente al 15% de la cobertura existente y que los bosques tropicales en la actualidad se han reducido al menos del 2% de las coberturas originales.

El Salvador presenta un consumo anual estimado de 4.9 millones de m³ de producto forestal básico correspondiendo 4.6 millones de m³ a su uso como fuente de energía.

- b. El 53% de los suelos del país no son aptos para la producción de alimentos.
- c. El 83% del territorio nacional se encuentra afectado por condiciones de erosión.
- d. Actualmente se cuenta aproximadamente con 360 ríos, de los cuales el 90% están altamente contaminados y un 10% relativamente limpios.
- e. La generación de desechos sólidos del área metropolitana es de 1,500 Ton/día, de las cuales el 30% generan focos de contaminación ya que no son recolectados y quedan dispersos en diferentes lugares, como quebradas, barrancos, orillas de los ríos y calles.
- f. Para 1985 el agua disponible era de 17 mil 971.3 millones de m³ siendo para 1993 de 6 mil 939 millones de m³.
- g. En 1996 la concentración de monóxido de carbono en el aire es de 10 ppm en los lugares menos contaminados y oscila entre 80 y 100 ppm en lugares altamente contaminados, siendo el límite permisible de 9 ppm.

B. Contaminación Ambiental y Salud

En 1992, se reportaron las diarreas como mayores causas de muerte para menores de 5 años. Como causas de morbilidad se reportaron en su orden parasitismo intestinal,

enfermedades diarreicas y disentería amediana; causadas principalmente por la ingestión de agua y alimentos contaminados. Sin embargo, las causas de morbilidad han cambiado para 1994 ya que se presentan tendencias mayores para enfermedades de vías respiratorias, siendo éstas el resfrío común, infecciones agudas de las vías respiratorias, seguidas de enfermedades diarreicas, parasitismo intestinal y bronconeumonía (USAID, 1993; MSPASS, 1990-94).

Según SEMA 1995, los índices para el área infantil en el aspecto de salud, por las causas mencionadas anteriormente, son los siguientes:

- a. El 8% de la población infantil presenta bajo peso.
- b. Un 36% de niños entre 2 y 5 años padecen desnutrición.
- c. La tasa de mortalidad en menores de 5 años es de un 87/1000.

C. Contaminación Ambiental e Industria

El sector industrial de El Salvador se compone aproximadamente de 1,600 plantas industriales. Un 81.5% de los residuos sólidos producidos por estas plantas son enviados a rellenos sanitarios municipales o "botaderos" ilegales y el 30.8% de los vertidos son depositados luego de dárseles tratamiento primario (sedimentación), y el resto son descargados directamente a los ríos. El tratamiento de desechos que se da en estas industrias es mínimo (SEMA, 1995). En el Cuadro N° 1-A del Anexo N° 1 se muestra la contaminación generada por diversas industrias en El Salvador.

1.1 MEDIO AMBIENTE Y PLAN NACIONAL DE EMERGENCIA

Los problemas de contaminación y deterioro del medio ambiente no son exclusivos de El Salvador, y han alcanzado niveles tan altos que se ha hecho necesario realizar esfuerzos combinados por parte de distintas naciones y organismos internacionales para frenarlos. En el marco del Ambiente y Desarrollo de las naciones se han realizado diferentes cumbres y reuniones de las cuales han surgido convenios y lineamientos a seguir por cada país de acuerdo a sus condiciones (SEMA, 1995).

En El Salvador, la Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente (SEMA), ha formulado el Plan Nacional de Emergencia Ambiental (PNEA) el cual se ha estructurado en seis grandes áreas de acción, cada una conteniendo uno o más programas a desarrollarse a través de proyectos específicos, los cuales obedecen a prioridades dadas por el más alto nivel político del Estado, a través del Consejo Nacional del Medio Ambiente (CONAMA) y el consenso de los diferentes sectores del país (SEMA, 1994 y Serrano, 1992). Las seis áreas de acción son: Contaminación Ambiental; Educación Ambiental; Fortalecimiento Institucional; Recursos Naturales; Cuencas Hidrográficas; Desarrollo Urbano y Rural. De mayor relevancia para este trabajo son las áreas de: Contaminación y Educación Ambiental; que se amplían a continuación.

1.1.1 Contaminación Ambiental

Considerando que las características de contaminación donde se desarrollan las actividades de la población son progresivamente más acentuadas y que sus efectos negativos en la salud humana y el medio ambiente son obstáculos para garantizar el crecimiento económico y social equilibrado, en esta área se contemplan los siguientes lineamientos estratégicos:

- a. Impulsar y apoyar el desarrollo de investigaciones y estudios que permitan conocer a fondo el origen y las implicaciones físicas, económicas y sociales de la contaminación ambiental en todas sus formas, para proponer soluciones.
- b. Definir políticas para permitir hacer efectivas las acciones de control ambiental y la regulación de las actividades contaminantes, en colaboración estrecha con el sector privado.
- c. Promover el desarrollo de tecnologías alternativas de tratamiento y su uso en aguas residuales y desechos sólidos y líquidos.

1.1.1.1 Acciones Claves para Prevenir la Contaminación Ambiental

- a. Introducir mejoras en los sistemas institucionales de monitoreo y de importaciones de materias primas tóxicas, productos terminados y contaminantes. Una de las instituciones que actualmente se encarga de regular la importación y consumo de sustan-

cias tóxicas y peligrosas es el Comité de Seguridad Química (COSEQUI), el cual es un comité multisectorial coordinado por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS), a través del departamento de Saneamiento Ambiental (SEMA, 1994 y 1995).

- b. Reorganizar y fortalecer las instituciones que desarrollan programas de evaluación y control de la contaminación ambiental en sus diferentes formas. Actualmente no existen instituciones especializadas para la evaluación y el control de la contaminación ambiental; sin embargo es posible adaptar muchos laboratorios, actualizando su tecnología, reequipándolos, capacitando su personal técnico, dotándoles de un presupuesto permanente y eficiente, para lograr eficiencia y los resultados deseados, como es apoyar el Centro de Transferencia Tecnológica en Producción Limpia (SEMA 1994 y 1995).
- c. Concientizar y capacitar actividades locales, funcionarios de gobierno y personeros de la iniciativa privada en aspectos técnicos de control, manejo y disposición de desechos contaminantes y de su importancia en el bienestar económico y social del país. Entre los entes a capacitar se encuentran: los ministerios encargados de realizar monitoreos tanto de importaciones como de generaciones de desechos peligrosos, como sería el Departamento de Saneamiento Ambiental del MSPAS y el laboratorio del Medio Ambiente del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), así como la Dirección General de Aduana, la Policía Nacional Civil y la Fuerza Naval, estas tres últimas en monitorear y controlar el tráfico ilícito de desechos peligrosos (SEMA, 1994 y 1995).

Entre las entidades existentes con la capacidad para entrenamiento e investigaciones se tiene: Consejo Nacional de Ciencias y Tecnologías (CONACYT), sus funciones son gestionar financiamiento para el desarrollo, coordinar la normalización científica acreditación y administración del que hacer científico y tecnológico (SEMA, 1995).

Entre otras instituciones que tienen igual objetivo, se puede mencionar: Asociación Salvadoreña de industriales (ASI) y Cámara de Comercio e Industria de El Salvador; SEMA y sectores Universitarios académicos (SEMA 1995).

- d. Formular los respectivos planes de control y tratamiento de desechos sólidos y contaminantes, priorizando aquellos dirigidos a los centros urbanos y las zonas costeras en condiciones de salubridad crítica. COSEQUI ha elaborado un listado de sustancias químicas cuya importación y consumo están sujetas a control, con 59 sustancias reguladas; otro listado para sustancias químicas que no necesitan licencias de importación, pero sí documentos de embarque visados por la Junta de Vigilancia de la profesión química y farmacéutica con 21 sustancias reguladas; otra lista de 5 sustancias reguladas con notificación previa según las directrices de Londres y listado de desechos peligrosos según el Convenio de Basilea (SEMA 1994 y 1995).

Según SEMA (1995) se están realizando esfuerzos para reducir la producción de desechos, entre los que podemos mencionar:

- a. En el área de desechos sólidos, se ha sustituido el sistema de destrucción por quema al aire libre y botaderos a silo abierto en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS) por rellenos sanitarios.
- b. Existen dos empresas que recolectan desechos sólidos para reciclaje: desechos de papel y desechos de metal.
- c. En el área de desechos de hospital del AMSS, los cuales reciben y atienden a un 60% de área de la población del país, se está desarrollando un programa con apoyo de la Comunidad Europea al Departamento de Saneamiento Ambiental del MSPAS, para desarrollar un sistema de depositación final por incineración para evitar la depositación de desechos hospitalarios en rellenos sanitarios y municipales; tal sistema será único para el sistema hospitalario y para este tipo de desechos.
- d. Gestionar recursos financieros internos y externos, así como asistencia técnica adecuada para implementar el Programa de Contaminación. Actualmente se cuenta únicamente con recursos financieros externos, provenientes del Banco Mundial, y del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), destinados a las diferentes industrias para el tratamiento de los desechos que generen.

Todas las acciones mencionadas anteriormente van dirigidas en su mayoría hacia el manejo y tratamiento de los desechos generados, debido a la ausencia de un ente que pro-

mueva y coordine la producción limpia (SEMA, 1995).

Entre los proyectos ya desarrollados se encuentran (SEMA, 1995):

- a. Eliminación de acumulaciones de basura en 19 playas de el litoral de El Salvador.
- b. Presentación a La Asamblea Legislativa de los anteproyectos de Ley del Impacto Ambiental y del Medio Ambiente.
- c. Otros proyectos desarrollados son los descritos en el literal d., de las acciones claves del área de contaminación ambiental.

Actualmente SEMA realiza un control de vertidos ya sea municipales o industriales, como una respuesta ante las denuncias expuestas por la población (Perdomo, F., 1995).

En el Cuadro N° 1-B del Anexo N° 1, se muestran los proyectos presentados por PNEA en el área de contaminación ambiental.

1.1.2 Educación Ambiental

Esta área de acción esta orientada a fomentar y desarrollar una cultura ambiental como un componente que contribuya y garantice el aprovechamiento sostenido de los recursos naturales del país. Por consiguiente la inserción de ésta a los programas previstos en el Sistema Educativo Nacional, es un requisito básico para el cumplimiento de sus propósitos (SEMA, 1994).

Los lineamientos estratégicos que permitirán viabilizar la ejecución de estos programas (SEMA, 1994) son:

- a. Formulación de la estrategia de desarrollo de la Educación Ambiental en El Salvador, para que funcione como instrumento orientador de la implementación equilibrada de acciones en el campo formal y no formal, a todos los niveles y sectores.
- b. Promoción de la participación integrada y multidisciplinaria de entidades públicas y servicios, organizaciones no gubernamentales ambientalistas y de desarrollo, comuni-

dades y a la empresa privada, en el proceso de educación ambiental.

1.1.2.1 Acciones Claves para la Educación Ambiental

De acuerdo a SEMA (1994), las acciones claves, para que estos programas referidos a la Educación Ambiental puedan ser implementados, son:

- a. Diseño del programa estratégico de educación ambiental, en base al diagnóstico actualmente en elaboración, a través del Ministerio de Educación en coordinación con la Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente (SEMA).
- b. Definición de los mecanismos de implementación del programa estratégico de educación ambiental en El Salvador.
- c. Formación y capacitación técnica especializada en educación ambiental.
- d. Fortalecimiento institucional de la entidades públicas y privadas que desarrollan programas y proyectos de educación ambiental.
- e. Desarrollar programas pilotos en educación ambiental, formal y no formal evaluando sus resultados. Actualmente SEMA, esta promoviendo un curso sobre educación ambiental a nivel de primaria, este curso se le impartirá aproximadamente a 500 profesores, los cuales deberán transmitir dicha información a los colegas que laboren con ellos en sus respectivas instituciones educativas, y estos a su vez a sus alumnos (Perdomo L, 1995).
- f. Gestionar recursos financieros internos y externos, así como asistencia técnica necesaria para implementar programas. Entre las instituciones que canalizan la ayuda externa para la implementación de programas de carácter ambiental es el Fondo de Iniciativa para las Américas (FIAES), así como el Fondo Ambiental de El Salvador (FONAES), el primero canaliza la ayuda proveniente de los Estados Unidos y el segundo la de Canadá.

En el Cuadro N° 1-C del Anexo N° 1 se muestran los programas aprobados y financiados por FIAES, a partir de Diciembre de 1994 hasta Agosto de 1995, en materia de educación ambiental.

Las funciones principales de la educación son proporcionar a las personas información acerca de las alternativas disponibles a fin de mejorar sus vidas y proporcionar herramientas, destrezas e información concreta que promuevan su habilidad para sacarle ventaja a estas opciones. Una de las funciones más importantes de la educación ambiental es la de proporcionar información básica que las personas necesitan a fin de vivir con su medio ambiente en formas acertadas que le aseguren su futuro (Davenport, 1992).

1.1.2.2 Categorías de la Educación Ambiental

Existe una gama de actividades en El Salvador que busca cambiar actitudes e influir las acciones en torno al medio ambiente, haciendo posible y útil dividir la "Educación Ambiental" en tres categorías: formal, informal y no formal.

Estas son diferencias funcionales que si bien no son mutuamente excluyentes, facilitan los procesos de observación, diagnóstico y evaluación (Davenport, 1992).

a. Educación Formal

Abarca todos los programas escolares llevados a cabo por el sistema educativo nacional, bajo la supervisión del Ministerio de Educación, incluyendo todas las escuelas públicas y privadas, las escuelas técnicas y las universidades que están sujetas a la Ley General de Educación. El sistema de educación nacional está dividido estructuralmente en dos subsistemas, el "formal" y el "no formal"; el formal incluye desde las primarias hasta la universidad mientras el no formal incluye una variedad de programas de educación para adultos (Davenport, 1992).

La educación formal es un proceso sistemático, permanente y planificado de un currículum determinado, basado en programas y objetivos oficiales. En El Salvador las escuelas privadas y las universidades deben ceñirse al mismo currículum básico (Davenport, 1992).

La educación superior universitaria en El Salvador está pasando por un período de transición importante en este momento. La justificación, la organización y desarrollo de

contenidos serán normados por una Ley de Educación Superior que actualmente se encuentra en trámites de aceptación por parte de la Asamblea Legislativa (Perdomo L., 1995).

b. Educación Informal

Incluye todas las actividades dirigidas a un público masivo y al pueblo en general. Se refiere a información genérica y esfuerzos educativos que llegan hasta una audiencia indefinida y pasiva. La educación informal en El Salvador, puede dividirse en dos partes: aquella que se realiza a través de los medios de comunicación y aquella que se ofrece en lugares específicos donde los visitantes aprenden viendo. Algunos ejemplos de la primera serán reportajes periodísticos, artículos especiales, campos pagados, editoriales, columnas regulares, reportajes de radio y televisión, programas producidos independientemente, entrevistas, reportajes especiales, etc. Ejemplos de la segunda serían, parques urbanos y rurales, museos, parques nacionales, centros culturales y sitios arqueológicos (Davenport, 1992).

c. Educación no Formal

Se refiere a aquellos procesos que incluyen la participación activa de grupos específicos y voluntarios de poblaciones blanco. La información que proporciona tiene que ver con las condiciones socioeconómicas de los participantes quienes incorporan a su vida diaria una serie de preocupaciones y criterios de tipo ambiental. Tres tipos de instituciones se especializan en la educación ambiental no formal: las ONG¹¹ ambientalistas, las ONG de desarrollo y las agencias de gobierno, siendo objetivo de estudio de este reporte las ONG ambientalistas.

Las ONG ambientalistas (ONG-A) son las promotoras mejor conocidas de concientización ambiental en las áreas de salud, agricultura y ganadería, auxiliándose las últimas del Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria (CENTA). Todas ellas tienden a especializarse en fomentar el cambio de actitudes de las personas por medio de información que elaboran profesionales y voluntarios comprometidos (Davenport, 1992).

¹¹ ONG: Organizaciones no gubernamentales.

1.2 MARCO LEGAL AMBIENTAL

No existe legislación específica en materia ambiental, sin embargo, los principios básicos generales están plasmados en la Constitución Política, que además soporta el marco institucional para desarrollar el manejo de las repercusiones ambientales de los desechos (SEMA, 1994; SEMA, 1995).

De acuerdo a SEMA (1995) este Marco Legal se caracteriza por:

- a. Diversidad existente y mala aplicación.
- b. Dispersión y fraccionamiento institucional para el manejo de los recursos naturales por más de una institución.
- c. No existe legislación específica.
- d. Baja capacidad de aplicación de la legislación existente.

1.2.1 Aspectos Legales e Institucionales (SEMA 1994; SEMA, 1995)

- a. La Constitución Política de la República de El Salvador (1983), considera al Marco ecológico elevado a rango constitucional, describiendo el medio ambiente circundante (Art. 84). La obligatoriedad de los recursos naturales (Art. 60), y se considera de interés social la protección, restauración, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales (Art. 117)
- b. La legislación secundaria que sustenta el manejo de desechos peligrosos es ambigua, fraccionada, dispersa, pero posee algunos elementos que hay que destacar, donde se puede apoyar una legislación y reglamento unificados y aplicables.
 - b.1 La ley de riego (1970) regula el uso en calidad y cantidad del agua agrícola; complementada con los decretos 886 (1981) y 144 (1982) y sus reglamentos.
 - b.2 Decreto ejecutivo 50 (1987) donde reglamenta la calidad del agua, control de vertidos y zonas de protección, normando la calidad del agua y desechos líquidos, cuyo objetivo es reducir la contaminación del agua.

- b.3 El código de salud, decreto legislativo 955 (1988) donde se refiere principalmente al área médica de salud o farmacológica teniendo algunos artículos que se refieren ambiguamente a saneamiento ambiental, como el Art. 56 que trata acerca de la regulación de desechos sólidos y la contaminación del agua, entre otros, establece que el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) es encargado de saneamiento, ingeniería sanitaria, autorización de sitios de disposición, regula tratamiento especial a desechos peligrosos (Arts. 56, 57, 61, 65, 74, 75, 77 y 78). También establece que corresponde al MSPAS, fijar condiciones para importar, exportar, almacenar, transportar, materias primas o desechos que puedan ser peligrosos a la salud (Art. 109). Establece sanciones graves (Art. 284) menos graves (Art. 285) y multas (Art. 287) entre los que mencionan aisladamente el manejo de desechos peligrosos.

En 1992 MSPAS/OPS^{2/}/OMS^{3/} realizó un Seminario Taller donde se revisó a nivel multisectorial nacional el código de salud y se concluyó y recomendó lo siguiente: i) Que la legislación ambiental dentro de él era profusa, dispersa, contradictoria y con vacíos referente a la protección y explotación de recursos naturales. ii) Que era necesario elaborar y promulgar una legislación ambiental unificada, retomando lo positivo del código de salud y del Decreto 50, unificándolos para evitar traslapamiento de funciones intersectoriales.

- c. Se establece, por decreto ejecutivo 73 (1991) la "Coalición de la Comisión del Medio Ambiente (CONAMA)" de carácter interministerial, dependiente de la presidencia de la república, siendo SEMA dentro del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) su agencia ejecutora. Entre sus atribuciones están:

- c.1 CONAMA: Definir la estrategia nacional del medio ambiente y planificación ambiental; velar porque se implementen los procesos de protección del medio

^{2/} OPS: Organización Panamericana de la Salud.

^{3/} OMS: Organización Mundial de la Salud.

ambiente en forma continua y permanente; velar a través de su Secretaría Ejecutiva, por el cumplimiento de las medidas y recomendaciones para evitar el desarrollo o apareamiento de nuevas fuentes de contaminación.

- c.2 SEMA: Es la entidad responsable de coordinar y velar por el cumplimiento de las políticas y estrategias emanadas del consejo, tendientes a cumplir con las metas fijadas para la defensa de los recursos naturales y el control de la contaminación.

Dentro de la política ambiental prevista en el Plan Nacional del gobierno, se incluyen simultáneamente junto con la operativización del Plan de Emergencia Nacional (PNEA) en 1992, lo siguiente:

- d.1 Revisión y autorización de la legislación vigente en materia ambiental para crear o consolidar regulaciones específicas que dan el soporte al proceso de conservación del medio ambiente a ser incluidos en un código ambiental.
 - d.2 Establecimiento del marco normativo y regulatorio del SEMA, así como mecanismos de coordinación con entidades públicas y privadas.
 - d.3 Reorganización y fortalecimiento de diversas organizaciones gubernamentales que tienen ingerencia directa con el manejo o control de actividades que afectan al medio ambiente.
 - d.4 Definición de mecanismos de fortalecimiento y participación de las ONG's ambientalistas y de las comunidades, en el proceso de gestión ambiental efectivo, estableciendo el rol que jugarán en la operativización de acciones.
 - d.5 Desarrollo de esfuerzos al más alto nivel político (CONAMA) para compatibilizar las medidas de políticas con la necesidad de restaurar y conservar el equilibrio ambiental, eliminando los conflictos actuales y potenciales entre desarrollo y aprovechamiento sostenido de los recursos naturales.
- e. Se establece por el decreto legislativo 19 (1994), que CONAMA queda disuelta por falta de coordinación y que SEMA dependerá del Ministerio de Planificación del Desarrollo Económico y Social donde cumplirá mejor su labor de ente coordinador interinstitucional del medio ambiente.

- f. Se suscribe el acuerdo Presidencial (1989) y ratificado por la Asamblea Legislativa (1990) donde se crea el ente regional de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) para coordinar acciones integradas sobre desarrollo sostenible y contaminación.
- g. Se suscribe el Convenio de Basilea sobre el control de desechos peligrosos (1991) y entra en vigor (1990) así como se suscribe el acuerdo Regional de Control de Desechos Peligrosos y se ratifica (1992) manejado por la CCAD, quedando la SEMA como la autoridad competente de aplicar el Convenio de Basilea en El Salvador.
- h. En 1994 se aprueba y oficializa por parte del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) el comité de Seguridad Química (COSEQUI) coordinado por el mismo ministerio a través del departamento de saneamiento ambiental.

El COSEQUI es un comité multisectorial cuyos objetivos son desarrollar y promover acciones coordinadas dirigidas a la vigilancia y control del manejo de sustancias químicas y el tráfico de desechos peligrosos. Las instituciones que lo conforman además del MSPAS, son los Ministerios de Economía, Agricultura y Ganadería, de Trabajo, CONACYT, Ministerio de Hacienda, a través del laboratorio de Aduanas, Instituto Salvadoreño del Seguro Social (ISSS), Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador, Junta de Vigilancia de la profesión Química y Farmacéutica y SEMA.

Para obtener mejores resultados con respecto a la aplicación de la Legislación Ambiental en El Salvador, se debe lograr la unificación de la legislación ambiental existente, para que sirva de base de una Legislación secundaria más específica y que regule la labor que deben realizar las diferentes instituciones involucradas en la aplicación de esta legislación, de ésta manera, se logrará una mejor y eficaz aplicación de la Ley. Además se debe de lograr una legislación específica sobre regulación y manejo de desechos peligrosos que se base en la legislación existente.

En el Cuadro N° 1-D del Anexo N° 1 se presenta un listado de instituciones salvadoreñas relacionadas con el medio ambiente.

CAPITULO II

MARCO CONCEPTUAL Y FILOSOFICO DE "TECNOLOGIAS MAS/LIMPIAS DE PRODUCCION"

El concepto de "Producción Más/Limpia" ha originado una filosofía en la ingeniería de proceso, y en ésta la integración de procesos juega un papel central (Moser, 1994).

Una "Producción Más/Limpia" implica la aplicación continua de una estrategia ambiental, integrada y preventiva, a los procesos y productos con el objetivo de reducir el riesgo a la salud humana y el impacto negativo sobre el ambiente, estos elementos se muestran esquemáticamente en la Figura N° 1. Se califica de estrategia, puesto que debe de ser una decisión del más alto nivel gerencial, la cual adquiere un compromiso no sólo con la empresa sino con la sociedad, para proteger el ecosistema mediante la reducción de la cantidad de material contaminante vertido al ambiente por medio de la generación de menos desperdicios y el tratamiento final de los residuos de una manera segura (ICAITI, 1994) y (SEMA 1995).

Debe de ser integrada y preventiva, porque la mejor solución es producir sin generar desperdicios, para acercarse a esta meta conviene atacar el problema en la fuente donde se genera y no al final del proceso (ICAITI, 1994).

En procesos de producción, la "Producción Más/Limpia" incluye conservación de materia prima, energía, eliminación de materias primas tóxicas y reducir la cantidad y toxicidad de todas las emisiones y desechos antes de que abandonen un proceso (SEMA, 1995).

Para productos, la estrategia a seguir consiste en la reducción del impacto ambiental, tanto en su fabricación, uso, como en su disposición final.

En la práctica, las actividades de manejo de desechos para la comunidad reguladora y regulada tienden a ser ampliamente enfocadas al tratamiento, control y disposición como está

especificado en los principales estatutos de la U.S. EPA (por sus siglas en inglés de United States Environmental Protection Agency) y en menor extensión sobre el reciclaje. Aunque cada una de estas técnicas son adecuadas para el manejo de desechos, el gobierno y la industria están comenzando a darse cuenta que el control de los efluentes no es suficiente, ya que significantes cantidades de desechos tóxicos son descargados al aire, tierra y agua, a pesar del estricto control de la contaminación y elevado costo en el manejo de desechos (Wang, L. K., 1992).

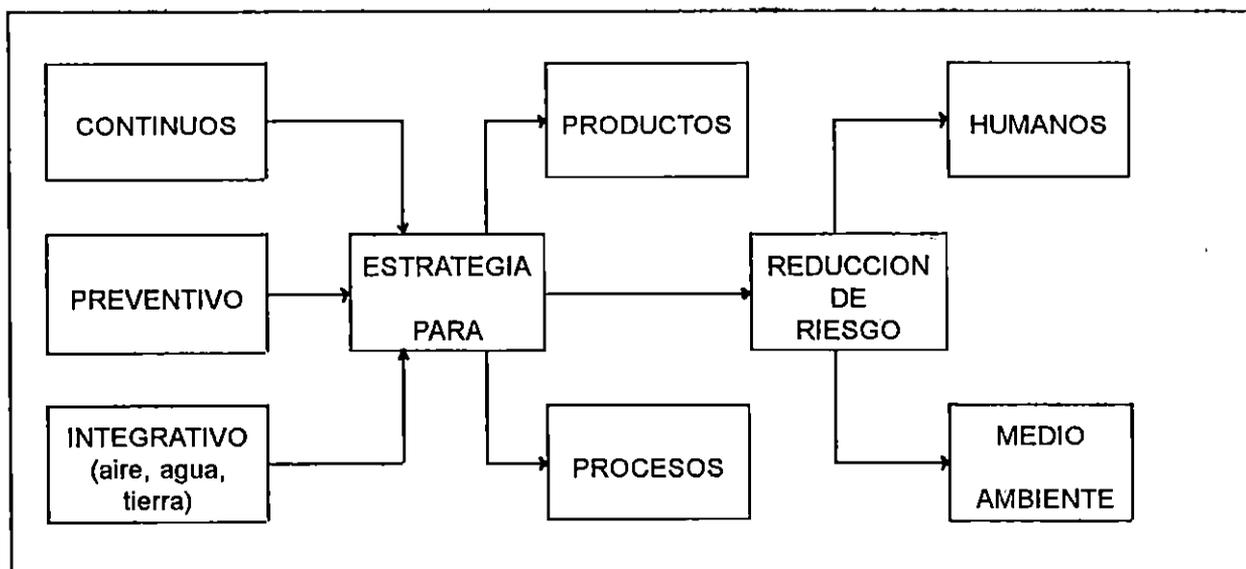


FIGURA N° 1: ELEMENTOS ESENCIALES DE UNA ESTRATEGIA DE "PRODUCCION MAS/LIMPIA" (SEMA, 1995).

Muchos términos preventivos tales como prevención de la contaminación, minimización de desechos y reducción en la fuente están en uso actualmente. En la United Nations Environmental Program (UNEP, por sus siglas en inglés), el término "Producción Más/Limpia" fue conocido en Septiembre de 1990. La "Producción Más/Limpia" cubre procesos y productos, así como el impacto de ambos, también incluye el uso de materia prima y energía, cubre todos los desechos peligrosos, tóxicos o no, si son arrojados al aire, agua o al suelo (SEMA, 1995) y (Wang, L. K., 1992).

La "Producción Más/Limpia" no requiere solamente un mejoramiento en la eficiencia y sustitución de material utilizando herramientas tales como tecnología y conocimiento; sino también nuevas habilidades y políticas gerenciales (Moser, 1994).

En la práctica la "Producción Más/Limpia" es la más efectiva forma para diseñar, operar procesos industriales, desarrollar y producir productos. Los costos de desechos y emisiones, incluyendo impactos negativos al ambiente y la salud pueden ser evitados o minimizados aplicando el concepto de "Producción Más/Limpia" desde el inicio. Para manejar la contaminación se debe tratar de cambiar la tradicional forma de pensar, que es remediar y reaccionar por la de anticipar y prevenir (Moser, 1994).

Moser (1994) nos muestra en la Figura N° 2 la pirámide invertida de la "Producción Más/Limpia" comparada con la pirámide tradicional de los métodos correctivos de la contaminación. Estas pirámides nos indican que se debe invertir más, poner más atención a las técnicas preventivas, ya que éstas nos conducen a la reducción de la contaminación como de los costos correctivos que se le proporcionan al desecho final, resultando de cualquier proceso de producción.

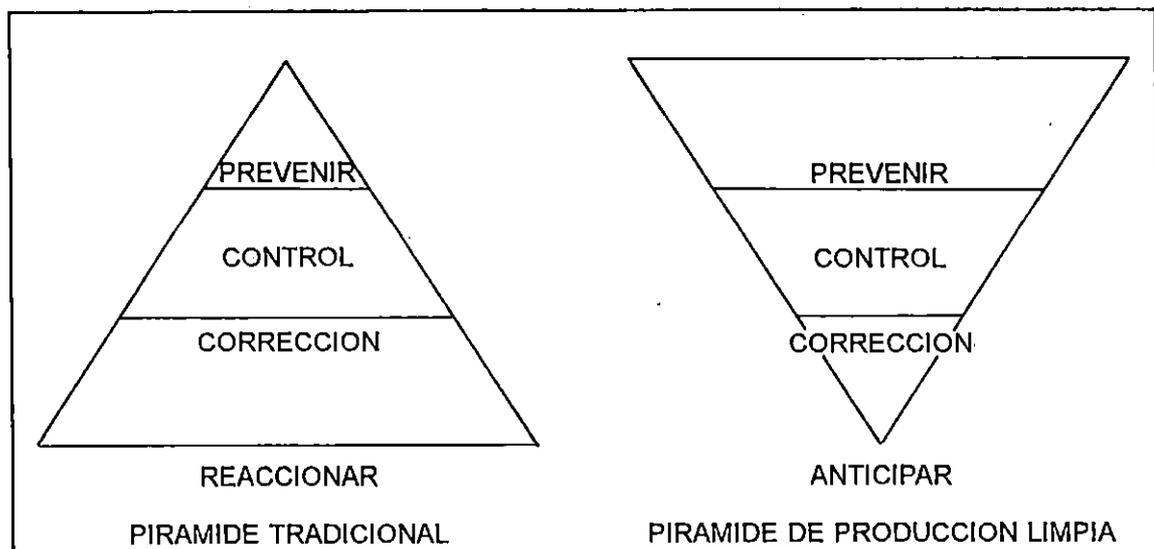


FIGURA N° 2: LA NECESIDAD DE REORIENTAR EL MANEJO DE DESECHOS, DE LA CURA A LA PREVENCIÓN (MOSER 1994).

El calificativo de "Producción Más/Limpia" se asocia con el concepto de desarrollo sostenible, ya que los problemas ambientales se relacionan estrictamente con el grado de desarrollo alcanzado por un país. Es así que se buscan soluciones urgentes como la adopción de "Tecnologías Más/Limpias" y eficiente para la protección del ambiente (ICAITI, 1994).

En conclusión el concepto de "Producción Más/Limpia" nos induce a la prevención de la contaminación y en la mejor de las condiciones a NO CONTAMINAR, pero en la realidad y en la práctica, es para minimizar la contaminación.

2.1 ESTRATEGIAS PARA LA IMPLEMENTACION DE UNA "PRODUCCION MAS/LIMPIA"

Como se mencionó en la sección 2.0, el concepto de "Producción Más/Limpia" se enfoca a la prevención de la contaminación para lograr, la minimización de ésta. A continuación se dan los conceptos básicos de los términos prevención y minimización de desechos, así como las técnicas o alternativas más adecuadas para la reducción de emisiones y efluentes.

La prevención de la contaminación se define como el uso de materiales, procesos y prácticas que reducen o eliminan la creación de contaminantes o desechos¹¹ en el origen. Esto incluye prácticas que reducen el uso de materiales peligrosos y no peligrosos, agua u otros recursos; también como el proteger los recursos naturales por medio de su conservación o su uso más eficiente (U. S. EPA, 1992).

La minimización de desechos o prevención de la contaminación significa la reducción en lo posible de cualquier desecho sólido o peligroso generado o consecuentemente tratado, almacenado, o eliminado. Además de los residuos controlados por la Ley de Conservación y

¹¹ Desecho: será considerado como cualquier subproducto o descarga de un proceso.

Recuperación de Recursos (RCRA)^{2/}, la Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (U.S. EPA) incentiva la minimización de todos los desechos que ponen en riesgo la salud humana y el medio ambiente (U.S. EPA, 1987) (Wang, L. K., 1992).

La U.S. EPA, Ley de 1990, ha desarrollado una jerarquía de opciones de manejo ambiental que son aplicables a todas las industrias generadoras de desechos. Las cuatro opciones en orden decreciente de deseabilidad son presentadas en la Figura N° 3, y son: Reducción en la Fuente, Reciclaje, Tratamiento y Disposición, las cuales serán descritas en las secciones 2.1.1, 2.1.2 y 2.1.3 (U.S. EPA, 1992) (Wang, L. K., 1992).

Las técnicas de minimización de desechos se centran principalmente en la reducción en la fuente o en el reciclaje las cuales disminuyen el volumen de desechos peligrosos producidos o su toxicidad, Figura N° 4 (U.S. EPA, 1992) (Wang, L. K. 1992).

Un ejemplo es: una fábrica de muebles ha implementado la "Producción Más/Limpia" en la fase de diseño del desarrollo de una nueva silla de oficina. Substituciones de material incluyen la eliminación de metales pesados en los pigmentos plásticos y cambio de la base del recubrimiento de polipropileno con cubierta de acero a fibra de vidrio reforzada con nylon (SEMA, 1995).

2.1.1 Reducción en la Fuente

De acuerdo a la U.S. EPA (1992) la reducción en la fuente es la alternativa más deseable de todas las opciones en la jerarquía de manejo de desechos. La reducción en la fuente está orientada a la prevención de la contaminación en el origen, como se muestra en la Figura N° 5. La reducción en la fuente puede darse en dos grandes áreas: cambios de productos y cambios de procesos; indicándose en la misma figura ejemplos específicos de prevención en cada caso, descritos así:

^{2/} RCRA, corregida en 1984. La política de los Estados Unidos es en lo posible, reducir o eliminar la producción de desechos a la mayor brevedad.

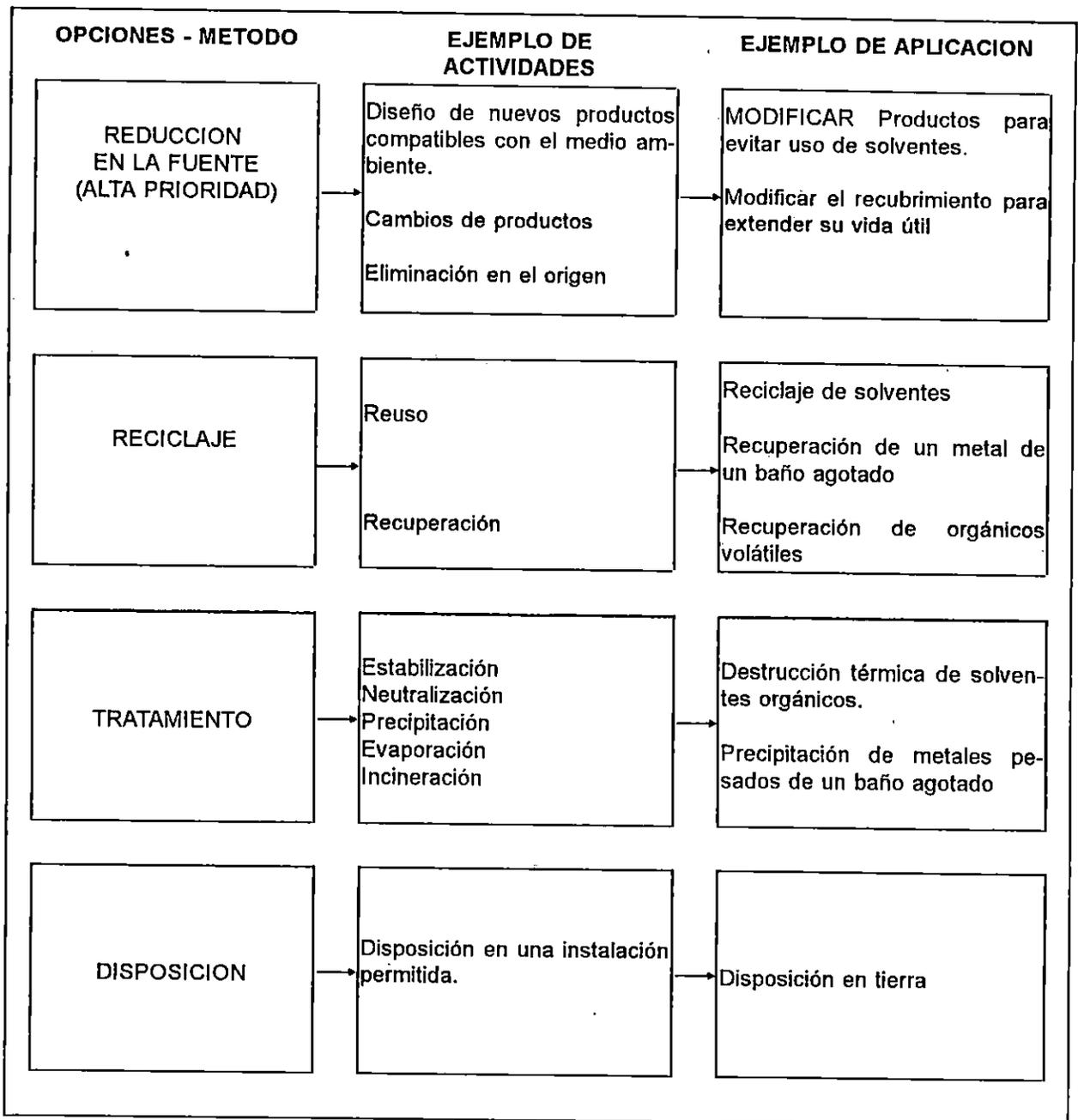


FIGURA Nº 3 : JERARQUIA DE OPCIONES DE MANEJO AMBIENTAL (U.S. EPA, 1992)

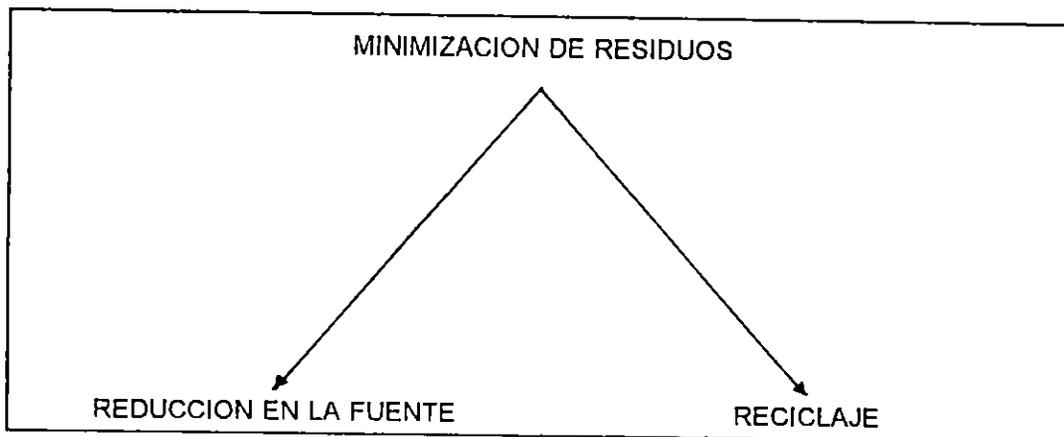


FIGURA N° 4: MINIMIZACION DE DESECHOS - TECNICAS DE MINIMIZACION DE RESIDUOS (Wang, 1992).

A. Cambios de Productos

Son llevados a cabo por el fabricante en un proceso, con la intención de reducir los desechos resultantes de un producto dado. El cambio de producto incluye: aumentar la vida del producto y diseñarlos para un menor impacto ambiental (U.S. EPA, 1992).

El diseño de productos compatibles con el ambiente minimiza los efectos adversos sobre éste, resultantes de su manufactura, uso y eliminación. El impacto ambiental de un producto es en gran medida determinado durante la fase de diseño. Tomando consideraciones ambientales durante el planteamiento del producto, diseño y desarrollo (Figura N° 6), la compañía puede minimizar el impacto negativo de sus productos en el ambiente. El diseño de cambios para prevenir la contaminación debe ser implementado de tal manera que la calidad o función del producto no sea afectada adversamente (U.S. EPA, 1987 y 1992).

Entre los criterios ambientales a considerar en el diseño de productos, están: uso de material reciclado y recursos renovables, uso de menos solventes tóxicos o reemplazarlos con material alternativo, reuso de chatarras y excesos de materiales, producir productos más durables, empaques buenos y reusables para el consumidor y fabricar productos reciclables (U.S. EPA, 1992).

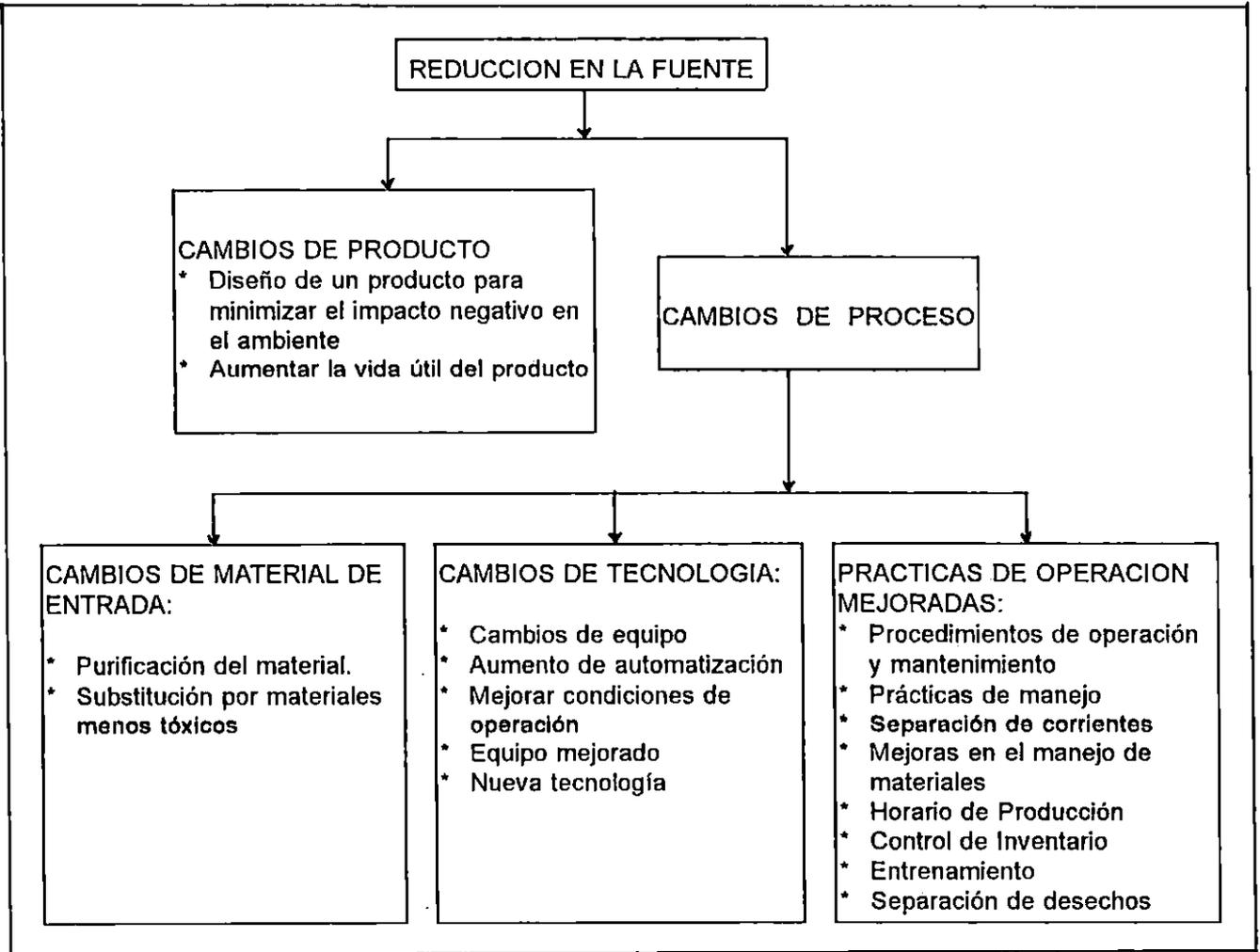


FIGURA Nº 5: METODOS DE REDUCCION EN LA FUENTE (U.S. EPA, 1992).

B. Cambios de Procesos

Consiste en qué y cómo el producto es hecho, ello incluye cambio de material de entrada, cambios de tecnología y prácticas de operación mejoradas. Todos estos cambios reducen la exposición a los contaminantes durante el proceso de fabricación. Típicamente mejoras en prácticas de operación pueden ser hechas más rápidamente y a un menor costo que cambios en material de entrada y de tecnología, ejemplificándose de la siguiente forma (U.S. EPA, 1992) (Wang, L. K., 1992):

a. Cambios en la Entrada de Materiales

Lograr la minimización de desechos por reducción o eliminación de materiales peligrosos que entran al proceso de producción, cambios en el material de entrada incluyendo purificación y sustitución del material. Como un ejemplo en la industria de pinturas se puede cambiar las pintura a base de aceite por pinturas a base de agua; así como también eliminar el uso de pigmentos de metales pesados por pigmentos naturales (U.S. EPA, 1988).

b. Cambio de Tecnología

Son orientadas hacia procesos o modificaciones de equipos para reducir desechos principalmente en una producción local. Los cambios de tecnologías pueden comprender cambios menores que pueden ser implementados en cuestión de días y a bajo costo. Los cambios de tecnología incluyen: cambio de equipo, aumento de automatización, mejorar condiciones de operación, nueva tecnología, y mejoramiento de equipo (U.S. EPA, 1992) (Wang, L. K., 1992). Ejemplo: el Departamento de Defensa de los Estados Unidos desarrolló una técnica para remover la pintura de aeronaves militares, la cual consiste en el rociado de esferas plásticas con presión de aire en la superficie de la aeronave, logrando así remover la pintura mediante abrasión. Este método requiere menor tiempo y genera menos residuos peligrosos que las técnicas de remoción de pinturas convencionales (EPA, 1988).

c. Prácticas de Operación Mejoradas

Son medidas administrativas que una compañía puede usar para minimizar desechos. Estas pueden ser frecuentemente implementadas a un bajo costo y por consiguiente tienen una alta recuperación sobre la inversión. Pueden ser llevadas a cabo en todas las áreas de una planta, incluyendo producción, operaciones de mantenimiento, almacenamiento de materia prima y productos terminados. Las prácticas de operación mejoradas incluyen procedimiento de operación y mantenimiento, prácticas de manejo, separación de corrientes, mejoras en el manejo de material, control de inventario, etc. (U. S. EPA, 1992) (Wang, L. K., 1992). Como ejemplos se tienen:

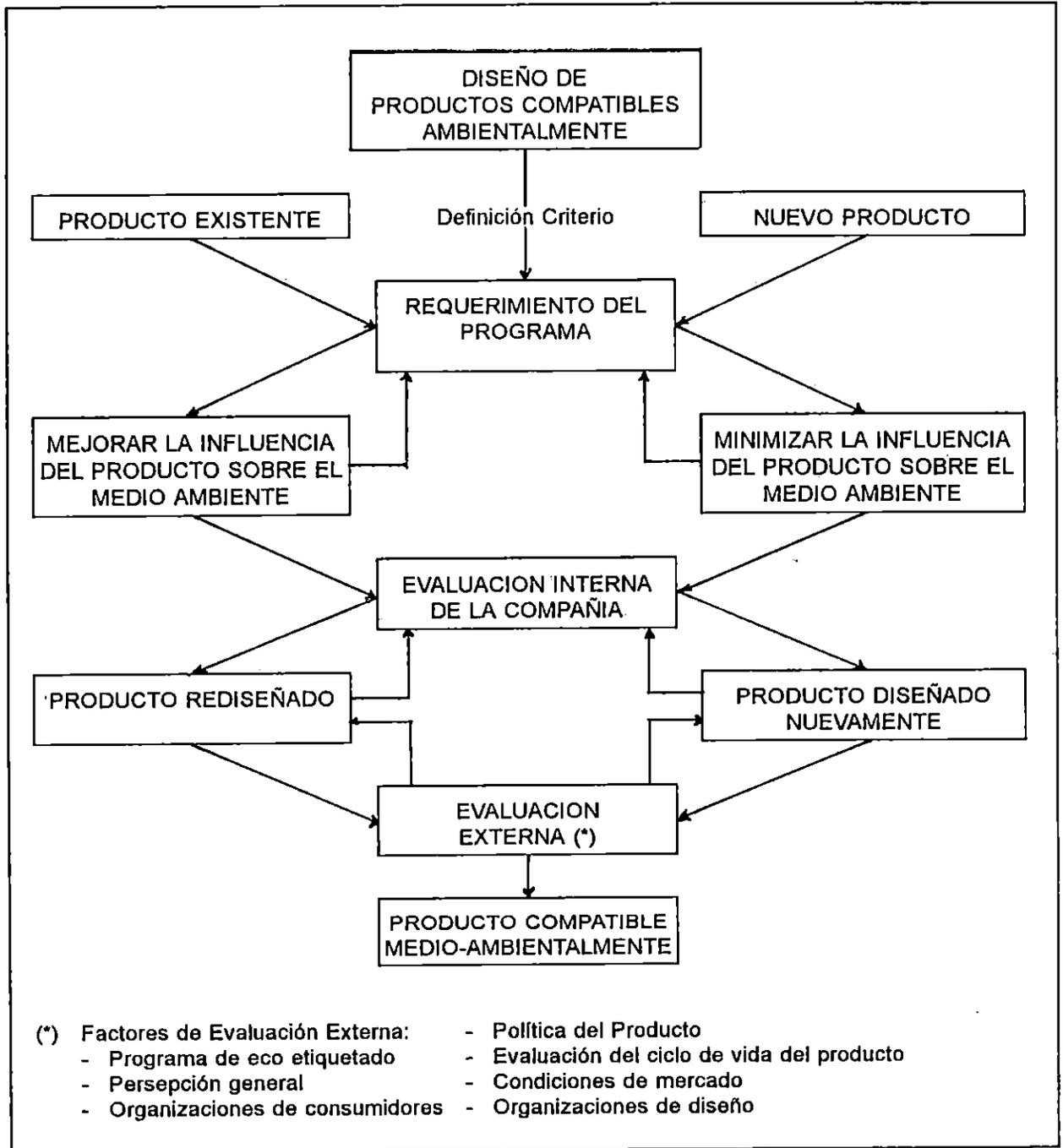


FIGURA Nº 6: REPRESENTACION ESQUEMATICA DE UN DISEÑO DE PROCESO DE UN PRODUCTO ECOLOGICO. (U.S. EPA, (1992)

- c.1 En las actividades de personal es indispensable que los trabajadores sean conscientes de la necesidad de minimizar los residuos. Los programas de entrenamiento constituyen una manera de promover nuevas ideas y establecer el compromiso por parte de los empleados (U.S. EPA, 1988).
- c.2 Muchos residuos consisten en una mezcla de residuos peligrosos y no peligrosos, y gran parte de su contenido puede ser agua. Al separar los elementos tóxicos principales, aislando el agua o evitando la mezcla de flujos de residuos peligrosos y no peligrosos, los generadores podrían ahorrar gran cantidad de dinero destinándolo ya sea al tratamiento, a la disposición o bien a encontrar nuevas posibilidades para el reciclaje y reutilización (U.S. EPA, 1988).

Los siguientes **cambios de proceso** son medidas de prevención de la contaminación que reducen la cantidad de desechos generados durante la producción (U.S. EPA, 1992):

i. **Cambios de Material de Entrada**

Evitar el uso de metales pesados; uso de menos solventes tóxicos para limpieza o recubrimiento; la materia prima utilizada que sea libre de cantidades en trazas de impurezas tóxicas o peligrosas.

ii. **Cambios de Tecnología**

Diseño de productos o tuberías para reducir el volumen de material, disminuyendo pérdidas durante cambios de carga o cuando el equipo es drenado para mantenimiento o limpieza; usar motores más eficientes; uso de controles de velocidad en motores de bombas para reducir consumo de energía; instalar trampas de vapor en el sistema para capturar y retornar emisiones de vapor.

iii. **Prácticas de Operación Mejoradas**

Entrenamiento de operadores; cubrir tanques de solventes cuando no estén en uso; separar corrientes de desecho para evitar la contaminación por mezcla de materiales peligrosos y no peligrosos; mejorar el control de condiciones de operación (rangos de flujo, temperatura, presión, tiempo de residencia, estequiometría, etc.); mejorar inventa-

rio de mantenimiento, manteniendo registros o procedimientos para incrementar eficiencia; reparar derrames, goteras, escapes o filtraciones; optimizar métodos de compras e inventario para entradas de materia prima.

2.1.2 Reciclaje

De acuerdo a U.S. EPA (1992) una vez que todas las opciones para la reducción en la fuente son agotadas, la más deseable de las opciones restantes en la jerarquía del manejo de desechos es el reciclaje. Las dos técnicas de reciclaje planteadas por Wang, L. K., (1992) son Uso/Reuso y Recuperación, mostradas en la Figura N° 7 y descritas a continuación:

A. Uso y Reuso

Reciclar vía uso y reuso implica el retorno de uno u otro material de desecho al proceso que lo originó como un sustituto para un material de entrada; o para otro proceso como materia prima. Como un ejemplo, una impresora de periódicos en California, compró una unidad de reciclaje para producir tinta negra de periódico a partir de varios desechos de tintas. El precio de la unidad fue pagada en 18 meses basados solamente en ahorros en compras de tinta negra fresca (Wang, L.K., 1992).

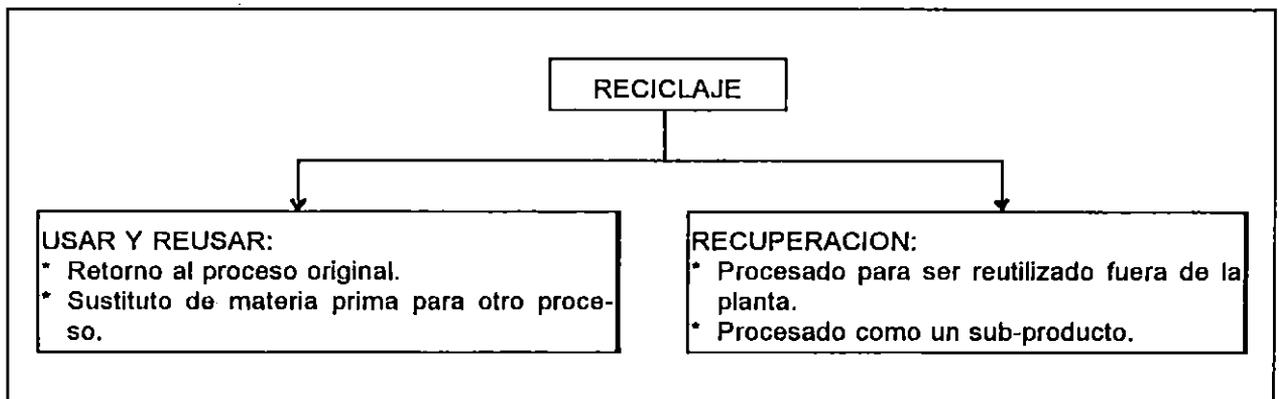


FIGURA N° 7: TECNICAS EN LA MINIMIZACION DE DESECHOS. (U.S. EPA, 1992).

B. Recuperación

Es la obtención de un material valioso a partir de un desecho peligroso. Las técnicas de recuperación difieren de las técnicas de uso y reuso en que el material recuperado no es utilizado en la planta recuperadora; mejor dicho es vendido a otra compañía. Como ejemplo una planta electrónica instaló una celda electrolítica para la recuperación de metales con el fin de recuperar el cobre de los residuos generados en la producción de equipos de conexión telefónica. Las celdas recuperan 75 libras de cobre a la semana, el cual se vende a US\$0.50/libra, dando un total de aproximadamente US\$2000.00/año. El uso de la celda también ha eliminado la producción semanal de un cilindro conteniendo lodos, rindiendo un ahorro adicional de US\$4000.00 por año, los cuales eran empleados anteriormente en su tratamiento y disposición final (U.S. EPA, 1987) (Wang, L.K., 1992).

2.1.3 Técnicas Afines a las de Minimización de Desechos

Aunque el término de minimización de desechos se refiere a las técnicas de reducción en el origen y reciclaje, hay muchas otras actividades asociadas con las operaciones industriales que resultan en un efecto potencial de reducción en daños a la salud humana y el medio ambiente. Estas técnicas de tratamiento son aplicadas solamente después que los desechos son generados, por lo cual no deben ser categorizadas como medidas de prevención de la contaminación. A continuación se dan algunos ejemplos de procedimientos de manejo de desechos y no de medidas de prevención de la contaminación planteadas por U.S. EPA, (1992) y Wang, L.K., (1992):

A. Reciclaje Fuera del Lugar

Es una excelente opción de manejo de desechos, porque permite ahorrar materias primas y reduce la cantidad de material que requiere disposición final. Sin embargo, comparada con el reuso y recuperación que se llevan acabo en el lugar de producción, presenta la desventaja que durante el transporte del desecho y el proceso de reciclaje se generan riesgos de exposición a los trabajadores y descargas al medio ambiente.

B. Tratamiento de Desechos

Involucra cambiar la forma o la composición de una corriente de desechos por medio de reacciones controladas, para reducir o eliminar la cantidad de contaminantes. Como ejemplos tenemos: reducción de la toxicidad, incineración, descomposición y estabilización.

C. Reducción de Volumen para Concentrar Constituyentes Tóxicos o Peligrosos

Puede lograrse por concentración de desechos mediante evaporación, cristalización, intercambio de iones, ósmosis inversa o cualquier otro cambio físico de las especies de contaminantes químicos presentes. Los contaminantes son concentrados en un volumen reducido para tratamiento o eliminación futura. Este proceso disminuye el contenido de agua y volumen del desecho pero no disminuyen el número de moléculas de constituyentes tóxicos.

D. Dilución de Constituyentes para Reducir Peligro o Toxicidad

La dilución es aplicada a corrientes de desecho después de su generación y no reduce en lo absoluto la cantidad de constituyentes peligrosos entrando al ambiente, ya que sólo disminuye su concentración al aumentar el volumen de desecho.

2.2 BENEFICIOS DE LA MINIMIZACION DE RESIDUOS

Un programa de prevención de la contaminación facilita un comprensivo entendimiento de las operaciones con la finalidad de minimizar todos los tipos de productos de desecho. Un efectivo programa de prevención de la contaminación presenta los siguientes beneficios de acuerdo a U.S.EPA, (1987) (1992) y UNEP, (1992).

- a. Reducir costos de operación, consumo de materia prima, cantidades de desechos y los costos para su tratamiento.
- b. Mejorar la participación y moral de los empleados.
- c. Realzar la imagen de la compañía en la comunidad.

- d. Mejoras en la eficiencia del proceso.
- e. El potencial de la contaminación es reducido.
- f. Protección de la salud pública y del medio ambiente.
- g. Reducir la responsabilidad civil y criminal del generador de residuos peligrosos.

CAPITULO III

AUDITORIAS AMBIENTALES

La promoción de auditorías ambientales es una de las actividades de la UNEP dentro de un gran programa para promover la adopción de una ética de "Producción Más/Limpia" (UNEP, 1992).

La auditoría ambiental puede definirse como el proceso o conjunto de acciones que lleva a conocer el estado medio ambiental de una instalación u organización en función de unos parámetros comparativos (Ruesga, M., 1994).

La auditoría ambiental está definida por la Cámara de Comercio Internacional como: "Un instrumento administrativo que consiste de una evaluación sistemática, documentada, periódica y objetiva del grado de desempeño de la organización, administración y equipos ambientales, con el objeto de salvaguardar el medio ambiente, mediante: i. La facilitación del control administrativo de las prácticas ambientales; y ii. La evaluación del cumplimiento de acuerdo con las políticas de la compañía, lo cual deberá incluir la satisfacción de los requerimientos regulatorios" (SEMA, 1995).

Una auditoría es un instrumento administrativo para medir la ejecución y facilitar el control, así como para evaluar el cumplimiento de las regulaciones, normas estándares y políticas de la industria. Una auditoría permite que la compañía este mejor informada en cuanto a su desempeño ambiental, y de cómo manejan los asuntos ambientales. Otros beneficios para la compañía al realizar una auditoría ambiental incluyen: una reducción en costos de operación, la producción de menos desechos; menos accidentes y desperfectos; procedimientos de operación más uniformes; operación más eficiente; mejor uso de la energía y mayor conversión de materia prima a producto terminado; reducción de riesgos ambientales. Una auditoría revela si la compañía tiene un enfoque planeado y económico de la administración ambiental o la ruta más cara del manejo de crisis y reparación de los daños ocasionados (U.S. EPA, 1990).

Dentro de las auditorías ambientales se encuentra la auditoría de residuos y emisiones orientadas a la minimización cuyos objetivos son determinar la cantidad, tipo y fuente de residuos y emisiones generados o emitidos, como también las causas de su generación. Buscan las deficiencias en los procesos productivos que dan como resultado la generación de subproductos no deseados que acaban transformándose en residuos, por medio de inspecciones y análisis cuidadosos de las técnicas, los procedimientos y las materias primas que intervienen en todas las etapas de dicho proceso (Institut Cerdá, 1992).

El Ingeniero Químico juega un papel fundamental en el desarrollo de este tipo de auditorías, ya que por su formación académica están capacitados para ejercer diferentes funciones dentro de las industrias.

La colaboración que los Ingenieros Químicos están obligados a prestar en el desarrollo de las auditorías de residuos y emisiones orientadas a la minimización, consiste en:

- a. Dentro de la Ingeniería de Proceso: deben establecer los motivos por los cuales están utilizándose determinados procesos; el funcionamiento actual de los procesos; causas de la generación de residuos y emisiones.
- b. En el Area de Producción: describir en detalle los procesos y operaciones unitarias involucrados.
- c. En Control de Calidad: calcular el rendimiento de los procesos utilizados y las especificaciones que deben cumplir los productos.
- d. En Investigación y Desarrollo: detallar los proyectos en curso y los realizados anteriormente dentro de la industria.
- e. En Seguridad e Higiene: el cálculo de los costos y los problemas asociados al uso de materiales peligrosos.
- f. En el área de Medio Ambiente: el cálculo de los costos del tratamiento al final del proceso y la normativa ambiental a respetar.

Los resultados y conclusiones que aportan la auditoría de residuos y emisiones se emplean para diseñar e implementar un plan de residuos y emisiones, el cual consiste en la

adopción de medidas organizativas y operativas que permitan disminuir hasta niveles económica y técnicamente factibles la cantidad y peligrosidad de los subproductos y contaminantes generados que precisan un tratamiento o eliminación final. Este se consigue por medio de su reducción en origen y cuando esto no es posible, el reciclaje de los subproductos, en el mismo proceso o en otros, o la recuperación de determinados componentes o recursos que contienen (Institut Cerdà, 1992).

En la Figura Nº 8 se presenta un procedimiento de evaluación de la minimización de residuos y emisiones, el cual implica organizar los medios humanos y técnicos de una industria en particular con el objetivo de sustituir el tratamiento final de residuos y emisiones, dicho procedimiento presenta las siguientes 4 fases (U.S. EPA 1992):

- a) Planteamiento y Organización: En esta fase se obtiene la aprobación de la gerencia, se establecen los objetivos y se organiza el plan de minimización.
- b) Fase de Evaluación: Comprende la recolección de datos del proceso productivo, tanto del material de entrada como el de salida, y se generan opciones de reducción de desechos.
- c) Fase de Análisis de Factibilidad: Las opciones generadas en el literal anterior se evalúan técnica, económica y ambientalmente.
- d) Fase de Implementación: Las opciones recomendadas son implementadas manteniendo un monitoreo constante para la evaluación de su funcionamiento.

En la Figura Nº 9 se muestra una guía para la realización de las auditorías de residuos y emisiones orientadas a la minimización, cuyo objetivo es la recolección de datos para establecer un balance de materiales, identificar qué flujos de residuos se generan, en qué cantidades, cuáles son sus características, dónde y porqué se producen. Al conocer los desechos que se están generando se procede a dar opciones para la reducción de desechos, las cuales serán evaluadas económica y ambientalmente para su posterior implementación.

Las auditorías son la fase técnica en el procedimiento de evaluación de minimización de desechos y sobre la base de sus resultados se seleccionarán las alternativas de minimización para su implementación en el plan de reducción de residuos y emisiones.

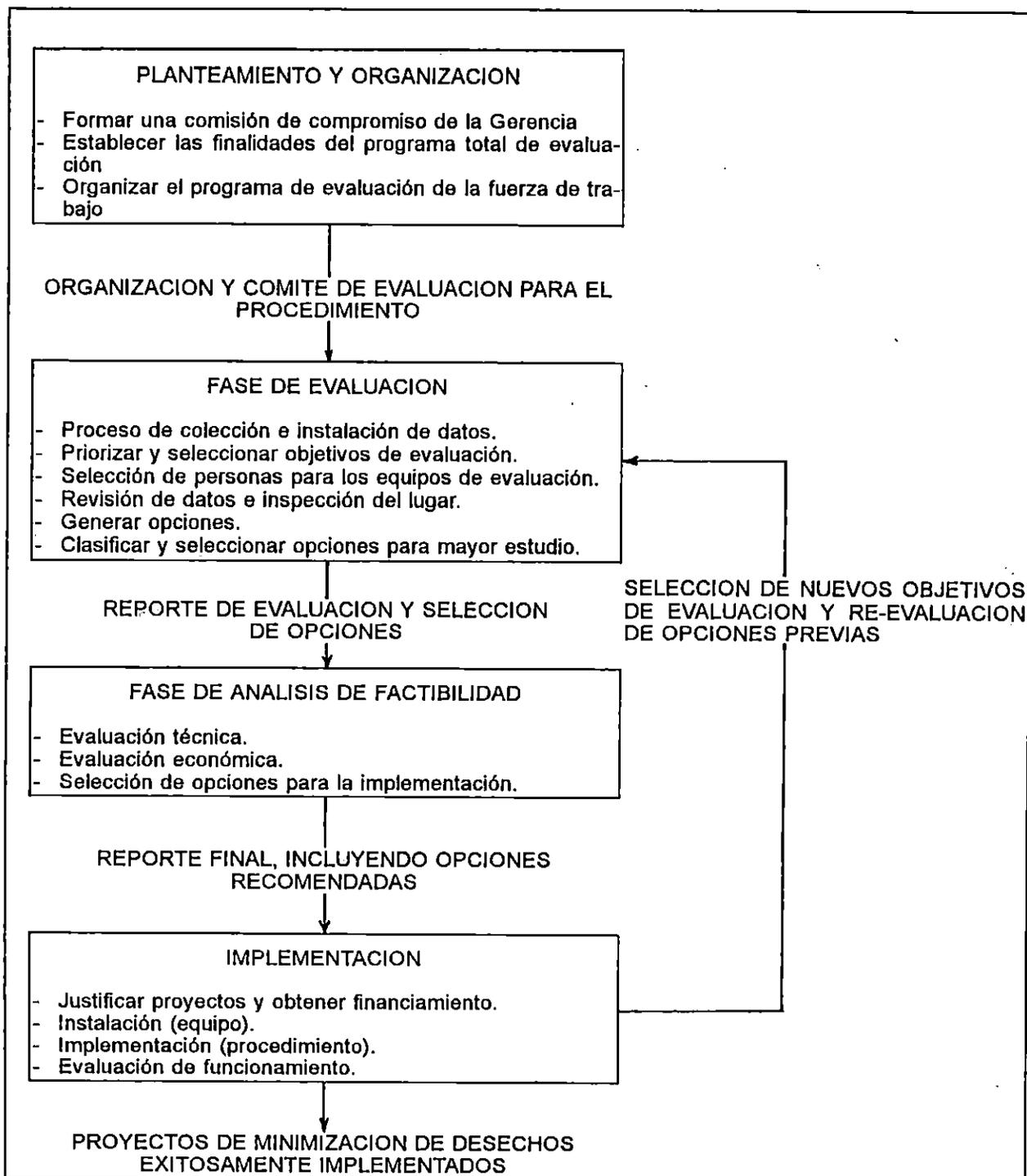


FIGURA Nº 8: PROCEDIMIENTO DE EVALUACION DE LA MINIMIZACION DE DESECHOS (U.S. EPA 1990).

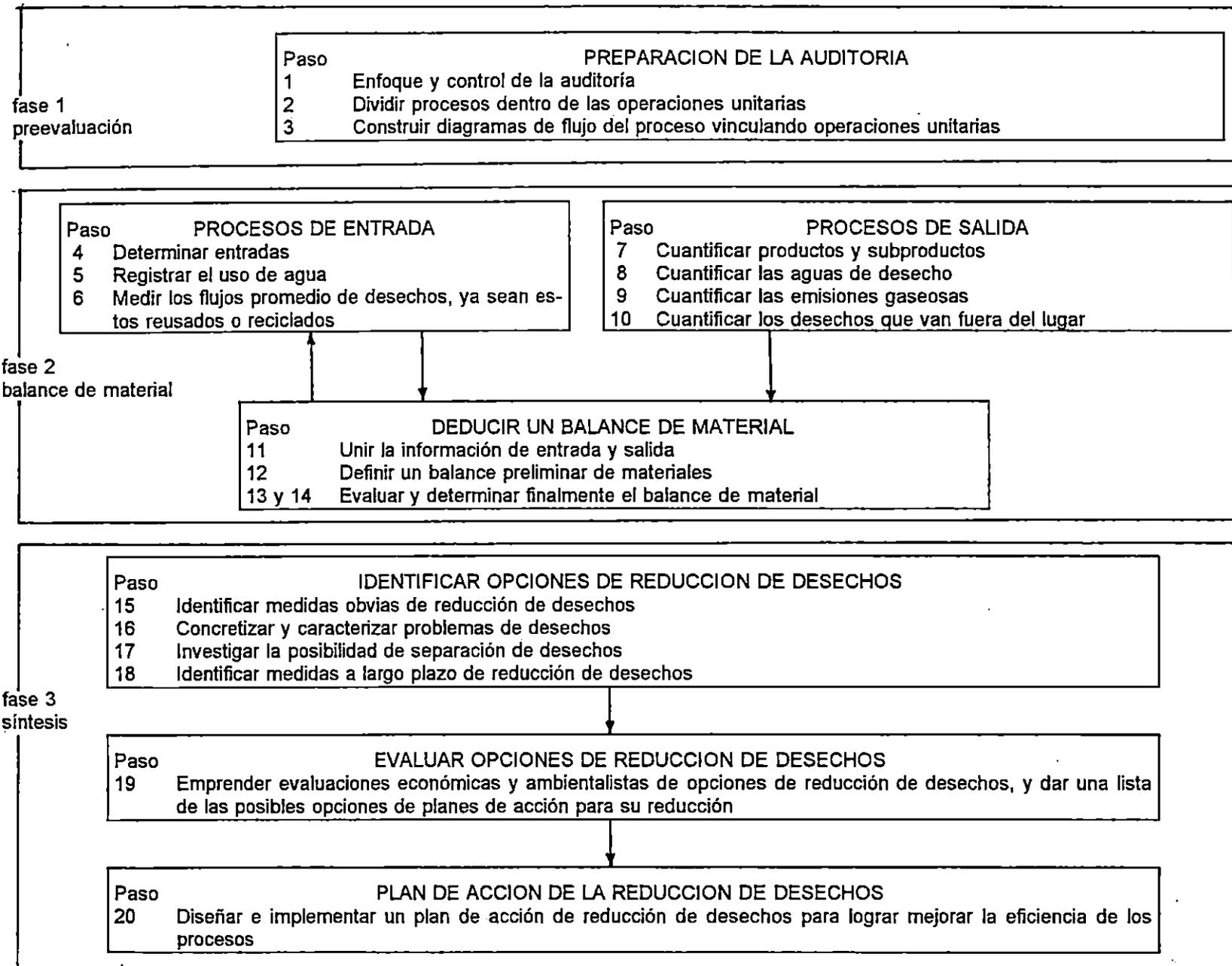


FIGURA Nº 9: REFERENCIA RAPIDA DE UNA GUIA DE AUDITORIAS (UNEP, 1991)

3.1 PROCEDIMIENTO DE UNA EVALUACION DE AUDITORIA DE DESECHOS (UNEP, 1991)

En esta sección se describe paso a paso el procedimiento para llevar a cabo una auditoría de desechos, el cual está diseñado para ser aplicado en un amplio espectro de industrias. Este consta de tres fases; una fase de preevaluación para la preparación de la auditoría; una de colección de datos para realizar el balance de materiales y de energía, y la última de síntesis en la que los resultados obtenidos en la fase anterior son trasladados a un plan de acción de reducción de desechos.

Es posible que no todos los pasos de la auditoría sean relevantes en todas las situaciones. Sin embargo, en algunas ocasiones es probable que pasos adicionales puedan ser requeridos, los cuales serán definidos por el equipo evaluador. No obstante, el siguiente procedimiento podría constituir una guía básica para una auditoría de desechos.

FASE 1: PREEVALUACION

Paso 1: Enfoque y Preparación de la Auditoría

En la planificación y puesta en marcha de una auditoría de residuos y emisiones orientada a la minimización es necesario definir con claridad qué se hará, por qué y quién lo hará. De particular importancia es lograr el apoyo de los niveles superiores de la empresa, para que los resultados de la auditoría puedan ser implementados, de otra manera su aplicación no podría ser efectuada.

La realización de la auditoría está a cargo de un equipo de auditores el cual puede estar formado por personal de la misma empresa, de una empresa especializada o ser mixto, pero en todos los casos debe integrarse con personas con experiencia en el campo de la minimización y un gran conocimiento en el proceso productivo.

La selección del equipo de auditoría es muy importante. El número de miembros dependerá de la complejidad y del número de procesos, y de los recursos de la empresa. Es

conveniente incluir representantes, o al menos contar con el asesoramiento de los siguientes departamentos (si existen): legal, financiero, ingeniería de proceso, producción, investigación y desarrollo, control de calidad, ventas, compras y almacén, seguridad e higiene y medio ambiente.

Es conveniente que se le explique al personal de planta los objetivos, y el alcance de la auditoría, y la colaboración que se espera de ellos, haciendo énfasis en la importancia que ésta tiene para el éxito de la misma.

El equipo auditor debe de identificar las fuentes de información a las que puede recurrir en la empresa, con el fin de obtener los datos que se necesita, éstas pueden ser: diagramas de flujo del proceso principal y de los procesos y operaciones unitarias, los registros de entradas de materiales, información del proceso, información de contabilidad, de producción, volúmenes de residuos, y otros.

Paso 2: Listado de Operaciones y Procesos Unitarios

El equipo auditor debe de identificar los procesos y operaciones unitarias que integran el proceso principal y preparar una lista de estos, reuniendo tanta información como sea posible sobre los mismos.

Para facilitar la identificación de cada proceso u operación unitaria se le debe de asignar un nombre breve. Al inicio es posible que sea necesario concentrar la atención sobre un punto en particular, debido a la complejidad de la planta, para extenderse posteriormente a los demás.

En ocasiones, aunque la información deseada existe, no está disponible y no puede conseguirse de forma inmediata. En ese caso el equipo auditor puede recurrir a distintas fuentes, como los proveedores de materia prima y equipos, las revistas técnicas y publicaciones, los consultores externos para algún proceso en particular, otras empresas del sector, etc.

Paso 3: Construcción de un Diagrama de Flujo para los Procesos

El primer paso en la realización de un balance de material es preparar el diagrama de flujo de un proceso, el cual es una manera visual de organizar los datos de los flujos de materia y energía, de la composición de las corrientes que entran y salen del sistema y los puntos en que los desechos son generados.

Es importante que al inicio de una auditoría se establezca una escala de información. Esto es debido a que la información puede ser perdida o disfrazada por los procesos de sobresimplificación. Establecer el nivel correcto de la información y poner énfasis en áreas específicas es muy importante en una etapa temprana de la auditoría. Es de particular importancia el poner atención en la corrección de algunas pérdidas obvias de desechos que pueden ser reducidas o prevenidas fácilmente, antes de proceder al desarrollo del balance de materia (Fase 2). La realización de cambios simples en etapas tempranas pueden ocasionar que los empleados tomen conciencia y se estimulen para aumentar la lista de los interesados en programas de auditoría ambientales para la reducción total de los desechos.

FASE 2: BALANCE DE MATERIAL

Un balance de materiales puede ser definido como una cuenta precisa de las entradas y salidas de una operación. Esta fase describe un procedimiento para la recolección y arreglo de datos de entrada y salida. El balance puede ser aplicado a una planta, proceso u operación unitaria.

Los balances de materiales son esenciales para organizar datos, identificar vacíos o permitir estimaciones de material faltante. Esto ayudará a calcular concentración de constituyentes de desechos donde datos de composición cuantitativos son limitados

Para poder deducir un balance de materiales es necesario evaluar previamente las entradas de materiales y las salidas de los productos, subproductos, residuos y emisiones.

Paso 4: Análisis de Materiales de Entrada

Las entradas para un proceso de operación unitaria puede incluir materias primas, químicos, agua, vapor y energía y deben ser cuantificadas.

La determinación del consumo de materias primas comúnmente comienza con la inspección de los registros anuales de entrada a la planta y los registros de los proveedores. En aquellos casos en los que no es posible determinar, a partir de los registros, la cantidad empleada de alguna de las materias primas, es necesario hacer mediciones en el mismo proceso. Estas mediciones deben hacerse en un período de tiempo suficientemente largo para evitar que las fluctuaciones y/o los períodos transitorios de acumulación en un reactor conduzcan a falsos resultados. Según el proceso también es conveniente tener en cuenta las diferencias debidas a distintos equipos, operarios, turnos de trabajo, etc. Las medidas realizadas se extrapolan para obtener las cantidades empleadas mensual o anualmente.

Para materia prima sólida, puede preguntársele al operador cuántos sacos son almacenados al inicio de la semana o al inicio de la operación unitaria, y luego verificar la existencia al final de la semana de la operación. Para materias primas líquidas, tales como solventes y agua se puede chequear capacidades de tanques de almacenaje, así como consultar a los operadores cuando llenaron por última vez los tanques. Los volúmenes de los tanques se puede determinar a través del diámetro y profundidad de los tanques.

Existen muchas operaciones unitarias en donde las pérdidas de materias primas son grandes, por ejemplo almacenaje y transferencia de materias primas, las cuales pueden ser por evaporación, arrastre, escape de tanques de almacenaje subterráneo, por respiradores en tanques de almacenaje presurizados y tanques de materias primas.

Paso 5: Determinación del Consumo de Agua

El uso de agua, más que para una reacción de un proceso, es un factor que será cubierto en toda auditoría de desechos. El uso de agua para lavar, enjuagar y la empleada en el proceso, es muchas veces reusada para los mismos.

El equipo auditor debe registrar los caudales de agua que se emplean directamente en el proceso industrial, así como los que se utilizan indirectamente y que por lo tanto puede que no resulten contaminados. El volumen de agua que se emplea se puede determinar por medio de medidores colocados en distintos puntos del proceso. También debe registrar el consumo de vapor de agua. Entre otras cosas, el consumo de agua es un dato fundamental para evaluar la capacidad de los sumideros y su posible rebase.



Es importante contar cuantas veces se realizan las operaciones de lavado y evaluar la posibilidad de reducir su número, teniendo en cuenta que son operaciones en las que se genera agua contaminada.

Paso 6: Medición de los Flujos Promedio de Reuso y Reciclaje de Desechos

Algunos desechos son enviados directamente a reuso en la producción y pueden ser transferidos de una unidad a otra. Si el desecho reusado no es propiamente documentado un doble conteo puede ocurrir en el balance de materia, ya sea en un proceso determinado o a nivel completo de la planta. El conteo de este desecho puede ser realizado a la salida de un proceso a bien a la entrada de otro.

El reciclaje y reuso de aguas de desecho pueden reducir la utilización de agua fresca y materia prima requerida para un proceso.

Para facilitar la comparación, todas las cantidades deben expresarse en las mismas unidades, por ejemplo $m^3/año$.

Paso 7: Análisis de Salidas del Proceso

Los análisis de salidas del proceso involucra cuantificación de productos primarios, subproductos, aguas de desechos, desechos gaseosos (emisiones a la atmósfera), desechos líquidos y sólidos que necesitan ser almacenados y/o enviados fuera del lugar para su disposición, así como desechos reusables y reciclables.

En esta fase el equipo auditor debe cuantificar las salidas del proceso, así como también determinar su destino. Para conocer la cantidad de cada producto y subproducto puede confiar en los registros de la planta, aunque en caso de duda será más conveniente que realice medidas a la salida de cada uno de ellos. Si se trata de productos intermedios, muchas veces el equipo auditor deberá medir su caudal y en algunos casos, extraer muestras y analizarlas para determinar su composición.

Es importante definir las unidades de medición para la producción, subproductos, aguas de desecho y emisiones, es recomendable que las unidades sean similares para todas.

Paso 8: Cuantificación de Aguas de Desecho

En muchas plantas industriales se descarga a la red de alcantarillado grandes cantidades de agua limpia y de agua contaminada. Si se desconoce los contaminantes presentes en aguas residuales, el equipo auditor debe prever la toma de muestras con el fin de identificarlos y medir su concentración. Por lo tanto es muy importante conocer cuánta agua de desecho es enviada al drenaje y qué contiene, ya sea por operación unitaria, o para el proceso completo.

Es importante identificar los puntos de descarga de los efluentes, o sea donde las aguas de desecho abandonan el lugar. Estas podrían ir a una planta de tratamiento de efluentes o directamente al alcantarillado público o a las fuentes de agua. También es importante identificar dónde los flujos de diferentes operaciones unitarias o áreas del proceso se unen al flujo total. Una vez se entienda el sistema de descarga es posible diseñar un programa adecuado de muestreo y mediciones de flujo. En el caso que se combinen aguas lluvias con aguas de desecho debe asegurarse que la toma de muestras y mediciones de flujo se llevan a cabo en ausencia de aguas lluvias.

Cuando se necesitan medir pequeñas cantidades de flujos o flujos discontinuos, se puede hacer utilizando un cubo o un cronómetro. No así para flujos grandes o continuos, que debe utilizarse equipos adecuados para su medición.

Es importante conocer la concentración de los contaminantes en las aguas de desecho, esto se puede analizar a través de algunos parámetros como la temperatura, el pH, el contenido de oxígeno disuelto, sólidos suspendidos, etc.

La suma de aguas de desecho generadas en cada operación unitaria será aproximadamente la misma que las entradas a los procesos, como la indicada en el Paso 6.

Paso 9: Cuantificación de Emisiones Gaseosas

Para llegar a un exacto balance de materiales, es necesario efectuar un registro de las emisiones asociadas al proceso. Es importante considerar el potencial que las emisiones gaseosas podrían tener en cada operación unitaria, desde el almacenaje de la materia prima hasta el almacenamiento del producto. Las emisiones gaseosas no son siempre evidentes y a veces son difícilmente medibles. En donde las mediciones o cuantificaciones son imposibles, estimaciones pueden ser hechas utilizando información estequiométrica.

Paso 10: Cuantificación de Desechos Fuera del Lugar

El proceso podría producir desechos que no pueden ser tratados dentro del lugar. Estos necesitan ser enviados fuera para su tratamiento y disposición. Los desechos que no pueden ser tratados son usualmente líquidos no acuosos, lodos o sólidos. Muchas veces la disposición de desechos fuera del lugar es costosa por su transporte y tratamiento y consecuentemente la minimización de estos desechos produce un beneficio directo en los costos. Se debe medir la cantidad y anotar la composición de cualquier desecho asociado con el proceso que necesite ser enviado fuera para su disposición.

Paso 11: Resumen de Información de Entrada y Salida para las Operaciones Unitarias

Una de las leyes básicas aplicadas a la Ingeniería Química es el balance de materia por etapas, en donde lo que entra a un proceso debe ser igual a lo que sale.

El objetivo de un diseño de balance de materia es obtener un mejor entendimiento de

las entradas y salidas, especialmente de los desechos resultantes de una operación unitaria, de manera que en áreas donde la información es inexacta pueda identificarse un desbalance que requiera investigaciones futuras. Al no contar con un balance perfecto el balance inicial será considerado como una evaluación aproximada que posteriormente será mejorada y depurada.

Paso 12: Deducción de un Balance de Materia Preliminar para Operaciones Unitarias

Una vez que el balance de materia para cada operación unitaria ha sido completado, tanto para la materia prima como para la salida de desechos, valdría la pena repetir el procedimiento con respecto a cada sustancia contaminante de interés. Es aconsejable llevar a cabo un balance de agua para todas las entradas y salidas de las operaciones unitarias, ya que los desbalances de agua pueden indicar serios problemas que no son evidentes, tales como escapes o derrames. El balance individual de material puede ser sumado para dar un balance total del proceso a una área de producción.

Paso 13: Evaluando el Balance de Materiales

El arreglo individual y la suma total del balance será examinado para determinar tanto la información como las inexactitudes. Si se tiene un considerable desbalance futuras investigaciones serán necesarias. Por ejemplo: si las salidas son menores que las entradas deberán observarse las pérdidas potenciales o de descarga de desechos (tales como evaporación). Cuando las salidas parecen mayores que las entradas puede deberse a que grandes mediciones son hechas con errores estimados, o a que algunas entradas son pasadas por alto.

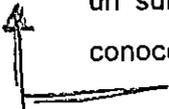
En esta etapa se tomará tiempo para reexaminar las operaciones unitarias para intentar identificar dónde pueden estar ocurriendo pérdidas inadvertidas. Así mismo puede ser necesario repetir actividades de recolección de datos.

Paso 14: Depurando el Balance de Materiales

Ahora se puede considerar la ecuación de balance de material adicionando los factores identificados en los pasos previos.

Recordar que idealmente las entradas deberán ser igual que las salidas, pero en la práctica esto raras veces se da, por lo que serán requeridos algunos ajustes para determinar el nivel de exactitud y si éste es aceptable.

En el caso de flujos de corrientes elevados o de desechos peligrosos, serán necesarias mediciones exactas para diseñar opciones de reducción de desechos. La recopilación exacta y comprensiva de los datos será esencial para un buen éxito de la auditoría de desechos y un subsecuente plan de reducción de desechos, ya que no se puede reducir lo que no se conoce que existe.



FASE 3: SINTESIS

Las fases 1 y 2 cubren el planeamiento y emprenden una auditoría de desechos que resulta en la preparación de un balance de materia para cada operación unitaria. La Fase 3 representa la interpretación del balance de material para identificar procesos, áreas o componentes de interés.

Deben disponerse los datos de entrada y salida en forma de un balance de material para conocer el flujo de materiales a través del proceso de producción, deben conocerse las condiciones normales de operación para poder evaluar su eficiencia.

Haciendo uso del balance de material se podrán identificar:

- a. Las mayores fuentes de desechos. Se podrá observar si las desviaciones de las normas, en términos de producción de desechos, no han sido excedidas.
- b. Areas de pérdidas inexplicables.
- c. La localización exacta de operaciones que contribuyan con flujos que excedan las regu-

laciones nacionales en cuanto a los lugares de descarga.

Paso 15: Examinar Medidas Obvias de Reducción de Desechos

Las medidas de reducción de desechos pueden ser categorizadas en dos grupos:

- a. Medidas obvias de reducción de desechos: son aquellas que incluyen mejoras en técnicas de manejo y procedimientos de prácticas periódicas de mantenimiento. Pueden ser implementadas rápida, eficiente y económicamente.
- b. Medidas de reducción a largo plazo: involucran modificaciones o sustituciones de procesos para eliminar problemas de desechos.

Paso 16: Localización de las Areas Problemas y las Causas que los Originan

Usando el balance de materia para cada operación unitaria se puede localizar las áreas problemas asociadas con el proceso, cuáles desechos son los causantes de los problemas en los procesos y en qué operaciones. Se deben listar los desechos en orden de prioridad para tomar las acciones de reducción correspondientes.

Paso 17: Separación

La separación de desechos puede ofrecer oportunidades para el reciclaje y reuso, con el resultado de una reducción en los costos de materia prima. Los desechos simples concentrados pueden ser más valiosos que los desechos diluidos o complejos.

Paso 18: Desarrollo de Opciones de Reducción de Desechos a Largo Plazo

Algunos problemas de desechos pueden requerir cambios sustanciales en el proceso o en la producción que deberán llevarse a cabo a largo plazo; estos cambios pueden incrementar la eficiencia y reducir la generación de desechos. Ejemplos de éstos son:

- a. Cambios en los procesos de producción (continua, por lotes).

- b. Cambios en el control de procesos (manual o automático).
- c. Cambios en las condiciones del proceso: tiempo de retención, temperatura, agitación, catalizadores, etc.
- d. Reducción en la cantidad o tipo de materias primas usadas en la producción.

Tecnologías como ósmosis inversa, ultrafiltración, electrodiálisis, destilación, electrólisis e intercambio iónico pueden ser usadas para concentrar o purificar sustancias para ser reusadas, y reducir o eliminar la necesidad de tratamiento de desechos.

Paso 19: Evaluación Ambiental y Económica de las Opciones de Reducción de Desechos

Se realiza con el objeto de decidir cuáles opciones deberían ser desarrolladas para formular un plan de acción para la reducción de desechos. Deben considerarse los beneficios ambientales netos que ocasionará la opción de reducción.

- a. ¿Considera los efectos de cada opción sobre el volumen y grado de contaminación de los desechos del proceso?
- b. ¿Tiene efectos intermedios la opción de reducción de desechos?
- c. ¿Cambia la opción la toxicidad, degradabilidad o facilidad de tratamiento de los desechos?
- d. ¿Usa la opción más recursos renovables?
- e. ¿Usa la opción menos energía?

Es necesario efectuar un análisis económico comparativo entre la situación existente y la generada con la reducción de desechos. Debe involucrarse una comparación de costos de operación en la que se incluya el tratamiento de desechos bajo las condiciones existentes y aquellas en las que se asocien las opciones de reducción de desechos, debe considerarse la inversión requerida para implementar cada opción.

En resumen deben considerarse los beneficios ambientales, los ahorros en los costos de operación del proceso y de tratamiento de desechos junto con el período de reembolso de la inversión, en base a esto se debe decidir cuáles opciones de reducción de desechos son

viables.

Paso 20: Desarrollo e Implementación de un Plan de Acción: Reduciendo Desechos e Incrementando la Eficiencia de la Producción

Se deben considerar las medidas inmediatas de reducción identificadas en el Paso 15 junto a las medidas de reducción de desechos a largo plazo que han sido evaluadas en los Pasos 18 y 19. Estas medidas tendrán que formar las bases del plan de acción de la reducción de desechos.

Se debe convencer al personal que trabajará en los nuevos procedimientos, que los cambios adoptados implementando la filosofía de la prevención de desechos tienen sentido y que servirán para mejorar la eficiencia.

Es necesario establecer un programa de monitoreo que marche junto al plan de acción de reducción de desechos para que las mejoras actuales en la eficiencia del proceso puedan ser medidas, y adoptar un sistema interno de registro de los datos de mantenimiento que apoyen los balances de materiales y las evaluaciones de reducción de desechos.

Las auditorías de desechos que se efectúen a nivel de laboratorio durante el desarrollo de este trabajo, tratarán de ajustarse a la guía propuesta anteriormente, ya que estarán limitadas por las condiciones bajo las cuales se ejecuten.

En forma general se tratará de cuantificar y cualificar analíticamente o a través de balances de materia, de reactantes, productos, subproductos, desechos que se generen, así como de registros del uso de agua y energía si es posible. Además se propondrán medidas que minimicen la producción de desechos, sin que éstas influyan en los objetivos de las prácticas. Debido a que la total minimización de desechos es imposible, se darán medidas para una disposición adecuada de los mismos.

CAPITULO IV

CLASIFICACION DE PRODUCTOS QUIMICOS PELIGROSOS

Una forma clara de conocer los riesgos que genera la manipulación de productos químicos es mediante su clasificación en base a su peligrosidad. Se supone que las personas que manejan este tipo de productos, debido a su formación profesional y experiencia, conocen las medidas de precaución necesarias para el manejo de sustancias químicas (Normas Químicas de Seguridad Industrial, 1993).

Por lo general todos los países poseen una reglamentación específica para la clasificación de productos químicos, pero existen entidades que las regulan, entre éstas la Comunidad Económica Europea y las Naciones Unidas (Merck, 1993).

Para efectos de peligrosidad se establece la siguiente clasificación (Merck, 1992-1993; 1996):

A. Explosivo

Sustancias y preparaciones que reaccionan exotérmicamente aún sin oxígeno. Ejemplo: ácido benzoico ($C_7H_6O_2$), diazometano (CH_2N_2) y otros.

Precaución: Evitar contacto, percusión, fricción, formación de chispas, fuego y acción del calor.

B. Comburente

Peróxidos orgánicos e inorgánicos que son combustibles aunque no estén en contacto con materiales combustibles. Otras sustancias y preparaciones que normalmente por si mismas no son combustibles, pero que en contacto con materiales combustibles, sobre todo por cesión de oxígeno, aumentan considerablemente el peligro de incendio y la violencia del mismo. Ejemplo: trióxido de cromo (CrO_3), peróxido de hidrógeno (H_2O_2), ácido perclórico ($HClO_4$), y otros.

Precaución: Evitar todo contacto con sustancias combustibles.

Peligro de inflamación: Pueden contribuir a incrementar los incendios y dificultar su extinción.

C. Fácilmente Inflamable

Líquidos con un punto de inflamación inferior a 21°C, pero que no son altamente inflamables. Sustancias sólidas y preparaciones que por acción breve de una fuente de inflamación pueden inflamarse fácilmente y luego pueden continuar quemándose o permanecer incandescentes. Ejemplo: dibutil éter ($C_4H_9OC_4H_9$), acetileno (C_2H_2), disulfuro de carbono (CS_2) y otros.

Precaución: Mantener lejos de llamas, chispas y fuentes de calor.

D. Extremadamente Inflamable

Líquidos con un punto de inflamación inferior a 0°C y un punto de ebullición máximo de 35°C. Gases y mezclas de gases, que a presión normal y temperatura usual son inflamables en el aire. Ejemplo: tricloro silano ($SiHCl_3$), disulfuro de carbono (CS_2) y otros.

Precaución: Mantener lejos de llamas, chispas y fuentes de calor.

E. Tóxico

La inhalación, ingestión o absorción cutánea en pequeñas cantidades pueden ser dañinos para la salud en magnitud considerable, con probables consecuencias mortales, posiblemente irreversibles ya sea por absorción única, repetida o prolongada, especialmente en el caso de efectos cancerígenos, mutagénicos y tóxicos para la reproducción. Ejemplo: caféina ($C_8H_{10}N_4O_2$), hidruro de arsénico (AsH_3) y otros.

Precaución: Evitar cualquier contacto con el cuerpo humano. En caso de malestar consultar inmediatamente al médico. En el caso de sustancias clasificadas como cancerígenas, mutagénicas o tóxicas para la reproducción, se hace referencia a estos peligros. En el caso de manipulación de estas sustancias deben observarse prescripciones especiales.

F. Muy Tóxico

Sustancias y mezclas que por inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden

ocasionar riesgos extremadamente graves, agudos o crónicos e incluso la muerte. Ejemplo: cianuro de hidrógeno (HCN), cianuro de potasio (KCN) y otros.

Precaución: Evitar cualquier contacto con el cuerpo humano. En caso de malestar consultar inmediatamente al médico.

G. Corrosivo

Sustancias y mezclas que en contacto con los tejidos cutáneos, pueden ejercer sobre ellos una acción destructora. Además se considera dañina la inhalación de sus vapores. Ejemplo: ácido crómico (H_2CrO_4), ácido clorhídrico (HCl) y otros.

Precaución: Mediante medidas protectoras especiales evitar el contacto con los ojos, piel y vestidos. No inhalar los vapores. En caso de accidente consultar inmediatamente al médico.

H. Nocivo

Sustancias y mezclas que por inhalación, ingestión, o penetración pueden ocasionar riesgos de gravedad limitada. Los criterios de toxicidad vienen referidos en base a la dosis letal DL_{50} , expresados en mg de tóxico/Kg de animal, en donde el 50% de la población muere por ingestión o penetración a través de la piel. En caso de inahalación se dan valores de concentración letal CL_{50} . Ejemplo: hexano (C_6H_{14}), benceno (C_6H_6) y otros.

Precaución: Evitar el contacto con sustancias que se encuentren bajo sospecha de ser cancerígenas, mutagénicas o tóxicas en la reproducción.

I. Irritante

Sustancias y mezclas no corrosivas, que por contacto inmediato, prolongado o repetido con la piel o mucosas pueden provocar una reacción inflamatoria. Ejemplo: cloruro de calcio ($CaCl_2$), potasio disulfito ($K_2O_5S_2$) y otros.

Precaución: Evitar el contacto con los ojos y la piel, no inhalar los vapores.

J. Peligroso para el Medio Ambiente

En caso de ser liberado en el medio ambiente acuático y no acuático puede

producirse un daño del ecosistema por cambio del equilibrio natural, inmediata o posteriormente. Ciertas sustancias o sus productos de transformación pueden alterar simultáneamente diversos ecosistemas. Ejemplo: tetracloruro de carbono (CCl_4), benceno (C_6H_6) y otros.

Precaución: Según sea el potencial de peligro no dejar que alcancen la canalización, el suelo o el medio ambiente. Observar las prescripciones de gestión de residuos especiales.

K. Cancerígenos

Sustancias y mezclas que por su inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden producir cáncer o aumento de su frecuencia. Ejemplo: 2-Nitropropano ($\text{CH}_3\text{CHNO}_2\text{CH}_3$), 4-Nitrobifenilo ($\text{C}_6\text{H}_5\text{-C}_6\text{H}_4\text{NO}_2$), etc.

L. Teratogénicos

Sustancias y mezclas que por su inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden producir algún daño durante el embarazo, a través de las alteraciones en el material genético. Ejemplo: Bencil cloruro ($\text{C}_7\text{H}_7\text{Cl}$), etc.

M. Oncogénicos

Sustancias y mezclas que por su inhalación, ingestión o penetración cutánea pueden producir tumores.

En el Cuadro N° 1 se ilustran las dosis de sustancias químicas en ratas y conejos que pueden producir diferentes efectos tóxicos.

4.1 ETIQUETADO

Otro parámetro que debe evaluarse en el manejo de las sustancias químicas es el etiquetado que presentan los envases que las contienen. En la etiqueta debe especificarse el nombre de la sustancia, el nombre y la dirección de la persona natural y jurídica que fabrica,

comercializa y distribuye. Además debe de tener pictogramas o indicaciones de peligro, éstas deberán ser como máximo dos y deben mencionar los riesgos específicos de las sustancias y consejos de prudencia relativos a ellas (Normas Químicas de Seguridad Industrial, 1993). En la Figura Nº 10 se muestran los pictogramas de peligrosidad de las sustancias químicas utilizados por la MERCK.

CUADRO Nº 1: CLASIFICACIÓN DE LA TOXICIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUIMICAS

RANGO DE TOXICIDAD	TERMINO USADO COMUNMENTE	VIAS DE ABSORCION		PROBABLE DOSIS LETAL PARA EL HOMBRE
		LD50 Dosis individual oral en ratas mg/Kg	LD50 Dosis individual dermal en conejos mg/Kg	
1	EXTREMADAMENTE TOXICO	1 mg o menos	20 mg o menos	Un sorbo, un grano
2	ALTAMENTE TOXICO	1 - 50	20 - 200	Una pizca, 1 cucharadita
3	MODERADAMENTE TOXICO	50 - 500	200 - 1000	1 o 2 cucharadas
4	LIGERAMENTE TOXICO	500 - 5000	1000 - 2000	1 onza a 1 pinta
5	PRACTICAMENTE NO TOXICO	5000 - 15000	2000 - 20000	1 pinta a ¼
6	PRACTICAMENTE INOFENSIVO	150000	20000	1 cuarto

REFERENCIA: Pesticide Information Safety Manual, (1968)

4.2 INCOMPATIBILIDADES QUIMICAS (Normas Químicas de Seguridad Industrial, 1993).

Otro aspecto que debe considerarse es la reactividad de ciertas sustancias químicas con otras, que pueden generar riesgos adicionales, como:

- a. Reacciones fuertemente exotérmicas, que pueden dar lugar a inflamaciones o explosiones de los reactivos o de los productos de la reacción.

FIGURA Nº 10: PICTOGRAMAS RELATIVOS A LA PELIGROSIDAD DE SUSTANCIAS QUIMICAS

PICTOGRAMA	INDICACION DE PELIGRO	PICTOGRAMA	INDICACION DE PELIGRO	PICTOGRAMA	INDICACION DE PELIGRO
E	Explosivo	Xn	Nocivo	C	Corrosivo
					
O	Comburente	F+	Extremadamente inflamable	Xi	Irritante
					
T+ T	Muy Tóxico Tóxico	F	Fácilmente inflamable	N	Nocivo para el Medio Ambiente
					

Referencia: Merck, 1996

- b. Reacciones violentas con agua, también de fuerte carácter exotérmico. Un claro exponente de ellas son las reacciones entre los metales alcalinos y alcalino-térreos con el agua, liberando hidrógeno gaseoso que es un gas muy inflamable.
- c. Reacciones que generan productos muy tóxicos, donde se encuentran aquellas que liberan ácido cianhídrico, cloro, óxidos de nitrógeno, fosfina, ácido sulfhídrico, etc.

Es aconsejable informarse de los riesgos de almacenamiento y manipulación de compuestos químicos incompatibles, debido a la peligrosidad de los productos de reacción. En el Cuadro N° 2 se da a conocer incompatibilidades de algunas sustancias químicas.

4.3 MANIPULACION DE PRODUCTOS QUIMICOS PELIGROSOS (Araujo, 1993)

Mediante una manipulación correcta de productos potencialmente peligrosos se logrará evitar o disminuir los riesgos que éstos presentan. Las recomendaciones que se dan a continuación son conocidas por la mayoría de los técnicos, aunque éstas no son puestas en práctica en su totalidad.

Los envases que contienen productos químicos corrosivos, tóxicos o inflamables deben estar siempre herméticamente cerrados, y lo mismo debe ocurrir con los recipientes una vez extraída la cantidad requerida de producto. Muchos de estos productos tienen una presión de vapor elevada y liberan una gran cantidad de vapores perjudiciales, entre éstos el ácido clorhídrico concentrado, el cloroformo, la piridina, el benceno, como representantes de productos que habitualmente se encuentran en los laboratorios. Para manipular dichos productos lo más indicado es trabajar en una cabina o vitrina de extracción que debe estar diseñada en función de las operaciones y productos a utilizar.

También debe de tenerse especial cuidado en no almacenar estos productos en estanterías elevadas, por el riesgo que supone una caída accidental. Almacenar por separado productos químicos incompatibles, como ácidos, bases, líquidos inflamables, y otros.

CUADRO N° 2: INCOMPATIBILIDADES EN EL ALMACENAMIENTO Y MANIPULACION DE LOS COMPUESTOS QUIMICOS

COMPUESTO/CLASE	EVITAR EL ALMACENAMIENTO CERCA DE O EL CONTACTO DE
Acido Acético	Acido crómico, ácido nítrico, compuestos hidroxílicos, etilen glicol, ácido perclórico, peróxidos, permanganatos.
Acetona	Acido nítrico concentrado, ácido sulfúrico concentrado y mezclas.
Acetileno	Flúor, cloro, bromo, cobre, plata y mercurio.
Metales alcalinos. (Na), alcalinos térreos (Mg, Ca)	Dióxido de carbono, tetracloruro de carbono u otros hidrocarburos clorados, halógenos y agua.
Amoníaco (anhidro)	Mercurio, cloro, bromo, yodo, ácido fluorhídrico, hipoclorito de calcio.
Anilina	Acido nítrico, peróxido de hidrógeno.
Arseniatos	Agentes reductores (o generan arsénico).
Bromuros	Amoníaco, acetileno, butadieno, metano, propano, butano (u otros gases de petróleo), hidrógeno, metales finamente divididos.
Oxido de Calcio	Agua.
Carbón activado	Hipoclorito de calcio, agentes oxidantes.
Cloratos	Sales de amonio, ácidos, polvos metálicos, sulfuros, materiales orgánicos o combustibles finamente divididos.
Acido Crómico, Trióxido de Cromo	Acido acético, naftaleno, glicerol, alcohol u otros líquidos inflamables.
Cloro	Amoníaco, acetileno, butadieno, metano, propano, butano u otros gases de petróleo), hidrógeno, benceno, metales finamente divididos.
Dióxido de cloro	Amoníaco, metano, sulfuro de hidrógeno.
Cobre	Acetileno, peróxido de hidrógeno.
Cianuro	Acidos (o generaran cianuro de hidrógeno)
Líquidos inflamables	Nitrato de amonio, ácido crómico, peróxido de hidrógeno, ácido nítrico, otros oxidantes.
Hidrocarburo (propano, butano, benceno, gasolina, etc.)	Flúor, cloro, bromo, ácido crómico, peróxido de sodio.
Acido cianhídrico	Acido nítrico, álcalis.
Acido flourhídrico (anhidro)	Amoníaco (acuoso u anhidro).
Peróxido de Hidrógeno	Cobre, cromo, hierro, otros metales y sus sales, alcohol, acetona y otros líquidos inflamables, anilina y otros materiales orgánicos combustibles.

pasa ...

COMPUESTO/CLASE	EVITAR EL ALMACENAMIENTO CERCA DE O EL CONTACTO DE
Sulfuro de hidrógeno	Acido nítrico fumante, gases oxidantes.
Hipocloritos	Acidos (o generan cloro u ácido hipocloroso).
Yodo	Acetileno, amoníaco, hidrógeno.
Mercurio	Acetileno, amoníaco.
Nitratos	Acido sulfúrico (o generan dióxido de nitrógeno).
Acido nítrico (concentrado)	Acido acético, anilina, ácido crómico, acetona, alcohol u otros líquidos inflamables, ácido cianhídrico, sulfuro de hidrógeno u otros gases inflamables, cobre y algunos metales pesados.
Nitritos	Acidos.
Nitroparafinas	Bases inorgánicas, aminas.
Acido oxálico	Plata, mercurio.
Oxígeno	Aceites, grasa, hidrógeno, otros gases, líquidos o sólidos inflamables.
Acido perclórico	Acido acético, bismuto y sus aleaciones, alcohol, papel, madera, grasa y aceites.
Peróxidos (orgánicos)	Acidos orgánicos e inorgánicos; evitar fricción y almacenarlo en frío.
Fósforo blanco	Aire, oxígeno, álcalis como agentes reductores (o podría generar fosfina).
Potasio	Tetracloruro de carbono, dióxido de carbono y agua.
Clorato de potasio	Acidos, especialmente ácido sulfúrico.
Permanganato de potasio	Glicerol, etilen glicol, benzaldehído, ácido sulfúrico.
Selenio	Agentes reductores (o generarán selenuro de hidrógeno).
Plata	Acetileno, ácido oxálico, ácido tartárico y compuestos de amonio.
Sodio	Tetracloruro de carbono, dióxido de carbono, agua.
Peróxido de sodio	Cualquier sustancia oxidante como: metanol, etanol, glicerol, etilén-glicol, ácido acético glacial, anhídrido acético, benzaldehído, acetato de metilo, acetato de etilo y disulfuro de carbono.
Sulfuros	Acidos (o generarán sulfuros de hidrógeno).
Acido sulfúrico	Metales luminosos (litio, sodio, potasio), cloratos, percloratos y permanganatos.
Telurios	Agentes reductores (o generarán teluros de hidrógeno).

REFERENCIA: Armour, M. A., 1991

Otras medidas a considerar en la manipulación de productos químicos son:

- a. Limpiar las paredes de los recipientes si resbalan gotas, al igual que la mesa de operaciones.
- b. Acostumbrar el uso de dispositivos automáticos de pipetear. En el mercado existe una gran variedad de tipos y precios.
- c. No utilizar envases de vidrio en mal estado para efectuar tratamientos térmicos.
- d. Utilizar embudos para evitar salpicaduras en los trasvases de los líquidos. No ingerir alimentos en los laboratorios, ni almacenarlos en los frigoríficos. No utilizar los vasos de precipitado para beber.
- e. No probar nunca los productos químicos con la intención de identificarlos, u olerlos llevando una pequeña cantidad de vapor con la mano hacia la nariz.
- f. No llenar nunca las botellas con productos distintos al indicado en la etiqueta.
- g. Desechar siempre el contenido de recipientes que no estén etiquetados.
- h. No mezclar en los mismos recipientes de basura trapos, papeles o similares, que estén impregnados con productos químicos incompatibles.

4.4 VALORES UMBRALES LIMITES

Los valores umbrales límites (TLV por sus siglas en inglés de Threshold Limit Value), son concentraciones de sustancias transportadas por el aire, bajo condiciones representativas en los cuales se cree que los trabajadores pueden estar continuamente expuestos día tras día sin efectos adversos. Debido a las amplias variaciones en la susceptibilidad individual un pequeño porcentaje de trabajadores pueden experimentar molestias por alguna sustancia a concentraciones menores que las del umbral límite. Un pequeño porcentaje puede ser afectado más seriamente por el agravante de una condición pre-existente o por el desarrollo de una enfermedad ocupacional (ACGIH, 1982).

Los valores umbrales límites son basados en la mejor información disponible de experiencias industriales, de experimentos con humanos y animales, con posibilidad de una combinación de las tres. La base sobre la cual los valores son establecidos puede diferir de una sustancia a otra. Dos categorías de valores umbrales límites son especificados a

continuación (ACGIH, 1982).

- a. Valores umbrales límites-promedio de tiempo evaluado (TLV-TWA por sus siglas en inglés de Threshold Limit Value-Time Weight Average): concentraciones evaluadas en un periodo de tiempo promedio de 8 hrs de trabajo diario y 40 hrs de trabajo por semana a las cuales aproximadamente todos los trabajadores pueden estar expuestos continuamente, día tras día sin efectos adversos.
- b. Valores umbrales límites-límite de exposición para un período corto (TLV-STEL por sus siglas en inglés Short-Term Exposure Limit): concentraciones a las cuales los trabajadores pueden estar expuestos continuamente por un período de tiempo sin sufrir de: irritación, cambio crónico o irreversibles en los tejidos, narcosis de suficiente magnitud para incrementar la probabilidad de lesiones accidentales, dificultar su autoprotección o reducción de su eficiencia en el trabajo. Las exposiciones en el STEL no serán mayores de 15 minutos y no se repetirán más de cuatro veces al día, con una diferencia de 1 hora entre ellas.

En el Cuadro N° 3 se proporcionan valores umbrales límites para algunas sustancias de uso común en laboratorios químicos.

Otro límite establecido es el límite de exposición ocupacional (OEL por sus siglas en inglés de Occupational Exposure Limit), el cual consta de 3 valores (Armour, M.A., 1991):

- a. OEL (8 hrs): concentración promedio en el tiempo evaluado de una sustancia transportada por el aire en 8 horas.
- b. OEL (15 min): significa la concentración promedio en el tiempo evaluado de una sustancia transportada por el aire en un período de 15 minutos.
- c. OEL (max): significa la concentración máxima de una sustancia transportada por el aire.

CUADRO N° 3: VALORES UMBRALES LÍMITES PARA ALGUNAS SUSTANCIAS DE USO COMÚN EN LABORATORIOS QUÍMICOS

SUBSTANCIAS	VALORES ADOPTADOS	
	TWA (ppm)	STEL (ppm)
Acido acético	10	15
Afilina y homólogos	2.0	5.0
Benceno	10, A2	25, A2
Cloroformo	10, A2	50, A2
Cloruro de Vinilo	5, A1a	-
Dióxido de Carbono	5,000	15,000
Dióxido de Nitrógeno	3	5
Etanol	1,000	-
Nitrodifenilo	A1b	A1b
Nitrobenceno	1	2

Referencia: ACGIH, (1982)

- A2 : Sustancias industriales que se sospecha tienen potencial cancerígeno para el humano.
 A1a : Sustancias reconocidas por tener potencial cancerígeno con un TLV asignado.
 A1b : Sustancias reconocidas por tener potencial cancerígeno sin un TLV asignado.

CAPITULO V

METODOLOGIA APLICADA PARA LA INCORPORACION DE LA TEMATICA AMBIENTAL Y DEL MARCO CONCEPTUAL DE LAS "TECNOLOGIAS MAS/LIMPIAS DE PRODUCCION" A LAS ASIGNATURAS DE METODOS EXPERIMENTALES, QUIMICA GENERAL I, QUIMICA GENERAL II, QUIMICA INORGANICA, QUIMICA ORGANICA, QUIMICA ANALITICA Y ANALISIS INSTRUMENTAL

La metodología que se siguió para la incorporación de temas y revisión de laboratorios de las diferentes asignaturas, fue:

- a. Inicialmente se efectuó revisión de los contenidos programáticos y objetivos de las asignaturas, con la finalidad de identificar puntos específicos donde fuera factible introducir la temática ambiental y de "Tecnologías Más/Limpias".
- b. Se entrevistó a catedráticos e instructores de las diferentes asignaturas, a los cuales se les explicó el trabajo de graduación que se estaba desarrollando y se les pidió sugerencias referentes a los temas en los que ellos consideraban era factible introducir o incorporar temas ambientalistas y de producción limpia.
- c. Se estudiaron guiones de clase y problemas desarrollados en ciclos anteriores, con el objeto de tener ideas para la exposición de la nueva temática. Auxiliándose de la bibliografía consultada, en algunas ocasiones se tuvo que introducir nuevos contenidos a los programas de las asignaturas y en otras se agregó información a los temas ya existentes.
- d. Se estableció la relación entre el desarrollo industrial y su efecto en el medio ambiente, procurando dejarle en mente al futuro ingeniero que debe de implementar métodos que minimicen el impacto de la industria en el ambiente.
- e. Las asignaturas estudiadas en este documento tienen seguimiento dentro del plan de estudios de Ingeniería Química, por lo que se procuró ir incrementando la profundidad de los temas a medida que se fueron incorporando en las asignaturas. En el caso particular de la asignatura Métodos Experimentales, la cual es común para todas las ingenierías, se procuró dar una introducción a la temática ambientalista y se intentó despertar inquietud referente a las "Tecnologías Más/Limpias de Producción".

- f. En gran medida, el interés que se genere en las clases expositivas con respecto a los nuevos temas tratados, deberá ser transmitido a todos los estudiantes, instructores, docentes y, de ser posible, a profesionales dentro de la industria, por lo que se proponen tareas ex-aula de investigación, a ser desarrolladas individualmente y/o en grupo, dentro de la universidad o en algunas industrias.
- g. Se revisaron las prácticas de laboratorio con el objeto de determinar cuáles utilizan y generan productos con cierto grado de peligrosidad, para la salud de los estudiantes, y el medio ambiente.
- h. Según la evaluación realizada en el literal g., se procedió a considerar el cambio de las prácticas sin que se afectaran los objetivos. Cuando no fue posible cambiar la práctica, se procedió a la revisión de la ya existente para la cuantificación de los reactantes y productos generados, mediante balances estequiométricos y su realización en el laboratorio para presentar recomendaciones a los profesores, instructores y estudiantes. Se evaluó además, la posibilidad de disminuir la cantidad de reactantes o de cambiar las prácticas de laboratorio ajustándolas al concepto de "Tecnologías Más/Limpias".
- i. También se procuró presentar medidas de disposición de desechos de las diferentes prácticas revisadas, siguiendo los lineamientos planteados por Merck, Hazardous Laboratory Chemical Disposal Guide, Reactivos y Productos Químicos para Didáctica, y "Text-book of Practical Organic Chemistry".

5.1 REVISION DEL PROGRAMA DE METODOS EXPERIMENTALES

El programa de Métodos Experimentales (ver Anexo N° 2-A) incluye seis unidades con las temáticas generales: Actividad Cognoscitiva; el Proceso de Medición; Funciones y Gráficas; la Ciencia su Método y su Filosofía; Método Científico; la Ciencia y la Tecnología. Se consideró factible hacer una introducción de la temática ambientalista en la Unidad VI, Sección 2.0 en la que se amplía la temática de la relación Ciencia-Tecnología a Ciencia-Tecnología-Medio Ambiente, a través de una introducción de los conceptos y de la filosofía de la "Tecnología Más/Limpia de Producción" enfocada en forma general hacia todas las ramas de la ingeniería, tal como se propone en la sección 5.1.1

Se sugiere incorporar a los temas restantes los conceptos y filosofía ambientalistas desde el punto de vista de los efectos al medio ambiente y al hombre de las diferentes áreas estudiadas: ciencia, ingeniería, técnica y tecnología, y hacia la disminución del deterioro ambiental y la consecución de una mejor calidad de vida para el hombre. Puede enfocarse, además, el rol que debe desempeñar todo ingeniero dentro de su área específica, para prevenir la contaminación.

5.1.1 Desarrollo del Tema: Relación Ciencia-Tecnología-Medio Ambiente

A partir de la primera revolución industrial, con el inicio de la producción fabril, el desarrollo científico-tecnológico empieza a manifestarse acompañado del impacto negativo que el medio ambiente natural empezó a sentir. Los cambios climáticos, la contaminación del aire y del agua, la eliminación masiva de árboles, marcan una gran contra-respuesta al progreso técnico y al crecimiento económico (Institut Cerdà, 1992).

A mediados del siglo XIX, la ciencia redobla su desarrollo y se inicia la era de la técnica. Los grandes descubrimientos, inventos e innovaciones en el campo de la física y la medicina, aceleran la producción en serie y se acentúa la degradación de los recursos naturales y del medio ambiente. Ya en pleno siglo XX, y especialmente a partir de la 2ª Guerra Mundial, el desarrollo de la ciencia y la técnica alcanza niveles insospechados, el descubrimiento e invención son productos de un desarrollo corporativo y el crecimiento

cuantitativo y cualitativo del mercado presiona a la producción a través de la competitividad. Esos hechos plantean una contradicción inherente al desarrollo acelerado que opera en dos sentidos: a) una destrucción acelerada del medio ambiente; b) agudización de los desequilibrios sociopolíticos marcados por la pobreza creciente (Institut Cerdà, 1992).

La ruptura del hábitat natural del hombre en sus dos vertientes: medio ambiente y sociedad, cuestionan a la ciencia y a la técnica sobre cómo encauzar el desarrollo sobre la base de una compatibilidad de propósitos entre el progreso económico, la conservación del entorno natural y el respeto a la dignidad del hombre en sociedad (Institut Cerdà, 1992).

Las repercusiones sin precedentes sobre el ambiente humano, que han traído el rápido crecimiento de la población y los acelerados avances en los procesos de industrialización y urbanización de las sociedades, han producido condiciones desventajosas para nuestra salud: junto a sus ventajas la civilización ha traído riesgos y peligros causantes de muchas enfermedades (Orellana, 1994).

Se entiende como peligros ambientales para la salud la presencia de factores de riesgo en los distintos componentes del ambiente (aire, agua o suelo) (Orellana, 1994).

La contaminación atmosférica o del aire, es la alteración de la calidad de la atmósfera a consecuencia de actividades humanas o por fenómenos naturales. Los gases y vapores que arrojan refinerías, beneficios, industrias químicas, fundidoras y la combustión de vehículos automotores son factores de riesgo que se encuentran en el aire (Orellana, 1994).

En las aguas residuales, ya sea de origen agrícola, industrial, doméstico o pluvial, se pueden encontrar también factores de riesgo para la salud como microorganismos, contaminantes orgánicos, contaminantes químicos, etc.(Orellana, 1994).

Así, de acuerdo con la naturaleza del agente que las produce, la contaminación ambiental puede ser de tres tipos: biológica, física y química.

a. **La contaminación biológica:** es producida por microorganismos que contaminan

suelos, aire, agua y alimentos. Se originan por condiciones deficientes básicas de saneamiento e higiene, por lo que se producen enfermedades infecciosas y parasitarias.

- b. **La contaminación física:** es producto de la presencia en el ambiente de formas de energía que sobrepasan los límites definidos de seguridad, como es el caso de la contaminación térmica (calor intenso en lugares cerrados, agua a altas temperaturas), radiaciones (incluyendo las nucleares) y partículas.
- c. **La contaminación química:** es la que más se ha agudizado actualmente. Sus causas son el considerable aumento de compuestos sintetizados por el hombre (1960 = 1 millón; 1980 = 5 millones) que se introducen anualmente en el mercado a razón de mil a dos mil compuestos y de los cuales sólo es posible estudiar unos 200 en ese mismo período, y la permanente exposición a esas sustancias químicas, ejemplos de estos grupos de contaminantes pueden verse en el Cuadro N° 4.

Los aspectos tóxicos más graves producidos por los agentes químicos son aquellos relacionados con su capacidad cancerígena, mutagénica y teratogénica. Es decir, el inducir la formación de tumores malignos (cáncer), cambios en el material genético de la células, que podrían ser hereditarios, y de producir malformaciones en diferentes órganos del feto, principalmente en el primer trimestre del embarazo (Martínez, 1985).

La clasificación de tipos de contaminación y sus fuentes se muestran en el Cuadro N° 5, así como las cuatro grandes masas receptoras de éstos: la atmósfera, el suelo, el agua y los alimentos (Orellana, 1994).

La ecología, señala que la contaminación es la saturación de la capacidad de un medio (aire, agua o suelo) para dispersar el agente contaminador. Los agentes potencialmente dañinos se introducen al medio ambiente y se ponen en contacto con el ser humano a través de la exposición directa a la fuente (estar en contacto directo con sustancias tóxicas); de la descarga directa en el agua, en el suelo o en aire (arrojar desechos tóxicos en ríos, o humo industrial en el aire); de los depósitos o rellenos inapropiados para los desechos y los tiraderos (Martínez, 1985).

CUADRO N° 4: GRUPOS DE CONTAMINANTES QUIMICOS DERIVADOS DE PROCESOS INDUSTRIALES Y PRODUCTOS DE USO COMUN, ALGUNOS DE SUS EFECTOS EN LA SALUD Y EL MEDIO AMBIENTE

TIPO DE CONTAMINANTE	FUENTE U ORIGEN	EFFECTO SOBRE LA SALUD Y/O EL MEDIO AMBIENTE
Bifenilos policlorados	Productos y empaques plásticos	Pueden causar trastornos intestinales. Contaminan el suelo y el agua.
Dióxido de azufre (SO ₂)	Combustión de cartón, diesel, producción de energía, procesamiento de petróleo y pasta de papel.	Puede causar bronquitis, enfisema y cáncer pulmonar. Contamina el aire.
Aldehidos y compuestos aromáticos	Solventes	Provocan alteraciones respiratorias graves y son cancerígenos. Contaminan el aire y el agua.
Plomo (Pb)	Gasolina, pigmentos.	Produce enfermedades neurológicas, saturnismo, dolores abdominales, inhibición de la síntesis de hemoglobina, daños en los riñones e intoxicación debido a su almacenamiento incrementado en los tejidos y fluidos corporales. Contamina el suelo, aire y agua.
Compuestos nitrogenados	Plaguicidas	Alteran el sistema respiratorio, provocan bronquitis, neumonía y disminuyen la resistencia a afecciones respiratorias como la influenza. Contaminan el aire, agua y suelo.
Compuestos arsenicales	Plaguicidas	Causan padecimiento del sistema nervioso central, cáncer, anemia, disminución de la capacidad inmunológica del organismo. Intoxicación severa y muerte. Contaminan suelo y agua.
Asbesto	Materiales de construcción, minas, emanaciones industriales.	Afecta los pulmones causando neumoconiosis difusa y neoplasia (pleura). Contamina el aire.
Tolueno di-isocianato	Manufactura de plásticos de poliuretano	Causa bronquitis aguda. Contamina aire y agua.
Oxidos de nitrógeno	Rellenado de silos (bomberos), combustión de hidrocarburos.	Edema pulmonar agudo, contamina el aire.
Amoníaco	Industria de refrigeración	Bronquitis aguda. Contamina aire y agua.

pasa ...

TIPO DE CONTAMINANTE	FUENTE U ORIGEN	EFFECTO SOBRE LA SALUD Y/O EL MEDIO AMBIENTE
Polvo de sílice	De la mayoría de industrias, minas de oro, estaño, cobre, fábricas de vidrio, fundiciones, canteras y otros.	Potente irritante pulmonar, puede producir neumonitis exudativa. La exposición intensa al polvo de sílice puede causar insuficiencia respiratoria y la muerte.
Monóxido de carbono	Se produce por la combustión incompleta de hidrocarburos	Actúa como asfixiante general. Reacciona con la hemoglobina de la sangre. La intoxicación con este gas produce confusión mental, pérdida del conocimiento y la muerte.

REFERENCIAS: Martínez, (1984); Robbins, (1987).

CUADRO N° 5: CLASIFICACION DE TIPOS DE CONTAMINACION DEL MEDIO AMBIENTE

CONTAMINACION	FUENTE U ORIGEN
Atmosférica	Consumo excesivo de energía, Industrias, Vehículos, Basura, Residuos radiactivos
Del suelo	Sustancias Orgánicas, Productos químicos, Residuos radiactivos
Del agua	Restos orgánicos de excretas, Desperdicios químicos, Sustancias radiactivas
De los alimentos	<p>Biológica: Proveniente de animales enfermos, Vectores (insectos, roedores), En su elaboración, En el transporte, Por manipuladores de alimentos</p> <p>Química: Insecticidas, Aditivos, Utensilios de cocina</p> <p>Radioactiva: A través de animales contaminados</p>

REFERENCIA: Orellana, (1994).

El ser humano está expuesto al riesgo de ingestión de agua y alimentos contaminados. Las fuentes más importantes de contaminación de los alimentos son los contaminantes atmosféricos depositados en las partes aéreas de las plantas, contaminantes extraídos de las aguas de riego o del suelo por las raíces de plantas que sirven como alimento, contaminantes del agua ingeridos por los peces u otros organismos acuáticos, sustancias producidas por crecimiento de hongos y bacterias en los alimentos, sustancias producidas durante la manufactura de alimentos, que pueden ser adicionadas accidentalmente, y las sustancias agregadas en forma deliberada como preservativos y antioxidantes, entre los más comunes (Orellana, 1994).

Los desechos sólidos que contaminan el suelo tienen varios orígenes: domésticos, industriales, los provenientes de clínicas y hospitales, laboratorios y talleres y residuos de materiales de construcción que provocan serios daños a la salud (Orellana, 1994).

Durante siglos, los desechos que producía el hombre eran de tipo orgánico y podían ser biodegradables, es decir, descompuestos o transformados por microorganismos en sustancias asimilables por las plantas. En la actualidad, se agregan productos sintéticos los cuales no pueden ser metabolizados por la naturaleza a través de la acción de microorganismos (productos no biodegradables) (Orellana, 1994).

Los impactos más notables en la salud son provocados por contaminantes químicos, físicos y biológicos, los cuales pueden encontrarse en los desechos industriales, emisiones de vehículos automotores, y la degradación de la naturaleza por desechos nucleares, cultivos contaminados y la disminución de áreas verdes en general. Todos ellos por diferentes vías, contaminan la atmósfera, el suelo, el agua y, a su vez, los alimentos, generando efectos negativos en la salud humana y en el medio ambiente en general, tal como se ejemplificó en el Cuadro N° 4 (Martínez, 1984).

5.1.1.1 Papel del Ingeniero en la Minimización de la Contaminación Ambiental

Para frenar en alguna medida la contaminación del medio ambiente y las graves consecuencias que ésta produce, surgen las "Tecnologías Más/Limpias de Producción". Los

ingenieros están llamados a aplicar estas tecnologías, ya que en su formación desarrollan capacidad para diseñar procesos industriales, equipos, maquinaria, instalaciones, optimizar la producción, obtener un producto de mejor calidad, maximizar ganancias, etc.; todo enfocado a la búsqueda del desarrollo industrial y tecnológico. Los profesionales deben estar capacitados y educados, también, para prevenir y/o corregir el deterioro que causan sus acciones y decisiones, es por ello que deben asumir una conciencia evaluadora del impacto ambiental ocasionado por su desempeño profesional (Rico Peña, 1995).

Las "Tecnologías Más/Limpias" son un conjunto de procesos, técnicas y procedimientos productivos, que generan menos residuos y emisiones que las tecnologías empleadas normalmente en la industria para obtener productos similares. Esto puede lograrse mediante cambios radicales en el procedimiento de trabajo o mediante cambios tecnológicos, mejoras en el control de las reacciones, cambios en las materias primas que se utilizan, etc. En su enfoque general la "Producción Más/Limpia" orienta para hacer uso de métodos preventivos, técnicas de reciclaje, reutilización de residuos, optimización del uso de materias primas y de energía, y en último de los casos a disponer en una forma adecuada de los residuos generados sin potencial de reutilización. La filosofía de la "Producción Más/Limpia" induce a PREVENIR para en lo óptimo de las condiciones NO CONTAMINAR, pero en la práctica es para minimizar la contaminación (Moser, 1994).

En el desempeño profesional como ingenieros, estarán involucrados directamente en los procesos productivos en diferentes industrias y éstos deberán estar comprometidos a resolver el problema de los residuos y emisiones de las empresas, debido al conocimiento que deben tener del impacto ambiental y de los graves efectos en la salud que los desechos industriales ocasionan.

La implantación de las "Tecnologías Más/Limpias de Producción" es de carácter multidisciplinario, ya que requiere de la intervención conjunta de profesionales en diferentes ramas (Rico Peña, 1995).

Para adoptar planes de minimización de la contaminación en las industrias se deben organizar sus medios humanos y técnicos con el objeto de sustituir en la medida de lo

posible, los residuos y emisiones generados por prácticas de reducción, reciclaje y recuperación (Halcrow, 1993).

La Agencia de Protección del Medio Ambiente de los Estados Unidos (U.S. EPA) ha desarrollado una jerarquía de opciones de manejo ambiental que son aplicables a las actividades industriales, tema previamente descrito en el Capítulo II, y resumido en la Figura N° 8 del Capítulo III.

Como se explica en el Capítulo II, las técnicas de minimización de residuos se centran principalmente en la reducción en la fuente o en el reciclaje que disminuye el volumen de desechos peligrosos producidos o su toxicidad; pero los métodos de tratamiento y disposición siempre son necesarios en alguna medida (U.S. EPA, 1991).

La U.S. EPA (1991) presenta un efectivo programa de prevención de la contaminación con los siguientes beneficios:

- a. Reducción en costos de operación.
- b. Reducción en consumo de materia prima.
- c. Reducción de cantidades de desechos y en costos para su tratamiento.
- d. Mejorar la eficiencia del proceso.
- e. Protección de la salud pública y del medio ambiente.
- f. Reducción en la responsabilidad civil y criminal del generador de residuos.

La evaluación de la posibilidad de minimización de desechos es un procedimiento sistemático para identificar formas para reducir o eliminar desechos. Los pasos involucrados en la conducción de una evaluación de minimización de desechos son ampliamente ilustrados en la Figura N° 8, Capítulo III.

5.1.2 Propuesta de Discusión de Métodos Experimentales

Formar grupos de trabajo de 3 o 4 estudiantes (de la misma carrera, si es posible) y discutir el procedimiento de Evaluación de la Minimización de Desechos (ver Figura N° 8,

Capítulo III). Con la ayuda del instructor y/o catedrático se deberá concluir las áreas en las que pueden intervenir profesionales en ingeniería eléctrica, industrial, mecánica, civil y química de las incluidas en la evaluación de minimización de desechos. Ampliar la información al respecto, con bibliografía especializada, se recomienda consultar las referencias de este Trabajo de Graduación.

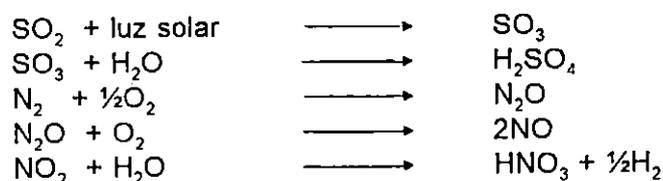
5.2 REVISION DEL PROGRAMA DE QUIMICA GENERAL I

Realizando un análisis global del Programa de Química General I (ver Anexo N° 2-B) se observa que: en la primera unidad se discute la teoría referente a las propiedades de los átomos, y no se encontró la forma de relacionar los conceptos ambientalistas. En la Unidad II se sugiere como Sección 2.12 la introducción del tema: "Efectos de los Compuestos Químicos sobre el Medio Ambiente" y en la Unidad III Sección 3.2.3 el tema "Los gases y la contaminación atmosférica". Se sugiere trabajar en el tema 3.6 (Unidad III): "Separación y purificación de sustancias", para explicar a los estudiantes algunas de las diferentes técnicas de minimización de desechos en las que se utilizan operaciones como destilación, cristalización, filtración y otras.

5.2.1 Desarrollo del Tema: Efectos de los Compuestos Químicos sobre el Medio Ambiente

Los impactos más notables en la salud son provocados por contaminantes químicos. Estos pueden encontrarse en desechos industriales, insecticidas, emisiones industriales y de vehículos automotores, y otros. Algunos ejemplos notorios son los problemas causados por el bióxido de azufre (SO_2) que generalmente procede de la combustión de carbón, diesel, producción de energía, procesamiento de petróleo y pasta de papel, y es uno de los principales contaminantes del aire. Estos contaminantes químicos contribuyen al agravamiento de la bronquitis, enfisema y cáncer pulmonar (Martínez, 1984).

Otro problema causado por emisiones gaseosas a la atmósfera es la lluvia ácida en la que los óxidos de nitrógeno y azufre reaccionan con la luz, el ozono y la humedad para dar ácidos nítrico y sulfúrico; éstos precipitan como lluvia o neblina, con lo cual se da la acidificación de los suelos y fuentes de agua, afectando la flora y la fauna. Algunas de las reacciones involucradas son las siguientes, de acuerdo a Martínez, (1984):



Se deben aplicar técnicas de residuos, para evitar la emisión de sustancias contaminantes, que produzcan efectos nocivos a la salud y al ambiente, como es el caso del SO_2 que es uno de los causantes de la lluvia ácida.

En los Cuadros N° 4, 6, 8, 9, 10 y en la sección 5.2.2 desarrollada a continuación, puede ampliarse información referente a los contaminantes químicos de los tres grandes cuerpos receptores: aire, agua y suelo; y los efectos de éstos sobre el medio ambiente.

5.2.2 Desarrollo del Tema: Los Gases y la Contaminación Atmosférica

Los contaminantes son subproductos normales de las actividades humanas, ya sea resultantes de los procesos metabólicos del hombre o de sus actividades enfocadas al aumento de la productividad, y a hacer más confortable su vida (Martínez, 1984).

De acuerdo a Orellana (1994) una manera generalizada de clasificar la contaminación es según el medio ambiente que afecta: aire, agua, suelo.

La contaminación atmosférica o del aire, es la alteración de la calidad de la atmósfera a consecuencia de actividades humanas o fenómenos naturales. Los gases y vapores que arrojan refinerías, beneficios, industrias químicas, fundidoras y la combustión de vehículos automotores, son factores de riesgo que se encuentran en el aire debido a los contaminantes tóxicos que contienen: óxidos de nitrógeno, ozono, óxidos de azufre, monóxido de carbono, etc. (Orellana, 1994).

a) Inversión Térmica (Efecto de Invernadero)

"SMOG": Esta palabra proviene de la síntesis de dos palabras inglesas: smoke, que significa humo, y fog, que significa niebla. Los contaminantes atmosféricos suelen dispersarse ampliamente y diluirse en la atmósfera; pero en ciertas circunstancias, debido a las condiciones geográficas y meteorológicas, pueden presentarse concentraciones de contaminantes que pueden formar masas gaseosas en forma de humo o niebla, denominada "smog", y que se establecen sobre la región afectada. Las partículas de humo derivadas de la

combustión del carbón actúan como núcleos de condensación sobre los cuales se forman las gotitas de niebla. La niebla es gran parte SO_2 , SO_3 y humedad; es generalmente mayor en las primeras horas de la mañana (posiblemente debido a la oxidación inducida por la luz del sol, $\text{SO}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 \longrightarrow \text{SO}_3$, seguida por la reacción con la humedad para formar un aerosol de ácido sulfúrico (Martínez, 1984).

El fenómeno que provoca esta concentración o "smog" es la inversión térmica (efecto de invernadero), una condición en la cual, una capa de aire caliente descansa sobre otra de aire más frío. Normalmente la temperatura del aire disminuye con la altura, pero en la condición "inversa", es la capa de aire superior la más caliente y actúa como una cubierta que atrapa los contaminantes del aire. Básicamente hay dos tipos de "smog" (Martínez, 1984):

- a.1 El "smog" de Londres. Contiene grandes concentraciones de dióxido de azufre, ácido sulfúrico y óxidos de nitrógeno atrapados por la inversión térmica. En 1952 en la ciudad de Londres este tipo de "smog" costó la vida de 4,000 personas y por ello se conoce con este nombre.

- a.2 El "smog" fotoquímico o de Los Angeles. Se le llama así por ser en esa ciudad donde se registró la primera reacción de este tipo. La causa de la contaminación del aire mediante este tipo de "smog" no son los contaminantes primarios de la atmósfera: CO , SO_2 , NO y NO_2 , sino los productos que se forman cuando estos compuestos reaccionan fotoquímicamente. La radiación ultravioleta procedente del sol induce la reacción entre los contaminantes primarios, lo que da origen a otros contaminantes. Los productos finales son principalmente ozono, aldehídos y compuestos orgánicos que contienen nitrógeno.

Las reacciones químicas que intervienen en la formación del "smog" fotoquímico son complejas y aún no están totalmente estudiadas. Empiezan con la combinación de N_2 y O_2 en el aire, a las temperaturas ordinarias éstos no reaccionan entre sí, pero cuando la temperatura aumenta, como sucede en la combustión que se produce en un motor de automóvil,

reaccionan para formar óxido nítrico (Sienko, 1986):



Algo de este NO reacciona posteriormente para formar dióxido de nitrógeno:



La mezcla de NO y NO₂ se indica como NO_x que es un contaminante peligroso del aire. Los efectos sobre la salud, comprobados y posibles, en relación con la contaminación atmosférica se muestran en el Cuadro N° 6.

CUADRO N° 6: LA CONTAMINACION ATMOSFERICA Y SUS EFECTOS SOBRE LA SALUD

AGENTE, CONTAMINANTE O FUENTE DE CONTAMINACIÓN	EFECTOS SOBRE LA SALUD
Óxido de azufre	<ol style="list-style-type: none"> 1. Agravamiento del asma y la bronquitis crónica 2. Daño de la función pulmonar 3. Irritación sensorial
Óxidos de azufre y partículas en suspensión procedentes de fuentes de combustión	<ol style="list-style-type: none"> 4. Aumento a corto plazo de la mortalidad 5. Aumento a corto plazo de la morbilidad 6. Agravamiento de la bronquitis y las enfermedades cardiovasculares 7. Papel contribuyente en la etiología de la bronquitis crónica y el enfisema 8. Papel contribuyente en la enfermedad respiratoria en los niños 9. Papel contribuyente en la etiología del cáncer pulmonar
Partículas en suspensión (sin especificación)	<ol style="list-style-type: none"> 10. Aumento en la frecuencia de enfermedad respiratoria crónica
Oxidantes	<ol style="list-style-type: none"> 11. Agravamiento del sistema, el asma y la bronquitis 12. Daño a la función pulmonar en pacientes con bronquitis y enfisema 13. Irritación ocular y respiratoria y disminución del rendimiento de atletas estudiantiles 14. Probabilidad incrementada de accidentes de vehículos de motor
Ozono	<ol style="list-style-type: none"> 15. Daño en la función pulmonar 16. Envejecimiento de la peroxidación de los lípidos.

pasa ...

AGENTE, CONTAMINANTE O FUENTE DE CONTAMINACIÓN	EFECTOS SOBRE LA SALUD
Monóxido de carbono	17. Disminución de la tolerancia al ejercicio en pacientes con enfermedad cardiovascular 18. Aumento en la mortalidad general y la mortalidad por enfermedad isquémica del corazón 19. Daño en la función del sistema nervioso central 20. Factor causal en la arterioesclerosis
Bióxido de nitrógeno	21. Factor causal en el enfisema pulmonar 22. Daño a algunos mecanismos de defensa del pulmón, como las células cebadas y los macrófagos, función pulmonar alterada
Plomo	23. Almacenamiento incrementado en tejidos y fluidos corporales 24. Daño en la síntesis de hemoglobina y porfirina
Sulfuro de hidrógeno	25. Incremento en la mortalidad tras la exposición aguda 26. Causa de irritación sensorial
Mercaptanos	27. Dolor de cabeza, náuseas y afecciones de los senos paranasales
Asbestos	28. Producción de calcificaciones pleurales 29. Neoplasia maligna del tipo del mesotelioma y asbestosis 30. Factor contribuyente en la enfermedad pulmonar obstructiva crónica y en el cáncer del pulmón
Plaguicidas	31. Intoxicación aguda fatal 32. Enfermedad aguda 33. Daño en la actividad de la colinesterasa
Compuestos odoríferos	34. Dolor de cabeza y afecciones de los senos paranasales
Berilio	35. Beriliosis con daño pulmonar
Microorganismos suspendidos en el aire	36. Infecciones de transmisión aérea

REFERENCIA: Orellana, (1994).

5.2.3 Minimización de Residuos y Emisiones Mediante la Implementación de "Tecnologías Más/Limpas de Producción"

Para reducir los efectos de la contaminación ambiental y evitar en lo posible que el desarrollo industrial del país incremente la emisión de nuevas sustancias al ambiente, se deben implementar técnicas de minimización de desechos o "Tecnologías Más/Limpas de

Producción".

Con el desarrollo científico y tecnológico se logran obtener soluciones innovadoras para los problemas de manejo de desechos, pero se requiere un planeamiento cuidadoso y creatividad en la solución de problemas, cambios de actitud, inversión de capital en algunos casos y el compromiso real de los profesionales que dirigen los procesos productivos (el ingeniero químico es el indicado para tomar la iniciativa, debido al conocimiento que tiene de los procesos químicos, los cuales son altamente contaminantes).

Así, por ejemplo, una "Tecnología Más/Limpia" utilizada en la industria de pinturas es la de recuperación de solventes. Los dispositivos y equipo para recuperación de vapor, capturan las emisiones de las plantas industriales que de otra manera contaminarían la atmósfera (U.S. EPA, 1992).

5.2.4 Propuesta de Tarea Ex-Aula de Química General I

Investigar qué soluciones se han propuesto para el problema de la contaminación atmosférica proveniente de la combustión de los vehículos automotores.

Se sugiere consultar la siguiente bibliografía:

Sienko, M.J.; R.A. Plane. Química: Principios y Aplicaciones. Editorial McGraw-Hill, Primera Edición, México, D.F. (1987).

Orellana Orellana, José E. Memoria I Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. 25-26 de Noviembre. San Salvador (1994).

5.3 REVISION DEL PROGRAMA DE QUIMICA GENERAL II

Al realizar un análisis del programa de Química General II (ver Anexo N° 2-C), se observó que en la mayoría de los temas se proporciona teoría química básica, por lo que al introducir la temática ambientalista en esta materia se trata de establecer criterios básicos acerca de la "Producción Más/Limpia". En este contexto se menciona en el tema "Reacciones Químicas y su Efecto en el Medio Ambiente", que en los procesos se generan, además del producto deseado, subproductos, desechos y emisiones, que pueden contaminar el medio ambiente o producir efectos a la salud humana si no se previenen o disponen de una manera segura. Para prevenir tales efectos se plantean las "Tecnologías Más/Limpias de Producción", detalladas en el Capítulo II, sección 2.1 de este documento.

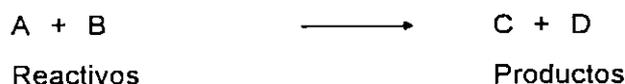
Se incluye el tema "Proceso de Anodizado" en el que se proporciona un ejemplo de "Tecnología Más/Limpia". Se recomienda dar a conocer, además, los efectos de la industria electroquímica en el ambiente debido a la peligrosidad de las sustancias generadas por este tipo de industria.

5.3.1 Desarrollo del Tema: Las Reacciones Químicas y sus Efectos sobre el Medio Ambiente

En procesos reales (industria y laboratorios) las reacciones químicas no se llevan a cabo con un 100% de eficiencia, el producto principal va acompañado de reactivos sin reaccionar y subproductos que muchas veces pueden llegar a convertirse en residuos. Además se debe tener en cuenta la naturaleza de los reactivos y productos generados. Para un mejor entendimiento de esta terminología se dan los siguientes conceptos (Institut Cerdà, 1992 y Himmelblau, D. M., 1988):

a. Ecuación Química

Es la forma de representar un cambio químico (reacción) con símbolos y fórmulas, así tenemos (Sienko, M. J., 1987):



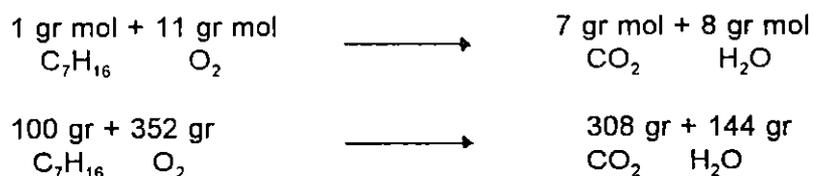
La ecuación química proporciona una variedad de información cualitativa y cuantitativa para el cálculo en los diferentes procesos químicos, por ejemplo (Himmelblau, D. M., 1988):



Información cualitativa:

Heptano reacciona con Oxígeno para dar dióxido de carbono y agua

Información cuantitativa:



Para que una ecuación se considere adecuada debe de estar correctamente balanceada; el balanceo se realiza en base a la Ley de Conservación de la Masa establecida por Lavoisier, la cual dice: "La masa no se crea ni se destruye durante los cambios químicos y físicos ordinarios si no que permanece constante"(Himmelblau, D. M., 1988 y Sienko, M. J., 1987).

Es de hacer notar que los moles nunca permanecerán constantes en un cambio químico a diferencia de la masa, en la que la suma de reactivos es igual a la suma de los productos.

b. Producto Peligroso

Producto utilizado o elaborado en un proceso productivo que puede ser explosivo, comburente, inflamable, nocivo, irritante, tóxico, corrosivo, infeccioso, teratogénico, cancerígeno, oncogénico y mutagénico (ver Capítulo IV).

c. Subproducto

Es todo material que se genera como una consecuencia no deseada de una actividad destinada a la obtención de otro producto final. Este material puede contener recursos significativos susceptibles de ser aprovechados en forma de materia prima o energía. Pero también pueden ser peligrosos para los humanos y el medio ambiente. Ejemplo: las dioxinas producidas junto con algunos plaguicidas.

Si este producto no se aprovecha, se transforma en un residuo al destinarse a la eliminación. Por lo tanto el término subproducto debe de usarse para referirse al resultado no deseado de la reacción o proceso de fabricación (a nivel industrial) y el término residuo se refiere a materiales que no son aprovechados de alguna forma.

d. Residuo

Es todo subproducto que no se recicla o del que no se recupera componentes ni energía, ya sea porque es imposible, por la inexistencia de la tecnología adecuada, por no existir un mercado, por su costo o ignorancia de posibilidades.

e. Residuos Peligrosos

Residuos sólidos, líquidos y/o gaseosos que debido a que son explosivos, comburentes, inflamables, irritantes, nocivos, tóxicos, corrosivos, infecciosos, cancerígenos, teratogénicos y mutagénicos, requieren de un tratamiento específico para evitar sus potenciales efectos nocivos, como es el uso de las dioxinas en plaguicidas.

A nivel industrial se producen subproductos, residuos y emisiones en grandes cantidades, surgiendo la interrogante de cómo evitarlos o minimizarlos, para reducir el impacto ambiental que éstos producen. Como una respuesta surge lo que son las "Tecnologías Más/Limpias de Producción", siendo éstas un conjunto de procesos, técnicas y procedimientos productivos que generan menos residuos y emisiones que las tecnologías empleadas normalmente en la industria para obtener productos similares. Lo que puede lograrse mediante la implementación de estrategias "Más/Limpias de Producción" como se detalla en el Capítulo II, Sección 2.1.

f. Estequiometría

Una relación estequiométrica es la que se establece cuando se relacionan los moles o masa de una sustancia con los moles o masa de otra sustancia en la ecuación química. Para procesos ideales se asume que las sustancias que participan en la reacción son puras, y que estas tienen un rendimiento del 100%. En los procesos reales, tanto a nivel de laboratorio como industrial las sustancias que participan poseen diferentes grados de pureza, y el rendimiento nunca es del 100% (Himmelblau, D. M., 1988).

En las reacciones industriales raramente se encontrará que los reactantes reaccionen en forma estequiométrica. Para lograr consumir un reactivo determinado, casi siempre se utilizará un reactivo en exceso; se producirán reacciones secundarias, la reacción no se dará al 100% y el producto principal se acompañará de reactantes y productos secundarios como se mencionó anteriormente. Para mayor claridad se dan los siguientes conceptos (Himmelblau, D. M., 1988):

- f.1 **Reactivo Limitante:** es el reactivo que está presente en la cantidad estequiométrica más pequeña, o es el que reaccionará totalmente.
- f.2 **Reactivo en Exceso:** es el que se encuentra en exceso con respecto al limitante. El porcentaje en exceso es igual a los moles en exceso dividido entre los moles requeridos para reaccionar con el reactivo limitante multiplicado por 100.
- f.3 **Los Moles en Exceso:** es igual a los moles totales disponibles menos los moles que reaccionan con el reactivo limitante.

- f.4 **Conversión:** es la fracción de un reactante en la reacción que se convierte en producto.
- f.5 **Rendimiento:** es el peso o moles del producto final dividido entre el peso o moles del reactivo inicial. Si participa más de un producto o reactivo se tiene que establecer con claridad el reactivo en el cual se va a basar el rendimiento.

A continuación se dan ejemplos de reacciones químicas, en las que se dan a conocer conceptos estequiométricos, peligrosidad de los reactantes y productos, así como alguna estrategia de producción limpia.

Ejemplo 1: En la Figura N° 11 se presenta un esquema del balance de masa global para la obtención de yoduro de metilo, identificando la naturaleza de la materia prima y producto; así como estrategias de producción limpia.

La reacción que se lleva a cabo es la siguiente

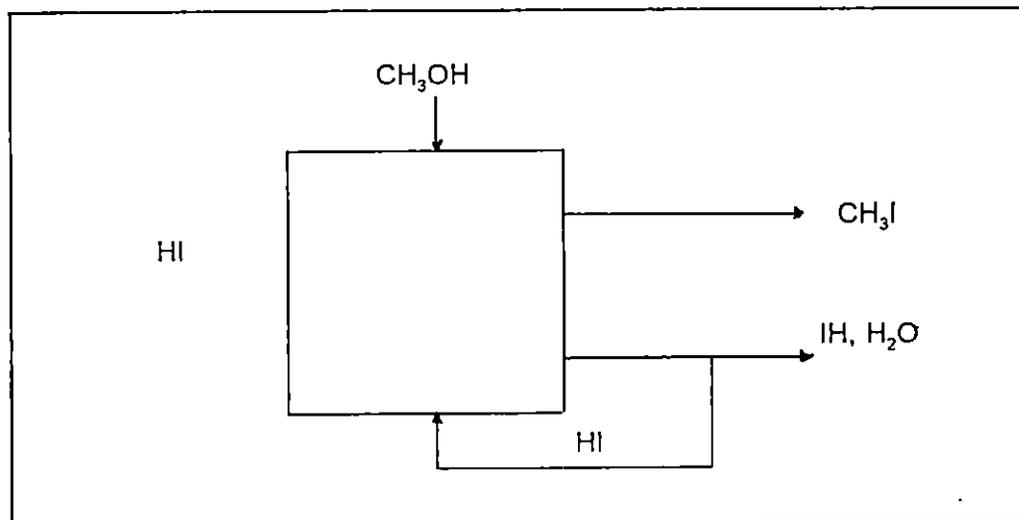
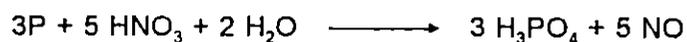


FIGURA N° 11: REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LA REACCION PARA LA PRODUCCION DE IODURO DE METILO
Himmelblau, D. M., (1988)

Donde:

- a. los reactivos y productos generados son productos peligrosos:
 - Acido Yodhídrico (HI): es corrosivo
 - Metanol (CH₃OH): es tóxico e inflamable.
 - Yoduro de metilo (CH₃I): es tóxico.
- b. El grado de conversión es diferente al 100% ya que entre los productos se encuentra parte de los reactantes que no reaccionarán.
- c. Hay generación de residuos, que es la mezcla de ácido Yodhídrico con agua.
- d. Existe recuperación en parte de ácido yodhídrico.
- e. El producto principal que es el yoduro de metilo esta contaminado con metanol, por lo que un método de separación tiene que ser aplicado.

Ejemplo 2: Durante una prueba piloto para obtener ácido (o) fosfórico se procesaron 6 kg de fósforo con 24.4 kg de HNO₃ y agua, habiéndose obtenido 17.4 kg de ácido fosfórico, según la siguiente reacción:



Calcular:

- a. Reactivo limitante y reactivo en exceso, además el porcentaje en exceso.
- b. Determinar el grado de conversión de cada reactivo y el porcentaje de conversión (eficiencia).
- c. Cantidades de óxido nítrico y agua utilizadas.

- d. Listar los potenciales peligros a la salud y el medio ambiente de las sustancias químicas involucradas en el proceso.

Desarrollo:

- a. Reactivo limitante, reactivo en exceso y porcentaje en exceso.

Trabajando en moles. Se debe encontrar los moles que hay de cada compuesto.

COMPONENTE	MASA (kg)	PM	kgmol
P	6	31	0.194
HNO ₃	24.4	63	0.387
H ₂ O	--	18	--
H ₃ PO ₄	17.4	98	0.178
NO	--	30	--

Estableciendo

$$\frac{0.194 \text{ mol P}}{3 \text{ mol P}} \left| \frac{5 \text{ mol HNO}_3}{3 \text{ mol P}} \right. = 0.323 \text{ mol HNO}_3$$

$$\frac{0.387 \text{ mol HNO}_3}{5 \text{ mol HNO}_3} \left| \frac{3 \text{ mol P}}{5 \text{ mol HNO}_3} \right. = 0.223 \text{ mol P}$$

Para que reaccionen 0.194 moles de P se necesitaron 0.323 moles de HNO₃ y de éste se tienen 0.387 moles, por lo que se puede determinar que es el reactivo en exceso.

Para que reaccionen 0.387 moles de HNO₃ se necesitan 0.223 moles de P y sólo se tienen 0.164, por lo que constituye el reactivo limitante.

$$\% \text{ en exceso} = \frac{\text{moles totales} - \text{moles que reaccionan}}{\text{moles que reaccionan}}$$

$$\% \text{ en exceso} = \frac{0.387 - 0.323}{0.323} = 19.8\%$$

b. Determinando el grado de conversión de cada reactivo y el porcentaje de conversión.

$$\frac{3 \text{ mol P}}{3 \text{ mol H}_3\text{PO}_4} \left| \frac{0.178 \text{ mol H}_3\text{PO}_4}{0.178 \text{ mol H}_3\text{PO}_4} \right. = 0.178 \text{ mol P}$$

$$\% \text{ de conversión} = \frac{0.178}{0.194} \times 100 = 91.8\%$$

Por lo tanto si no reacciona todo el reactivo limitante, la cantidad en exceso que en realidad reacciona es:

$$\frac{0.178 \text{ mol P}}{0.178 \text{ mol P}} \left| \frac{0.323 \text{ mol HNO}_3}{0.323 \text{ mol P}} \right. = 0.296 \text{ mol HNO}_3$$

$$\text{Grado de conversión} = \frac{0.296}{0.323} \times 100 = 91.8\% \text{ para el HNO}_3$$

$$0.194 \text{ mol P} \left| \frac{3 \text{ mol H}_3\text{PO}_4}{3 \text{ mol P}} \right. = 0.194 \text{ mol H}_3\text{PO}_4$$

$$\text{Grado de conversión} = \frac{0.174}{0.194} \times 100 = 91.8\% \text{ para el } \text{H}_3\text{PO}_4$$

c. Cantidad de agua utilizada y de óxido nítrico formado

$$17.4 \text{ kg H PO} \left| \frac{36 \text{ kg H}_2\text{O}}{294 \text{ kg H}_3\text{PO}_4} \right. = 2.13 \text{ kg H}_2\text{O}$$

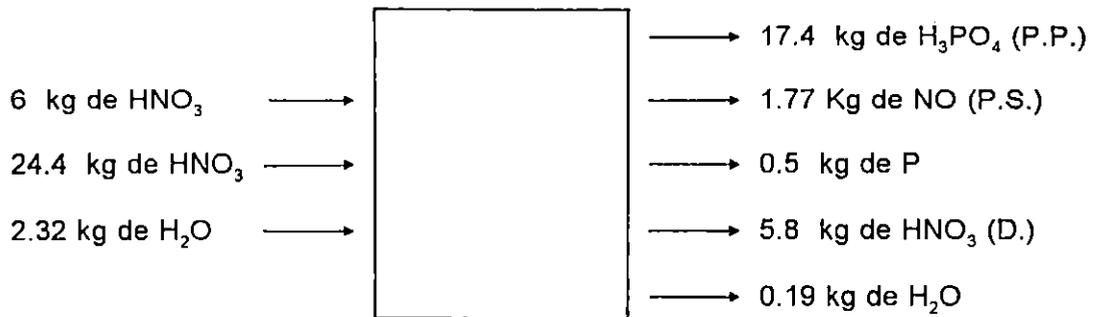
$$5.5 \text{ kg P} \left| \frac{36 \text{ kg H}_2\text{O}}{93 \text{ kg P}} \right. = 2.13 \text{ kg H}_2\text{O}$$

$$2.13 \text{ kg de agua reaccionan pero entran: } \frac{2.13}{91.8\%} = 2.32 \text{ kg H}_2\text{O entran al proceso}$$

Oxido nítrico formado

$$5.5 \text{ kg P} \left| \frac{30 \text{ kg NO}}{93 \text{ kg P}} \right. = 1.77 \text{ kg NO}$$

REPRESENTACION ESQUEMATICA DE LA OBTENCION DEL ACIDO (o) FOSFORICO



Donde: P.P.: producto principal; P.S. producto secundario; D.: desperdicios

- d. Peligrosidad de las sustancias involucradas en la reacción para la obtención del ácido (o) fosfórico: el ácido nítrico es una sustancia comburente y corrosiva; el ácido (o) fosfórico es corrosivo; y el óxido de nitrógeno es muy nocivo para el hombre.

5.3.2 Propuesta de Tarea Ex-Aula de Química General II

Que cada estudiante investigue en qué consiste cada una de los siguientes factores de riesgo: comburente, inflamable, nocivo, tóxico, corrosivo, teratogénico, cancerígeno, oncogénico y/o mutagénico.

5.3.3 Desarrollo del Tema: Aplicación de "Tecnologías Más/Limpias" en el Proceso de Anodizado

Las industrias que incluyen procesos de anodizado son consideradas contaminadoras potenciales del ambiente debido a la naturaleza de las sustancias involucradas: metales pesados, ácidos y bases fuertes tales como: ácido sulfúrico, hidróxido de sodio, ácido crómico y otros; de los cuales se presentan algunos datos de peligrosidad en el Anexo N° 3-A. Una de las grandes aplicaciones de este tipo de procesos es el anodizado del aluminio, el cual se desarrolla en el siguiente tema.

A. Métodos de Protección: Anodizado del Aluminio

Son películas de óxido que se producen anódicamente sobre el aluminio y sus aleaciones para protegerlas contra la corrosión o para efectos decorativos. Este aluminio anodizado puede ser secado, pintado, aceitado o tratado de muy diversas maneras (Badía Serra, 1993).

El aluminio se hace actuar como ánodo en un electrólito adecuado, produciéndose una película de óxido sobre el metal. Las propiedades de esta película de óxido son afectadas por la composición química de la aleación o del metal, por el electrólito, por la temperatura del baño, por la densidad de corriente y por el voltaje. El color del recubrimiento, su velocidad de formación y su resistencia a la corrosión deben ser controlados por la composición del metal (Badía Serra, 1993).

Se han utilizado diversos electrolitos, como Hidróxido de Amonio, Sulfuro de Amonio, boratos, fosfatos, tartratos, oxalatos y sus ácidos correspondientes; Ácidos Crómicos, cromatos, Acido Sulfúrico, sulfatos, etc. Pero los métodos comerciales utilizan únicamente Acido Crómico o Acido Sulfúrico como electrolito. Los anodizados por Acido Crómico tienen una adecuada resistencia a la corrosión, mientras que los anodizados por Acido Sulfúrico producen un producto coloreado, resistente a la corrosión pero en menor proporción que el anterior (Badía Serra, 1993).

En el método que utiliza Acido Crómico, una solución al 3% de éste, libre de sulfatos o, de ácido Sulfúrico, se emplea como electrolito. En el de Acido sulfúrico, el electrolito es una solución diluida del ácido, con pequeñas cantidades de otros compuestos para mejorar las propiedades del recubrimiento anódico. En el Cuadro N° 7 se presentan las características de una operación de anodizado utilizando Acido Crómico o Acido Sulfúrico como electrolito (Badía Serra, 1993).

CUADRO N° 7: CUADRO COMPARATIVO DE LAS CARACTERISTIICAS DEL ANODIZADO USANDO COMO ELECTROLITO ACIDO SULFURICO Y ACIDO CROMICO

VARIABLES	METODO DEL ACIDO SULFURICO	METODO DEL ACIDO CROMICO
ANODO	Aluminio o aleación de aluminio a ser tratada	Aluminio o aleación de aluminio a ser tratada
CATODO	Plomo	Grafito
ELECTROLITO	H ₂ SO ₄	CrO ₃ 3%
DENSIDAD DE CORRIENTE	12	2-4
VOLTAJE	10 - 15	0-40 (15 min); 40 (35 min) 40-50 (5 min) 50 (5 min)
TIEMPO DE TRATAMIENTO, min	10 - 30	60
CONSUMO DE CORRIENTE, Kwh/(pie)	0.05 - 0.2	
ESPESOR DE LA PELICULA mm	0.04 (máx)	0.0003 - 0.002 0.0007 (promedio)

REFERENCIA: Badía Serra, 1993.

B. Estudio de la Automatización de un Sistema de Anodizado con Acido Sulfúrico

Este estudio fue realizado por el Laboratorio de Ingeniería de Reducción de Riesgo de la EPA, el Departamento de Servicios de Salud de California y la División de Dinámicas Generales de Pomona (EPA, 1991).

En Diciembre de 1988, la División de Dinámicas Generales de Pomona reemplazó el sistema de anodizado de aluminio con ácido crómico que uso durante 35 años, por un nuevo sistema computarizado de anodizado con ácido sulfúrico, el cual utiliza un medidor de nivel y de concentración del baño computarizado (EPA, 1991).

La motivación de esta compañía para cambiar al sistema con ácido sulfúrico, fue que el sistema original con ácido crómico no podía ser modificado con costos efectivos para cumplir con los requerimientos de producción y mantenerse cumpliendo con las regulaciones ambientales para el aire y el agua, ya que es un compuesto con una concentración restringida en los efluentes de 0.05 mg/l, debido a que es una sustancia cancerígena. Además de la sustitución química para eliminar las descargas de cromo, el uso del medidor computarizado de nivel y de concentración del baño ayudó a reducir los requerimientos del tratamiento de agua de desechos (EPA, 1991).

Este sistema reduce el tratamiento requerido para los fluidos de inmersión descargados, ya que disminuye el consumo de agua mediante el monitoreo de la conductividad del baño en el tanque. Como resultado la necesidad de agua se ha reducido de 15-20 galones por minuto a 6-8 galones por minuto (EPA, 1991).

El costo inicial del nuevo sistema fue de US\$955,000 incluyendo todo el equipo. Los costos de operación y mantenimiento son menores para el nuevo sistema comparados con el antiguo sistema de ácido crómico ya que se utiliza menos energía, tiene un menor tiempo de proceso y los costos del tratamiento de aguas de desecho son más bajos. Debido a que el ácido sulfúrico es mucho más conductor como electrólito, el proceso de anodizado requiere menos energía. Los ahorros de costo por electricidad fueron estimados en US\$10,900, basados en una disminución anual de consumo. El proceso con ácido sulfúrico es mucho más

veloz que el con ácido crómico resultando en menos tiempo de proceso para un espesor dado de película. Esto resulta en bajos costos de operación debido al aumento del potencial de depositación (EPA, 1991).

Los costos de tratamiento de aguas de desecho son menores para el nuevo sistema debido a la disminución de los metales a ser removidos. El proceso con ácido sulfúrico requiere solamente la reducción de aluminio y la regulación del efluente a un pH neutro resultando en un lodo no peligroso, comparado con la reducción de aluminio y cromo que se tenía anteriormente, el cual requería tanques y químicos adicionales para su tratamiento y disposición (EPA, 1991).

5.4 REVISION DEL PROGRAMA DE QUIMICA INORGANICA

Debido a que en las dos primeras unidades del programa de esta asignatura se tratan conceptos básicos teóricos acerca del comportamiento y enlace químico (ver Anexo N° 2-D), se considera que la introducción de la temática ambientalista es factible realizarla en las unidades III y IV que tratan de la Química de los Elementos Representativos y la de los Elementos de Transición y sus Compuestos de Coordinación. Se ejemplifica introduciendo el tema Características, Aplicaciones Industriales y Efectos en el Medio Ambiente de los Compuestos de los Elementos de Transición en la Unidad IV, Sección 4.1.4.

Hasta el año 1995 se incluía en el programa de Química Inorgánica la Unidad V: QUIMICA NUCLEAR, la cual consideraba dentro de sus objetivos la descripción de las aplicaciones de la química nuclear y los beneficios o daños a la humanidad. Se sugiere que esta unidad se re-incorpore nuevamente al programa de la asignatura, dada su importancia en aplicaciones en diversas áreas como salud, medio ambiente, energía, análisis químico, etc.

5.4.1 Desarrollo de Tema: Química de los Elementos de Transición y sus Compuestos de Coordinación

A. Elementos de Transición: Características, Aplicaciones Industriales y Efectos en el Medio Ambiente

Estos elementos tienen sus electrón diferenciante en un subnivel "d". Se dividen en 1ª, 2ª y 3ª series de transición. La que más se estudia es la primera, en base a sus compuestos (del Sc al Zn). El estado de oxidación se ocupa para determinar la ganancia o la pérdida de electrones. Algunas características físicas de los elementos de transición y sus iones (Velázquez, 1996 y Sienko, 1987) son:

- a. Son coloridos y forman una gran variedad de complejos o compuestos de coordinación.
- b. Tienen valencias (estados de oxidación) variables.

- c. Presentan paramagnetismo.
- d. Tienen una amplia gama de aleaciones
- e. Tienen propiedades metálicas: son metales densos. tienen puntos de fusión y ebullición elevados. Los puntos de fusión y ebullición elevados se deben a los enlaces interatómicos fuertes en los que participan electrones 4s y 3d. Presentan iones coloridos; la mayoría presenta coloraciones diferentes, como se muestra en el Cuadro N° 8.

El color de un ión metálico de transición depende particularmente de la naturaleza de los ligandos (la molécula neutra de agua, o iones como el cloruro) que contienen pares electrónicos no compartidos enlazados al ión metálico (Velázquez, 1986).

CUADRO N° 8: COLORACION DE DIFERENTES IONES DE ELEMENTOS DE TRANSICION

ELEMENTO	ION (ACUOSO)	COLOR
Cinc	Zn ⁺²	Incoloro
Escandio	Sc ⁺³	Incoloro
Titanio	Ti ⁺³	Púrpura
Vanadio	V ⁺³	Verde
Cromo	Cr ⁺³	Verde
Níquel	Ni ⁺²	Verde
Cobre	Cu ⁺²	Azul
Hierro	Fe ⁺³	Amarillo
Hierro	Fe ⁺²	Verde
Cobalto	Co ⁺²	Rosado

Referencia: Sienko, 1987

Son de gran importancia en la industria y esto se debe a sus enlaces interatómicos fuertes que se traducen en puntos de fusión y ebullición elevados. Sus iones son comúnmente coloridos y forman una gran variedad de complejos (esto se debe a que sus orbitales "d" están parcialmente llenos con electrones desapareados). Otras características incluyen: estados de oxidación variables, actividad catalítica, formación de compuestos isomorfos que entre ellos forman catalizadores. El níquel, platino, pentóxido de vanadio (V₂O₅) son catalizadores. Algunas aleaciones formadas a partir de elementos de transición son el latón y el acero.

B. Aplicaciones Industriales y Efectos en el Medio Ambiente de Compuestos de Elementos de Transición

No obstante sus excelentes propiedades y características, que les hace ser ampliamente utilizados a nivel industrial, muchos de los compuestos de elementos de transición son nocivos tanto a la salud humana como al medio ambiente. En el Cuadro N° 9 se muestran algunas de sus aplicaciones industriales y a la vez los problemas ambientales de éstas.

Esta contaminación puede ser reducida adoptando planes de minimización de desechos, sustituyendo en la medida de lo posible, los residuos y emisiones normales obtenidos, por prácticas de reducción, reciclaje y recuperación (tal como lo indican las "Tecnologías Más Limpias de Producción" descritas en el Capítulo II del presente documento).

CUADRO N° 9: APLICACIONES INDUSTRIALES Y PROBLEMAS AMBIENTALES DE ELEMENTOS QUIMICOS DE TRANSICION

ELEMENTO	APLICACIONES INDUSTRIALES	PROBLEMAS AMBIENTALES
Cromo Cr	Industria de enchapar y galvanizar. Oxidos de cromo son usados como pigmentos (verde de Guignet, verde cromo, verde óxido de cromo, amarillo cromo) para uso en pinturas. Compuestos de cromo son oxidantes fuertes usados en el laboratorio de química analítica y química orgánica. Sales de cromo son usadas en el proceso de curtiembre.	El cromo hexavalente es cancerígeno, los compuestos de cromo son calificados como muy contaminantes del agua y de los suelos. Compuestos de cromo como el hexacarbonil de cromo ($\text{Cr}(\text{CO})_6$), causan envenenamiento.
Tungsteno (Wolframio) W	Usado en la fabricación de filamentos de bombillas eléctricas. Se utiliza para obtener acero de alta velocidad para herramientas de corte.	Los compuestos de tungsteno, como el óxido y el cloruro, son nocivos e irritantes, son además muy contaminantes del agua.
Cobre Cu	Usado en la industria electroquímica (para recubrimientos), en materiales eléctricos (como conductores), en la fabricación de pigmentos.	Es contaminante del agua y el suelo, es nocivo a la salud humana ya que su ingestión causa la Enfermedad de Wilson (ver Glosario).
Cobalto Co	Utilizado para la fabricación de pigmentos (verde de Rinmann), para la esterilización mediante radiación, tiene aplicaciones en medicina (quimioterapia, tratamientos con radiación).	Es muy polucionante, contamina aire, suelo y agua, se obtienen desechos radiactivos.

Referencia: Sienko, 1985; Armour, 1991.

5.4.2 Propuesta de Tarea Ex-Aula de la Asignatura Química Inorgánica

Desarrollar la tarea en grupos de tres estudiantes y realizar la siguiente investigación:

- a. Listar los compuestos inorgánicos que son utilizados para la fabricación de pigmentos a pesar de su toxicidad debido a sus excelentes características y propiedades. Investigar si pueden ser sustituidos por otros compuestos no tóxicos o de menor toxicidad.
- b. En la industria de curtiembre de pieles se usan compuestos de cromo. Investigar si pueden sustituirse las sustancias utilizadas por otras menos nocivas, o si pueden cambiarse etapas del proceso que conduzcan a una menor contaminación del medio ambiente.
- c. Investigar los efectos a la salud humana y al medio ambiente de los compuestos de elementos de transición, tales como: escandio (Sc), titanio (Ti), cinc (Zn), níquel (Ni), plata (Ag) y otros. Las referencias bibliográficas recomendadas son:

Armour, Margaret A. (1991). "Hazardous Laboratory Chemicals-Disposal Guide" CRC Press, Inc, Boca Raton, Florida.

Austin, T. George. (1988). "Manual de Procesos Químicos en la Industria". Tomos I y II, 5ª Edición. Editorial McGraw Hill. México.

EPA, (1991). "Pollution Prevention Case Studies". Washington D.C., USA.

Merck E., Engelhardt (1996). "Manual de Reactivos-Diagnóstico-Productos Químicos". República Federal de Alemania.

Robbins, Stanley (1987). "Patología Estructural y Funcional". 3ª ed. Nueva Editorial Interamericana. México D.F.

5.5 REVISION DEL PROGRAMA DE QUIMICA ORGANICA

Al realizar un análisis global del programa de Química Orgánica (ver Anexo N° 2-E), para conocer donde sería posible la introducción de temáticas ambientalistas se propone:

A excepción de la primera unidad, en todos los temas es posible agregar los efectos sobre el medio ambiente y el hombre de los compuestos estudiados.

Se plantea la modificación del tema ubicado en la Unidad IV, Sección 4.4, referente a la industria del petróleo y se dan a conocer sus repercusiones ambientales, así como métodos de reciclaje y recuperación de desechos de aceites lubricantes que son una de las fracciones del destilado del petróleo.

Se crea la unidad V, llamada Aplicaciones Industriales de Sustancias Orgánicas y sus efectos sobre el Medio Ambiente, la cual comprende la mayoría de las funciones orgánicas y sus efectos al medio ambiente y en la salud en una forma general.

5.5.1 Desarrollo del Tema: Industria del Petróleo y sus Efectos en el Medio Ambiente

El petróleo crudo es un líquido negro, pegajoso, viscoso y de olor desagradable, del cual se pueden obtener diferentes productos químicos mediante destilación. En la Figura N° 12 se muestra una columna de destilación en la cual el petróleo crudo se separa en sus diversas fracciones la que incluyen combustibles, solventes, aceites lubricantes y otros productos químicos orgánicos, también se ilustra su respectiva utilización (Wittcoff, 1991).

A. Composición del Petróleo

El petróleo crudo está constituido por miles de diferentes sustancias químicas incluyendo gases, líquidos y sólidos que van desde el metano hasta el asfalto. Casi todos los componentes son hidrocarburos pero hay cantidades importantes de compuestos que contienen nitrógeno (0 al 0.05%), azufre (0 al 6%) y oxígeno (0 al 3.5%) (Austin, 1989).

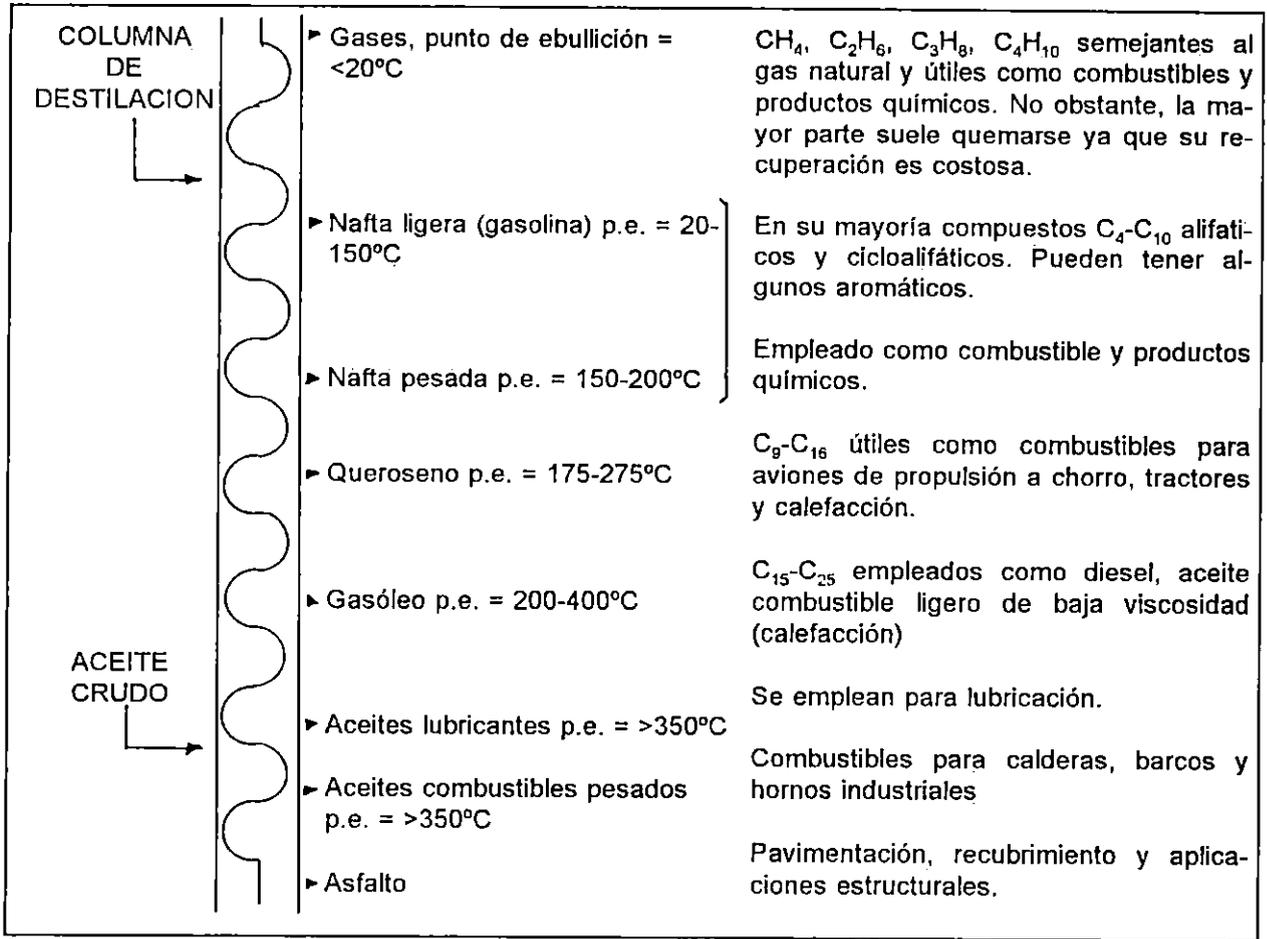


FIGURA N° 12: ESQUEMA DE LA DESTILACION DEL PETROLEO CRUDO (Wittcoff, H. A., 1991)

El azufre siempre ha sido un componente indeseable del petróleo. El olor fuerte, desagradable de sus compuestos dio origen a los esfuerzos para eliminarlos de las fracciones de gasolina y queroseno, en la combustión de éstos, el azufre presente da lugar a la formación de óxidos de azufre SO_x generando contaminación atmosférica (ver Sección 5.2.2) (Austin, G.T., 1989).

B. Efectos Ambientales del Petróleo y sus Destilados

La industria del petróleo tiene repercusiones ambientales mediante su refinamiento, transporte y uso. En el Cuadro N° 10 se enuncian algunos de los posibles impactos al medio ambiente y a la salud del hombre que los diferentes compuestos del petróleo pueden

ocasionar, así como la fuente de contaminación y su origen.

C. Aceites Lubricantes a Base de Hidrocarburos

Una parte del desecho residual que se fracciona a más de 350°C se destila para obtener aceite combustible (punto de ebullición inferior a 350°C), ceras (350-560°C) y residuales (superior a 560°C). Los productos residuales se separan en asfaltos y un aceite de hidrocarburos por extracción con disolvente empleando propano líquido en el cual son insolubles los asfaltos. El aceite se mezcla con el destilado parafinico y esto se mezcla con tolueno y metilacetona y se enfría a -5°C para separar parafinas crudas, que se separa por filtración. El aceite desparafinado se purifica por extracción a contracorriente con disolvente como furfural, que eliminan aromáticos pesados y otros constituyentes indeseables. Posteriormente, los aceites se decoloran y se mezclan para obtener lubricantes (Wittcoff, 1991).

Para mejorar la calidad de los lubricantes se emplean muchos aditivos; como: antioxidantes, anticorrosivos, detergentes, antiespumantes, mejoradores del índice de viscosidad, agentes para resistir presiones extremas y agentes antidesgastantes (Austin, 1989 y Wittcoff, 1991).

Los mercados de mayor volumen en aceites lubricantes son los de aceites para máquinas de combustión interna, los líquidos para transmisión automática, líquidos hidráulicos y grasas para engranes y otras partes móviles en la maquinaria (Wittcoff, 1991).

a. Fuentes de Desechos de Aceites Lubricantes

La mayor parte de desechos de aceite provienen de la lubricación. Los aceites lubricantes necesitan reemplazarse cada cierto tiempo mientras no hayan mejoras en los diseños de motor y producción de una mejor calidad de aceites que puedan reducir la frecuencia de cambio. Los mayores contribuidores es la industria del transporte en los motores de vehículos, autobuses como lubricantes de cigüeñales, cajas de engranaje y fluidos hidráulicos para sistemas de frenos (UNEP, 1994a).

CUADRO N° 10: REPERCUSIONES AMBIENTALES DEL PETROLEO

FUENTE	CONTAMINANTE	EFEECTO
Derrames de petróleo crudo y sus destilados durante el transporte	Hidrocarburos	Se aparecen sobre grandes áreas de agua o tierra, impidiendo que el aire llegue a las diferentes formas de vida, produciendo su muerte.
Quema de gases de refinerías	Emisiones al aire de CO ₂ , CO	Contaminación del aire (efecto invernadero) (ver Sección 5.2)
Combustión de gasolinas, aceites combustibles y otros	Emisiones al aire de: CO, CO ₂ , NO, NO ₂ , SO ₂ , SO ₃	Contaminación del aire (efecto de invernadero, de la lluvia ácida, Smog y rompimiento de capa de ozono) (ver Sección 5.2)
Vapores de gasolina no quemada y de depósitos de gasolina	Hidrocarburos no saturados	Algunos tienen propiedades cancerígenos, teratogénicos y mutagénicos (ver Capítulo IV).

Referencia: Orellana, (1994).

b. Reciclaje y Recuperación de Aceites Lubricantes

El manejo de los desechos de aceites es particularmente importante a causa de: las grandes cantidades generadas globalmente; su potencial para el directo reuso, reprocesamiento, reutilización y recuperación y porque ello puede causar efectos negativos en el ambiente si no son adecuadamente manejados, tratados o dispuestos. Los aceites lubricantes representan una significativa porción del volumen de desechos orgánicos líquidos generados a nivel mundial (UNEP, 1994a y UNEP, 1994b).

Generalmente, los desechos de aceites pueden ser recuperados y reciclados ya sea directamente en el caso de desechos con alto contenidos de aceites o después de alguna forma de separación y concentración de materiales con alto contenido de agua. Mientras ciertos tipos de desechos de aceites, lubricantes en particular, pueden ser sujetos a procesos de regeneración que dan productos de comparable calidad con el material original, un gran volumen de desechos de aceites son usados por su contenido de energía, como un secundario o sustituto del combustible. Los aceites usados, primariamente contienen hidrocar-

buros; pueden también contener aditivos e impurezas debido a la contaminación física y las reacciones químicas que ocurren durante su uso (UNEP, 1994a y UNEP, 1994b).

b.1 Reciclaje de los desechos de aceites lubricantes

Este término es comúnmente usado para el reprocesamiento, reutilización y regeneración (refinamiento) de aceites usados mediante el uso de métodos de tratamiento físicos y químicos (UNEP, 1994a y UNEP, 1994b).

- i. Reprocesamiento: Usualmente involucra tratamientos para remover contaminantes insolubles y productos de oxidación de aceites usados por calentamiento, sedimentación, filtración, deshidratación, coagulación, centrifugación, y otros. Dependiendo de la calidad del material resultante ésta puede ser mezclada con bases de aceites y aditivos para brindar al aceite reciclado su calidad original o equivalente. Los aceites reprocesados son generalmente retornados a su uso original (UNEP, 1994a y UNEP, 1994b).
- ii. Reutilización: Este usualmente involucra tratamiento para separar sólidos y agua de aceites usados. Los métodos usados pueden incluir calentamiento, filtración, deshidratación y centrifugación. Los aceites después de este proceso son generalmente usados como combustibles. (UNEP, 1994a y UNEP, 1994b).
- iii. Regeneración: Este método involucra la producción de aceites bases a partir de aceites usados mediante la remoción de contaminantes, productos de oxidación y aditivos. El refinamiento involucra la producción de aceites bases para la fabricación de aceites lubricantes. Estos procesos incluyen predestilación, tratamiento con ácidos, extracción con solventes y contacto con carbón activado e hidrotreatmento. Estos no serán confundidos con los métodos simples de tratamiento de aceites, tales como, los de reutilización (UNEP, 1994a y UNEP, 1994b).

b.2 Recuperación

El inherente alto contenido de energía de muchas corrientes de aceites usados puede fomentar su uso directo como combustible, sin un pretratamiento y procesamiento, sin

un control de calidad o especificación de productos. Tal uso directo no constituye una buena práctica al menos que, pueda ser demostrado que los desechos de combustión puedan ser dispuestos en un medio ambiente de manera segura.

El uso de desechos de aceites como combustibles, normalmente son sujetos a tratamientos que incluyen alguna forma de sedimentación para remover sólidos como materia suspendida; el tratamiento simple de este tipo puede substancialmente mejorar la calidad de el material por remoción de lodos y materia suspendida y una variedad de metales pesados (UNEP, 1994a y UNEP, 1994b).

La sustitución parcial de combustibles con aceites usados es una técnica que es aplicada a nivel mundial en particular bajo condiciones controladas y en la producción de cemento. Otros usos como combustible incluyen: Canteras de piedra, incineradores químicos, plantas de carbón, ladrilleras, estaciones de generaciones de electricidad y en calderas (UNEP, 1994a y UNEP, 1994b).

La combustión de aceites usados, no sujeta a especificaciones estrictas de productos y bajo condiciones, no controladas pueden originar serias contaminaciones del medio ambiente. También las plantas de combustión pueden sufrir corrosión cuando aceites con alto contenidos de halógenos son quemados (UNEP, 1994a y UNEP, 1994b).

5.5.1.1 Tarea de Química Orgánica, Unidad IV

Realizar visitas a diferentes lugares donde realicen cambios de aceites en automóviles y buses, camiones, y otros; consultando:

- a. ¿Cuál es el volumen diario que ellos recuperan, mediante los cambios de aceites?
- b. ¿Cuál es la utilización que se le da a este aceite?

Las visitas las pueden realizar en grupos de cuatro estudiantes, para lograr cubrir la mayor cantidad de estos lugares y reportar la mayor cantidad de datos.

5.5.2 Desarrollo del Tema: Solventes Industriales y sus Problemas para el Medio Ambiente

Los solventes o disolventes son productos líquidos orgánicos que pueden disolver o dispersar otros materiales. El disolvente casi siempre tiene una de dos funciones principales. Puede realizar un proceso de separación al disolver selectivamente al material de una mezcla, o puede ser auxiliar en el proceso que facilite la fabricación de un material al reducir su viscosidad (Wittcoff, 1991).

Los disolventes industriales pueden ser materiales puros o mezclas. Proviene de ciertas familias químicas, como son hidrocarburos, hidrocarburos halogenados y solventes oxigenados (alcoholes, aldehidos, ésteres, cetonas, ésteres de glicol). Los solventes pueden ser categorizados de muchas formas; por ejemplo, por su uso o aplicaciones industriales, por su familia química, o alguna descripción basada en sus propiedades (UNEP, 1994 y Wittcoff, 1991).

En el Cuadro N° 11 se muestran algunos solventes comúnmente usados, listados por familias químicas junto con alguna información sobre sus propiedades (punto de inflamabilidad y solubilidad) y los valores umbrales límites (definidos en el Capítulo IV, Sección 4.3).

A. Toxicidad, Inflamabilidad y Olor de los Solventes

Los solventes muestran un amplio rango de propiedades y características. Muchos son inflamables, algunos más que otros; muchos son volátiles y se evaporan rápidamente. Tales vapores pueden ser tóxicos o inflamables y en espacios confinados pueden ser explosivos. Las propiedades tóxicas pueden ser muy variadas, e incluyen propiedades cancerígenas, narcóticas, ecotóxicas, mutagénicas o teratogénicas (para definición de estas características referirse al Capítulo IV). Los solventes pueden poseer mayor o menor densidad que el agua. Mientras algunos solventes son totalmente miscibles con el agua, otros no y muestran una escasa solubilidad (UNEP, 1994).

La inflamabilidad se mide de varias formas, entre las cuales está el punto de inflamación, temperatura después de la cual el solvente arde al aplicarse una flama. La mayoría de los solventes orgánicos no clorados son inflamables a temperaturas ordinarias y representan un riesgo de fuego y explosión.

CUADRO N° 11:

LISTA DE ALGUNOS SOLVENTES COMUNMENTE USADOS EN LA INDUSTRIA

SOLVENTES	PUNTO DE INFLAMABILIDAD (°C)	SOLUBILIDAD EN AGUA (mg-/kg)	TWA mg/m ³	STEL mg/m ³
HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS				
Ciclohexano	-8	<1	1,050	1,300
Solventes de Nafta	<-20	<1		
HIDROCARBUROS AROMÁTICOS				
Benceno	-11	0.2	30	75
Tolueno	6	<1	375	560
Xileno	25-30	<1	435	655
HIDROCARBUROS HALOGENADOS				
Cloruro de Metilo	bd	1.3	105	205
Cloroformo	nc	0.8	50	225
Tetracloruro de Carbono	nc	0.08	30	125
1,1, Dicloroetano	-10	0.5	810	1,010
1,1,1 Tricloroetano	-	-	1900	2,450
Percloro etileno	nc	0.01	335	-
Clorobenceno	29	<1	350	-
O-Diclorobenceno	66	0	300	-
P-Diclorobenceno	-	-	450	675
Cloronitrobenceno	127	0	-	-
Dicloroetileno	13	<1	40	60
Dibromuro de etileno	nc	<1	-	-
Dicloro difluormetano	-	-	40	-
ALCOHOLES, GLICOLES, FENOL- LES, ETHERES Y EPOXIDOS				
Isobutanol	28	-	150	225
Butanol	35	-	150	-

pasan ...

Metanol	11	100	260	310
Etilenglicol	-	-	125	-
Dietil éter	-	-	1200	1,500
Oxido de propileno	-44	40	50	-
Fenol (solución)	-	-	19	38
Isopropanol	-	-	980	1,225
Etanol	12	100	1,900	-
CETONAS, ALDEHÍDOS				
Formaldehído (solución)	-	-	-	-
Formaldehído (solución inflamable)	-	-	1.5	-
Acetaldehído	<23	-	180	270
Acetona	-	100	1,780	2375
Metil etil cetona	-20	27	590	885
Ciclo Hexano	-1	6	1,050	1,300
Dietil cetona	43	-	705	-
ESTERES, AMIDAS				
Etil acetato	-4	8.8	-	-
Isobutil Acetato	19	<<1	700	875
Butil Acetato	26	-	710	950
Metil acetato	-	24	-	-
COMPUESTOS HETEROCICLICOS				
Tetrahidrofurano	-17	100	590	375
Futural	60	83	8	40

Referencia: UNEP, (1994a)

Nota: bd: Arde con dificultad (por sus siglas en inglés de burns with difficulty).

nc: No combustible (por sus siglas en inglés de noncombustible).

TWA: Valores umbrales límites promedio de tiempo evaluado (TLV-TWA).

STEL: Valores umbrales límites-límite de exposición para un período corto (TLV-STEL).

Las concentraciones atmosféricas nunca deberán elevarse a más del llamado límite de explosión. Se dice que los disolventes con un punto de inflamabilidad inferior a 23°C

representan un riesgo de incendio elevado, entre 23 y 60° es moderado y más de 60° el riesgo es ligero ver en el Cuadro N° 11 algunos solventes y su punto de inflamabilidad (Wittcoff, 1991).

Los solventes orgánicos, en particular los clorados, constituyen un riesgo de salud y se han establecido concentraciones umbrales que son las máximas concentraciones en el aire a las cuales se piensa pueden estar expuestos los trabajadores sin que sufran efectos nocivos (ver Capítulo IV, Sección 4.3). En el Cuadro N° 11 se presenta un listado de solventes y sus valores umbrales límites, puede observarse que estos valores son bien bajos en algunos de los solventes como: benceno, cloroformo, fenol y formaldehído; compuestos muy utilizados en las industrias y en los laboratorios de enseñanza.

El olor desagradable también puede descalificar a un solvente para una aplicación generalizada. Un material que tiene un olor ligeramente desagradable en el laboratorio puede ser inaceptable cuando se le utilice en gran escala (Wittcoff, 1991).

B. Función de los Solventes y Areas de Uso

Los solventes tienen tres principales funciones de uso, dividiéndose en agentes de limpieza, materia prima y medio de transporte; las cuales son mostradas en el Cuadro N° 12 con algunos de sus campos de aplicación en la industria.

CUADRO N° 12: PRINCIPALES AREAS DE USO DE LOS SOLVENTES ORGANICOS

FUNCION	AREAS DE USO
Agentes de limpieza	Electrónica, acabado de metales y lavado en seco.
Materia prima	Fabricación de: pinturas, resinas, adhesivos y plásticos
Medio de transporte y/o dispersión en procesos químicos sintéticos	Agroquímicos y farmacéuticos

Referencia: UNEP, (1994a)

C. Desechos de Solventes Orgánicos

Los desechos derivados de solventes pueden muchas veces ser calificados como peligrosos. Los desechos pueden poseer una variada composición física y características químicas; pueden ser una gran o pequeña porción del desecho total y constituir de sustancias inertes o semi-inertes o de otras sustancias peligrosas de naturaleza orgánica o inorgánica. La UNEP, (1994) clasifica los desechos derivados de solventes en cuatro categorías de acuerdo al contenido y naturaleza del solvente y de los demás materiales presentes. En el Cuadro N° 13 se muestran estas categorías y el tipo de sustancia que conforma el desecho.

CUADRO N° 13: CATEGORIAS DE DESECHOS DE SOLVENTES

CATEGORIA	TIPO DE DESECHO
Alto contenido de solvente	Son relativamente limpios, derivados de procesos de limpieza y lavados
Alto contenido orgánico	Solventes más otros productos, y subproductos, de reacción, de fabricación de otras sustancias
Bajo contenido orgánico	Desechos altamente acuosos de procesos químicos, de lavado y extracción
Lodos sólidos - semisólidos	Residuos de procesos de limpieza y de subproductos reciclados

Referencia: UNEP, (1994a)

Clasificación que se puede aplicar a la información en el Cuadro N° 14 donde se presenta la generación de desechos de diferentes solventes por diversas industrias.

D. Recuperación de Desechos Conteniendo Solventes

Ciertos desechos de solventes pueden ser usados como combustibles, sustitutos de combustibles, o como contribuidores de energía en procesos termales. Es importante reconocer que tales aplicaciones necesitan ser evaluadas cuidadosamente y que las características de los desechos y del proceso en que participan deben de ser vigiladas constantemente.

CUADRO N° 14: GENERACION DE DESECHOS DE SOLVENTES DE ALGUNAS INDUSTRIAS

TIPO DE DESECHO DE SOLVENTES	INDUSTRIA GENERADORA DE DESECHOS
Acetona	Industria, química, textiles, plásticos, fotografía, impresión.
Benceno	Limpieza y desgrasamiento de metales.
Butanol	Industria química, farmacéutica, textiles, recubrimientos.
Bisulfato de Carbono	Industria química, textiles, plásticos y recubrimientos.
Ciclohexano	Industria química, textiles, fabricación de recubrimientos, plásticos.
Etanol	Industria química, productos terapéuticos, textiles, impresión, fotografía.
Esteres	Fabricación de motores de vehículos.
Isopropanol	Cosméticos, fabricación de pintura y barnices
Queroseno	Limpieza y desgrasamiento de metal, Fabricación de motor de vehículos.
Metanol	Industria química, fabricación de productos terapéuticos.
Propanol	Textiles.
Estireno	Industria petroquímica.
Tetracloruro de carbono	Procesamiento de plásticos, industria química, fabricación de fluor carbonos, aerosoles.
Tetrahidrofurano	Industria química, fabricación de productos terapéuticos y pirotécnicos.
Tolueno	Limpieza y desgrasamiento de metal motor de vehículos, adhesivos, industria química.
Triclorofluormetano	Aerosol, refrigerante, intermediario químico.

Referencia: UNEP, 1994.

Los prerequisites esenciales para usar estos desechos como combustibles son: Que ardan razonablemente bien, que tengan un buen poder calorífico, y que no contengan constituyentes peligrosos o elementos que generan productos indeseables de combustión, y emisiones. El cloro, fluor, bromo, azufre y nitrógeno, son elementos frecuentemente encontrados en solventes comunes que podrían generar sustancias que requieren un estricto control. Como desechos, los solventes pueden contener sustancias orgánicas estables térmicamente y sustancias volátiles, las cuales podrían producir un efecto negativo sobre la calidad del producto, donde éstos han sido usados como combustibles, como en la producción del cemento. Algunos ejemplos de procesos en que los desechos de solventes pueden ser usados incluyen en la producción de cemento y sistemas generadores de vapor.

5.5.2.1 Tarea Ex-Aula de Química Orgánica

Realizar visitas a una Industria de Pintura consultando:

- a. ¿Que tipo de solventes tienen como materia prima?
- b. ¿Utilizan solventes en otras partes del proceso como, lavado y limpieza de equipo?
- c. Sobre normas de seguridad, en planta y laboratorio.
- d. ¿Que tipo de desechos de solvente generan?
- e. En el transcurso del funcionamiento de la planta ¿ha sustituido algún solvente por su peligrosidad? y si lo han hecho, ¿por qué motivo?

Se sugiere que todo el grupo de la materia de química orgánica efectúa la visita con los docentes a cargo. Además de las consultas dadas anteriormente, los alumnos podrán formular nuevas preguntas, no limitándose solamente a estas.

5.6 REVISION DEL PROGRAMA DE QUIMICA ANALITICA

La introducción de la filosofía de "Tecnologías Más/Limpia de Producción" no tiene cabida en un inciso específico en esta asignatura, ya que realizando un análisis de su contenido programático (ver Anexo N° 2-F) se ha determinado que en general los tópicos que contempla no se prestan a la incorporación de dicha filosofía ya que la mayoría nos introduce a diferentes técnicas de muestreo o de análisis, lo cual nos lleva a dar un panorama general de la asignatura y la relación que ésta guarda con el medio ambiente, incorporada al programa de la asignatura en el Capítulo I, Sección 1.1.1.

5.6.1 Desarrollo del Tema: Panorama General de la Relación de la Química Analítica con el Medio Ambiente

La química es la ciencia básica en la que se apoyan las industrias químicas. La función del ingeniero químico consiste en aplicar la química a un proceso en particular, a través de principios científicos coordinados. Para hacer esto de manera efectiva, el ingeniero debe desarrollar sus habilidades como químico en el laboratorio dentro de un proceso químico económico (Austin, 1988).

Los ingenieros químicos están capacitados para trabajar en la industria en sus diferentes áreas: procesos, producción, control de calidad, diseño, etc. Otras actividades que desarrollan fuera de la industria son: docencia, consultoría, Ingeniería Ambiental y otras. (Austin, 1988).

Todo ingeniero químico dentro de su formación elemental debe conocer la química, entre estas la Química Analítica Cuantitativa, la cual estudia los métodos y las técnicas que se emplean para determinar "CUANTO Y QUE" está presente en un material, así como los fundamentos teóricos en los que se basan dichos métodos y técnicas (Rugamas, 1982).

De acuerdo a su definición se puede dividir el análisis en cualitativo y cuantitativo. El primero tiene por objeto detectar la naturaleza de las diversas sustancias presentes en un material o los detalles estructurales de la misma. El segundo se encarga de determinar la

cantidad de un componente dado, que está presente en una cantidad definida de muestra. Siendo uno de los aspectos que más nos interesa el análisis cuantitativo, y su importancia radica en que su aplicación es ilimitada, ya que se encuentra relacionado con todo (Rugamas, 1982).

A. Aplicaciones del Análisis Cuantitativo

- a. Medicina (análisis clínico).
- b. Agricultura (análisis químico de fertilizantes, insecticidas, suelos).
- c. Minería (análisis de rocas y otros minerales).
- d. Metalúrgica (análisis químico de toda clase de metales y aleaciones).
- e. Suministro y tratamiento de Aguas (análisis químico de aguas).
- f. Control de calidad (análisis químico de materia prima, productos terminados y otros).
- g. Contaminación ambiental (análisis químico de tóxicos).

El conocimiento de la química analítica para un ingeniero químico es de suma importancia, debido a que le proporciona un conocimiento más profundo de los diferentes procesos físico-químicos que ocurren en un proceso, lo que le permite desarrollarse en cualquier campo afín a su carrera.

La química analítica plantea el uso de métodos de análisis químicos tales como titulaciones de neutralización, precipitación, determinación de la dureza en el agua, determinación de iones cloruro, hierro, etc. Es tan amplia la aplicación de la química analítica que se hace imposible efectuar cualquier tipo de análisis sin que ella no esté involucrada.

Tanto la química analítica a nivel de laboratorio como la industria, necesitan utilizar reactivos que a su vez proporcionan productos, siendo las cantidades empleadas y generadas de orden de gramos o fracciones de gramos, en ambas situaciones deben de tomarse en cuenta las características de peligrosidad, toxicidad, incompatibilidad, etc. Debido a la naturaleza que presentan las sustancias químicas se hace necesario que todas las personas que se encuentran involucradas posean un grado de conciencia y a la vez se den cuenta del

probable riesgo al que se exponen, así como las repercusiones que podrían ocasionar al medio ambiente que les rodea, si no se tiene especial cuidado en el manejo, producción y disposición de desechos generados ya sea por las reacciones entre ellas o por su simple eliminación.

Lamentablemente en la actualidad la industria química se considera como una de las mayores contaminantes del medio ambiente, por su alta generación de sustancias tóxicas. Pero su eliminación o sustitución es difícil pero no imposible, por lo que la única solución es la implementación de técnicas que de una u otra manera contribuyan a minimizar la utilización de materia prima o la generación de productos que representan un alto grado de peligrosidad. Es en este contexto que se hace necesario que el ingeniero, en especial el químico, implemente el concepto de "Tecnologías Más/Limpias de Producción", ya que de otra forma la Ingeniería Química podría sufrir un rechazo en el futuro.

Es por ello que el hombre ha creado metodologías que le permitan realizar los mismos análisis o procesos, por medio de métodos automáticos e instrumentados, permitiendo con ello una mayor eficiencia y una minimización de residuos, esto no implica que la química analítica queda fuera de los procesos de análisis o producción, por el contrario siempre estará presente, pero ahora de una forma más sistematizada y ambientalista.

Los instrumentos para procesamiento de datos y de computación en realidad se encargan del manejo de complejos sistemas de procesamiento químico. Algunos instrumentos pueden incluso, optimizar las condiciones de la planta para cumplir con las diferentes condiciones de operación. Los instrumentos son una herramienta esencial para el procesamiento moderno. Entre los equipos de instrumentos aplicados al análisis químico están (Austin, 1988):

- a. Instrumentos indicadores que presentan datos actualizados, valores o desviaciones a partir de una norma.
- b. Instrumentos registradores que permiten estudios y análisis.
- c. Instrumentos indicadores, registradores y controladores, los cuales permiten todo lo indicado anteriormente.

El control analítico químico se ha aplicado en los procedimientos de fabricación para el análisis de materia prima que llega y para el producto que sale; generalmente, los procedimientos convencionales o clásicos son demasiado lentos, costosos y dependen de métodos de muestreo a menudo dudosos. Con la llegada de métodos rápidos, confiables y sensibles, capaces de ser automatizados, el control basado en análisis realizados dentro del proceso mismo se han vuelto factibles en lo que respecta a lo económico. La producción de bienes de óptima calidad se hace en forma mucho más confiable que en los tiempos en los que se usaban análisis no instrumentados. Los sistemas cromatográficos, los sensores de pH, los análisis por conductividad, y aún la espectroscopia de masas se han automatizado y empleado en la industria (Austin, 1988).

En El Salvador predomina la química analítica clásica, ya que la instrumentada por su alto costo dificulta su apropiada implementación a pesar de que ésta permite ahorrar tiempo y dinero en los análisis, proporcionando además una respuesta más acertada. Pero el tiempo de recuperación de la inversión inicial hace que la industria rechace la tecnología. Sin embargo aquellas industrias que exportan sus productos a países donde un estricto control de calidad es requerido, se han visto en la necesidad de adquirir algún tipo de instrumentación que les permita asegurar la calidad de su producto.

5.6.2 Propuesta de Tarea Ex-Aula de la Asignatura de Química Analítica

Se propone que los estudiantes realicen una evaluación de las diferentes industrias que involucran procesos químicos, investiguen las metodologías de análisis que utilizan en sus laboratorios químicos, determinen el grado de peligrosidad de los reactivos que éstas utilizan, y de ser posible definan el grado de contaminación generada por tales industrias mediante la cuantificación de sus residuos.

Se recomienda que dicho trabajo sea realizado en grupos de 3 personas, y que su investigación se base en entrevistas con personas que laboren en diferentes industrias, y de ser posible se realice una visita a la planta o fábrica. Además deberá apoyarse en información bibliográfica para determinar el grado de peligrosidad de las sustancias que ellas utilizan o generan. Se sugiere que se asigne una industria por grupo.

5.7 REVISION DEL PROGRAMA DE ANALISIS INSTRUMENTAL

La aplicación de técnicas instrumentadas a los tradicionales análisis químicos cuantitativos involucra diferentes tecnologías que utilizan variadas fuentes de energía. Es en este sentido que antes de utilizar estas nuevas fuentes, se hace necesario conocer cuáles son las ventajas y desventajas que éstas podrían ocasionar para el usuario como para el medio ambiente. Es así como se propone en el Capítulo IV, Sección 4.6 introducir al contenido programático de análisis instrumental (ver Anexo N° 2-G) los efectos de exposición de la radiación ultravioleta y cercano infrarrojo.

Además se sugiere incorporar al plan de estudio de esta asignatura las técnicas de análisis que actualmente implementa el Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nucleares (CIAN) en la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, específicamente en el Departamento de Física, las cuales realizan análisis de Fluorescencia de Rayos X, Emisiones de Rayos Gamma, ambas para análisis de muestras sólidas, y Centelleo Líquido para muestras líquidas. Estas técnicas de análisis no destruyen la muestra, por lo que se puede considerar como una "Tecnología Más/Limpia". Se considera de mucho interés porque son técnicas que permiten realizar análisis médicos, determinando metales pesados en los huesos y en la sangre, ayudan a medir la contaminación en el suelo, agua y aire, ya que presentan la ventaja de identificar la mayoría de los elementos de la tabla periódica.

5.7.1 Desarrollo del Tema: Riesgos de Exposición a la Radiación Ultravioleta y Cercano Infrarrojo para el Hombre y el Medio Ambiente

El desarrollo del análisis instrumental se produjo en forma paralela al de la electrónica, dado que la generación, trasducción, amplificación y presentación final de una señal se puede hacer en forma rápida y conveniente en forma de circuitos electrónicos. Se ha desarrollado numerosas transductores para convertir señales químicas en señales eléctricas, lo que hace posible realizar una amplificación considerable de la señal traducida. A su vez estas señales eléctricas se presentan fácilmente por medio de medidores de aguja, registradores o unidades digitales (Skood y West, 1987).

La gran cantidad de circuitos electrónicos que se emplean en los laboratorios, enfrenta al químico moderno a la pregunta de cuánto conocimiento de electrónica es necesario para usar más eficientemente el instrumental analítico. Pero otro aspecto que debe de considerar seriamente son los peligrosos que estas nuevas tecnología puedan producir sobre la salud. A pesar que han sido diseñadas de tal forma que no representen un mayor riesgo para los que los manejen, pero una mala aplicación o funcionamiento podría ocasionar serios daños, debido al material con el cual han sido construídos. Por ejemplo las fuentes de radiación ultravioleta o infrarrojo utilizan las lámparas de deuterio, las cuales generan espectros de emisión con longitudes de onda que podrían ocasionar serios daños en la salud para los que las manejen o se encuentran laborando cerca de estos equipos.

Un tipo de radiación que merece especial cuidado es aquella que emplea rayos gamma, utilizados por la energía nuclear, y sus posibles efectos a la salud o el medio ambiente (Skood y West, 1987).

Esta nueva tecnología involucra las radiaciones electromagnéticas, la cual adopta muchas formas, siendo la más fácilmente reconocible la luz y el calor radiante, y otras menos evidentes como rayos X, luz ultravioleta, infrarrojo, microondas, y las ondas de radio. A continuación se describe los valores límites umbrales referidos a la radiación ultravioleta, cercano infrarrojo y visible (Skood y West, 1987).

A. Radiación Ultravioleta

Los valores límites umbrales referidos a la radiación ultravioleta que se encuentra en la región espectral entre 200 a 400 nm y representa las condiciones bajo las cuales es posible que los trabajadores puedan exponerse repetidamente sin que esto les cause efectos adversos. Este rango de exposición se aplican a las radiaciones que pueden incidir en los ojos o en la piel, en forma de descargas de vapor, gas y que sean de origen flourecente, incandecente y radiación solar, pero no puede aplicarse a los láser ultravioleta. Estos valores pueden usarse como una guía para el control de exposiciones de origen continuo en donde la duración de la exposición no deberá ser menor que 0.1 segundo (ACGIH, 1989).

Estos valores pueden ser usados como una guía para el control de exposiciones de origen ultravioleta pero no deberán ser considerados como un parámetro para determinar niveles de seguridad o peligrosidad. (ACGIH, 1989)

a. Valores Recomendados para la Radiación Ultravioleta

Los valores límites umbrales de radiación y tiempo de exposición controlada bajo los cuales es posible trabajar sin que la exposición a la radiación ultravioleta dañe la piel o los ojos, son (ACGIH, 1989):

- a.1 Para la región espectral del cercano ultravioleta (320-400nm) en donde la irradiación incide sobre los ojos o la piel cuando no están protegidos, no podrá exceder de 1mW/cm^2 para un período no mayor de 10^3 segundos (aproximadamente 16 minutos) y para un período menor de 10^3 segundos no deberá exceder de 1J/cm^2 .
- a.2 Para la región espectral del actínico^{1/} ultravioleta (200-315nm). La exposición a la radiación sobre los ojos o la piel cuando estos no estén protegidos, no deberá exceder los valores proporcionados en el Cuadro N° 15, dentro de un período de 8 horas.

Si se exceden los valores umbrales límites, la exposición de la piel puede enfrentar efectos erythermal. Sin embargo, tales condiciones no aseguran que las personas no puedan padecer de cáncer en la piel (ACGIH, 1989).

B. Radiación del Cercano Infrarrojo

Estos valores umbrales referidos a la radiación del cercano infrarrojo, para un rango de longitud de onda de 700 a 1,400 nm, representa las condiciones bajo las cuales es posible que los trabajadores puedan laborar sin efectos adversos. Estos valores pueden ser usados como una guía en control de la exposición a la radiación y no deberán ser considerados como un parámetro para determinar los niveles de peligrosidad y seguridad (ACGIH, 1989).

^{1/} Capaz de producir cambios químicos.

CUADRO N° 15: VALORES UMBRALES LIMITES PERMITIDOS PARA LA REGION DEL ACTINICO ULTRAVIOLETA

LONGITUD DE ONDA (nm)	TLV' (mJ/cm ²)
200	100
210	40
220	25
230	16
240	10
250	7.0
260	4.6
270	3.0
280	3.4
290	4.7
300	10
305	50
310	200
315	1000

*TLV = Threshold Limit Value
Referencia: (ACGIH, 1989)

a. Valores Recomendados para el Cercano Infrarrojo

Los valores umbrales límites bajo los cuales es posible trabajar sin que la exposición a las radiaciones infrarrojas dañen los ojos, no deberá ser mayor de 8 horas por día. Para esto se requiere que se conozca la radiación, el origen total de la radiación, así como las cantidades a las que estarán expuestos los ojos de los trabajadores (ACGIH, 1989).

Para evitar que la radiación infrarroja cause efectos de dilatación sobre el cristalino del ojo (Cataratogénesis) la longitud de onda no deberá ser mayor de 770 nm, con una radiación limitada de 10 nw/cm²(ACGIH, 1989).

El principal campo de aplicación del análisis infrarrojo, consiste en la cuantificación de contaminantes atmosféricos provenientes de los procesos industriales (ACGIH, 1989).

5.7.2 Propuesta de la Tarea Ex-Aula de la Asignatura Análisis Instrumental

a. Tarea N° 1

El análisis instrumental implementa la utilización de nuevos métodos de análisis, los cuales no están exentos de representar algún tipo de riesgo a la salud, para aquellos que implementan dichas técnicas, entre las que se tiene: radiación ultravioleta, infrarroja, fluorescencia de rayos x, emisiones de rayos gamma, centelleo líquido, rayos laser y otros, o como mínimo aquellas que describe el programa de la asignatura.

Por lo que se requiere que los estudiantes investiguen los posibles daños que estas metodologías puedan producir sobre la salud y sobre el medio ambiente. Para esto se sugiere que el docente forme grupos de trabajo y le asigne a cada grupo en particular, un método de análisis, según los propuestos en la guía de laboratorio de análisis instrumental.

b. Tarea N° 2

Se sugiere que al final del curso de Análisis Instrumental el alumno efectúe una comparación entre esta asignatura y Química Analítica Clásica y determine cuál es la ventaja de una sobre la otra, así como cuáles prácticas de laboratorios de Química Analítica pueden ser o ya fueron sustituidas por prácticas de Análisis Instrumental, y concluya cuál es la que más conviene por sus efectos de peligrosidad sobre el hombre y el medio ambiente. La tarea debe ser realizada individualmente.

CAPITULO VI

REVISION DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE QUIMICA GENERAL I, QUIMICA GENERAL II, QUIMICA INORGANICA, QUIMICA ORGANICA Y QUIMICA ANALITICA

Haciendo uso de los Manuales de Laboratorio de las asignaturas tratadas se analizaron cada una de las prácticas, diseñando un cuadro general (ver Anexo N° 3, Cuadro N° 3-A) en el que se caracterizaron los reactivos involucrados. En este cuadro se aportan datos de peligrosidad de reactantes utilizados y productos generados en el laboratorio, además se incluyeron datos fisicoquímicos importantes, frases de riesgo y seguridad, etc.

Se presentan en este capítulo cuadros resumen por asignatura, proporcionando las cantidades de reactantes usadas en cada práctica de laboratorio y los productos de reacción. Tomando en cuenta los efectos al ambiente ocasionados por cada sustancia, se establecen cuatro categorías de riesgo: alto, mediano, bajo e insignificante; que se incluyen en estos cuadros. Cabe observar que las cantidades anotadas se dan considerando que las prácticas las realiza un solo grupo de laboratorio, para calcular las cantidades de reactivos utilizadas por un curso completo se tendrán que multiplicar las cantidades reportadas por el número de grupos de laboratorio.

Se propone una metodología para la revisión de prácticas de laboratorio, y su uso se ejemplifica con la revisión de una práctica de laboratorio por cada asignatura tratada. Se exceptuó el empleo de esta metodología en el caso de las prácticas que fueron cambiadas debido a la peligrosidad para la salud y el ambiente de los reactantes y/o productos involucrados. En este último caso se proporcionan prácticas de laboratorio alternativas.

6.1 METODOLOGIA APLICADA PARA LA REVISION DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO

La metodología que se siguió para la revisión de las prácticas de laboratorios, fue basada en la "Referencia Rápida de una Guía de Auditoría", tomada del documento Audit and Reduction Manual for Industrial Emissions and Wastes de la UNEP, (1992); la cual fue

adaptada a nivel de laboratorio y sus condiciones existentes, las cuales llevaron hacia los siguientes cambios: se obvió el Paso 1, no se cuantificaron emisiones, las evaluaciones económicas y ambientales no se realizaron, y no se diseñó un plan de minimización.

I. Desarrollo de la Práctica de Laboratorio

- a. Fundamentación Teórica
- b. Procedimiento de la Práctica

II. Análisis de las Prácticas

- a. Caracterización de materias primas y productos
- b. Identificación de operaciones y procesos unitarios.
- c. Diagramas de flujo.

III. Balance de Materiales

- a. Determinación del consumo de materia prima.
- b. Determinación del consumo de agua.
 - b.1 Agua de proceso
 - b.2 Agua de lavado
- c. Análisis y cuantificación de productos de salida, residuos y emisiones.
- d. Determinación de los volúmenes de subproductos que se reciclan.
- e. Registro de los residuos, emisiones y procedimientos de gestión (tratamiento de desechos)
- f. Resumen de información de entrada y salida,

IV. Propuesta de Práctica de Laboratorio Modificada

- a. Disminución de reactivos
- b. Sustitución de reactivos peligrosos por otros menos peligrosos o no peligrosos
- c. Disposición de desechos generados.

6.2 DATOS DE SEGURIDAD Y PELIGROSIDAD DE LOS REACTANTES UTILIZADOS Y DE LOS PRODUCTOS GENERADOS EN LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE LAS ASIGNATURAS ESTUDIADAS

Los datos de seguridad y peligrosidad de las diferentes sustancias son mostrados en el Anexo N° 3, Cuadro N° 3-A, en el cual se utilizan algunas abreviaturas, detalladas a continuación:

a. Efecto de Contaminación Generada en el Agua (WGK por sus siglas en alemán de Wassergefährdungsklasse)

- 0: En general no afecta la calidad del agua
- 1: Débilmente polucionante
- 2: Polucionante
- 3: Fuertemente polucionante

b. Datos de Toxicidad (ver Capítulo IV)

DL	:	Dosis letal	Cl	:	Concentración letal
DLLo	:	Dosis letal mínima	CLLo	:	Concentración letal mínima
hmn	:	Humano	ihl	:	Inhalación
mus	:	Ratón	orl	:	Oral
rat	:	Rata	rbt	:	Conejo
skn	:	Piel	gpg	:	Cerdo de guinea
man	:	Hombre	wmn	:	Mujer
c	:	Exposición continua	i	:	Exposición a intervalos

En el Cuadro N° 16 se resumen los efectos de exposición en diferentes sujetos de prueba mostrados en el Anexo N° 3, Cuadro N° 3-A. Para las sustancias químicas de uso en los laboratorios de las asignaturas analizadas en este trabajo.

c. Observaciones de Riesgo (Frases R)

En el Anexo N° 3, Cuadro N° 3-B se muestran todas las indicaciones sobre los riesgos específicos de todos los reactivos de las prácticas de laboratorio (Frases R).

CUADRO N° 16: EFECTOS DE EXPOSICION A SUSTANCIAS QUIMICAS EN DIFERENTES SUJETOS DE PRUEBA

CLASES DE EFECTOS*	DOSIS Y CONCENTRACIONES EN DIFERENTES SUJETOS DE PRUEBA
(1)	DL ₅₀ orl rat
(2)	DLLo orl rat
(3)	CL ₅₀ inh rat
(4)	CLLo inh rat
(5)	DL ₅₀ orl rbt
(6)	DLLo orl rbt
(7)	DL ₅₀ skn rbt
(8)	DLo ₅₀ , sk _n rbt
(9)	DL ₅₀ orl hmn
(10)	DLLo orl hmn
(11)	CLLo inh hmn
(12)	DLLo orl man
(13)	DLLo inh gpg
(14)	CL ₅₀ inh mus
(15)	DL ₅₀ skn rat
(16)	DLLo orl gpg
(17)	DL ₅₀ orl mus
(18)	DLLo orl hmn
(19)	DL ₅₀ orl mus

REFERENCIA: Merck, (1992-1993).

*Ver Anexo N° 3, Cuadro N° 3-A, décima primera columna y Capítulo IV

d. **Recomendaciones de Seguridad (Frases S)**

En el Anexo N° 3, Cuadro N° 3-C se muestran las precauciones a considerar en el manejo y utilización de los reactivos en todas las prácticas de laboratorio (Frases S).

6.3 REVISION DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE QUIMICA GENERAL I

En el Cuadro N° 17 se presentan datos referentes al análisis cualitativo global de los laboratorios de Química General I, se incluyen además las cantidades de reactantes involucradas.

En general las cantidades de reactivos utilizadas son pequeñas y la mayoría desustancias involucradas no son clasificadas como nocivas, a excepción de algunos reactantes utilizados en las prácticas: "Cristalografía" (nitrato de plomo, azufre en polvo, bisulfuro de carbono), "Procesos Fundamentales de Laboratorio" (sulfato de cobre II pentahidratado), y "Sustancias Puras e Impuras" (nitrato de plomo). Los reactantes que se usan en estas prácticas son muy tóxicos y nocivos para el medio ambiente y el hombre, por lo que se sugiere que se cambien por otras menos peligrosas, sin alterar los objetivos de las prácticas. La practica a la cual se sugiere aplicar el proceso de auditoría descrito en la Sección 6.1 de este Capitulo es la de "Procesos Fundamentales de Laboratorio", sugiriendo para ésta la sustitución de la reacción entre el sulfato de sodio y el nitrato de plomo por la de el cloruro de calcio y carbonato de sodio.

A. Auditoría de la Práctica N° 2: Procesos Fundamentales de Laboratorio

I. Desarrollo de la Práctica de Laboratorio

a. Fundamentación Teórica (Manual de Laboratorio de Química General I, 1994)

Las sustancias químicas se encuentran formando mezclas en la naturaleza, contaminadas unas con otras, por lo que para ser obtenidas con cierto grado de pureza deben ser separadas de acuerdo con sus propias características.

La purificación de esas sustancias es relativa, a pesar de lo cual de acuerdo con el porcentaje de impurezas que contengan se consideran como QUIMICAMENTE PURAS (QP) a las sustancias con mayor grado de pureza. siguiéndoles en orden decreciente de pureza a los REACTIVOS TECNICOS ANALITICOS (RT o RA), los de calidad industrial (IND) y los de calidad comercial (COM).

CUADRO N° 17: REACTIVOS USADOS Y PRODUCTOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE QUIMICA GENERAL I

NOMBRE DE LA PRACTICA	REACTIVOS	CANTIDAD	RIESGO*
Uso de material de laboratorio	REACTANTES Cloruro de bario Cloruro de calcio Cloruro de cobre II Cloruro de potasio Cloruro de sodio Acido clorhídrico 5% PRODUCTOS No se dan reacciones	0.1 gr 0.1 gr 0.2 gr 0.1 gr 0.1 gr 0.5 ml	Bajo Insignificante Mediano Insignificante Insignificante Bajo
Procesos fundamentales de laboratorio	REACTANTES Alcohol etílico Agua destilada Sulfato de Cobre II pentahidratado PRODUCTOS No se dan reacciones	5 ml 5 ml 0.5 gr	Bajo Insignificante Mediano
Los enlaces químicos y los materiales	REACTANTES Arena granulada Aserrín de plástico PVC Alambre de hierro Limadura de hierro o aluminio Reglilla de plástico Bolsa de nylon Ladrillo refractario Parafina Agua destilada Bencina de petróleo Cloruro de sodio Sulfato de cobre pentahidratado Acido sulfúrico 5% PRODUCTOS Hidrógeno gas Sulfato de hierro Sulfato de sodio Acido clorhídrico	0.1 gr 0.2 gr 0.1 gr 0.1 gr 0.1 gr 0.1 gr 0.1 gr 0.1 gr 30 ml 15 ml 0.1 gr 0.1 gr 19 ml	Insignificante Insignificante Bajo Insignificante Mediano Bajo Mediano Bajo Bajo Bajo

NOMBRE DE LA PRACTICA	REACTIVOS	CANTIDAD	RIESGO*
Cristalografía	REACTANTES		
	Cloruro de sodio	0.2 gr	Insignificante
	Azufre en polvo	0.2 gr	Insignificante
	Bisulfuro de carbono	0.2 gr	Alto
	Solución de nitrato de plomo 0.1N	5 ml	Alto
	Solución de yoduro de potasio 0.1N	5 ml	Bajo
	Agua	25 ml	Insignificante
	PRODUCTOS		
	Yoduro de plomo		Alto
	Nitrato de potasio		Mediano
Estados de agregación molecular	REACTANTES		
	Agua	15 ml	Insignificante
	Etanol	14 ml	Bajo
	Aceite	4 ml	Bajo
	Acido clorhídrico 0.1N	4 ml	Bajo
	Granalla de zinc	0.1 gr	Insignificante
	Sulfato de cobre en cristales	0.1 gr	Mediano
	Iodo o naftalina	0.1 gr	Bajo
	PRODUCTOS		
	Cloruro de zinc		Bajo
Hidrógeno (gas)		Mediano	
Sustancias puras e impuras	REACTANTES		
	Agua destilada	12 ml	Insignificante
	Yeso en polvo	0.1 gr	Bajo
	Detergente	0.1 gr	Bajo
	Aceite vegetal	1 ml	Insignificante
	Cloruro de sodio	0.1 gr	Bajo
	Sulfato de sodio	2 ml	Alto
	Nitrato de plomo	1 ml	Insignificante
	Agua potable	10 ml	
	PRODUCTOS		
Nitrato de sodio		Mediano	
Sulfato de plomo		Alto	

Referencia: U.E.S. (1994a).

Las cantidades de reactantes han sido calculados para un grupo de estudiantes. Para la cuantificación total de reactivos y productos debe considerarse el número de grupos que realiza la práctica.

*Ver Anexo N° 3, Cuadro N° 3-A

En los procesos químicos industriales los procedimientos de separación de sustancias reciben el nombre de Operaciones Básicas o Unitarias, conocidos en el laboratorio como Procesos Físicos Fundamentales, en los cuales se aprovechan propiedades como la presión de vapor, puntos de fusión y ebullición, gravedad específica, grado de disociación, solubilidad, viscosidad, etc.

Esta práctica ha sido diseñada para que el estudiante reconozca algunas de esas operaciones a nivel de laboratorio, y se familiarize con conocimientos elementales de aplicación de la Ingeniería Química. Al mismo tiempo tendrá la oportunidad de habilitarse en el montaje de aparatos y uso de instrumentos y materiales.

b. Procedimiento

- b.1 Pesar 0.5 gr de sulfato de cobre pentahidratado y pulverizarlo.
- b.2 Disolver el sulfato de cobre pentahidratado en 2 ml de agua.
- b.3 Agregar a la solución 4 ml de alcohol etílico y observar el precipitado.
- b.4 Filtrar la solución. El filtrado secarlo en estufa y destilar las aguas de filtrado hasta obtener la primera gota de alcohol.

II. Análisis de la Práctica

a. Caracterización de Materias Primas y Productos

Sólo se llevan a cabo operaciones unitarias (no hay reacción química); sin embargo, al final las sustancias utilizadas sufren contaminación debido a los procesos de mezcla.

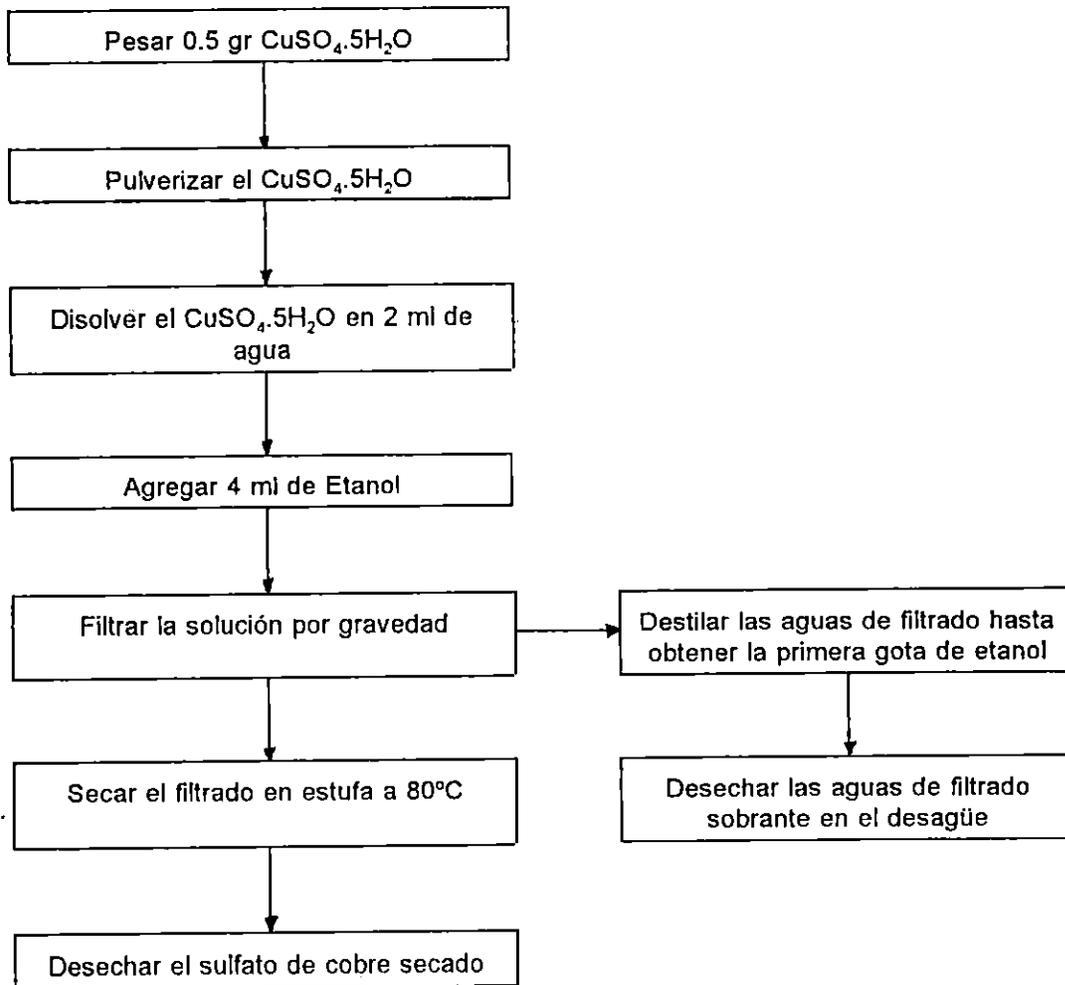
Los reactantes utilizados en esta práctica son: etanol y sulfato de cobre pentahidratado. El sulfato de cobre en solución se disocia en sus iones los cuales presentan ciertos problemas como: el cobre es un metal pesado por lo cual tiene concentraciones límites permisibles en aguas de desecho al igual que otros metales, estos valores son mostrados en el Anexo N° 3-D para diferentes cuerpos receptores. El cobre además produce la enfermedad de Wilson (ver Glosario).

Los iones sulfatos, fosfatos, nitratos y nitritos presentan el problema que al llegar a los cuerpos de agua producen el fenómeno conocido como eutricación (ver Glosario).

b. Identificación de Operaciones Unitarias

Las operaciones unitarias que se verifican en esta práctica son: pulverización, disolución, precipitación, sedimentación, filtración, destilación y secado.

c. Diagrama de Flujo de las Operaciones Unitarias entre el Sulfato de Cobre y el Etanol



III. Balance de Materiales

a. Determinación del Consumo de Materia Prima por Grupo de Estudiantes

Sulfato de cobre pentahidratado: 0.5 gr

Etanol: 4 ml (para precipitar el sulfato de cobre) + 2 ml (para lavar las paredes del tubo de ensayo)

b. Determinación del Consumo de Agua

Agua de proceso: 5 ml

Agua de lavado: 2 ml

c. Análisis de las Salidas de Producto

c.1 Secado del filtrado

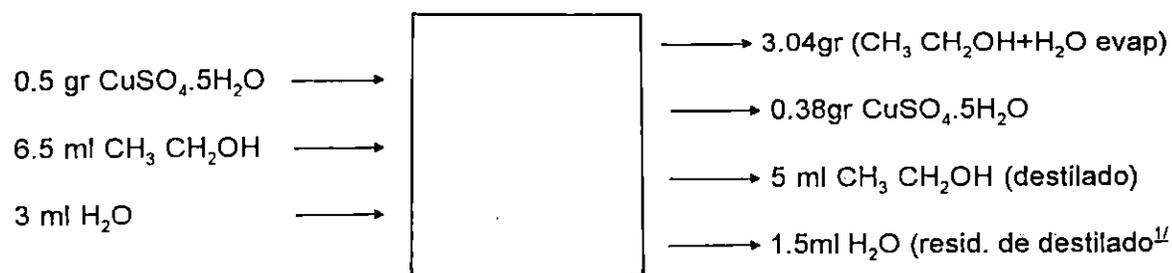
Sulfato de cobre: 0.38 gr

Etanol más agua (evaporados) 3 gr

c.2 Destilado de aguas de filtrado

Etanol: 5 ml

d. Resumen de Información de Datos de Entrada y Salida



^u Residuo de destilado: aguas de desecho.

Como sólo se recuperaron 0.38 gr de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, los 0.12 gr restantes están en el residuo del destilado, resultando en una concentración de 0.0218 ppm, la cual es menor ya que no se ha tomado en cuenta las pérdidas en el proceso.

IV. Propuesta de Práctica de Laboratorio Modificada

Las modificaciones efectuadas se centran en prácticas de recuperación y disposición de desechos utilizando sulfato de cobre; se plantea además la sustitución del sulfato de cobre por bicarbonato de sodio, quedando a elección del docente cuál de los cambios realizar.

A. Propuesta Utilizando $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ con Recuperación y Disposición de Desechos Generados

- a. Pesar 0.5 gr de sulfato de cobre pentahidratado y pulverizarlo.
- b. Disolver el sulfato de cobre en 2 ml de agua.
- c. Agregar a la solución 4 ml de etanol y observar el precipitado.
- d. Filtrar la solución.
 - d.1 Destilar las aguas de filtrado, hasta obtener todo el etanol (cuando se sobrepasa la temperatura de ebullición del etanol, finalizar el proceso de destilación). El etanol obtenido recolectarlo en un envase adecuado y rotularlo claramente para su posterior reutilización. Los residuos del destilado conteniendo cobre disuelto recolectarlas en frasco de polipropileno opaco, claramente rotulado para su posterior recuperación.
 - d.2 El filtrado, secarlo en estufa a 110°C y el sulfato de cobre pentahidratado ya seco recolectarlo en frasco de polipropileno opaco claramente rotulado, para su posterior utilización.

Debido a que el cobre tiene efectos nocivos para el humano (enfermedad de Wilson, ver en el Glosario), y presenta concentraciones límites permisibles en aguas de desecho (ver Anexo N° 3, Cuadro N° 3-D), se recomienda cambiar éste por otras sustancias que no presenten peligrosidad; se realizaron pruebas de laboratorio utilizando bicarbonato de sodio, el cual es insoluble en alcohol (igual al sulfato de cobre). El procedimiento a seguir sería el siguiente:

- B. Propuesta de Sustitución del $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ por NaHCO_3 con Recuperación y Disposición de Desechos Generados**
- a. Pesar 0.4 gr de bicarbonato de sodio y disolverlo en 5 ml de agua.
 - b. Agregar a ésta solución 5 ml de etanol y observar el precipitado.
 - c. Filtrar la solución y lavar el filtrado con solución alcohólica (etanol en agua en proporción 2:1).
 - d. Las aguas de filtrado destilarlas hasta recuperar todo el etanol (cuando se sobrepase la temperatura de ebullición del etanol parar el proceso de destilación). El etanol recuperado recolectarlo en un frasco de metal claramente rotulado para su posterior uso.
 - e. El filtrado conteniendo el NaHCO_3 secarlo en estufa a 100°C y recolectarlo en un frasco claramente rotulado para su posterior utilización.

6.4 REVISION DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE QUIMICA GENERAL II

El Cuadro N° 18 presenta las cantidades de reactantes y los productos generados en todas las prácticas de laboratorio de Química General II. De estas prácticas de laboratorios se presentan las siguientes observaciones:

- a. Se trabaja con sustancias que presentan riesgos de exposición, como lo son: tiocianato de potasio el cual es polucionante y nocivo, el cloruro de cobalto que es cancerígeno y tóxico y otros, en el Anexo N° 3, Cuadro N° 3-A se presentan más ampliamente las características de las diferentes sustancias empleadas en las prácticas.
- b. Las cantidades de reactivos que se utilizan pueden ser disminuídos a través de un balance estequiométrico, y de esta manera se disminuirá la cantidad de productos o emisiones generadas al medio ambiente.
- c. En la Práctica de Estequiometría específicamente en el literal a., los reactivos han sido sustituídos por considerarse muy nocivos para la salud. Práctica para la cual se efectúa la correspondiente auditoría detallada a continuación.

A. Auditoría de la Práctica N° 3: Estequiometría

I. Desarrollo de la Práctica de Laboratorio

a. Fundamentación Teórica

La Estequiometría es la rama matemática de la Química, es decir que se refiere a todos los cálculos químicos, algunos de los cuales se llevan acabo específicamente en las reacciones químicas.

Richter ya usaba los cálculos al determinar las masas equivalentes con que intervienen ciertas sustancias en las reacciones. Sin embargo, son Lavoiser y Lomonossov quienes guardan el mérito de la introducción de la Estequiometría al usar la balanza para medir cantidades de reactantes y productos obtenidos en un proceso. Estos 2 sabios establecieron la conocida LEY DE LA CONSERVACION DE LA MASA:

CUADRO N° 18: REACTIVOS USADOS Y PRODUCTOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE QUIMICA GENERAL II

NOMBRE DE LA PRACTICA	REACTIVOS	CANTIDAD	RIESGO*
Preparación de soluciones	REACTANTES		
	Acido sulfúrico 0.5M	100 ml	Bajo
	Hidróxido de sodio 1N	125 ml	Bajo
	Cloruro de sodio	7.31 gr	Insignificante
	Solución de HCl 1N	25 ml	Bajo
	Fenoltaleína	0.25 ml	Bajo
	Nitrato de potasio	36.5 gr	Mediano
	Acido d-tartárico	49 gr	Bajo
	Acido succínico	35.5 gr	Bajo
	Agua	150 ml	Insignificante
PRODUCTOS			
Cloruro de sodio		Insignificante	
Agua		Bajo	
Estequiometría	REACTANTES		
	Sulfato de cobre pentahidratado	5.0 gr	Mediano
	Limadura de hierro	0.6 gr	Insignificante
	Solución de cloruro de bario 1N	3 ml	Bajo
	Solución de ácido sulfúrico 1N	5 ml	Bajo
	Agua destilada	100 ml	Insignificante
	PRODUCTOS		
	Sulfato de bario		Insignificante
	Acido clorhídrico		Bajo
	Cobre (sólido)		Insignificante
Sulfato de hierro		Bajo	
Velocidad de reacción y equilibrio químico	REACTANTES		
	Cloruro de hierro 0.5N	10 ml	Bajo
	Sulfocianuro de potasio o tiocianato de potasio 0.5N	10 ml	Bajo
	Acido clorhídrico 1N	8 ml	Bajo
	Cloruro de cobalto II 1N	2 ml	Alto
	Cloruro de potasio	0.2 gr	Insignificante
	Tiosulfato de sodio	0.2 g	Insignificante
	Granalla de Zinc	0.2 gr	Insignificante

NOMBRE DE LA PRACTICA	REACTIVOS	CANTIDAD	RIESGO*
	PRODUCTOS Cloruro de zinc Hidrógeno gas Cloruro de sodio Azufre Dióxido de azufre Agua Cloruro de potasio Tiocianato de hierro		Bajo Mediano Insignificante Insignificante Mediano Insignificante Insignificante -
Acidos y bases	REACTANTES Solución de ácido clorhídrico 0.1N Solución de ácido acético 0.1N Solución hidróxido de sodio 0.1N Solución hidróxido de amonio 0.1N Sulfato de cobre pentahidratado Viruta metálica Solución alcohólica de fenolftaleína Solución problema Vinagre PRODUCTOS Cloruro de sodio Acetato de amonio Hidrógeno gas Cloruro de cinc Sulfato de cobre pentahidratado	6 ml 4 ml 4 ml 4 ml 0.2 gr 0.1 gr 0.2 ml 12 ml	Bajo Bajo Bajo Mediano Mediano Insignificante Bajo Insignificante Insignificante Bajo Mediano Insignificante Mediano
Electroquímica	REACTANTES Yoduro de potasio 1N Sulfato de cobre II 1N Solución ácido nítrico 0.1N Solución de hidróxido de sodio 0.1N Solución diluida de almidón Cobre Zinc PRODUCTOS Cobre Oxido de zinc	40 ml 40 ml 15 ml 15 ml 2 ml 1 placa 1 placa	Bajo Mediano Bajo Bajo Insignificante Insignificante Insignificante Insignificante Insignificante

Referencia: U.E.S. (1994b).

Las cantidades de reactantes han sido calculados para un grupo de estudiantes. Para la cuantificación total de reactivos y productos debe considerarse el número de grupos que realiza la práctica.

* Ver Anexo N° 3, Cuadro N° 3-A

"En un proceso químico efectuado en sistema cerrado, la suma de las masas reactantes es igual a la suma de masas producidas".

Esta es una de las llamadas "leyes ponderales" básicas, porque de acuerdo con las relaciones Molares, permite:

- i. Predecir la cantidad de producto a obtener en un proceso.
- ii. Calcular el "grado de conversión" de un proceso.
- iii. Prever las cantidad de reactantes a usar en un proceso dentro de los límites de error.

b. Procedimiento

- b.1 Siguiendo las indicaciones del Instructor, (i) pesar el papel filtro con bastante aproximación, (ii) pesar 1 gr de cloruro de Bario, (iii) adicionar lentamente el volumen necesario de Acido Sulfúrico 1N para la total disolución del cloruro de Bario utilizado en el paso anterior, (iv) agitar cuidadosamente durante 5 minutos.

Filtrar el contenido del vaso de precipitado, lavando con agua destilada procurando no queden restos sólidos en el vaso y agitador.

Secar el precipitado en una estufa, registrar el peso del papel, anotando sus observaciones y datos obtenidos.

- b.2 Pesar con precisión 5.0 g de sulfato de cobre pentahidratado y disuelva en agua destilada hasta obtener 100 ml de solución en el vaso de precipitado. Adicionar 0.6 gr de limadura de hierro y agitar fuertemente durante 5 minutos hasta que haya reaccionado totalmente.

Comprobar si se ha formado suficiente cantidad de precipitado de cobre y filtrar a través del papel filtro (previamente pesado). Secar el cobre obtenido y proceda a pesar y destarar el papel usado, anotando los valores obtenidos. Registrar sus observaciones.

II. Analisis de las Prácticas

a. Caracterización de Materias Primas y Productos

Materia prima: Cloruro de bario, ácido sulfúrico, sulfato de cobre pentahidratado y hierro.

Productos generados: Sulfato de bario, ácido sulfúrico, sulfato de hierro y cobre.

Los datos de seguridad de los reactivos involucrados se caracterizan en el Cuadro N° 18.

El cloruro de bario es una sustancia nociva y polucionante, el ácido sulfúrico irritante y polucionante, de lo cual se puede determinar que presentan riesgos de exposición a la salud y al medio ambiente, por lo que se han sustituido por otras sustancias las cuales son: cloruro de calcio por cloruro de bario y fosfato trisódico por ácido sulfúrico las cuales reaccionan de la forma siguiente:



Entre los productos generados se encuentran fosfato tricálcico, el cual presenta el problema de eutricación cuando es desechado al medio ambiente. Pero en esta práctica, específicamente en la Sección IV se presenta la disposición de estos productos, lograndose recuperar el fosfato tricálcico y el cloruro de sodio para que no contaminen al medio ambiente; además de no existir aguas de desecho debido a que se evapora.

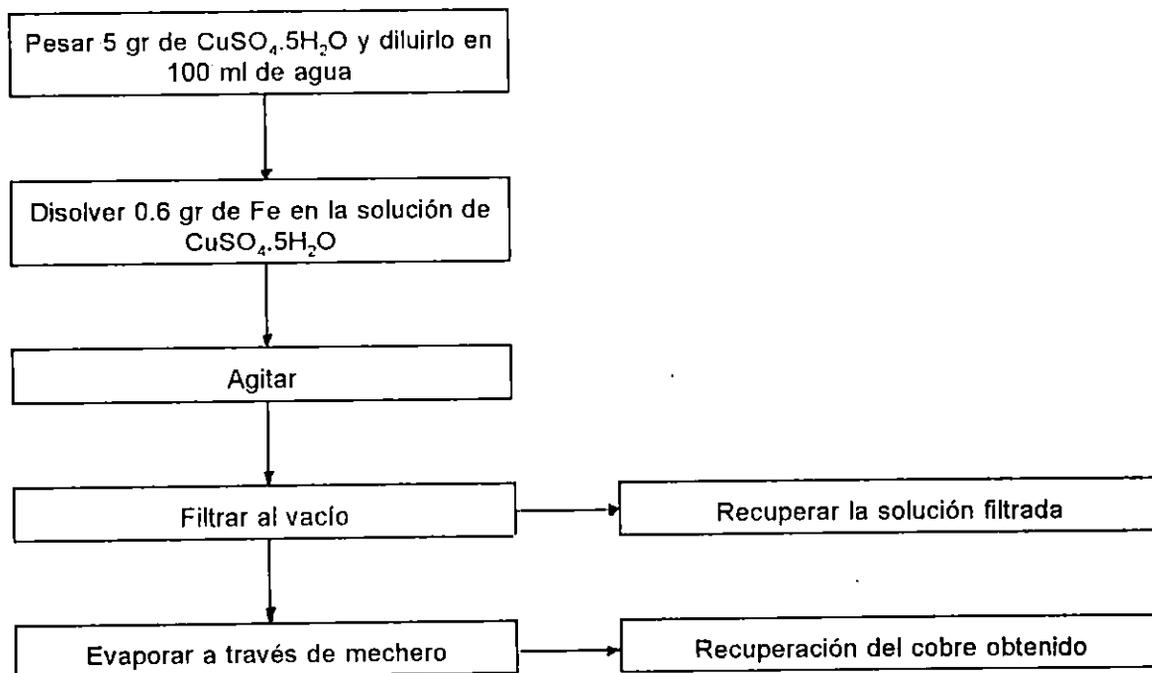
En la sección IV de propuesta de modificaciones a la práctica se detallan las cantidades de reactivos a utilizar y la disposición final de los productos generados.

b. Identificación de Procesos y Operaciones Unitarias

En la práctica se llevan a cabo las siguientes operaciones y procesos unitarios:

Disolución, mezcla, agitación, precipitación (reacción de sustitución y reacción de oxidación-reducción), filtración y evaporación.

c. Diagrama de Flujo para la Reacción de Sulfato de Cobre y el Hierro



III. Balance de Materia

Reacción química:



a. Determinación del Consumo de Materia Prima por Grupo de Trabajo

Sulfato de cobre: 5 gr

Hierro: 0.6 gr

b. Determinación de Consumo de Agua

Agua de proceso: 125 ml

c. Análisis de los Productos de Salida

Para determinar la cantidad de productos obtenidos, se realizó un balance estequiométrico. Los valores son:

Sulfato de hierro: 1.63 gr

Cobre: 0.68 gr

d. Análisis de Materiales de Entrada y Salida**IV. Propuesta de Práctica de Laboratorio Modificada**

Las modificaciones a la práctica se realizaron para la reacción del cloruro de bario con el ácido sulfúrico:

a. Reacción entre el Cloruro de Calcio y Fosfato Trisódico

- a.1 Pesar el papel filtro con bastante aproximación.
- a.2 Pesar 1.3 gr de cloruro de calcio y 1 gr de fosfato trisódico y diluirlos por separado en 25 ml de agua destilada.
- a.3 Tomar alicotas de 5 ml de la solución de cloruro de calcio y 7 ml de la solución de fosfato trisódico; mezclarlas y dejarlas en reposo durante 5 min.
- a.4 Filtrar el contenido del vaso de precipitado lavando con agua destilada, procurando que no queden restos sólidos en el vaso y agitador
- a.5 Secar el filtrado en una estufa y registrar su peso. El filtrado retenido es fosfato tricálcico el cual debe de depositarse en un frasco de prolipropileno opaco. La

solución filtrada contiene cloruro de sodio, la cual debe de secarse para evaporar el agua y obtener la sal, la cual se guardará en una caja de peltre.

b. Reacción entre el Sulfato de Cobre y el Hierro

Para esta reacción se determinó que las cantidades de reactivos pueden ser disminuidas sin que esto altere el resultado del análisis.

El cobre filtrado se guardará en un recipiente por ser un material valioso. La solución filtrada contiene sulfato de hierro que por contener un metal pesado, inorgánico y tóxico debe guardarse en un frasco de polipropileno opaco, cerrado, con caracterización visible y clara para su posterior disposición.

6.5 REVISION DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE QUIMICA INORGANICA

El en Cuadro N° 19 se presentan datos referentes al análisis cualitativo global de los Laboratorios de Química Inorgánica, incluyéndose además las cantidades de reactantes utilizadas.

Las prácticas de laboratorio de Química Inorgánica utilizan la mayoría de veces, sustancias clasificadas como peligrosas (ver Anexo N° 2-D, Capítulo IV Sección 4.1.4 y Anexo N° 3, Cuadro N° 3-D) y en su desarrollo los estudiantes se exponen a riesgo de los que no pueden protegerse debido a la carencia del equipo adecuado de los laboratorios.

Las prácticas de laboratorio de esta asignatura casi no se han modificado en más de diez años, por lo que será conveniente analizar si se pueden sustituir las prácticas que incluyen sustancias con un grado elevado de peligrosidad para el ser humano y al medio ambiente; o reducir las cantidades de reactivos utilizadas, respetándose los objetivos de las prácticas. Algunos pigmentos (como el amarillo cromo y el espejo de plomo) y sales sintetizadas ya no tienen aplicación industrial debido a que su uso ha sido prohibido a causa de los problemas ambientales y los efectos adversos sobre la salud humana que éstos generan (como es el caso de los compuestos de plomo y de cromo), deben investigarse prácticas alternativas de laboratorio que tengan aplicación industrial en la actualidad.

La práctica a la cual se le aplicó el proceso de auditoría es la de "Preparación de Rojo de Antimonio", para ejemplificar la peligrosidad de las sustancias que se utilizan en sus diferentes laboratorios.

A. Auditoría de la Práctica: Preparación de Rojo de Antimonio

I. Desarrollo de la Práctica de Laboratorio

a. Fundamentación Teórica

El trisulfuro de antimonio (Sb_2S_3) conocido como rojo de antimonio, es un pigmento inorgánico utilizado en pinturas y plásticos. Otros compuestos de antimonio (como el óxido de antimonio III) son utilizados en la fabricación de vidrio, como mordiente y en plásticos a pesar de ser nocivos para la salud humana (Austin, 1988). Varios compuestos de antimonio son venenosos y desprenden vapores tóxicos (como es el caso del fluoruro de antimonio) y son considerados sustancias muy polucionantes (Merck, 92/93).

CUADRO N° 19: REACTIVOS USADOS Y PRODUCTOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE QUIMICA INORGANICA

NOMBRE DE LA PRACTICA	REACTIVOS	CANTIDADES	RIESGOS*
Preparación de Cloruro de Hexamin Cobalto (III)	REACTANTES Amonio cloruro Cobalto cloruro hexahidratado Amoníaco (25%) Agua Peróxido de hidrógeno Acido clorhídrico Acetona PRODUCTOS Cobalto (III) cloruro de hexamin Agua Hidrógeno (gas) Carbón Carbono dióxido	12 gr 18 gr 40 mls -- 35 ml 25 ml --	Bajo Alto Mediano Insignificante Mediano Mediano Bajo Alto Insignificante Mediano Insignificante Bajo
Preparación de una sal compleja de hierro	REACTANTES Hierro (II) Disulfato diamin hexahidratado Acido sulfúrico Acido oxálico 1M Potasio oxalato Peróxido de hidrógeno (3% v/v) Etanol PRODUCTOS Hierro (III) y potasio oxalato Hierro (II) oxalato dihidratado Hierro (III) hidróxido Hidrógeno (gas) Carbono dióxido Agua	5 gr 0.25 ml 33 ml 10 ml 20 ml 10 ml	Datos insuficientes Mediano Bajo Bajo Mediano Bajo Datos insuficientes Datos insuficientes Datos insuficientes Mediano Bajo Insignificante
Preparación de Bromuro de Hexamin-Niquel	REACTANTES Niquel sulfato Sodio carbonato anhídrido Acido bromhídrico Amoníaco (concentrado) Agua PRODUCTOS Niquel (IV) hexamin bromuro Carbono dióxido Hidrógeno (gas) Agua	6.5 gr 2.8 gr 8.3 gr 12.5 ml 155 ml	Alto Bajo Bajo Mediano Insignificante Datos insuficientes Bajo Mediano Insignificante

pasa ...

NOMBRE DE LA PRACTICA	REACTIVOS	CANTIDADES	RIESGOS*
Preparación de Cloruro Tetramincúprico	REACTANTES Cobre (II) cloruro dihidratado Amoníaco (concentrado) Etanol (absoluto)	17 gr 100 ml 8 ml	Mediano Mediano Bajo
	PRODUCTOS Cobre II tetramin cloruro Hidrógeno (gas) Dióxido de carbono Agua		Datos insuficientes Mediano Bajo Insignificante
Preparación de Hexanitró Cobalto (III) de Sodio	REACTANTES Sodio nitrato Cobalto (II) nitrato hexahidratado Acido acético (50% v/v) Etanol Oxígeno (gas)	15 gr 5 gr 10 ml 25 ml	Mediano Alto Bajo Bajo Insignificante
	PRODUCTOS Cobalto (III) hexanitró sodio Agua Dióxido de nitrógeno Dióxido de carbono Sodio hidróxido Nitrógeno monóxido		Alto Insignificante Alto Bajo Bajo Alto
Preparación de Trioxalato Hierro (III) de Potasio Trihidratado	REACTANTES Bario II cloruro Potasio oxalato monohidratado Hierro (III) sulfato Potasio oxalato	25 gr 18,5 gr 13 gr 20 gr	Bajo Bajo Bajo Bajo
	PRODUCTOS Bario oxalato		Datos insuficientes
Sales Dobles: Alumbre de Hierro y Amonio	REACTANTES Hierro (II) sulfato heptahidratado Acido sulfúrico (concentrado) Acido nítrico (concentrado) Amonio sulfato (2M)	80 gr 15 gr 25 gr 19 gr	Bajo Mediano Mediano Bajo
	PRODUCTOS Hierro (III) sulfato Hidrógeno (gas) Alumbre de hierro y amonio Dióxido de nitrógeno		Bajo Mediano Datos insuficientes Alto

NOMBRE DE LA PRACTICA	REACTIVOS	CANTIDADES	RIESGOS*
Determinación del reactivo límite de una reacción química	REACTANTES Sodio fosfato dodecahidratado Bario cloruro dihidratado Bario cloruro (0.5M) Sodio fosfato (0.5M) PRODUCTOS Bario (II) fosfato sodio cloruro	0.5 gr 0.5 gr 0.1 ml 0.1 ml	Bajo Bajo Bajo Datos insuficientes Datos insuficientes
Preparación de Cloruro de Hexamincobalto	REACTANTES Amonio cloruro Cobalto (II) cloruro hexahidratado Carbón activado Amoníaco (25% v/v) Hidrógeno peróxido (5% v/v) Acido clorhídrico (concentrado) Acetona PRODUCTOS Cobalto (III) hexamin cloruro Dióxido de carbono Hidrógeno (gas)	12 gr 18 gr 1 gr 40 ml 35 ml 25 ml 1 ml	Bajo Alto Insignificante Mediano Mediano Mediano Bajo Alto Bajo Mediano
Preparación de Oxido de Cobre	REACTANTES Cobre (II) sulfato pentahidratado Sodio cloruro Sodio sulfito heptahidratado Sodio hidróxido Etanol 95% Eter etílico PRODUCTOS Sodio sulfato Acido sulfúrico Cobre y sodio cloruro Sodio cloruro Oxido de cobre Agua	5 gr 10 gr 12 gr 4 gr 5 ml 5 ml	Mediano Insignificante Bajo Bajo Bajo Bajo Bajo Bajo Datos insuficientes Insignificante Insignificante Insignificante
Preparación de Amarillo Cromo	REACTANTES Plomo nitrato 1N Potasio dicromato 1N PRODUCTOS Dicromato de plomo Nitrato de potasio	50 ml 50 ml	Alto Alto Alto Mediano

NOMBRE DE LA PRACTICA	REACTIVOS	CANTIDADES	RIESGOS*
Preparación de Azul de Prusia	REACTANTES Hierro (III) nitrato 1N Potasio ferrocianuro 1N PRODUCTOS Ferrocianuro ferroso potásico Nitrato de potasio	50 ml 50 ml	Bajo Alto Alto Mediano
Preparación de Pigmento Azul de Thenard-20	REACTANTES Cobalto (II) nitrato hexahidratado Aluminio y amonio sulfato dodecahidratado (alumbre) Sodio carbonato Potasio cloruro PRODUCTOS Oxido de cobalto y aluminio Oxido de aluminio Dióxido de carbono Agua	0.5 gr 10 gr 0.8 gr	Alto Datos insuficientes Bajo Insignificante Datos insuficientes Insignificante Bajo Insignificante
Preparación de malaquita (Verde de Montana)	REACTANTES Cobre (II) nitrato pentahidratado Sodio carbonato PRODUCTOS Carbonato de cobre y dióxido de cobre Sodio hidróxido	10 ml 10 ml	Mediano Bajo Datos insuficientes Bajo
Preparación de Carbonato Básico de Zinc	REACTANTES Sodio carbonato Zinc sulfato Agua PRODUCTOS Zinc carbonato Sodio sulfato	8 gr 75 gr 800 ml	Bajo Insignificante Insignificante Bajo Datos insuficientes
Preparación de Yoduro de Potasio	REACTANTES Hierro (limadura) Yodo (polvo) Agua Potasio bicarbonato Yodhídrico ácido	10 gr 40 gr 220 ml 32 gr 5 ml	Insignificante Bajo Insignificante Bajo Bajo

NOMBRE DE LA PRACTICA	REACTIVOS	CANTIDADES	RIESGOS*
	PRODUCTOS Hierro (II) yoduro Potasio yoduro Hierro óxido		Datos insuficientes Bajo Insignificante
Preparación de Cloruro de Cobre (I)	REACTANTES Sodio sulfito Cobre (II) cloruro hidratado Clorhídrico ácido (concentrado) Acético ácido Agua Etanol absoluto Eter etílico PRODUCTOS Cobre (I) cloruro Cobre (II) hidróxido Sodio sulfato Sodio cloruro	11.5 gr 13 gr 3 ml 100 ml 1370 ml 30 ml 90 ml	Bajo Mediano Mediano Bajo Insignificante Bajo Bajo Bajo Datos insuficientes Datos insuficientes Insignificante
Hierro II Cloruro	REACTANTES Acido clorhídrico (25% v/v) Hierro alumbre PRODUCTOS Hidrógeno (gas) Hierro (II) cloruro Hierro óxido	150 gr 35 gr	Mediano Insignificante Mediano Bajo Insignificante
Cobre (II) Sulfato	REACTANTES Cobre (viruta) Amoníaco Acido sulfúrico (concentrado) Acido nítrico (puro) Agua PRODUCTOS Cobre (II) sulfato Hidrógeno (gas) Azufre dióxido Nitrógeno dióxido	30 gr 50 gr 75 gr 250 ml	Insignificante Mediano Mediano Mediano Insignificante Mediano Mediano Mediano Alto
Sulfato de Bario	REACTANTES Bario cloruro dihidratado Acido sulfúrico (16% v/v) Agua	250 gr 650 ml 1000 ml	Bajo Mediano Insignificante

pasa ...

NOMBRE DE LA PRACTICA	REACTIVOS	CANTIDADES	RIESGOS*
	PRODUCTOS Bario sulfato Acido clorhidrico		Insignificante Mediano
Potasio Yodato	REACTANTES Potasio yoduro Potasio permanganato Etanol PRODUCTOS Yodato potasio	25 gr 50 gr	Bajo Mediano Bajo Bajo

Referencia: U.E.S. (1996).

Las cantidades de reactantes han sido calculados para un grupo de estudiantes. Para la cuantificación total de reactivos y productos debe considerarse el numero de grupos que realiza la práctica.

*Ver Anexo N° 3, Cuadro N° 3-A

b. Procedimiento

- b.1 Preparar solución de 15 ml de $SbCl_3$ usando como solvente HCl (1.14 gr de $SbCl_3$ aforados a 15 ml con el HCl 1:5).
- b.2 Preparar 10 ml de una solución de $Na_2S_2O_3$ (se utilizan aproximadamente 10 gr del Tiosulfato de sodio).
- b.3 Mezclar las soluciones anteriores. Calentar con agitación hasta que se forme un precipitado rojo.
- b.4 Filtrar y lavar con agua.
- b.5 Secar en estufa a 110°C.

II. Analisis de la Práctica

a. Caracterización de Reactantes y Productos

- a.1 Caracterización de reactivos. Los reactivos utilizados son: tricloruro de antimonio ($SbCl_3$), tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$) y ácido clorhidrico (HCl). Los datos de peligrosidad de estas sustancias pueden encontrarse en el Anexo N° 3, Cuadro N° 3-A, y dada la peligrosidad de estas sustancias se propone la

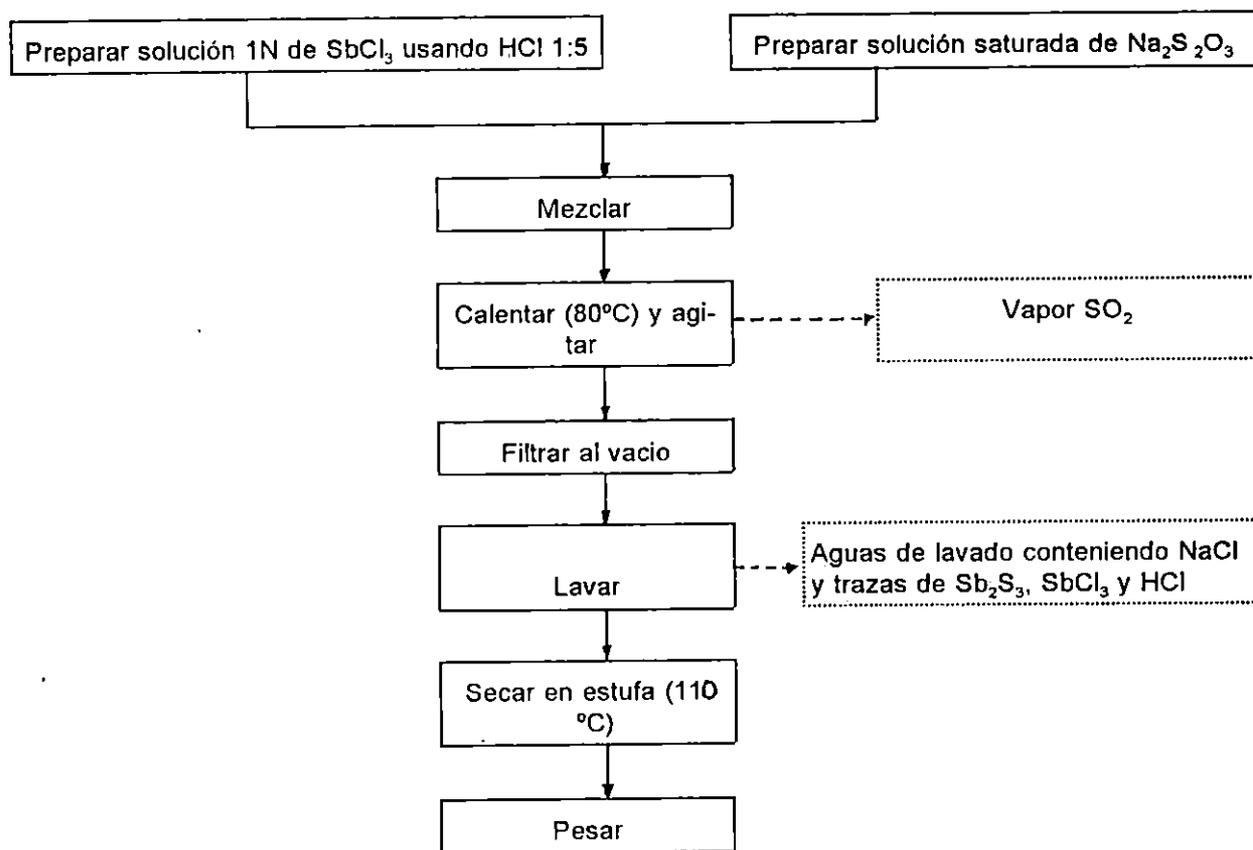
modificación de esta práctica de laboratorio y se mencionan los peligros a la salud humana de los compuestos de antimonio.

- a.2 Caracterización de productos. Los productos obtenidos son: trisulfuro de antimonio (Sb_2S_3), cloruro de sodio (NaCl) y Dióxido de azufre (SO_2). Sus datos fisicoquímicos y de peligrosidad pueden verse en el Anexo N° 3, Cuadro N° 3-A.

b. Identificación de Operaciones y Procesos Unitarios

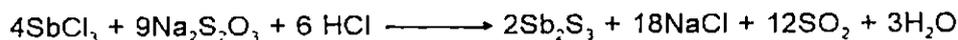
En esta práctica de laboratorio las operaciones y procesos unitarios que se verifican son: disolución, reacción de oxidación, calentamiento, agitación, precipitación, filtrado, lavado, secado y pesado.

c. Diagrama de Flujo para la Preparación de Rojo de Antimonio



III. Balance de Materiales

La reacción característica para la obtención del producto es:



a. Análisis de Materiales de Entrada por Grupo de Laboratorio

Tricloruro de antimonio: 1.14 gr

Acido clorhídrico concentrado: 3 ml equivalente a 3.57 gr

Tiosulfato de sodio: 10 gr

b. Determinación del Consumo de Agua

Agua usada para la preparación de HCl 1:5: 12 ml

Agua usada para preparar solución saturada de tiosulfato de sodio: 5 ml

Agua usada para el lavado de trisulfuro de antimonio: 10 ml

c. Análisis de los Materiales de Salida

Cloruro de sodio: 1.31 gr

Dióxido de azufre: 0.96 gr

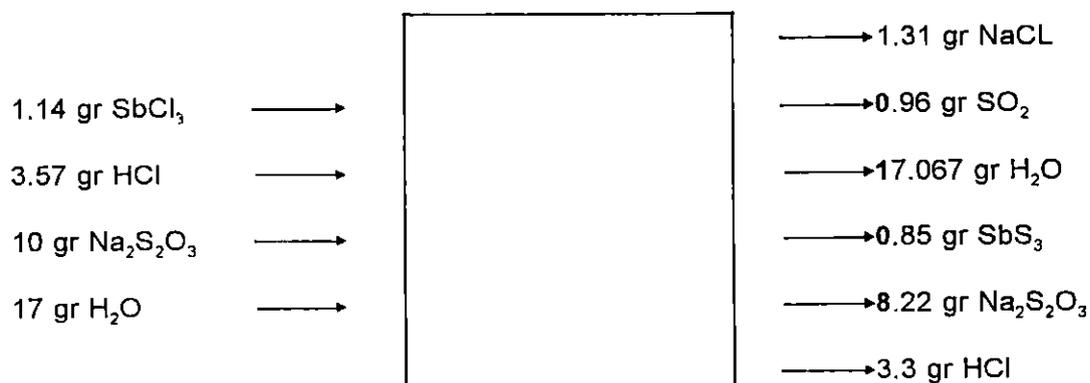
Agua: 17.067 gr

Trisulfuro de antimonio: 0.85 gr

Tiosulfato de sodio: 8.22 gr

Acido clorhídrico: 3.3 gr

d. Resumen de Materiales de Entrada y Salida



Se puede observar que la cantidad de reactivo en exceso utilizada es muy grande, ya que de 10 gr de tiosulfato de sodio utilizadas sólo reaccionan 1.78 gr y quedan 8.22 gr que deben ser debidamente recuperados o tratados, además de los productos secundarios

obtenidos de la reacción.

IV. Propuesta de Práctica de Laboratorio Modificada

Lo recomendable sería sustituir esta práctica de laboratorio por otra que incluya reactivos menos peligrosos, pero en su defecto se sugiere la disminución de las cantidades de reactivos usadas y el tratamiento de los productos y subproductos obtenidos.

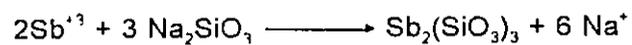
a. Procedimiento de la Práctica de Laboratorio Modificada

- a.1 Preparar una solución de 15 ml de SbCl_3 usando como solvente HCl (1.14 gr de SbCl_3 aforados a 15 ml con el HCl 1:5).
- a.2 Preparar una solución de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (utilizar 5 gr de Tiosulfato de sodio en 2.5 ml H_2O).
- a.3 Mezclar las soluciones anteriores. Calentar con agitación hasta que se forme un precipitado rojo.
- a.4 Filtrar y lavar con agua.
- a.5 Secar en estufa.
- a.6 Disposición final de los desechos.

En general se desprenden vapores tóxicos de las reacciones características de esta práctica de laboratorio, por lo que debe realizarse el procedimiento en una cámara de extracción. Todos los compuestos solubles de antimonio son considerados venenosos por lo que su utilización debe ser restringida. Algunos de estos compuestos causan irritación y dermatitis, si son ingeridos pueden causar quemaduras en la boca y en la garganta y causar náusea y vómito. El SbH_3 , se forma por la acción de agentes reductores ácidos con materiales conteniendo antimonio, es un gas extremadamente venenoso, causa destrucción de la sangre y daños del hígado y los riñones (Armour, 1991).

Las sales solubles de antimonio pueden ser tratadas para su disposición disolviéndolas en agua caliente (40 ml/gr) a la solución caliente se le añade una solución de silicato de sodio (por cada gramo de sal de antimonio, se deben usar 4 gr de silicato de sodio noahidratado

($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) en 40 ml de H_2O) se calienta la mezcla hasta ebullición y se deja enfriar. El precipitado se filtra, se seca y se envasa para luego disponerlo en un lugar seguro. La reacción que se lleva a cabo es (Armour, 1991):



6.6 REVISION DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE QUIMICA ORGANICA

El Cuadro N° 20 presenta las cantidades de reactantes y los productos generados en todas las prácticas de laboratorio de Química Orgánica, en el que se realizó un análisis general de las prácticas de laboratorio con las siguientes observaciones:

- a. La mayoría de los reactantes como productos de reacción son clasificados como peligrosos ya que: pueden ser tóxicos por inhalación, ingestión y contacto con la piel (acetato de plomo, sulfato de potasio, sulfato de plomo y otros); cancerígenos (benceno, dicromato de potasio y otros), teratogénicos, inflamables (acetaldehído, acetona, metanol y otros), volátiles (los vapores pueden ser tóxicos e inflamables), irritantes (vías respiratorias, ojos y piel). Además son contaminantes del agua y aire. Ver Sección 6.2 y Anexo N° 3 Cuadro N° 3-A.
- b. Los objetivos de las prácticas de laboratorio están fundamentadas en el contenido teórico de la asignatura, lo que hace difícil cambiarlos por otros en que se trabaje con productos de mínima peligrosidad; además en la mayoría de las prácticas (aún las no involucradas en esta asignatura) se usan sustancias que presentan riesgos para el hombre como para el medio ambiente.

De lo expuesto anteriormente se concluye:

- a. Debido a que la sustitución de las prácticas es muy difícil, es necesario establecer normas de seguridad y medidas de protección para el que manipula las sustancias químicas; puede ampliarse al respecto consultando manuales como "Normas Químicas de Seguridad Industrial" (Araujo, 1993).
- b. Realizar un análisis cuantitativo de las prácticas mediante la estequiometría de las reacciones para: establecer un porcentaje de exceso no mayor del 20%; cuantificar y cualificar los productos de reacción, lo que permitirá darles tratamiento para ser recuperados o eliminados de una forma segura.

La práctica de laboratorio auditada fue la de propiedades físicas y químicas de alcoholes, con el objetivo de evaluar la estequiometría de las diferentes reacciones así como la peligrosidad de reactantes y productos generados. Además se presentan formas probables de disposición de los productos de reacción, que representan diferentes funciones orgánicas.

CUADRO N° 20: REACTIVOS USADOS Y PRODUCTOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE QUIMICA ORGANICA

NOMBRE DE LA PRACTICA	REACTIVOS	CANTIDADES	RIESGOS*
Análisis Orgánico preliminar	<p>REACTANTES</p> <p>Acetato de plomo (0.1M) Almidón soluble Diclorobenceno Hidróxido de amonio Hierro II, sulfato (0.1m) Hierro III, cloruro (0.1m) Plata nitrato (0.1m) Sodio metálico Hidróxido de calcio</p> <p>PRODUCTOS</p> <p>Carbonato de calcio Carbon dióxido Hierro III ferrocianuro Plata cloruro Plomo sulfato Sodio acetato Sodio sulfuro</p>	<p>1 ml 0.5 gr 0.1 gr 1 ml 1 ml 1 ml 1 ml 0.1 gr 5 ml</p>	<p>Alto Insignificante Mediano Mediano Bajo Bajo Alto Bajo Insignificante</p> <p>Insignificante Bajo Alto Insignificante Alto Bajo Bajo</p>
Purificación de Sustancias Orgánicas	<p>REACTANTES</p> <p>1-Pentanol Alcohol n-butílico Anilina</p> <p>PRODUCTOS</p> <p>1-Pentanol Alcohol n-butílico Anilina</p>	<p>5 ml 5 ml 2 ml</p>	<p>Bajo Mediano Mediano</p> <p>Bajo Mediano Mediano</p>
Estudio general de los ácidos carboxílicos	<p>REACTANTES</p> <p>Acetato de sodio Acido acético glacial Acido acético 30% Etanol Hierro en limaduras Magnesio en tiras Sodio hidrógeno carbonato</p> <p>PRODUCTOS</p> <p>Acetato de magnesio Acetado de sodio Acetato de etilo Acido acético Carbono dióxido Sodio sulfato</p>	<p>15 gr 12 ml 5 ml 12 ml 2 ml 0.1 gr</p>	<p>Bajo Bajo Bajo Bajo Insignificante Bajo Datos insuficientes</p> <p>Bajo Bajo Bajo Bajo Bajo</p>

pasa ...

NOMBRE DE LA PRACTICA	REACTIVOS	CANTIDADES	RIESGOS*
Propiedades de los hidrocarburos alifáticos y aromáticos	REACTANTES		
	Acetileno		
	Acido sulfúrico concentrado	4.5 ml	Mediano
	Acido nítrico concentrado	3 ml	Mediano
	Benceno	17 ml	Mediano
	Bromo tetracloruro de carbono (0.1%)	1 gr	Alto
	Calcio carburo	5 gr	Alto
	Cobre I cloruro amoniaco	2 ml	Datos insuficientes
	Etanol	1 ml	Mediano
	Etilo (eteno)		Bajo
	Eter	1 ml	Mediano
	Gasolina	1 ml	Bajo
	Hexano (Alcano)	3 ml	Mediano
	Hierro	0.5 gr	Insignificante
	Plata nitrato amoniaco	2 ml	Alto
	Parafina	0.5 ml	Insignificante
	Potasio permanganato (0.2%)	1 ml	Mediano
	Yodo	2 gr	Bajo
	PRODUCTOS		
	Acetato de cobre		Datos insuficientes
	Acido acético		Bajo
	Acido bencenosulfónico		Mediano
	Acido bromohídrico		Bajo
	Amonio cloruro		Mediano
	Amonio nitrato		Mediano
	Bromo benceno		Mediano
	1-Bromohexano		Mediano
	Calcio hidróxido		Insignificante
	1,2-Dibromoetano		Alto
	1,2-Etanodiol		Bajo
	Etilo ácido sulfato		Bajo
	Manganeso IV óxido		Bajo
	Nitrobenceno		Alto
Potasio hidróxido		Bajo	
1,1,2,2,Tetrabromoetano		Alto	
Alcoholes	REACTANTES		
	Acido sulfanilico concentrado	2 ml	Bajo
	Acido sulfónico 6M	2 ml	Bajo
	1-pentanol	0.5 ml	Bajo
	Etanol	3 ml	Bajo
	Metanol	0.2 ml	Bajo
	Potasio dicromato (0.1M)	2 ml	Alto
	Potasio permanganato (0.01M)	6 ml	Mediano
	Sodio hidróxido 6M	2 ml	Bajo

NOMBRE DE LA PRACTICA	REACTIVOS	CANTIDADES	RIESGOS*
	PRODUCTOS Acetaldehído Acetado de sodio Acido acético Acido n-valérico Cromo sulfato Manganeso IV óxido Manganeso II sulfato Potasio hidróxido Potasio sulfato		Mediano Bajo Bajo Bajo Alto Bajo Bajo Bajo Insignificante
Aldehidos y Cetonas	REACTANTES Acetona Formaldehído Metanol Potasio permanganato 0.1m Sodio hidrógeno sulfito (solución saturada al 40%) Solución 2-4 dinitrofenil hidracina Solución de Fehling Reactivo de Tollens PRODUCTOS Amoníaco Acido fórmico 2-4, dinitrofenil hidrazona Compuesto bisulfítico Cobre I óxido Manganeso IV óxido Potasio hidróxido Plata Sodio nitrato Ion doble tartrato cúprico	5 ml 3 ml 10 ml 0.5 ml 5 ml 3 ml 2 ml 0.5 ml	Bajo Alto Bajo Mediano Bajo Mediano Datos insuficientes Datos insuficientes Mediano Bajo Mediano Bajo Insignificante Bajo Bajo Insignificante Mediano Datos insuficientes

Referencia: U.E.S. (1994c).

Las cantidades de reactantes han sido calculados para un grupo de estudiantes. Para la cuantificación total de reactivos y productos debe considerarse el número de grupos que realiza la práctica.

*Ver Anexo N° 3, Cuadro N° 3-A

A. Auditoría de la Práctica N° 4: Propiedades y Reacciones de Alcoholes

I. Desarrollo de la Práctica de Laboratorio

a. Fundamentación Teórica

Los alcoholes son compuestos que contienen un grupo oxhidrilo (-OH) unido a un átomo de carbono alifático. Los alcoholes se clasifican como primarios, secundarios o terciarios según que el grupo OH se encuentre unido a un carbono primario, secundario o terciario.

La preparación de alcoholes puede ser a partir de: halógenos de alquilo, reducción de aldehído, cetonas y ácidos carboxílicos, a partir de hidrólisis de ésteres, de alquinos, y otros.

Propiedades Físicas: Como los alcoholes, tienen un átomo de hidrógeno unido al oxígeno, que es un elemento fuertemente electronegativo hay formación de puentes de hidrógeno entre moléculas de alcohol, por lo que los puntos de ebullición de los alcoholes son relativamente altos. Los más ramificados son más solubles en agua que sus isómeros de cadena lineal. La solubilidad en agua también aumenta al aumentar el número de grupos oxhidrilos.

Propiedades Químicas: Sustitución de un grupo oxhidrilo por un halógeno; Esterificación: reacción de un alcohol con un ácido orgánico; formación de éteres; reacción de alcoholes con ácidos; Oxidación de alcoholes donde: alcoholes primarios a aldehídos y posteriormente a ácidos carboxílicos; Alcoholes secundarios a cetonas; alcoholes terciarios, son resistentes a la oxidación en solución alcalina; y reducción de alcoholes, entre otros.

b. Procedimiento de la Práctica de Laboratorio

b.1 Solubilidad de alcoholes en agua: En tres tubos de ensayo colocar de 2 a 3 ml de agua destilada y a cada uno de ella agregar por separado de 3 a 4 gotas de

los siguientes alcoholes: Etanol, metanol, y 1-pentanol. Agite y luego deje en reposo.

b.2 Combustibilidad: En una cápsula de porcelana vierta 5 gotas de etanol, acerque un fósforo encendido y observe. ¿Tiene luminosidad de llama?

b.3 Oxidación de alcoholes con dicromato de potasio:

i) Para obtener un aldehído: en un tubo de ensayo poner 2 ml de dicromato de potasio 0.1 M, y agregue igual cantidad de ácido sulfúrico concentrado (Mezcla sulfocrómica $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Enfriar la solución en agua helada.

Tomar 2 ml de la mezcla y añadir 1 ml de etanol y caliente suavemente. Se percibirá el olor picante y característico del Etanaldehído (acetaldehído). Escriba la ecuación de la reacción.

ii) Para obtener un ácido carboxílico: a los otros 2 ml de la mezcla sulfocrómica agregarle 5 gotas de 1-pentanol agite bien y caliente. Se nota el olor intenso y desagradable del ácido n-valérico, escriba la ecuación de la reacción.

b.4 Prueba de alcoholes con solución de KMnO_4 .

Colocar 2 ml de KMnO_4 0.01 M en tres tubos de ensayo. Añadir 2 ml de agua destilada a uno de ellos, 2 ml de H_2SO_4 6M al segundo y 2 ml de NaOH 6M al tercero.

Añadir 2 gotas de $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ a cada tubo, tápese y agítese, observar posible cambios de coloración de las soluciones de KMnO_4 .

Añadir 2 gotas más de etanol a cada tubo y observar cualquier otro cambio posible que pueda tener lugar después de 5 minutos.

Nota: El color de una solución que contiene el ión manganato (MnO_4^-) es verde, el dióxido de Manganeso (MnO_2) es un precipitado pardo y una solución que contiene el ión manganeso II (Mn^{2+}) es rosa claro.

II. **Análisis de la Práctica**
 a. **Caracterización de Materia Prima y Productos**

Materia Prima (reactantes)

Pentanol (n-amílico) $C_4H_9CH_2OH$

Etanol (CH_3-CH_2OH)

Metanol (CH_3OH)

Dicromato de potasio (K_2CrO_7)

Acido sulfúrico (H_2SO_4)

Hidróxido de sodio ($NaOH$)

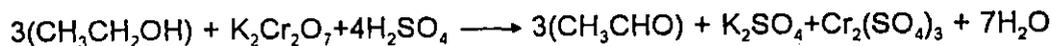
Permanganato de potasio ($KMnO_4$)

Productos

Oxidación de alcoholes con dicromato de potasio.

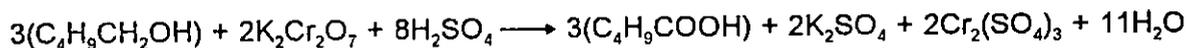
Etanol a acetaldehído

Ecuación representativa (Voguer, A.I; 1962)



1-Pentanol a ácido n-valérico

Ecuación representativa (Voguer, A.I; 1962)



Donde:

Productos

Acetaldehído (CH_3-CHO)

Acido n-valérico (C_4H_9COOH)

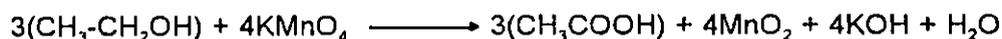
Sulfato de potasio (K_2SO_4)

Sulfato de cromo ($Cr_2(SO_4)_3$)

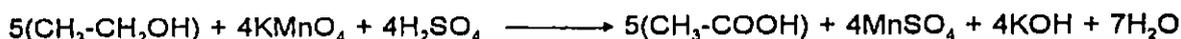
Agua (H_2O)

Oxidación de alcoholes con permanganato de potasio

Medio neutro y básico



Medio Acido



Donde:

Productos

Acido acético ($\text{CH}_3\text{-COOH}$)

Dióxido de manganeso (MnO_2)

Sulfato de manganeso (MnSO_4)

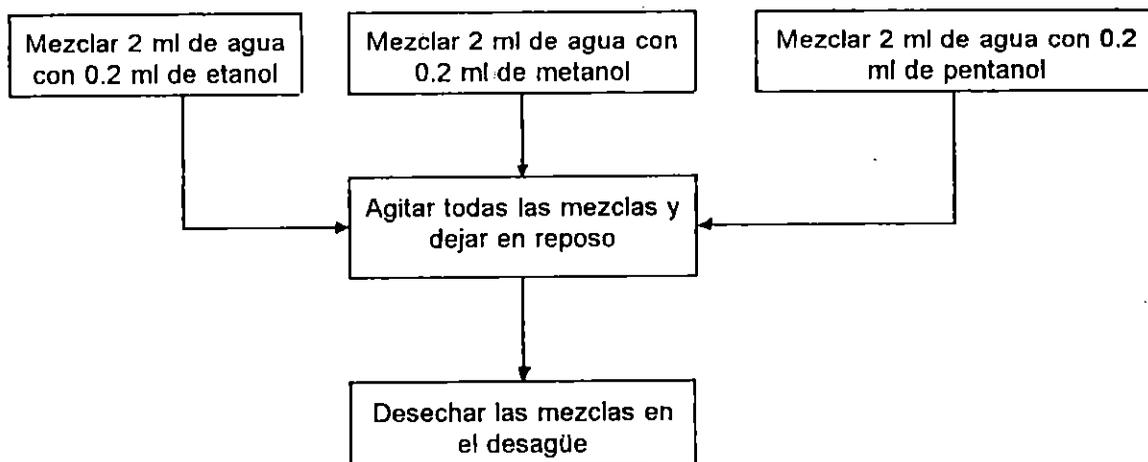
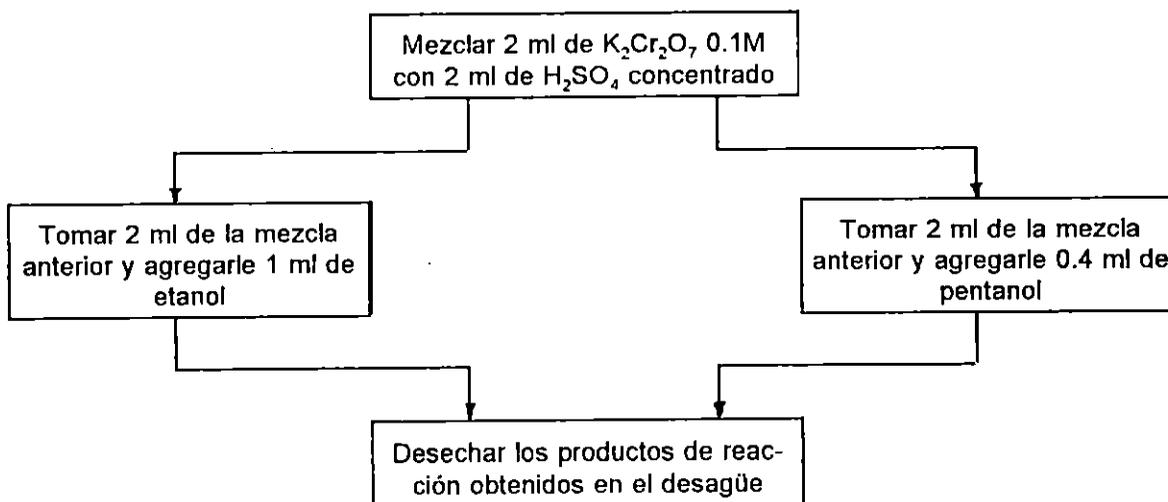
Hidróxido de potasio (KOH)

Agua (H_2O)

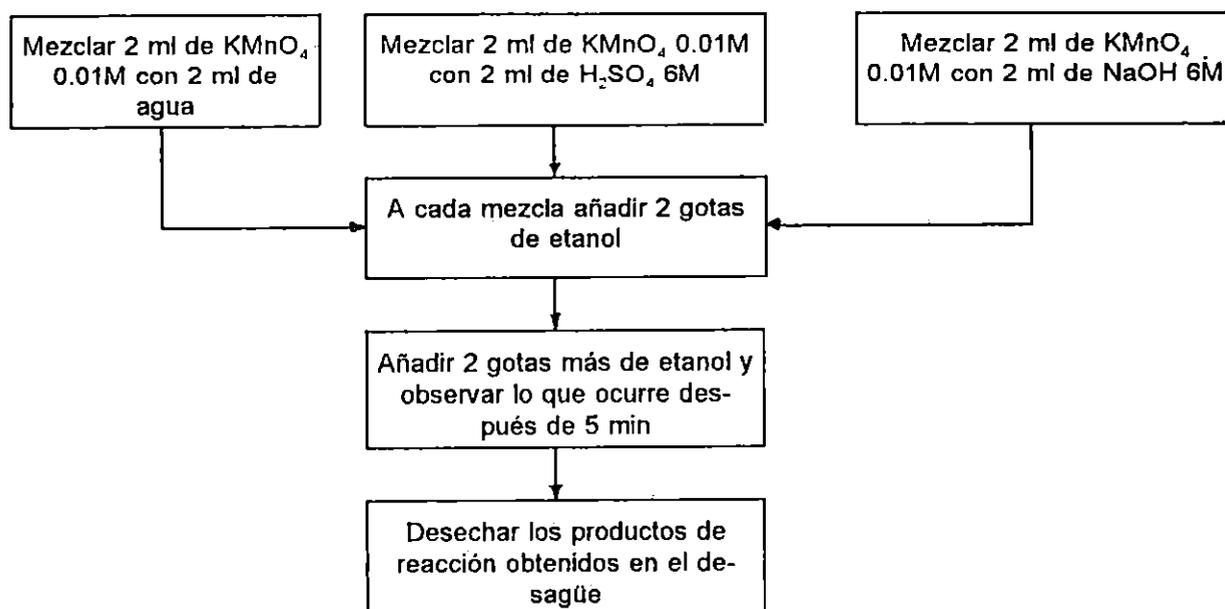
Realizando un análisis de las sustancias utilizadas y producidas en esta práctica, se tiene: el dicromato de potasio y sulfato de cromo son tóxicos, cancerígenos y altamente contaminantes del agua. Los alcoholes (metanol y etanol) son muy inflamables; el acetaldehído es extremadamente inflamable; los demás compuestos presentan propiedades corrosivas, nocivas e irritantes y presentan un bajo nivel de peligrosidad para el medio ambiente. Para mayor información sobre estas propiedades ver Anexo N° 3, Cuadro N° 3-A.

b. Identificación de Procesos y Operaciones Unitarias

Mezcla, agitación, reacción de oxidación, precipitación, enfriamiento y sedimentación.

c. Diagrama de Flujo de las Propiedades y Reacciones de Alcoholes**c.1 Solubilidad de alcoholes****c.2 Diagrama de flujo correspondiente a la oxidación de alcoholes con dicromato de potasio para obtener un acetaldehído y ácido n-valérico**

- c.3 Diagrama de flujo correspondiente a la oxidación de alcoholes con permanganato de potasio en medio neutro y ácido



III. Balance de Materiales

a. Determinación del Consumo de Materia Prima por Grupo de Laboratorio

a.1 Solubilidad de alcoholes

Etanol: 0.2 ml

Metanol: 0.2 ml

Pentanol: 0.2 ml

a.2 Oxidación de Alcoholes con dicromato de potasio

Dicromato de potasio: 0.06 gr

Acido sulfúrico: 3.54 gr

Etanol: 0.76 gr.

Pentanol: 0.79 gr

a.3 Oxidación de alcoholes con permanganato de potasio

Permanganato de potasio: 0.009 gr

Acido sulfúrico: 1.176 gr

Etanol: 0.474 gr

Hidróxido de sodio: 0.48 gr

b. **Determinación del Consumo de Agua**

Para preparación de soluciones: 200 ml.

Solubilidad de alcoholes: 6 ml.

Oxidación con permanganato de potasio: 2 ml.

c. **Determinación de los Productos de Salida**

c.1 Solubilidad de alcoholes.

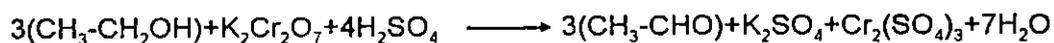
Metanol: 0.2ml

Etanol: 0.2ml

Pentanol: 0.2ml

c.2 Oxidación de alcoholes en dicromato de potasio:

Etanol a acetaldehído



Acetaldehído: 0.013 gr

Sulfato de Potasio: 0.018 gr

Sulfato de Cromo: 0.04 gr

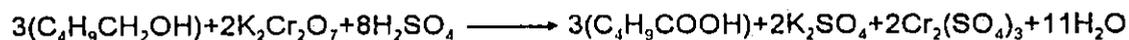
Agua: 0.013 gr

Reactantes sin reaccionar

Etanol: 0.746 gr

Acido sulfúrico: 1.73 gr

Pentanol a ácido n-valérico



Acido n-valérico: 0.016

Sulfato de potasio: 0.018 gr

Sulfato de cromo: 0.04 gr

Agua: 0.01 gr

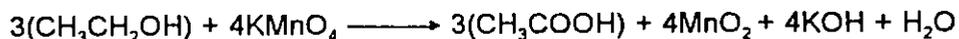
Reactantes sin reaccionar

Pentanol = 0.77 gr.

Acido sulfúrico: 1.73 gr.

c.3 Oxidación de alcoholes con permanganato de Potasio.

Medio neutro y básico



Acido acético: 8.54×10^{-4}

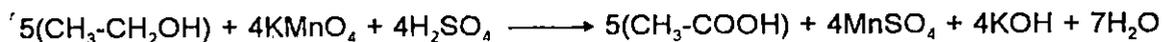
Dióxido de manganeso: 1.65×10^{-3}

Hidróxido de potasio: 1.06×10^{-3}

Agua: 8.54×10^{-5}

Etanol sin reaccionar: 0.1573

Medio Acido



Acido acético: 1.42×10^{-3} gr

Sulfato de manganeso: 2.86×10^{-3} gr

Hidróxido de potasio: 1.06×10^{-3} gr

Agua: 5.58×10^{-4} gr

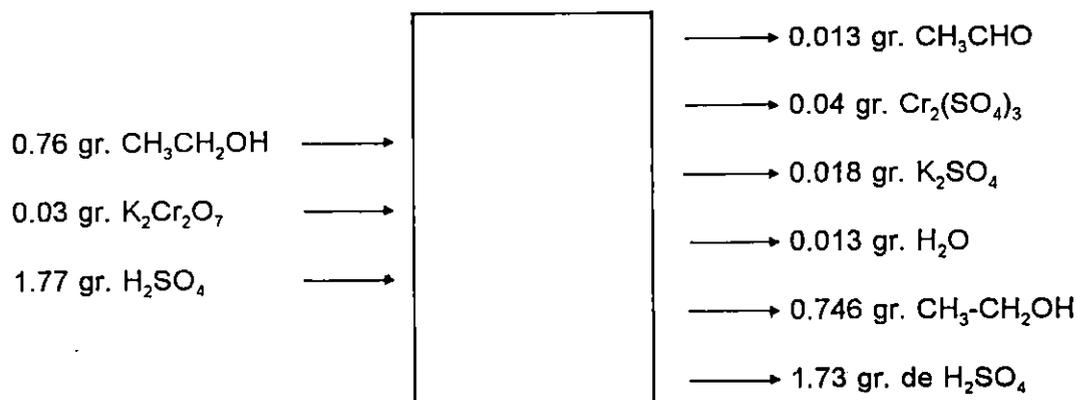
Sin reaccionar:

Etanol: 0.157 gr

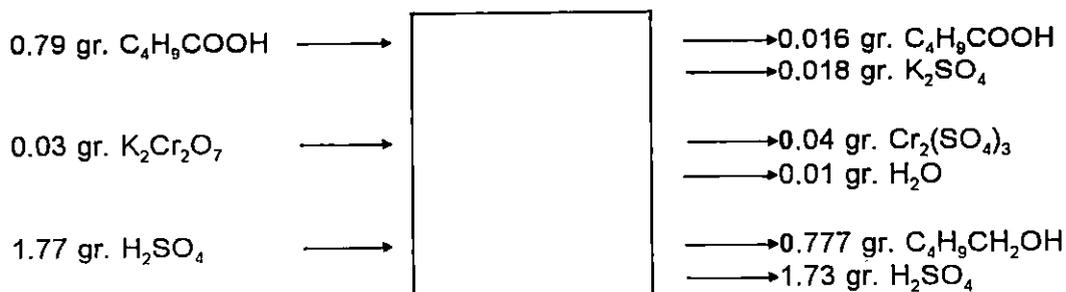
Acido sulfúrico: 1.174 gr

d. Resumen de Información de Entrada y Salida

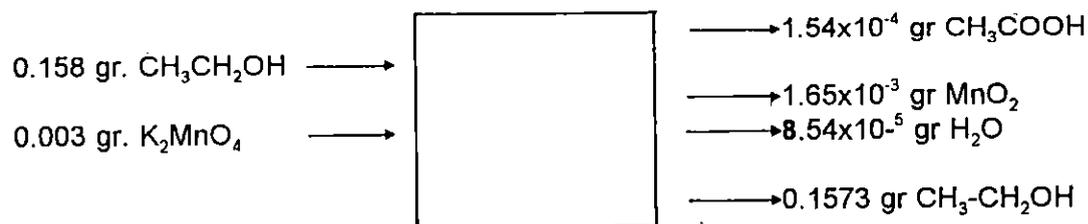
d.1 Etanol a acetaldehido



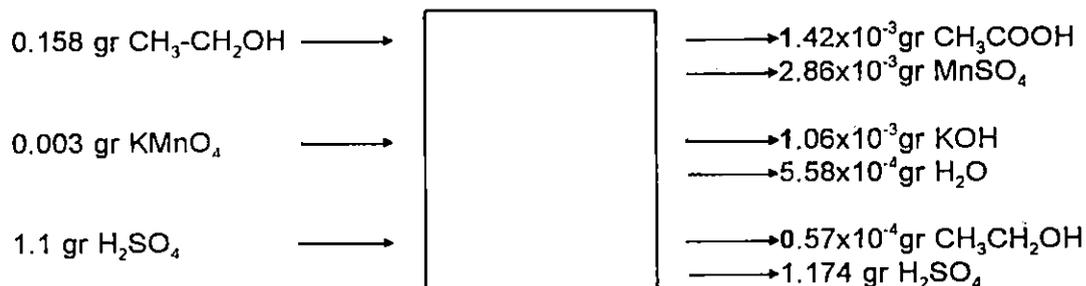
d.2 1-Pentanol a ácido n-valérico.



d.3 Etanol a ácido acético (medio neutro y básico)



d.4 Etanol a ácido acético (medio ácido)



Al realizar un análisis de estos datos se observa que hay reactantes que se convierten en mínima cantidad con un porcentaje de exceso promedio mayor al 70%.

El producto principal para todas las reacciones se obtiene en menor cantidad que los productos secundarios.

IV. Propuesta de Práctica de Laboratorio Modificada

A continuación se dan sugerencias de como minimizar y disponer los productos de reacción obtenidos.

Como se mencionó anteriormente hay reactantes en un exceso bastante alto, por lo cual se debe de reducir las cantidades utilizadas de éstos.

Para la disposición de los productos de reacción (desechos) se dan las siguientes recomendaciones, las cuales no son las únicas formas de tratamiento de estos desechos.

a. Solubilidad de Alcoholes

- a.1 Etanol: Recolectar todos los tubos, mezclarlos y diluir la mezcla en relación 1:20 y eliminarlos en el desagüe, dejando correr abundante agua.
- a.2 Metanol y Pentanol: Recolectar todos los tubos que contienen metanol y pentanol y mezclarlos respectivamente, evaporar las mezclas en pequeñas

dosís en cámara de gases o a la intemperie, evitando la formación de mezclas combustibles vapor-aire y mantenerlos alejados de fuentes de calor.

b. Oxidación de Etanol a Acetaldehído

Los productos de reacción son: formaldehído, sulfato de cromo, sulfato de potasio, etanol, ácido sulfúrico y agua.

- b.1 Agregar a la solución hidróxido de sodio para neutralizar el ácido sulfúrico, la reacción es $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NaOH} \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
- b.2 Agregar alcohol etílico hasta precipitar el sulfato de sodio y sulfato de potasio debido a que son insolubles en alcohol (Panreac, 1989), separarla por filtración. Secar el filtrado y disponerlo en un frasco de polipropileno opaco claramente rotulado.
- b.3 Las aguas de filtrado destilarlas para recuperar el alcohol etílico.
- b.4 Los residuos de destilado conteniendo acetaldehído y sulfato de cromo hacerlos reaccionar con una solución fría de bisulfito de sodio al 40% (con 30% de alcohol). La solución resultante enfriarla externamente con hielo hasta que el compuesto bisulfitico se solidifique (reacción entre el acetaldehído y el bisulfito de sodio). El compuesto bisulfitico separarlo por decantación de la solución acuosa y disponerlo en un frasco de acero especial para productos de desecho (Merck, 1996).
- b.5 La solución acuosa ($\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$) disponerla en un frasco de polipropileno cerrado firmemente con etiquetado claramente visible y estable.

c. Pentanol a Acido n-Valérico

Como productos de reacción se tienen ácido acético, sulfato de potasio, sulfato de cromo, 1-pentanol y ácido sulfito, disponerlos de la siguiente manera:

- c.1 Realizar los pasos b.1 y b.2. De lo cual se origina una mezcla de 1-pentanol, ácido acético y sulfato de cromo.

- c.2 Para eliminar el 1-pentanol seguir el mismo procedimiento dado en solubilidad de alcoholes.
- c.3 La solución resultante conteniendo ácido acético y sulfato de cromo disponerla como en b.5.

d. Oxidación de Alcoholes de Etanol a Acido Acético en Medio Neutro y Básico

Como productos de reacción se tienen ácido acético, dióxido de manganeso y etanol y se sugiere disponerlos de la siguiente manera:

- d.1 Filtrar la solución, secar el filtrado (MnO_2) y secarlo en estufa recolectando en un frasco de polipropileno oscuro, rotulándolo claramente (Merck, 1996).
- d.2 La solución conteniendo etanol y ácido acético dejarla un tiempo en cámara de gas o a la intemperie para evaporar el etanol.
- d.3 La solución final (ácido acético), incinerarla en pequeñas dosis en cámara de gases (Panreac, 1989).

e. Oxidación de Etanol a Acido Acético en Medio Acido

Los productos finales de reacción son: ácido acético, sulfato de manganeso, hidróxido de potasio, etanol y ácido acético, disponerlos de la siguiente forma:

- e.1 Para neutralizar el ácido sulfúrico, seguir el mismo procedimiento en el numeral 1 del literal b.
- e.2 De la neutralización del ácido sulfúrico se obtiene el sulfato de sodio, el cual es insoluble en alcohol al igual que el sulfato de manganeso por lo cual se debe agregar etanol hasta precipitar ambas sustancias, separándolas luego por filtración, el filtrado secarlo y disponerlos como en el paso b.2 (Panreac, 1989 y Merck, 1996).
- e.3 Destilar las aguas de filtrado para recuperar el etanol.
- e.4 La solución (residuo de destilado) conteniendo ácido acético e hidróxido de potasio, incinerarla en cámara de gases por presencia de ácido acético (Panreac, 1989).

6.7 REVISIÓN DE LAS PRACTICAS DE LABORATORIO DE QUIMICA ANALITICA

El Cuadro N° 21 presenta las cantidades de reactantes y los productos generados en algunas prácticas de laboratorio de Química Analítica. A través de un análisis de algunas prácticas de Química Analítica se ha determinado que trabajan con sustancias que presentan riesgos de exposición para el hombre y el medio ambiente, por ejemplo: sustancias que son venenosas como el cianuro de sodio, tóxicas como el nitrobenzono, comburentes como el nitrato de plata y otras. Las sustancias que ofrecen problemas ambientales se tienen: aquellas que contienen iones fosfatos, sulfatos por su problema de eutricación. Mayor información al respecto se detalla más ampliamente en el Anexo N° 3, Cuadro N° 3-A. Además se trabajan con cantidades de reactivos que perfectamente pueden ser reducidas sin que esto afecte los objetivos de la practica, o el resultado del análisis. Además se sugiere que el estudiante investigue sobre los problemas ambientales que los desechos generados ocasionan al medio ambiente y así determinen las probables disposiciones de estos desechos.

Por el tipo de análisis que esta asignatura implica un cambio de sus reactivos es bastante difícil, debido a las diferentes propiedades que toda sustancia debe de poseer para no alterar la veracidad del análisis, además de poseer por parte del docente un amplio conocimiento en cuanto a las propiedades físicas y químicas de los diferentes reactivos. Por lo que para fines de auditoría se realizó la práctica del método de Volhard, para presentar la disposición de desechos generados así como también la alternativa de reducir los reactivos.

En el Cuadro N° 21 se muestran algunas prácticas de laboratorios de Química Analítica. El análisis de todas las prácticas involucraría un estudio exhaustivo que requeriría tiempo, por lo cual únicamente se han ilustrado algunas prácticas. Se recomienda que el docente de laboratorio investigue las posibles reacciones de las restantes prácticas y en base a ello determine las precauciones minimas de trabajo para cada una, y haga que el estudiante invéstigue cuáles son estas reacciones.

CUADRO N° 21: REACTIVOS USADOS Y PRODUCTOS GENERADOS EN LOS LABORATORIOS DE QUIMICA ANALITICA

NOMBRE DE LA PRACTICA	REACTIVOS	CANTIDAD	RIESGOS*
Titulaciones de neutralización. Preparación de soluciones patrones. Estandarización.	REACTANTES Hidróxido de sodio 0.5N Biftalato de potasio Fenoftaleina Acido sulfúrico 0.05 N Agua destilada PRODUCTOS Hidróxido de potasio Biftalato de sodio Sulfato de sodio Agua	10 gr 0.2-0.25 gr 0.25 ml 1.45 ml+10% ex-ceso 2.06 lt	Bajo Insignificante Bajo Bajo Insignificante Bajo Datos insuficientes Bajo Insignificante
Aplicaciones sobre titulación. Determinación del contenido de vinagre.	REACTANTES Vinagre Hidróxido de sodio Fenoftalina Anaranjado de metilo Muestra A Muestra B Muestra C Acido sulfúrico (titulante) Agua destilada PRODUCTOS Acetato de sodio Agua Iones carbonato Iones bicarbonato Iones oxídricos El producto que resulte de la titulación de Acido sulfúrico dependerá de las muestras A, B y C	2 ml 0.4 ml 0.3 ml 5 ml 5 ml 5 ml 200 ml	Bajo Bajo Bajo Bajo Bajo Insignificante Bajo Insignificante Insignificante Insignificante Bajo
Parte I Aplicación de titulaciones de precipitados	REACTANTES Cloruro de potasio Cloruro de sodio Cloruro de calcio Cloruro de magnesio Cromato de potasio Nitrato de plata Carbonato de calcio Agua destilada	0.1 gr 0.05 gr 0.05 gr 0.05 gr 1 ml 8.6 gr 3 gr 1.30 lt	Insignificante Insignificante Insignificante Insignificante Alto Alto Insignificante Insignificante

NOMBRE DE LA PRACTICA	REACTIVOS	CANTIDAD	RIESGOS*
	PRODUCTOS Cloruro de plata Cromato de plata Nitrato de potasio Carbonato de calcio		Insignificante Bajo Mediano Insignificante
Parte 2 Aplicación de titulaciones de precipitados	REACTANTES Nitrato de plata Nitrobenzeno Nitrato férrico Acido nítrico Tiocianato de potasio Cloruro de sodio Agua destilada PRODUCTOS Cloruro de plata Nitrobenzeno Nitrato de sodio Nitrato de potasio Tiocianato de hierro Tiocianato de plata	8.6 gr 15 ml 15 ml 15 ml 1.3 gr 0.15 gr 1,500 ml	Alto Alto Datos insuficientes Bajo Bajo Insignificante Insignificante Insignificante Alto Alto Mediano Datos insuficientes Mediano
Titulaciones con formación de complejos. Determinación de la dureza en el agua	REACTANTES Cloruro de amonio Hidróxido de amonio concentrado Negro de eriocromo T indicador Alcohol puro EDTA Cloruro de magnesio Carbonato de calcio Acido clorhídrico Clorhidrato de hidroxilamina Cianuro de sodio PRODUCTOS Amoníaco Negro de eriocromo T Acido carbónico Etilendiamino tetracetato de magnesio Etilendiamino tetracetato de calcio Negro de eriocromo T Cloruro de magnesio	6.8 gr 57 ml 0.25 gr 50 ml 4 gr 0.1 gr 1 gr 5 ml 0.05 ml 1 ml	Bajo Mediano Alto Bajo Bajo Insignificante Insignificante Bajo Datos insuficientes Alto Mediano Alto Bajo Datos insuficientes Datos insuficientes Alto Insignificante

NOMBRE DE LA PRACTICA	REACTIVOS	CANTIDAD	RIESGOS*
Titulaciones oxidación-reducción	REACTANTES		
	Permanganato de potasio	1.8 gr	Mediano
	Oxalato de sodio	0.05 gr	Bajo
	Acido sulfúrico concentrado	2.6 ml	Mediano
	Acido sulfúrico al 5% p/v		Bajo
	Oxalato de amonio saturado	35 ml	Bajo
	Solución diluida de oxalato 0.02%	25 ml	Insignificante
	Acido clorhídrico concentrado	5 ml	Mediano
	Rojo de metilo	0.1 ml	Bajo
	PRODUCTOS		
	Sulfato de sodio		Bajo
	Acido oxálico		Bajo
	Dióxido de carbono		Insignificante
	Manganeso en estado de solución		Bajo
Iones calcio en solución		Bajo	

Referencia: U.E.S. (1994d).

Las cantidades de reactantes han sido calculados para un grupo de estudiantes. Para la cuantificación total de reactivos y productos debe considerarse el numero de grupos que realiza la práctica.

*Ver Anexo N° 3, Cuadro N° 3-A

A. PRACTICA N° 6: APLICACION DE TITULACIONES DE PRECIPITADOS

I. Desarrollo de la Práctica de Laboratorio

a. Fundamentación Teórica

Determinación de Cloruros. Método de Volhard.

En los métodos que involucra la Volumetría de Precipitación, se valora una sustancia con una solución patrón de un agente precipitante. Cuando la precipitación se completa el agente precipitante reacciona con un indicador y se produce el cambio de color (punto final de la valoración)

Casi todos los métodos de precipitación se pueden describir por medio de la ecuación general:



Para esta reacción la constante de equilibrio toma la forma siguiente:

$$K_{ps} = [A]^x [B]^y$$

Los métodos más comunes en este tipo de volumetría son el método de "Mohr" y el método de "Volhard". Los cuales tienen amplia aplicación en Ingeniería Química, debido a que se usan en el tratamiento de aguas para determinar cloruros. Estos métodos sólo se aplican cuando el cloro está en forma de cloruro.

El método indirecto de "Volhard", se añade un volumen medido de solución de nitrato de plata en exceso respecto a la cantidad de cloruro presente. El exceso de ión plata se valora por retroceso con disolución patrón de tiocianato de potasio y el indicador de hierro III.

La principal ventaja que presenta el método de "Volhard" sobre el método de "Mohr" consiste en que la titulación se lleva a cabo en un medio ácido; de tal manera que se eliminan las interferencias de los aniones, tales como fosfato y oxalato. Además los cationes alcalinos térreos no interfieren en el método de Volhard.

b. Procedimiento

1. Poner una muestra de cloruro soluble en la estufa por una hora a 100-110 °C.
2. Pesar 3 muestras 0.05 gr y colocarlas en frascos erlenmeyer de 250 ml.
3. Disolver las muestras en 100 ml de agua destilada.
4. Introducir un exceso de 25 ml de nitrato de plata 0.05 N, tomar nota del volumen agregado.
5. Acidificar con 5 ml de Acido Nitríco 6N y añadir 5 ml de Hierro III indicador y 5 ml de Nitrobenceno.
6. Agitar vigorosamente, titular el exceso de plata con Tiocianato de Potasio hasta que el punto final aparece, coloración roja (débil) permanente. La agitación debe mantenerse

hasta permanencia de color, rojo cafésoso durante un minuto.

$$\text{Cálculo} = \frac{(V_{\text{NO}_3\text{Ag}} - V_{\text{KSCN}}) \times N_{\text{KSCN}} \times \text{meq gr Cl} \times 100}{\text{peso de la muestra}}$$

II. Análisis de la Práctica

a. Caracterización de Materia Prima Productos

Materia prima:

Cloruro de sodio (NaCl)

Nitrato de plata (AgNO₃)

Nitrobenzeno (NO₂C₆H₅)

Indicador de hierro III ó nitrato férrico Fe(NO₃)₃

Tiocianato de potasio (KSCN)

Acido nítrico (HNO₃)

Productos:

Reacción del cloruro de sodio con el nitrato de plata.

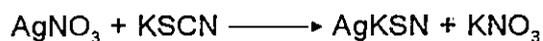


DONDE:

Cloruro de plata (AgCl)

Nitrato de sodio (NaNO₃)

Reacción del nitrato de plata con el tiocianato de potasio.



DONDE:

Tiocianato de plata (AgSCN)

Nitrato de potasio (KNO₃)

Reacción entre el tiocianato de potasio que no reaccionó con el indicador de hierro III.



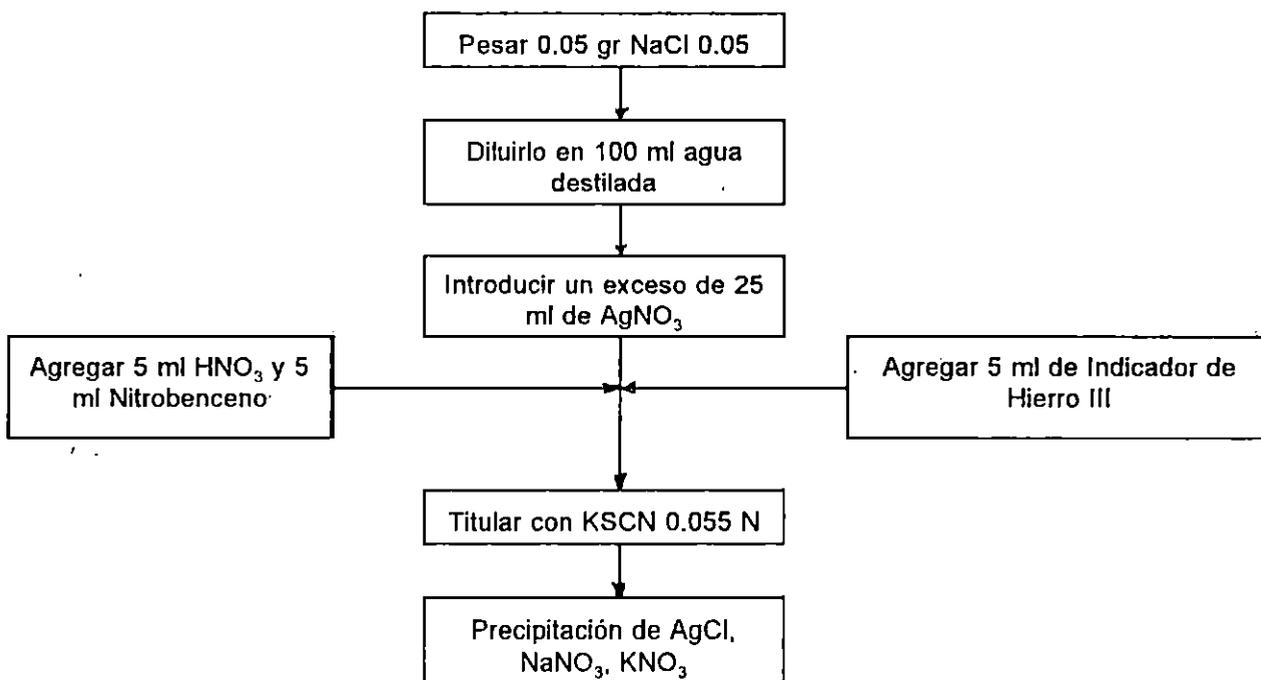
DONDE:

Tiocianato de hierro Fe(SCN)₃

b. Identificación de Procesos y Operaciones Unitarias

Pesado	Disolución
Mezcla	Agitación
Precipitación	Decantación

c. Diagrama de Flujo para el Método de Volhard



III. Balance de Materiales

Reacciones Químicas



a. Determinación del Consumo de Materia Prima

El consumo de materia prima es por experimento, y en total realizan tres experimentos.

Cloruro de sodio: 0.05 gr: total 0.15 gr

Nitrato de plata: 0.212 gr: total 0.636 gr.

Tiocianato de potasio: 0.047 gr: total 0.141 gr.

Nitrato férrico: 0.048 gr: total 0.144 gr.

Nitrobenceno: 5 ml: total 15 ml

Acido nítrico: 5 ml: total 15 ml

b. Determinación del Consumo de Agua

Agua para disolución de la muestra: 100 ml: total 300 ml.

c. Análisis de Productos Generados

Para determinar los productos generados se harán por un balance de materia. Siendo los valores:

Cloruro de plata: 0.125: total 0.375 gr.

Nitrato de sodio: 0.072 gr: total 0.216 gr.

Tiocianato de plata: 0.065: total 0.195 gr.

Nitrato de potasio: 0.055: total 0.165 gr.

Tiocianato de hierro: 0.036: total 0.108 gr.

Nitrobenceno: 5 ml: total 15 ml

Acido nítrico: 5 ml: total 15 ml

NOTA: Tanto el nitrobenceno como el ácido nítrico no reaccionan con ninguna sustancia, debido a que la función del nitrobenceno es la de enmascarar al cloruro de plata

formado y ácido nítrico es el medio ácido que el método de Volhard necesita para llevar a cabo su objetivo.

d. Resumen de Materiales de Entrada y Salida

0.03 gr NaCl	→		→	0.084 gr AgCl
0.128 gr AgNO ₃	→		→	0.05 gr NaNO ₃
0.047 gr KSCN	→		→	0.027 gr AgSCN
0.029 gr Fe(NO ₃) ₃	→		→	0.049 gr KNO ₃
3 ml HNO ₃	→		→	0.036 gr FeSCN
3 ml NO ₂ C ₆ H ₅	→		→	3 ml HNO ₃
50 ml H ₂ O	→		→	3 ml de NO ₂ C ₆ H ₅
			→	50 ml H ₂ O

IV. Propuesta de la Práctica de Laboratorio Modificada

Las modificaciones realizadas a la práctica consisten en reducción de reactivos a utilizar, ya que se pudo determinar que utilizando las cantidades recomendadas posteriormente, se obtienen los mismos resultados que los presentados en la práctica actual.

Disposición de desechos

La solución después de su titulación involucra una serie de productos los cuales es necesario brindarles un tratamiento previo para su disposición final, así:

- a. La solución se filtra para retener el Tiocianato de plata y el cloruro de plata el cual se encuentra enmascarado por el nitrobenceno. Estos se evaporan en una cámara para eliminar el nitrobenceno y obtener el Cloruro de plata. Posteriormente tanto el Cloruro de plata como el tiocianato de plata se guardan en un recipiente por contener metales valiosos en este caso la plata.
- b. La solución filtrada contiene nitrato de sodio, nitrato de potasio, tiocianato de hierro, ácido nítrico y agua. Esta solución se neutraliza con hidróxido de sodio para que el ácido nítrico reaccione formando nitrato de sodio más agua. El nitrato de potasio se hace reaccionar con cloruro de sodio para formar más nitrato de sodio y cloruro de potasio.

Los desechos se han reducido a: nitrato de sodio, cloruro de potasio, tiocianato de hierro y agua. Las cantidades de tiocianato de hierro se encuentran en trazas por lo que no serán consideradas.

En cuanto al nitrato de sodio y el cloruro de potasio se sugiere que la solución se guarde en un recipiente cerrado y etiquetado; para su posterior disposición. La solución anterior se neutraliza a un pH de 7-8 y se guarda en un recipiente colector.

OBSERVACIONES

1. Las investigaciones que realizan laboratorios de entidades públicas y privadas, como las de la Compañía Merck, aportan constantemente nuevos datos referentes a los rangos de peligrosidad y límites de exposición de sustancias químicas; por lo que deberán ser actualizados constantemente en los laboratorios de la universidad a través de catálogos que facilitan dichas entidades. Esto contribuirá a que los docentes, los laboratoristas y estudiantes trabajen de una forma más segura en las diferentes prácticas de laboratorio.
2. Las técnicas de análisis instrumentadas utilizan microcantidades de reactivos, y son consideradas muy eficientes debido a su fácil ejecución y corto tiempo de realización, por tanto, los desechos que generan estas técnicas son mínimos. Por las razones antes mencionadas, se considera que ya se aplica el concepto de "Tecnologías Más/Limpias" en los laboratorios de Análisis Instrumental de la carrera de Ingeniería Química de esta universidad, y no se realizó la auditoría de las prácticas de esta asignatura.
3. En la mayoría de laboratorios de las asignaturas analizadas las sustancias que deberían considerarse reactivos limitantes son dadas como reactivos en exceso, por lo que siempre se obtiene una considerable formación de productos secundarios.
4. En las prácticas de laboratorio revisadas en las que se sustituyeron sustancias químicas debido a su peligrosidad, no se realizó la auditoría de la práctica, sino que se dió una propuesta de procedimiento de la práctica de laboratorio a seguir, y la disposición de los desechos que se obtienen.
5. Entre las prácticas de laboratorio revisadas algunas incluyen en su procedimiento la utilización de reactivos con elevada peligrosidad, que no pueden ser sustituidos debido a las características de las asignaturas en particular; se sugiere en estos casos el tratamiento o disposición de los desechos generados y tomar medidas de precaución para la realización de las prácticas. Tomando en cuenta los objetivos de las asignaturas, se sugiere a quien le compete considerar la eliminación de las prácticas de laboratorio que involucren riesgo elevado para la salud de los estudiantes y para el medio ambiente.

CONCLUSIONES

1. El Salvador no cuenta con una rigurosa aplicación de las Leyes Ambientales debido a que éstas no se encuentran enmarcadas bajo un código específico y regulado por una institución o entidad designada para su ejecución motivo por el cual la mayoría de industrias no cuentan con medidas de precaución para el manejo de materia prima y producto, así como para la disposición final de los desechos.
2. De acuerdo a ejemplares publicados por la US EPA, el implementar "Tecnologías Más/Limpias de Producción" producen sustanciales beneficios económicos al ahorrarse los costos del tratamiento de los desechos, principalmente en los países desarrollados en los cuales se exige este tipo de tratamiento. En El Salvador no se exige el tratamiento de efluentes, residuos sólidos y emisiones gaseosas, por lo que la adopción de "Tecnologías Más/Limpias" podría no presentar considerables beneficios económicos a corto plazo.
3. El Ingeniero Químico consciente de que la industria química no dejará de existir, debe de contribuir a evitar al deterioro del medio ambiente, por lo que, como futuros profesionales deberán estar comprometidos a minimizar el posible impacto ambiental que sus acciones ocasionarán. La adopción de la filosofía de las "Tecnologías Más/Limpias de Producción" de prevenir en lugar de remediar, se convierte en un camino viable a la minimización de este problema.
4. Para que los profesionales en Ingeniería adopten la filosofía y apliquen técnicas de "Producción Más/Limpia", es necesario que en su formación dentro de las universidades se incluya educación ambiental, y capacitación no sólo en la optimización de la producción, sino además en la recuperación y conservación de los recursos naturales.

5. Para la efectiva puesta en marcha de un plan de minimización de desechos, es necesario que se involucren todos los niveles jerárquicos al interior del ente generador de desechos. Para el caso de la Universidad de El Salvador, debe hacerse del conocimiento del Consejo Superior Universitario y otras instancias competentes el compromiso que debe adquirirse y las acciones que deben realizarse para evitar en lo posible la contaminación ambiental causada por los laboratorios u otras fuentes generadoras de desechos dentro del campus.

RECOMENDACIONES

1. Deben incorporarse en el procedimiento de las prácticas de laboratorio medidas de disposición de los desechos que éstas producen. Se recomienda efectuar balances de materia para conocer los productos que se generan, para poderlos cualificar y cuantificar, y así poder dar medidas de disposición de los desechos los cuales deben incorporarse en el procedimiento de las prácticas de laboratorio.
2. Se recomienda analizar a fondo el contenido programático de las asignaturas con el objetivo de introducir temáticas ambientalistas, y de "Producción Más/Limpia" que den a conocer los efectos que la industria química causa sobre el ambiente. Además se deben proporcionar las herramientas necesarias para disminuir en lo posible dichos efectos.
3. Debido a la constante investigación que se realiza de las diferentes sustancias químicas, se van descubriendo nuevos datos de peligrosidad, límites de exposición y otros, por lo que se recomienda que tanto el personal docente como los estudiantes se actualicen siempre, evitando de esta manera riesgos en el laboratorio. Debe tomarse en cuenta además, las incompatibilidades químicas y los equipos de protección para el manejo de las sustancias.
4. Los efectos adversos que ocasionan los productos químicos sobre la salud puede darse a corto, mediano o a largo plazo, por lo cual deben adoptarse normas de seguridad y medidas de protección para poderlos evitar o prevenir.
5. En la asignatura de Química Orgánica donde se estudian algunos compuestos en forma individual, se sugiere agregar como un tema adicional la peligrosidad para el hombre, sus efectos sobre el medioambiente y en qué tipo de procesos u operaciones industriales pueden ser utilizados.

6. Es conveniente realizar proyectos en los que los docentes de la cátedra en conjunto con los alumnos, auditen los laboratorios de las diferentes asignaturas de la carrera de Ingeniería Química y establezcan además planes de minimización y tratamiento de desechos que sirvan como un "estudio piloto" para su posterior extensión a los laboratorios de otras facultades. Con los resultados obtenidos se deberá persuadir a las autoridades competentes de los beneficios medio ambientales que producirán las "Tecnologías Más/Limpias" adoptadas.
7. Debe promoverse la relación de la Universidad con la industria, el gobierno, instituciones internacionales, entidades no gubernamentales y otras, a través de la realización de proyectos en conjunto, encaminados a la recuperación del medio ambiente.
8. Deben revisarse cada año los manuales de laboratorio de las distintas asignaturas, para su actualización, con el fin de conocer la posible contaminación del medio ambiente, así como la exposición de los usuarios a riesgos que podrían evitarse sustituyendo las prácticas de laboratorio existentes por otras menos peligrosas que cumplan con los objetivos de las prácticas o bien adoptar medidas de precaución y normas de seguridad para la realización de los laboratorios ya existentes.
9. Para una mejor disposición y control de los desechos de los laboratorios de la Universidad de El Salvador, sería conveniente que todos los laboratorios se instalaran en una área específica del recinto universitario, adoptando un programa de minimización de desechos.

GLOSARIO

AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS O AGUAS NEGRAS: es la combinación de los líquidos y residuos arrastrados por el agua, arrastrado de casas, edificios comerciales, fábricas e instalaciones, resultante del uso humano del agua.

AGUAS RESIDUALES INDUSTRIALES: son aquellos desechos líquidos resultantes de cualquier proceso industrial, pudiendo contener residuos orgánicos, minerales, etc., que pueden ser tóxicos, o que representan alguna peligrosidad.

ANTROCENTRISMO: m. Sistema filosófico que considera al hombre como el centro del universo.

ASMA: enfermedad de los bronquios, caracterizada por excesos de tos.

ACTINICO: capaz de producir cambios químicos.

BIOTECNOLOGIA: es la integración de las ciencias naturales y de la ingeniería para lograr la aplicación de los organismos, células y partes de los mismos en la manufactura de los productos y en la prestación de servicios.

BIODEGRADABLE: adj. Biol. Dícese de las sustancias que pueden ser transformadas en otras químicamente más sencillas.

BIOSFERA: conjunto de medios en que se desenvuelve la vida animal y vegetal; o conjunto que forman los seres vivos con el medio en que se desarrollan.

BRONQUITIS: enfermedad consistente en la inflamación de la mucosa de los bronquios.

DESARROLLO SUSTENTABLE: "mejorar la calidad de vida humana mientras se viva dentro de la capacidad de los ecosistemas que lo soportan".

ECOSISTEMA: conjunto de seres vivos y sustancias inertes que actúan recíprocamente intercambiando materiales.

ECOLOGIA: ciencia que estudia las relaciones entre los seres vivos y el medio en que viven.

ECOTECNOLOGIA: es una forma de desarrollar tecnología sustentable, encajando la tecnología dentro de la ecoesfera y la cultura, empleando la biodiversidad disponible, con el objeto de lograr un beneficio para la humanidad dentro de los principios ecológicos.

ENCEFALOPATIA: trastorno del encéfalo.

ENFERMEDAD DE WILSON: trastorno hereditario recesivo del metabolismo del cobre; debido a la absorción continua, y una excreción hepática disminuida, lo cual conduce a la acumulación a niveles tóxicos del cobre en hígado, cerebro y cornea. Las principales

consecuencias son: lesión hepática en forma de hepatitis activa o cirrosis, cambios degenerativos cerebrales.

ENFISEMA: hinchazón producida por la presencia de aire o gas en tejido celular, pulmonar o en la piel.

ENFISEMA PULMONAR: dilatación anormal de los alvéolos pulmonares.

ENDOGENA: que se origina o que nace en el interior. Que se origina por causas internas.

ETIOLOGIA: parte de la medicina que estudia las causas de las enfermedades.

MORBILIDAD: número proporcional de personas que enferman en población y tiempo determinados.

MORTALIDAD: número proporcional de defunciones en población y tiempo determinados.

NARCOSIS: sueño provocado artificialmente por agentes farmacológicos.

ONCOLOGIA: parte de la medicina que estudia los tumores.

PATOGENO: dicese de los organismos, generalmente microorganismos, capaces de producir una infección en el cuerpo de animales y vegetales.

POLUCION: es la alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua, que pueden constituir un perjuicio a la salud, a la seguridad y al bienestar en la población; que ponga en peligro o altere la vida acuática, los usos agrícolas, comerciales, industriales o recreativos del agua.

SATURNISMO: enfermedad crónica producida por intoxicación con sales de plomo.

TUMOR: hinchazón o bulto que se forma anormalmente en alguna parte del cuerpo, alteración patológica de un órgano o de una parte de él, producida por la proliferación de las células que lo componen.

VERTIDO O DESCARGA: efluente que proviene de un establecimiento doméstico-industrial, comercial, agrícola o de una red de alcantarillado.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ACGIH (1989). American Conferences of Government Industrial Hygienist. Threshold Limited Values for Chemicals. Washington, D.C., EUA.
2. Araujo, C. (1993). "Normas Químicas de Seguridad Industrial". Universidad de Oviedo. Curso de Capacitación del Programa de Cooperación Universitaria Española para la U.E.S., Agosto.
3. Armour, M. A. (1991). "Hazardous Laboratory Chemicals-Disposal Guide" CRC Press, Inc, Boca Raton, Florida. EUA.
4. Austin, T. G. (1988). "Manual de Procesos Químicos en la Industria". Tomos I y II, 5ª Edición. Editorial McGraw Hill. México.
5. Badía Serra, E. (1993). "Corrosión y Materiales". Guión de Clase. Ciclo II. Escuela de Química. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de El Salvador, San Salvador.
6. Castillo M. N.; V. Mena (1993). "Uso de Enzimas Protolíticas en el Depilado de Piel y su Incidencia en la Reducción de la Contaminación Producida por Tenerías". Trabajo de Graduación para optar al título de Ingeniero Químico. Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería y Arquitectura; U.E.S. San Salvador.
7. Davenport, R. E. (1992). "Educación Ambiental en El Salvador". Un diagnóstico. PACA/CARE/USAID. San Salvador, El Salvador.
8. ECOSAL II (1993). Programa para el Medio Ambiente y Salud en el Istmo Centroamericano. Segunda Conferencia Centroamericana sobre Ecología y Salud. (OPS/OMS). 1-2 de Septiembre. Tegucigalpa, Honduras.

9. FIAS (1995). Proyectos Aprobados y Desarrollados por el Fondo Internacional para Las Américas en El Salvador, Agosto. San Salvador, El Salvador.
10. Halcrow, W. (1993). Water and Sewerage Effluent Treatment: Industry Process Techniques. The Global Technology Partnership Conference. Workshop Papers. 23-25 March. Washington D.C., EUA.
11. Himmelblau, D. M. (1988). "Balancé de Materia y Energía". 4ª Edición Prentice Hall, Inc. México.
12. ICAITI (1994). Aspectos Científicos y Tecnológicos para el Bioprociamiento Ecológico para lograr una Producción Más Limpia. Seminario Taller. Antigua Guatemala, Guatemala. 11-15 de Febrero.
13. Institut Cerdà (1992). "Manual de Minimización de Residuos y Emisiones". Tomo II. Principado de Asturias. Barcelona, España.
14. La Prensa Gráfica. Artículo sobre Contaminación Ambiental. Año LXXXII, Edición N° 28,383. Julio 8 de 1996. San Salvador.
15. Martínez Arnáiz, J. I. (1985). "Ecología", UCA Editores, 2ª Edición. San Salvador.
16. ✓ MSPASS (1990-94). "Reportes Epidemiológicos", Unidad de Estadística y Salud. San Salvador.
17. Merck E., E. (1996). "Manual de Reactivos-Diagnóstico-Productos Químicos". República Federal de Alemania.
18. Merck E., E. (1992/1993). "Manual de Reactivos-Diagnóstico-Productos Químicos". República Federal de Alemania.

19. Moser, A. (1994). "From Cure to Prevention: Case Studies". Institut für Biotechnologie, Graz, Austria.
20. Orellana Orellana, J. E. (1994). "Memoria I Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria Ambiental". ASIA, 25-26 de Noviembre, San Salvador.
21. Perdomo Lino, F. (1995). Entrevista Personal. "Educación Ambiental", Jefe de La Sección de Educación Ambiental. SEMA. San Salvador, El Salvador.
22. Pipitone, D. A. (1991). "Safe Storage of Laboratory Chemical". Segunda Edición, John Wiley & Sons, Inc. New York .
23. Rico Peña, D.C. (1995). Introducción de Tecnologías "Más/Limpias" de Producción en la Enseñanza de las Ingenierías. Guión de Clases de la Asignatura de Química Industrial. Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería y Arquitectura; U.E.S. San Salvador.
24. Robbins, S. (1987). "Patología Estructural y Funcional". 3ª ed. Nueva Editorial Interamericana. México D.F.
25. Ruesga, S. M.; G. Durán (1994). "Empresa y Medio Ambiente". Ediciones Pirámide S.A. Primera Edición, Madrid, España.
26. Rugamas, J. A. (1988). "Elaboración de un Cuaderno de Cátedra de Química Analítica Clásica para Ingeniería Química". Trabajo de Graduación para optar al título de Ingeniero Químico. Escuela de Ingeniería Química, Facultad de Ingeniería y Arquitectura; U.E.S. San Salvador.
27. SEMA (1994). "El Salvador, Estrategia Nacional del Medio Ambiente". Ministerio de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social. San Salvador, El Salvador.

28. SEMA (1995). Informe de la Realización del Seminario Taller sobre la Implementación del Convenio de Basilea. Mayo 31-Junio 2. San Salvador, El Salvador.
29. Serrano, F.; D. McCaffrey. (1992). "El proyecto PROMESA Y las políticas ambientales en El Salvador". PACA/CARE/USAID. San Salvador, El Salvador.
30. Sienko, M. J.; R. A. Plane. (1987). "Química Principios y Aplicaciones". Primera Edición, Editorial McGraw Hill, México. D.F.
31. Skoog, D. A.; D. West. (1994). "Análisis Instrumental". Nueva Editorial Interamericana. S.A. de C.V. México.
32. UNEP (1994a). "Technical Guidelines on used oil Re-Refining or other Re-use previously used oil". SBC/94/6, Mayo. Genova. Italia.
33. UNEP (1994b). "Frameworks Document on Technical Guidelines for Environmental Sound Management of Wastes Subject to the Basel Convention". SBC/94/5, Mayo. Génova. Italia.
34. UNEP (1992). Audit and Reduction Manual for Industrial Emissions and Wastes. Série de Reportes Técnicos N° 7. Primera Edición. Viena, Austria.
35. Universidad de El Salvador. (1994a). "Manual de Laboratorio de Química General I", Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. San Salvador.
36. Universidad de El Salvador. (1994b). "Manual de Laboratorio de Química General II", Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. San Salvador
37. Universidad de El Salvador. (1994c). "Manual de Laboratorio de Química Orgánica", Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. San Salvador.

38. Universidad de El Salvador. (1994d). "Manual de Laboratorio de Química Analítica", Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. San Salvador.
39. Universidad de El Salvador. (1996). "Manual de Laboratorio de Química Inorgánica", Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. San Salvador.
40. USAID, CARE INTERNATIONAL, OPS/OMS (1993) "Evaluación del Sector Agua Potable y Saneamiento". Informe preliminar. Noviembre, El Salvador.
41. U. S. EPA. (1987). Minimización de Residuos. Calidad Ambiental con Beneficios Económicos. Ohio, EUA.
42. U.S. EPA, (1990). Guides to Pollution Prevention Research and Educational Institution. N° EPA/625/8-90/010. Junio. Ohio, EUA.
43. U.S. EPA, (1992). Pollution Prevention Case Studies. Compendium, N° EPA/600/R-92/046. Abril. Ohio, EUA.
44. U. S. EPA (1992). Facility Pollution Prevention Guide. Primera Edición. Cincinnati, Ohio. EUA.
45. Velásquez, R. (1987). "Cuaderno de Cátedra Química Inorgánica". Ciclo I (87/88), Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador.
46. Voger, A. I. (1962). "Text-Book of Practical Organic Chemistry". 3ª Edición. Londres.
47. Wang, L. K.; M. H. Sung Wang (1992). "Handbook of Industrial Waste Treatment". Editorial Marcel Dekker, Inc. Nueva York. EUA.
48. Wittcoff, A. H.; B. G. Reuben. (1991); "Productos Químicos Orgánicos Industriales". Volumen 2, 1ª Edición. Editorial Limusa. México.

ANEXOS

ANEXO N° 1**DATOS GENERALES DE LA SITUACION ACTUAL DE LA
CONTAMINACION AMBIENTAL EN EL SALVADOR**

- CUADRO N° 1-A:** CONTAMINACION GENERADA POR DIVERSAS INDUSTRIAS EN EL SALVADOR
- CUADRO N° 1-B:** PROYECTOS EN EL AREA DE CONTAMINACION AMBIENTAL PRESENTADOS POR EL PNEA
- CUADRO N° 1-C:** PROGRAMAS AMBIENTALES APROBADOS Y FINANCIADOS POR EL FONDO DE INICIATIVA PARA LAS AMERICAS
- CUADRO N° 1-D:** CAMPOS DE ACCION DE DIFERENTES INSTITUCIONES ESTATALES

CUADRO N° 1-A: CONTAMINACION GENERADA POR DIVERSAS INDUSTRIAS EN EL SALVADOR (1990)

INDUSTRIA	CARGA (Población equivalente)
Beneficios de Café	2,000,000 hab.
Ingenios Azucareros	1,600,000 hab.
Beneficios de Henequén	695,000 hab.
Destilerías de Alcohol	194,000 hab.
Curtiembres	86,000 hab.
Industria Láctea	24,200 hab.
Industria Textil	23,000 hab.
Mataderos	18,500 hab.
Industria Papelera	11,400 hab.
TOTAL DE POBLACION	4,500,000 hab

REFERENCIA: Castillo y Mena, (1993).

CUADRO N° 1-B: PROYECTOS EN EL AREA DE CONTAMINACION AMBIENTAL PRESENTADOS POR EL PNEA

PROGRAMA	PROYECTOS
1.1 Saneamiento Ambiental	1.1.1 Manejo de desechos sólidos en centros urbanos ⁽²⁾ (Fase Piloto). 1.1.2 Protección y saneamiento ambiental de playas. 1.1.3 Manejo de desechos económicamente deprimidos. ⁽²⁾ 1.1.4 Fortalecimiento y Monitoreo de la calidad de los alimentos y del agua. 1.1.5 Plan de Manejo de la Sub-Cuenca del Lago de Ilopango.
1.2 Control de la Contaminación	1.2.1 Plan de manejo y control de vertidos municipales, industriales y agropecuarios ⁽²⁾ . 1.2.2 Fortalecimiento y modernización del Laboratorio del Medio Ambiente. 1.2.3 Ejecución de auditorías ambientales a las principales industrias, agroindustrias y centros asistenciales de salud. 1.2.4 Aprovechamiento productivo de residuos contaminantes del beneficiado café (Fase Piloto). 1.2.5 Elaboración e implementación de un plan de control de la contaminación ambiental por automotores e industrias. 1.2.6 Reactivación del Programa de Medición de la Contaminación Atmosférica. 1.2.7 Diagnósticos de ecosistemas contaminados. ⁽¹⁾ 1.2.8 Análisis del sistema de producción y manejo de productos químicos peligrosos y formulación de mecanismos de control. 1.2.9 Elaboración del Anteproyecto de Ley de control de la contaminación atmosférica.

⁽¹⁾ Componentes de estos proyectos han sido propuestos para su inclusión en la fase de contingencia en el Plan de Reconstrucción Nacional (PRN).

⁽²⁾ Componentes de estos proyectos han sido propuestos para su inclusión en la fase II del Programa de Reconstrucción Nacional (PRN).

REFERENCIA: SEMA (1995)

CUADRO N° 1-C:

PROGRAMAS AMBIENTALES APROBADOS Y FINANCIADOS POR EL FONDO DE INICIATIVA PARA LAS AMERICAS

AREA AMBIENTAL	PROYECTO	ORGANIZACION
Proyectos aprobados al 7 de Diciembre de 1994		
Pequeño Proyecto (con un monto hasta U.S. \$15,000)	Capacitación en reforestación en el municipio de El Paraiso, departamento de Chalatenango. Capacitación y diagnóstico sobre Medio Ambiente, departamento de Ahuachapán.	Fundación para el progreso de El Salvador (FUNPRESAL). Asociación para el desarrollo Municipal, Zunca Aguijuyo (ADEMUSA).
Proyectos Medianos (con un monto hasta U.S. \$100,000)	Capacitación en Medio Ambiente, Ecología y procesos de Diagnóstico, departamento de San Salvador. Concientización de la Importancia de Conservar ambientes sanos a nivel nacional. Comunicación, Promoción y Educación Ambiental, a nivel nacional. Educación escolar, ambiental a 7 centros escolares de Tonacatepeque, departamento de San Salvador. Educación ambiental, capacitación, promoción de producción Agrícola Sostenible en el área del centro de Guazapa, Cuscatlán.	Universidad Luterana Salvadoreña. Comité Intersectoral de Supervivencia Infantil (CISI). Unidad Ecológica Salvadoreña. Asociación de Mujeres Salvadoreñas (ADEMUSA). Asociación Salvadoreña de Educación Popular (CENCAPP).
Proyectos aprobados al 4 de Enero 1995		
Pequeño Proyecto (con un monto hasta U.S. \$15,000)	Educación y Capacitación Ambiental a líderes comunales de la Laguna, departamento de Chalatenango.	Fundación Salvadoreña de Capacitación Ambiental (FUSALCA)
Proyecto Mediano (con un monto hasta U.S. \$15,000)	Formación de Jóvenes en el Centro Agroecológico de Agua Caliente.	Asociación para el Desarrollo y la Paz (PRODEPAZ).
Proyectos aprobados hasta el 9 de Agosto de 1995		
Proyecto Mediano	Capacitación ambiental comunitaria y reforestación. Municipio Nuevo Eden de San Juan, departamento de San Miguel. Educación Ambiental, Agroforestación y Conservación de Suelos en el sur de Cañas.	Centro Coordinador de Programas Alternativos de Salud (CCPAS). Centro Coordinador de Programas Alternativos de Salud (CCPAS).
Proyecto Pequeño	Capacitación en Agricultura sostenible para el rescate del Medio Ambiente. Fundación Ambiental a través de la Revista Medio Ambiente.	Federación de Asociación Cooperativas Agropecuarias de Occidente (FACOPADO DE R.L.). Asociación Salvadoreña para el Desarrollo Integral.

REFERENCIA: FIAS (1995)

CUADRO Nº 1-D: CAMPOS DE ACCION DE DIFERENTES INSTITUCIONES ESTATALES

CAMPO DE ACCION	INSTITUCION ESTATAL	ACTIVIDADES
Recursos Naturales	Ministerio de Agricultura y Ganadería.	Proteger, mejorar y conservar los recursos naturales.
	Alcaldías Municipales.	El incremento y protección de los recursos renovables y no renovables.
	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. División de Saneamiento Ambiental	Programa de contaminación ambiental. Investigar la contaminación de la atmósfera exterior
Aire	Ministerio de Trabajo; Departamento Nacional de Higiene y Seguridad Ocupacional.	Control de la contaminación de la atmósfera confinada (industrial).
	Universidad de El Salvador; Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Civil.	Estudios sobre contaminación atmosférica.
	Ministerio de Agricultura y Ganadería; Centro de Recursos Naturales, Servicio Meteorológico e Hidrológico.	Vigilar e investigar los procesos atmosféricos, condiciones climáticas y agroclimáticas y variación de mareas. Operar, mantener y ampliar la red de estaciones meteorológicas. Elaborar pronósticos del tiempo. Elaborar estudios climáticos, agrometeorológicos, hidrometeorológicos y sinópticos del país.
	Ministerio de Agricultura y Ganadería; Dirección de Defensa Agropecuaria.	Control de pesticidas, fertilizantes y productos para uso agropecuario.
Agua	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.	Investigación de contaminación de lagos, ríos, control de contaminación del agua potable en las ciudades.
	Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ente autónomo).	Extracción, tratamiento y distribución del agua potable en las ciudades.
	Ministerio de Agricultura y Ganadería; Dirección General de Riego y Drenaje.	Formulación, evaluación, ejecución e implementación de proyectos de riego y drenaje.
	Ministerio de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social. Ministerio de Agricultura y Ganadería.	Aplicar el reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección.

CAMPO DE ACCIÓN	INSTITUCION ESTATAL	ACTIVIDADES
	Ministerio de Agricultura y Ganadería; Centro de Recursos Naturales, Servicio Meteorológico e Hidrológico.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Determinación de caudales de los ríos: <ul style="list-style-type: none"> - Variación diaria de niveles de embalse y lagos - Sedimento en suspensión. - Datos de calidad físico-químico del agua en los ríos. 2. Estudios hidrológicos e hidrogeológicos con fines de investigación. 3. Predicción hidrológica. 4. Colaboración con otros organismos en el uso del agua.
	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. <ul style="list-style-type: none"> - Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados. - Plan Nacional de Saneamiento Básico Rural. 	
	<ul style="list-style-type: none"> - Oficina Especializada del Agua. - Agencias Ejecutoras Especializadas y Ministerio de Obras Públicas. 	
	Ministerio de Obras Públicas; Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados; Ministerio de Agricultura y Ganadería; Ministerio de Salud Pública; Alcaldía Municipal.	Conocer, conceder o denegar las solicitudes de uso de terrenos comprendidos dentro de las zonas restringidas al desarrollo de asentamientos humanos, dentro del régimen de ordenamiento para la Región Metropolitana de San Salvador.
Suelo bosque	Ministerio de Agricultura y Ganadería; Servicio Forestal y Servicio.	Autorizar en forma potestativa el establecimiento de salineras por acción solar y cualquier explotación con fines de acuicultura marina, dentro de los bosques salados o en tierras comprendidas de los mismos.
Fauna	Alcaldía Municipal; SPNVS-CENREN; Patrimonio Natural.	La autorización y regulación de tenencia de animales domésticos y salvajes.
Suelo, Fauna, Flora	Ministerio de Agricultura y Ganadería; Dirección General de Recursos Naturales Renovables; Servicio de ordenación de cuencas hidrográficas y conservación de suelos.	<ul style="list-style-type: none"> - Levantamiento y clasificación de suelos, inventario, evaluación, investigación y desarrollo del recurso suelo. - Estudios y proyectos de ordenamiento de cuencas hidrográficas. - Supervisión técnica y ejecución de obras de conservación de suelos en las cuencas hidrográficas.

CAMPO DE ACCION	INSTITUCION ESTATAL	ACTIVIDADES
	Ministerio de Agricultura y Ganadería; Dirección General de Recursos Naturales Renovables; Servicio Forestal y de Fauna.	<ul style="list-style-type: none"> - Administración, inventario, evaluación y desarrollo de los recursos, bosque y fauna silvestre. - Ordenamiento del patrimonio forestal, nacional o privado. - Promover la conservación, creación y administración de reservas forestales, parques nacionales y reservas equivalentes, a fin de que la flora y fauna se conserven para beneficio de las comunidades.
	Ministerio de Agricultura y Ganadería; Centro de Desarrollo Pesquero.	Inventariar y evaluar la riqueza marina. Inventariar y proteger la fauna y flora acuática, poniendo en práctica medidas técnico científicas y legales, tendientes a la explotación y aprovechamiento racional de ese recurso.
Energía	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.	Medidas de protección para la acción de radiaciones.
Minerales	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa (ente Autónomo).	Construcción, administración y distribución del flujo hidro y termoelectrico y combustible origen petróleo.
	Ministerio de Obras Públicas; Centro de Investigaciones Geotérmicas.	Estudios de zonificación, evaluación y ubicación de recursos minerales en el país. Servicios de Investigación y análisis que den información necesaria sobre depósitos de minerales existentes para programar su explotación racional.
Paisaje	Instituto Salvadoreño de Turismo (ente autónomo).	Construcción y administración del recurso.
	Ministerio de Agricultura y Ganadería; Centro de Recursos Naturales; Servicio Forestal y de Fauna.	Administración, conservación, protección, vigilancia y acondicionamiento de los parques nacionales y reservas equivalentes.
		Creación de Parques Nacionales. Creación de Patrimonio Cultural.
Patrimonio Cultural	Ministerio de Educación; Dirección Nacional de Cultura.	Rescate e investigación de los bienes culturales del país. Administración del Museo Nacional de Antropología y Sitios.
Patrimonio Natural	Ministerio de Educación; Dirección de Cultura	Investigación e inventario de los recursos naturales en cooperación con el MAG.
		Administración de los bosques educativos, Zoológico Nacional y resumen de Historia Natural.

REFERENCIA: SEMA (1994).

ANEXO N° 2

PROGRAMAS DE LAS ASIGNATURAS DE LA CARRERA DE INGENIERIA QUIMICA DEL AREA DE QUIMICA Y ANALISIS QUIMICO, Y PROPUESTA DE EVALUACION DE TEMAS RELACIONADOS CON EL MEDIO AMBIENTE

- ANEXO N° 2-A: PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE METODOS EXPERIMENTALES
- ANEXO N° 2-B: PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE QUIMICA GENERAL I
- ANEXO N° 2-C: PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE QUIMICA GENERAL II
- ANEXO N° 2-D: PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE QUIMICA INORGANICA I
- ANEXO N° 2-E: PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE QUIMICA ORGANICA I
- ANEXO N° 2-F: PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE QUIMICA ANALITICA
- ANEXO N° 2-G: PROGRAMA DE LA ASIGNATURA DE ANALISIS INSTRUMENTAL

ANEXO N° 2-A

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 UNIDAD DE CIENCIAS BASICAS
 DEPARTAMENTO DE FISICA

METODOS EXPERIMENTALES
 CICLO I; AÑO 1993

PROGRAMAI. GENERALIDADES

Población	:	Estudiantes de Nuevo Ingreso
Pre-requisito	:	Bachillerato
Unidades valorativas	:	4 U.V.
Duración	:	18 semanas
Coordinador de Cátedra	:	
Coordinador de Discusión de Problemas	:	
Coordinador de Laboratorio	:	

II. OBJETIVOS GENERALES

1. Conocer el método usado por las ciencias, caracterización, su estructura y sus funciones.
2. Capacitar al estudiante en la aplicación del método científico.
3. Desarrollar en el estudiante habilidades y destrezas a través de la experimentación elemental.
4. Capacitar al estudiante para que pueda efectuar: Mediciones; análisis estadísticos de los datos experimentales; presentar informes.
5. Dar al estudiante la formación académica necesaria para el análisis, explicación de situaciones en las que se producen fenómenos naturales y la actividad podrá desarrollarla en forma individual o en forma colectiva.

III. OBJETIVOS ESPECIFICOS POR UNIDAD

A. UNIDAD I: ACTIVIDAD COGNOSCITIVA

Al final de la Unidad el estudiante podrá:

1. Explicar lo que entiende por actividad cognoscitiva y sus principales consecuencias.
2. Explicar el proceso empírico-espontáneo del conocimiento, sus cambios, sus elementos esenciales.
3. Explicar como la ciencia es tomada como forma especial del conocimiento, las causas y condiciones para ello, su evolución y logros.
4. Explicar el estado actual de la ciencia como actividad cognoscitiva y la influencia de la división del trabajo.
5. Establecer diferencias entre la actividad cognoscitiva cotidiana y al investigación científica.
6. Explicar que entiende por:
 - a. Investigación teórica fundamental.
 - b. Investigación teórica dirigida a un fin.
 - c. Investigaciones aplicadas, dirigidas a la utilización práctica de las leyes y teorías formuladas.

7. Explicar la evolución de la ciencia en forma general, y los requerimientos lógicos y gnoseológicos.
8. Explicar las diferencias entre la investigación científica y el razonamiento especulativo.

B. UNIDAD II: EL PROCESO DE MEDICION

Al finalizar la Unidad, el estudiante podrá:

1. Explicar la importancia del proceso de medición.
2. Enumerar, explicar, caracterizar las diferentes formas de medir.
3. Explicar como es que hay limitaciones en la medida.
4. Definir magnitudes Físicas fundamentales y derivadas.
5. Entre un grupo de magnitudes físicas identificar cuales son fundamentales y cuales son derivadas.
6. Definir Sistemas de Unidades.
7. Definir Sistema de Unidades Científicas o Absolutas.
8. Definir Sistemas de Unidades Técnicas o Gravitacionales.
9. Definir el Sistema Internacional de Unidades (SI).
10. Definir que entiende por error.
11. Enumerar y explicar las causas de error en la medida.
12. Enumerar y explicar los tipos de error.
13. Definir Precisión.
14. Definir Exactitud.
15. Establecer diferencias entre Precisión y Exactitud.
16. Expresar las cantidades de acuerdo a las reglas de la Notación Científica.
17. Expresar una medida
 - a) Indicando el orden de magnitud
 - b) Limitando el número de cifras significativas (operaciones fundamentales considerando cifras significativas).
 - c) Indicando el tamaño de la incerteza de la medida.
18. Calcular la incerteza absoluta y relativa de una medida, si ésta se ha realizado una o varias veces.
19. Determinar la propagación de la incerteza en operaciones fundamentales, algebraicas, trigonométricas, logarítmicas y exponenciales.
20. Resolver problemas sobre propagación de incerteza.

C. UNIDAD III: FUNCIONES Y GRAFICAS

Al final de la Unidad el estudiante podrá:

1. Hacer un análisis de gráficos, a partir de gráficos de fenómenos físicos construidos por él.
2. Explicar la proporcionalidad directa entre dos variables.
3. Resolver problemas de proporcionalidad directa entre dos variables.
4. Explicar proporcionalidad inversa entre dos variables.
5. Resolver problemas de proporcionalidad inversa entre dos variables.
6. Explicar proporcionalidad de la forma $Y = KX^n$.
7. Resolver problemas de proporcionalidad $Y = KX^n$, es decir determinar K y n .
8. Explicar y resolver problemas relacionados con la proporcionalidad exponencial $Y = AC^{bx}$, es decir determinar: A , C , b .

D. UNIDAD IV: LA CIENCIA, SU METODO Y SU FILOSOFIA

1. Definir o describir los siguientes términos: Ciencia, Ciencia formal, Ciencia factual.
2. Identificar de un listado de Ciencias las formales y las factuales.
3. Elaborar un listado con al menos 5 ciencias formales y 5 factuales.
4. Explicar que entiende por racionalidad del conocimiento científico.
5. Explicar que entiende por objetividad del conocimiento científico.
6. Enumerar y explicar todas las características de una ciencia fáctica.

E. UNIDAD V : METODO CIENTIFICO

Al final de la Unidad el estudiante podrá:

1. Explicar que entiende por pensamiento cotidiano y mencionar algunos ejemplos.
2. Explicar que entiende por pensamiento científico y mencionar algunos ejemplos.
3. Establecer diferencias entre pensamiento cotidiano y pensamiento científico.
4. Definir lo que entiende por método científico.
5. Enumerar y explicar las características del pensamiento científico.
6. Enumerar y explicar las características, que según Mario Bunge, son del pensamiento científico.
7. Explicar como uno de los fines del método científico es explicar la realidad.
8. Explicar como el método científico tiene por objetivo fundamental resolver problemas.
9. Enumerar y explicar lo que según José Luis López Cano, son los pasos del método científico.
10. Enumerar los aspectos racionales de la investigación científica.
11. Enunciar los aspectos empíricos de la investigación científica.
12. Indicar los procedimientos usados por las ciencias factuales.
13. Establecer diferencias entre percepciones y observación haciendo uso de un ejemplo.
14. Definir la observación.
15. Enumerar las funciones que ejecutan los instrumentos que auxilian al hombre en la observación.
16. Enumerar los elementos de la observación que señala Mario Bunge.
17. Definir que es experimentación.
18. Establecer diferencias entre experimentación y observación.
19. Enumerar algunas reglas que debe seguir la experimentación.
20. Explicar el servicio que presta la abstracción al método, en lo racional específicamente.
21. Enumerar y explicar las facilidades que ofrece, al método la abstracción.
22. Explicar que entiende por razonamiento.
23. Explicar que entiende por:
 - Razonamiento deductivo
 - Razonamiento analógico y sus criterios.
24. Explicar los métodos inductivos
 - a) de concordancia
 - b) de diferencia
 - c) de las variaciones concomitantes
 - d) de los residuos
25. Explicar en que consiste el análisis y la síntesis.
26. Enumerar los pasos del método científico.
27. Caracterizar lo que es un problema científico.
28. Mencionar ejemplo de problemas científicos.
29. Distinguir entre los problemas científicos y problemas no científicos.

30. Enumerar y explicar las reglas para el correcto planteamiento de un problema.
31. Definir Hipótesis Científica.
32. Enumerar las características, clasificación de las hipótesis y su relación con las leyes, teoría y observación.
33. Explicar la importancia y la utilidad de la hipótesis en la investigación científica.
34. Enumerar y explicar condiciones generales, reglas y criterios para formular correctamente las hipótesis.
35. Explicar que entiende por contrastabilidad de la hipótesis.
36. Enumerar y explicar técnicas de contrastación.
37. Explicar lo que entiende por experimentación y sus funciones.
38. Aplicar el método científico experimental a la solución de problemas.

F. UNIDAD VI: LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA

Al final de la unidad el estudiante podrá:

1. Definir lo que entiende por ingeniería, arquitectura, tecnología.
2. Mencionar en forma general los antecedentes de ingeniería, arquitectura y tecnología.
3. Establecer las siguientes relaciones:
Ciencia-Ingeniería
Ciencia-Tecnología-Medio Ambiente
Ingeniería-Tecnología
4. Mencionar el estado actual de la Ciencia, la Ingeniería y la Tecnología en:
a) la región Centro Americana
b) en El Salvador
c) en la F.I.A.
5. Mencionar las perspectivas de la Ciencia, la Ingeniería y la Tecnología.

S	CONTENIDOS	GI	GP	EVALUACION
1	UNIDAD I: ACTIVIDAD COGNOSCITIVA 1.0 Actividad cognoscitiva y el proceso del conocimiento 2.0 Proceso empírico-espontáneo del conocimiento	I N F O R M E S	I N F O R M E S	
2	3.0 La ciencia como forma especial del proceso del conocimiento 4.0 Conocimiento científico 5.0 Antecedentes Históricos	D1	L1	
3	UNIDAD II: EL PROCESO DE MEDICION 2.1 El Proceso de Medición y Limitaciones en las Medidas 2.1.1 Importancia del proceso de medición 2.1.2 Formas de medir 2.1.2.1 El Conteo 2.1.2.2 La Medición Directa 2.1.2.3 La Medición Indirecta 2.1.3 Limitaciones en las Medidas 2.2 Magnitudes Fundamentales y Derivadas 2.2.1 Unidades de Longitud, Masa y Tiempo 2.3 Sistema de Unidades 2.3.1 Sistemas Científicos o Absolutos 2.3.2 Sistemas Técnicos o Gravitacionales 2.3.3 El Sistema Internacional de Unidades (SI)	L1	D1	
4	2.4 Error en las Medidas 2.4.1 Causas de Error 2.4.1.1 Causas Instrumentales 2.4.1.2 Causas Ambientales 2.4.1.3 Causas Personales 2.4.1.4 Causas Metodológicas 2.4.2 Tipos de Error 2.4.2.1 Errores Sistemáticos, Instrumentales, Personales (Teóricos, equivocaciones) 2.4.2.2 Error Casual o Accidental 2.5 Precisión y exactitud 2.5.1 Precisión 2.5.2 Exactitud 2.6 Notación Científica	D	D2	
	2.7 Formas de Expresar una Medida 2.7.1 Indicando el orden de Magnitud 2.7.2 Limitando el número de Cifras Significativas 2.7.2.1 Operaciones Fundamentales Considerando Cifras Significativas 2.7.2.1.1 Suma 2.7.2.1.2 Multiplicación y División 2.7.2.1.3 Potenciación 2.7.2.1.4 Número Puro			
5	2.7.3 Indicando el Tamaño de la Incerteza de la Medida 2.7.3.1 Incerteza de una medida 2.7.3.2 Formas de Establecer la incerteza 2.7.3.2.2 Si la medida se ha realizado varias veces: a) Desvío Medio b) Desviación Estándar 2.7.3.3 Incerteza Absoluta y Relativa	L2	D2	ED1

S	CONTENIDOS	GI	GP	EVALUACION
6	2.8 Propagación de la Incerteza en Operaciones Fundamentales 2.8.1 Suma 2.8.2 Resta 2.8.3 Producto 2.8.4 Cociente 2.8.5 Producto y Cociente Combinados 2.8.6 Potenciación y Radiación 2.8.7 Funciones Trigonómicas 2.8.7.1 Función Sen X 2.8.7.2 Función Cos X 2.8.8 Funciones Logarítmicas y Exponenciales 2.8.8.1 Función Logarítmica 2.8.8.2 Función Exponencial 2.8.9 Compensación de Errores 2.8.10 Problemas sobre Propagación de Incerteza	D3	L3	ED2
7	UNIDAD III: FUNCIONES Y GRAFICAS 1.0 Análisis Gráfico 2.0 Proporcionalidad directa entre dos variables 3.0 Proporcionalidad Inversa entre dos variables	L3	D3	EP1
8	4.0 Proporcionalidad de la forma $Y = KX_n$ 5.0 Determinación de las constantes 6.0 Proporcionalidad de la forma $Y = AC_{b_r}$ 7.0 Determinación de las Constantes 8.0 Ejercicios de Aplicación	D4	L4	
9	UNIDAD IV: LA CIENCIA, SU METODO Y SU FILOSOFIA 1.0 Introducción 2.0 Ciencias Formales 3.0 Ciencias Fáticas	L4	D4	
10	4.0 Racionalidad y objetividad del Conocimiento Científico	D5	L5	ED3
11	5.0 Ciencia fáctica, características	L5	D5	
12	UNIDAD V: METODO CIENTIFICO 1.0 Método Científico 1.1 El pensamiento cotidiano y el científico 1.2 El pensamiento Científico 1.3 El pensamiento Científico explica la realidad 1.4 El método como instrumento de la investigación científica 1.5 Los aspectos empíricos y racional del método 1.6 Característica del aspecto empírico 1.7 Características del aspecto racional del método 1.8 Características del razonamiento deductivo, del inductivo y del analógico 1.9 El análisis y la síntesis	D6	L6	EP2
13	2.0 HIPOTESIS CIENTIFICA 2.1 Reconocimiento de los pasos del método científico 2.2 Caracterización de problemas científicos 2.3 Reglas para el correcto planteamiento de problemas 2.4 Localización de problemas científicos 2.5 Definición de hipótesis científica	L6	D6	

S	CONTENIDOS	GI	GP	EVALUACION
14	2.6 Importancia de la hipótesis en la investigación científica 2.7 Condiciones Generales para formular correctamente la hipótesis 2.8 Contrastabilidad de las hipótesis 2.9 Distinción entre contrastabilidad formal y contrastabilidad empírica 2.10 Técnicas de contrastación 2.11 Experimentación	D7	L7	
15	3.0 METODO CIENTIFICO EXPERIMENTAL 3.1 Papel del Experimento 3.2 Pasos del Método Experimental 3.2.1 Definición del problema 3.2.2 Hipótesis de trabajo 3.2.3 Diseño del Experimento	L7	D7	
16	3.2.4 Realización del Experimento 3.2.5 Análisis de Resultados 3.2.6 Obtención de conclusiones 3.2.7 Elaboración del informe	D8	L8	ED4
17	UNIDAD VI: LA CIENCIA Y LA TECNOLOGIA 1.0 La Ingeniería, definición antecedentes Arquitectura, definición, antecedentes Tecnología, definición 2.0 Relación Ciencia-Ingeniería Relación Ciencia-Tecnología-Ambiente Relación Ingeniería-Tecnología	L8	D8	
18	3.0 Estado actual 4.0 Estado actual en la región Centroamericana 5.0 Estado actual en El Salvador 6.0 Estado actual en la F.I.A. 7.0 Perspectivas de desarrollo en el país	R E P A S O	R E P A S O	EP3

Bibliografía Recomendada para la Introducción de Aspectos Ambientalistas

Institut Cerdà (1992). "Manual de Minimización de Residuos y Emisiones". Tomo II. Principado de Asturias. Barcelona, España.

Martínez Amáiz, J. I. (1985). "Ecología", UCA Editores, 2ª Edición. San Salvador.

Orellana Orellana, J. E. (1994). "Memoria I Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria Ambiental". Asociación Salvadoreña de Ingenieros y Arquitectos (ASIA), 25-26 de Noviembre, San Salvador.

ANEXO 2-B

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

QUIMICA GENERAL I
 CICLO: II; AÑO 1994

PROGRAMA DE ASIGNATURA**I. GENERALIDADES**

Asignatura: Química General I. Prerrequisito: Métodos Experimentales. Código: QUG-115 U.V.: 4
 Plan de Estudios: 1978 Reformado Ciclo: II Año Académico: 1994 Duración : 15 semanas.
 Profesor: _____ Instructor: _____

II. OBJETIVOS GENERALES

Determinar las propiedades físicas, químicas y físicoquímicas de las sustancias y su comportamiento químico en base a las estructuras atómica y molecular.

VII. DESARROLLO DEL PROGRAMA

UNIDAD I: Teoría Atómica

Duración: 4 semanas

Objetivo Específico

Al término de la unidad, el alumno relacionará las distintas propiedades de los átomos para determinar su comportamiento químico.

Contenido

- 1.1 La radiación electromagnética y el átomo de Bohr-Summerfel. Principio de incertidumbre de Heisenberg y el modelo de la nube electrónica.
- 1.2 El efecto fotoeléctrico y la relación de De Broglie. Los numeros cuánticos y el principio de exclusión de Pauli.
- 1.3 La distribución electrónica en los átomos y la regla de llenado (aufbau) en estado basal: regla de máxima multiplicidad y diagrama de orbitales.
- 1.4 La tabla periódica de elementos químicos y las leyes periódicas de Mendeleev y de Moseley: su organización.
- 1.5 Periodicidad y variación de las propiedades de los átomos: numero atómico, masa atómica (isótopos), radio y volumen atómicos, energía potencial de ionización y afinidad electrónica (electronegatividad), carácter oxidante y reductor de los átomos, carácter químico (ácido, básico y anfótero), carácter metálico y no metálico.

1º EXAMEN PARCIAL

UNIDAD II: Enlace Químico

Duración: 6 semanas

Objetivos Específicos

Al final de la unidad:

- a. El estudiante describirá el mecanismo de un enlace químico y reconocerá las propiedades de las sustancias por el tipo de enlace.
- b. El estudiante conocerá de los efectos de algunos compuestos químicos sobre el medio ambiente y el hombre.

Contenido

- 2.1 Enlace iónico: mecanismo. Propiedades de los compuestos iónicos: grado de disociación, solubilidad, conductividad eléctrica y térmica, puntos de fusión, reactividad. Formación de cristales.
- 2.2 Nomenclatura de los compuestos iónicos.
- 2.3 Composición y estructura de cerámicos:
 - 2.3.1 Fases cerámicas y no cerámicas: enlace y N° de coordinación.
 - 2.3.2 Soluciones solidas: refractarios, vidrios y abrasivos.
- 2.4 Enlace covalente: longitud, ángulo y energía de enlace.
- 2.5 Hibridación de orbitales atómicas: sp , sp_2 y sp_3 : orbitales moleculares sigma y pi.

2º EXAMEN PARCIAL

- 2.6 Mecanismo del enlace covalente puro y coordinado: orbitales de enlace y de antienlace: polaridad de enlace. Estructuras de Lewis y regla del octeto. Resonancia.
- 2.7 Ruptura de enlace: formación de reactivos homolíticos, nucleofílicos y electrofílicos. Efecto de la solvatación. Propiedades de compuestos covalentes.
- 2.8 Nomenclatura de los compuestos covalentes.
- 2.9 Compuestos de carbono:
 - 2.9.1 Micromoléculas: propiedades y reactividad.
 - 2.9.2 Macromoléculas: formación de polímeros.
- 2.10 El enlace metálico: modelo reticular y formación de cristales (anisotropía, dislocaciones, fluencia y difusión atómica). Propiedades de los metales.
 - 2.10.1 Aleaciones homogéneas y heterogéneas.
 - 2.10.2 Aleaciones: soluciones intersticiales y sustitucionales; regla de las fases, diagrama de equilibrio y regla de la palanca.
- 2.11 Fuerzas intermoleculares: puente de hidrógeno y fuerzas Van der Waals.
- 2.12 Efectos de los Compuestos Químicos sobre el Medio Ambiente

3º EXAMEN PARCIAL

UNIDAD III: Estados de Agregación Molecular

Duración: 5 semanas.

Objetivos Específicos

Que el participante establezca las propiedades de una sustancia de acuerdo a su estado de agregación molecular y su variación como producto de un cambio fisicoquímico.

Que el alumno conozca de problemas de contaminación que generan los gases en la atmósfera y los efectos sobre la salud de algunos de éstos.

Contenido

- 3.1 Propiedades extensivas e intensivas de las sustancias.
- 3.2 Propiedades de los gases; teoría cinético-molecular: el gas ideal.
 - 3.2.1 Procesos isotérmico, isóbaro e isócoro. T_c y P_c : licuefacción.
 - 3.2.2 Leyes de Dalton y de Graham.
 - 3.2.3 Los Gases y la Contaminación Atmosférica.
- 3.3 Propiedades del estado líquido: densidad, gravedad y volumen específicos, tensión superficial, capilaridad y viscosidad; presión de vapor y temperatura de ebullición.
- 3.4 El estado sólido: sólidos amorfos y cristales; ejes de simetría y sistemas cristalinos. Procesos de fusión y de cristalización.
- 3.5 Sustancia pura y sistemas de dispersión:
 - 3.5.1 Sistemas heterogéneos: suspensiones y movimiento browniano; coloides (sol, gel y emulsión), efecto Tyndall.
 - 3.5.2 Sistemas homogéneas: soluciones diluidas, concentradas, saturadas y sobresaturadas. Propiedades coligativas.
 - 3.5.3 Expresión de la concentración: soluciones porcentuales, molares, molales, normales y formales.
- 3.6 Separación y purificación de sustancias: disolución, cristalización, decantación, filtración, evaporación, destilación.

4º EXAMEN PARCIAL**Bibliografía**

- Química de la Materia - James Pierce
- Química, Estructura y Reacción - Milton Snyder
- Química - Charles Mortimer
- Química Básica, Principios y Estructura - Brady-Humiston
- Química para Ciencias e Ingeniería - Breck-Brown-McCowan
- Principios de Química - Paul Ander-A. Sonnessa
- Tecnología de Materiales - Lawrence Van Vlack
- Ciencia de Materiales para Ingeniería - Carl A. Keyser
- Mecanismos de Reacción en Química Orgánica - Blanca Tchoubar
- Química General Universitaria - Fontana-Norbis

Bibliografía Recomendada para la Introducción de Aspectos Ambientalistas

- EPA. (1987). Minimización de Residuos. Calidad Ambiental con Beneficios Económicos. Washington, D.C. EUA.
- Martínez Amáiz, J. I. (1985). "Ecología", UCA Editores, 2ª Edición. San Salvador.
- Orellana Orellana, J. E. (1994). "Memoria I Congreso Nacional de Ingeniería Sanitaria Ambiental". ASIA, 25-26 de Noviembre, San Salvador.
- Sienko, M. J.; R. A. Plane. (1987). "Química Principios y Aplicaciones". Primera Edición, Editorial McGraw Hill, México. D.F.

ANEXO 2-C

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

QUIMICA GENERAL II
 CICLO I; AÑO 1994

PROGRAMA DE ASIGNATURA**I. GENERALIDADES**

Asignatura: **Química General II**. Prerrequisito: **Química General I**. Código: **QUR-215** U.V.: **4** Plan de Estudios: **1978 Reformado** Ciclo: **I** Año Académico: **1994** Duración: **15 semanas**. Profesor: _____
 Instructor: _____

II. OBJETIVOS GENERALES

Evaluar una reacción como proceso fisicoquímico de interacción molecular, entre sustancias que ejercen sus propiedades.

VII. DESARROLLO DEL PROGRAMA**UNIDAD I: Sistemas de Dispersion**

Duración: 3 semanas

Objetivos Específicos

Al término de la unidad:

- a. El estudiante reconocerá las características de un sistema de dispersión dado y preparara correctamente soluciones valoradas.
- b. Que el estudiante conozca la naturaleza de los reactantes y productos que intervienen en un sistema reaccionante y su relación con los problemas ambientales.

Contenido

- 1.1 Análisis comparativo de las propiedades de los sistemas de dispersión: suspensiones, coloides y soluciones: características de los tipos de coloides.
- 1.2 Propiedades coligativas de las soluciones: presión de vapor, ebullos-copia, crioscopía y presión osmótica.
- 1.3 Tipos de soluciones: diluida, concentrada, saturada y sobresaturada; curvas de solubilidad y su aplicación industrial.
- 1.4 Cálculo y preparación de soluciones valoradas: porcentuales, molares, molales, normales y formales. Dilución.

1º EXAMEN PARCIAL

UNIDAD II: La Reacción Química

Duración: 4 semanas

Objetivo Específico

Reconocer la importancia de la intervención de energía en un sistema reaccionante, y valorar la eficiencia del proceso a través de los factores que intervienen.

Contenido

- 2.1 Teoría del cambio y permanencia en los procesos químicos: energía interna.
- 2.2 Modelo de una reacción química de acuerdo con la teoría de las colisiones efectivas. Simbología de la ecuación química; la conservación de la masa.
- 2.3 Balanceo de ecuaciones químicas: inspección o tanteo, método algebraico, oxido-reducción (cambio de N° de oxidación y ion-electrón).
- 2.4 Estequiometría de una reacción: leyes ponderales (Lavoisier, Proust y Richter-Wenzel).
- 2.4 **Ejemplos de reacciones químicas y sus efectos en el medio ambiente.**
 - 2.4.1 Proceso ideal: pureza y rendimiento; balance de masa.
 - 2.4.2 Proceso real: impureza y grado de conversión; reactivo limitante y porcentaje de exceso; balance de masa.
- 2.5 Tipos de reacción: endo y exoenergéticas; reversibles e irreversible (criterio químico experimental).
- 2.6 Calor de reacción a presión constante (entalpía): calores de formación, de combustión y de neutralización; ley de Hess.
- 2.7 Espontaneidad de una reacción: cambio de entropía y energía libre.

2º EXAMEN PARCIAL**UNIDAD III: Equilibrio Químico**

Duración: 4 semanas.

Objetivo Específico

Reconocer un proceso químico como sistema cerrado, sin transferencia de masa, en estado de equilibrio dinámico, desplazable para fines de producción.

Contenido

- 3.1 Velocidad de reacción: constante de velocidad.
 - 3.1.1 Factores que modifican la velocidad de una reacción.
 - 3.1.2 Energía de activación (ecuación de Arrhenius) y catálisis.
- 3.2 Sistemas abierto y cerrado, homogéneo y heterogéneo.
 - 3.2.1 El estado de equilibrio: condiciones y propiedades.
 - 3.2.2 La constante de equilibrio en función de la concentración (K_c), de la presión (K_p), del número de moles (K_n) y fracción mol (K_x).
- 3.3 Factores que modifican un estado de equilibrio: principio de Le Chatelier.

3.4 Equilibrio ácido-base:

- 3.4.1 Teoría de Arrhenius: pH y pOH; indicadores y titulación.
- 3.4.2 Teorías ácido-base: Bronsted-Lowry y Lewis.

3.5 Equilibrio en soluciones: producto de solubilidad: Sales.

3º EXAMEN PARCIAL**UNIDAD VI: Electroquímica**

Duración: 4 semanas

Objetivos Específicos

- a. Predecir la espontaneidad de una reacción química en base a potenciales de electrodo y su aplicación tecnología.
- b. Que el estudiante conozca problemas ambientales generados por la industria electroquímica.
- c. Que el estudiante compare un método tradicional de anodizado con uno que aplica "Tecnologías Más/Limpias de Electrorecubrimiento" y las ventajas que el último presenta para el medio ambiente.

Contenido

- 4.1 Reacciones de oxido-reducción: estado, grado y número de oxidación. Los potenciales de oxidación y las reacciones espontáneas.
- 4.2 Celdas electrolíticas y electroquímicas:
 - 4.2.1 Potencial de electrodo y fuerza electromotriz.
 - 4.2.2 Equivalente electroquímico y electrodeósitos: leyes de Faraday. Ecuación de Nernst y la energía libre.
- 4.3 Funcionamiento de pilas y acumuladores.
- 4.4 Elementos de corrosión:
 - 4.4.1 Corrosión química.
 - 4.4.2 Corrosión electroquímica: catódica y anódica.
 - 4.4.3 Principales métodos de protección.
 - 4.4.3.1 Aplicación de "Tecnologías Más/Limpias" en el Proceso de Anodizado

4º EXAMEN PARCIAL

- Bibliografía:
- Química General Universitaria - Fontana-Norbis
 - Cálculos Químicos - Sidney Benson
 - Cálculos Químicos - Sienko
 - Fisicoquímica - Albert y-Daniels
 - Curso de Química Física. Tomo I - Guerasimov y otros

- Elementos de Oxido-reducción aplicados al balanceo de ecuaciones químicas
- Lara-Orozco
- Determinación de los Coeficientes de Ecuaciones químicas - M^a Luisa G. de Farre
- Química - Ch. Mortimer
- Química para Ciencia e Ingeniería - Breck-Brown-McCowan

Bibliografía Recomendada para la Introducción de Aspectos Ambientalistas

- EPA, (1991). "Pollution Prevention Case Studies". Washington D.C., EUA.
- Badía Serra, E. (1993). "Corrosión y Materiales". Guión de Clase. Ciclo II. Escuela de Química. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Universidad de El Salvador, San Salvador.
- Himmelblau, D. M. (1988). "Balance de Materia y Energía". 4^a Edición Prentice Hall, Inc. México.
- Institut Cerdà (1992). "Manual de Minimización de Residuos y Emisiones". Tomo II. Principado de Asturias. Barcelona, España.

ANEXO 2-D

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
 ESCUELA DE QUÍMICA

QUÍMICA INORGÁNICA I
 CICLO: 1; AÑO 1996

PROGRAMA DE ASIGNATURA**I. GENERALIDADES**

Asignatura: Química Inorgánica I Prerrequisito: Química General II Código: QUI-115 U.V.: 4
 Para la Carrera de: Ingeniería Química Plan de Estudios: 1978 Reformado Ciclo: I Año
 Académico: 1996 Responsables: Escuela de Química: _____ Escuela de Ingeniería
 Química: _____

II. DESCRIPCION

Está asignatura profundiza la comprensión de los principios fundamentales de la teoría atómica moderna y el origen de la mecánica cuántica; así como destaca el estudio de el enlace químico, los elementos representativos, los elementos de transición y los compuestos de coordinación dando sustentación teórica y aplicación a las prácticas que se desarrollaran en el curso.

III. OBJETIVOS GENERALES

1. Domine y diferencie matemáticamente las teorías que explican la estructura atómica.
2. Conozca los diferentes espectros, como también los parámetros involucrados aplicando análisis dimensional.
3. Relacione la estructura electrónica de los átomos con los tipos de enlace y las propiedades que presentan los elementos y algunos de sus compuestos.

V. OBJETIVO GENERAL DE LABORATORIO

Que el estudiante distinga las diferentes sustancias, métodos y aparatos utilizados en el desarrollo de las prácticas y así adquiera experiencias en algunos procedimientos de la Química Inorgánica.

VI. CONTENIDO PROGRAMATICO

UNIDAD I: Fundamentos de Química Cuántica

Tiempo: 10 horas

Objetivos Generales

- 1.1 Domine y diferencie matemáticamente las ecuaciones que sustentan la estructura atómica.
- 2.2 Relacione la estructura electrónica de los átomos con la Tabla Periódica y con las propiedades de los elementos.

Objetivos Específicos

- 2.1 Explicar la naturaleza dual de la luz.
- 2.2 Relacionar la longitud de onda, frecuencia y energía de una radiación.
- 2.3 Dadas las ecuaciones de Bohr, Plank y Einstein, determinar la onda y energía de una radiación.
- 2.4 Dadas las características de una radiación determinar su posición en el espectro electromagnético.
- 2.5 Utilizando la ecuación de Bohr, calcule los valores energéticos de los estados estacionarios y de las transiciones electrónicas.
- 2.6 Utilizando la ecuación de Balmer, calcular la cantidad de energía involucrada en las transiciones energéticas de partículas, distinguiendo los procesos de absorción y emisión.
- 2.7 Comprender la naturaleza dual de la materia basándose en la ecuación de De Broglie.
- 2.8 Definir el momento angular del electrón.
- 2.9 Explicar el principio de incertidumbre de Heisenberg.
- 2.10 Explicar el significado físico de los números cuánticos.
- 2.11 Dada la ecuación de Schrödinger, expresar el significado físico de cada una de sus partes y su relación con los números cuánticos.
- 2.12 Determinar la posición de los electrones en los niveles de energía del átomo.
- 2.13 Interpretar los principios de construcción y escribir la configuración electrónica de los elementos.
- 2.14 Explicar la construcción de la Tabla Periódica en términos de períodos y grupos, relacionando las propiedades de los elementos.
- 2.15 Definir los conceptos de radio atómico, radio iónico, energía de ionización, afinidad electrónica y electronegatividad.
- 2.16 Explicar las variaciones de las propiedades periódicas, en grupos y períodos de la Tabla Periódica.

Contenido:

- 1.1 La radiación electromagnética.
- 1.2 Fundamentos de espectroscopia.
- 1.3 Teoría cuántica.
- 1.4 Principios de construcción de la configuración electrónica.
- 1.5 Tabla periódica.
 - 1.5.1 Clasificación.
 - 1.5.2 Propiedades periódicas

UNIDAD II: Naturaleza del Enlace Químico.**Tiempo: 12 horas.**Objetivos Generales

Que el estudiante: distinga los diferentes tipos de enlace y sus características.

Objetivos Específicos

- 2.1 Definir los conceptos de enlace iónico, covalente y metálico.
- 2.2 Relacionar la capa de valencia de los elementos con el tipo de enlace que puede formarse.

- 2.3 Dada la estructura electrónica de los átomos explicar la formación de iones.
- 2.4 Explicar la formación del enlace iónico.
- 2.5 Explicar las características del enlace iónico.
- 2.6 Basándose en las características del enlace interpretar las propiedades de los compuestos iónicos.
- 2.7 Definir el concepto de energía de red.
- 2.8 Utilizando el ciclo de Born-Haber, explicar la energía de red.
- 2.9 Dado un compuesto iónico cualquiera, calcular su energía de red.
- 2.10 Explicar la formación de los diferentes enlaces covalentes.
- 2.11 Escribir las estructuras de Lewis de diferentes compuestos covalentes.
- 2.12 Explicar las características del enlace covalente.
- 2.13 Aplicando la teoría de Enlace Valencia, describir los diferentes tipos de orbitales que se forman a partir de los orbitales s, p y d.
- 2.14 Relacionar la geometría de la molécula con el tipo de hibridación que presenta el átomo central.
- 2.15 Explicar el concepto de resonancia.
- 2.16 Escribir las estructuras resonantes posibles de un compuesto dado.
- 2.17 Explicar la formación de orbitales moleculares.
- 2.18 Explicar la naturaleza del enlace metálico.

Contenido:

- 2.1 Tipos de enlace.
- 2.2 Capa de Valencia.
- 2.3 Enlace iónico.
 - 2.3.1 Naturaleza del enlace.
 - 2.3.2 Característica del enlace.
 - 2.3.3 Propiedades de los compuestos.
- 2.4 Enlace covalente.
 - 2.4.1 Enlace covalente sencillo y múltiple.
 - 2.4.2 Enlace polar y no polar.
 - 2.4.3 Características del enlace.
 - 2.4.4 Formación de orbitales híbridos.
 - 2.4.5 Geometría molecular.
 - 2.4.6 Resonancia.
 - 2.4.7 Teoría de orbitales moleculares.
- 2.5 Enlace Metálico.
- 2.6 Teoría de bandas.

UNIDAD III: Química de los Elementos Representativos

Tiempo: 12 horas

Objetivos Generales

Que el estudiante explique el comportamiento químico de los elementos representativos y sus relaciones.

Objetivos Específicos

- 3.1 Basándose en la configuración electrónica y las propiedades del Hidrógeno, explicar su doble ubicación en Tabla Periódica.
- 3.2 Explicar la formación de iones H⁺ y H⁻.
- 3.3 Establecer en cuales compuestos, el H forma enlace iónico y en cuales forma enlace covalente.
- 3.4 Explicar las condiciones en que se forma el puente de Hidrógeno y sus características.
- 3.5 Basándose en la configuración electrónica explicar el carácter metálico de los elementos de los grupos IA y IIA.
- 3.6 Dada la valencia de estos elementos explicar la formación de sus compuestos.
- 3.7 Explicar la formación de los compuestos que establecen los elementos del grupo IIIA, en base a la deficiencia electrónica.
- 3.8 Explicar el carácter anfotérico de algunos compuestos que forman el Boro y Aluminio.
- 3.9 Distinguir la variación de las propiedades metálicas de los elementos del grupo IVA.
- 3.10 Explicar los tipos de hibridación que presentan algunos elementos del grupo IVA y VA.
- 3.11 Reconocer los diferentes isótopos y formas alotrópicas del Oxígeno.
- 3.12 Explicar los tipos de hibridación que presentan algunos elementos del grupo IVA.
- 3.13 Explicar los tipos de hibridación que presentan algunos elementos del grupo VII A.
- 3.14 Dada la posición de los halógenos en la Tabla Periódica, explicar las diferencias en los enlaces que forman.
- 3.15 En base a los diferentes estados de oxidación de los halógenos, explicar la formación de sus óxidos, ácidos e interhalogenuros.

Contenido:

- 3.1 Generalidades y características del Hidrógeno.
- 3.2 Los metales alcalinos y alcalinotérreos. Generalidades, características, compuestos.
- 3.3 Los grupos III A, IV A y V A. Generalidades, características, compuestos.
- 3.4 Los grupos VI A y VII A. Generalidades, características, compuestos.

UNIDAD IV: Química de los Metales de Transición, Nomenclatura y Teorías de los Compuestos de Coordinación. Tiempo: 15 horas

Objetivos Generales:

Que el estudiante conozca las propiedades de los elementos de transición, la formación y la estructura de los compuestos de coordinación y las teorías del enlace coordinado.

Objetivos Específicos:

- 4.1 Escribir la configuración electrónica de los elementos de transición determinando su posición en la serie correspondiente de la Tabla Periódica.
- 4.2 Basándose en la configuración electrónica explicar los diferentes estados de oxidación de los elementos de transición.
- 4.3 Describir la forma y orientación de los orbitales "d".
- 4.4 Elaborar un cuadro sinóptico en base a la características físicas de los elementos de la primera serie de transición.
- 4.5 Definir que es un compuesto de coordinasen.

- 4.6 Identificar las partes constituyentes de un compuesto de coordinación.
- 4.7 Reconocer los tipos de ligandos.
- 4.8 Dada una serie de compuestos de coordinación indicar para cada uno: Ión central, número de coordinación, valencia primaria.
- 4.9 Caracterizar las isomerías geométricas de los complejos tetra y hexacoordinados.
- 4.10 Expresar las reglas para nombrar los compuestos de coordinación.
- 4.11 Escribir la configuración electrónica del ión central de un compuesto de coordinación dado y explicar en función del mismo las propiedades magnéticas del compuesto.
- 4.12 Describir los aspectos fundamentales de la teoría de enlace valencia (T.E.V.)
- 4.13 Escribir la estructura de los compuestos de coordinación de acuerdo a la teoría de Enlace Valencia.
- 4.14 Expresar las fallas de la Teoría de Enlace de Valencia.
- 4.15 Describir los aspectos básicos de la teoría del campo cristal (T.C.C.).
- 4.16 Dado un compuesto de coordinación, representar los orbitales "d" separados por acción del campo cristalino, distribuyendo en ellos los electrones.
- 4.17 Dada una serie de complejos, determinar para cada uno de ellos, si es de espín bajo ó espín alto.
- 4.18 Dado un complejo, calcular la energía de estabilización del campo cristalino.
- 4.19 Dada la serie espectroquímica y las características del ión central, determinar la estabilidad de los complejos.
- 4.20 Expresar las fallas de la teoría del campo cristal.
- 4.21 Dada una serie de compuestos de coordinación, analizarlos bajo la perspectiva de la teoría de Enlace Valencia (TEV) y teoría de campo cristal (TCC).
- 4.22 Conocer aplicaciones industriales y efectos al medioambiente de los elementos de transición.**

Contenido:

- 4.1 Elementos de transición.
 - 4.1.1 Ubicación en la tabla periódica.
 - 4.1.2 Estados de oxidación.
 - 4.1.3 Propiedades.
 - 4.1.4 Características, Aplicaciones Industriales y efectos en el Medio Ambiente**
- 4.2 Compuestos de coordinación.
 - 4.2.1 Generalidades.
 - 4.2.2 Nomenclatura.
 - 4.2.3 Estereoisomería.
 - 4.2.4 Teorías del enlace coordinados

Bibliografía

1. Douglas McDaniel "Conceptos y Modelos de Química Inorgánica".
2. Cotton y Wilkinson "Química Inorgánica Avanzada".
3. Cotton y Wilkinson "Química Inorgánica Básica".
4. G. F. Liptrot "Química Inorgánica Moderna".

5. Manku, G.S. "Principios de Química Inorgánica".
6. Day and Selvin "Theoretical Inorganic Chemistry".
7. Hukey E. James "Inorganic Chemistry".
8. Pauling Linus "Enlace Químico".
9. Moller J. W. "Química Inorgánica Moderna".
10. Moeller, Therald "Química Inorgánica".
11. R. Kirk-F. Othmer "Enciclopedia de Tecnología Química".
12. Winnacker, Karl "Tecnología Química".
13. Braver, G. "Química Inorgánica Preparativa".
14. Whitten, Garley y Davis "Química General".

Bibliografía Recomendada para la Introducción de Aspectos Ambientalistas

15. **Amour, M. A. (1991). "Hazardous Laboratory Chemicals-Disposal Guide" CRC Press, Inc, Boca Raton, Florida. EUA.**
16. **Sienko, M. J.; R. A. Plane. (1987). "Química Principios y Aplicaciones". Primera Edición, Editorial McGraw Hill, México. D.F.**
17. **Velásquez, R. (1987). "Cuaderno de Cátedra Química Inorgánica". Ciclo I (87/88), Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador.**

ANEXO N° 2-E

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

QUIMICA ORGANICA I
 CICLO: II; AÑO: 1994

PROGRAMA DE ASIGNATURA**I. GENERALIDADES**

Asignatura: Química Orgánica I Prerrequisito: Química General II Código: QUO-115 Ciclo: II
 Año: 1994 U.V.: 4 Plan de Estudios: 1978 Ref. Profesor: _____ Instructor: _____

II. OBJETIVO GENERAL

Que el estudiante reconozca y determine la importancia de las propiedades químicas de los compuestos orgánicos para el manejo de los procesos de síntesis orgánica.

VI. DESARROLLO DEL PROGRAMA

UNIDAD I: La Molécula y sus Propiedades.

Duración : 2 Semanas.

Objetivo Específico:

Analizar la reactividad de las moléculas a partir de sus enlaces predominantes.

Contenido

- 1.1 Estructura atómica en estado basal del átomo de carbono.
- 1.2 Estructura atómica en estado activado e híbrido (sp , sp_2 y sp_3) del átomo de Carbono y probable forma espacial.
- 1.3 Capacidad para formar cadena de átomos con enlaces sencillo, doble y triple.
- 1.4 Propiedades de las orbitales moleculares sigma y pi: polaridad y ruptura de enlace.
 - 1.4.1 Homólisis, formación de radicales y reactivos homolíticos.
 - 1.4.2 Heterólisis y formación de iones: reactivos nucleofílicos y electrofílicos (ácido-base de Bronsted-Lowry y de Lewis).
- 1.5 Propiedades físicas y químicas de compuestos covalentes polares y apolares.

1º EXAMEN PARCIAL

UNIDAD II: Clasificación y Nomenclatura de Compuestos Orgánicos. Duración: 3 semanas.

Objetivo Específico:

Identificar los compuestos orgánicos por su estructura y su función química, reconociéndolos

por su nombre y radical.

Contenido

- 2.1 Describir las diferentes estructuras de los compuestos orgánicos por medio de sus fórmulas desarrolladas y de Lewis. Tipos de isomería.
- 2.2 Identificar por su radical a las distintas funciones químicas orgánicas.
- 2.3 Nomenclatura de hidrocarburos acíclicos y cíclicos, lineales y ramificados.
- 2.4 Nomenclatura de derivados halogenados de hidrocarburo.
- 2.5 Nomenclatura de derivados oxigenados de hidrocarburo (alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres y éteres).
- 2.6 Nomenclatura de compuestos aminados.

2º EXAMEN PARCIAL

UNIDAD III: Reactividad de Grupos Funcionales

Duración: 7 semanas

Objetivo Específico:

Determinar las propiedades de los grupos funcionales por medio de su grado de reactividad química.

Contenido

- 3.1 Propiedades y reactividad del enlace C-H: hidrocarburos saturados e insaturados, acíclicos y cíclicos.
- 3.2 Propiedades del enlace C-X: reacción de Friedel-Carfts en alquilaciones.
- 3.3 Reactividad del enlace C=O
 - 3.3.1 Alcoholes primario, secundario y terciario, fenoles
 - 3.3.2 Aldehídos y cetonas
 - 3.3.3 Ácidos carboxílicos (mono y poli) ésteres y otros derivados, resonancia
 - 3.3.4 Poder disolvente de éteres y baja reactividad.
- 3.4 Reactividad del enlace C-N: aminas y nitrilos.
- 3.5 Química macromolecular
 - 3.5.1 Plásticos: termoplásticos, elastómeros y termofijados.
 - 3.5.2 Polímeros: reacciones de adición y condensación, peso molecular medio y grado de polimerización medio, degradación.
 - 3.5.3 Propiedades físicas, mecánicas y químicas de los polímeros.

3er. EXAMEN PARCIAL

UNIDAD IV: Procesos Unitarios Orgánicos**Duración: 3 Semanas****Objetivos Específicos:**

- a. Reconocer la reactividad de los compuestos orgánicos en los procesos industriales de síntesis orgánica.
- b. Que el alumno conozca los efectos ambientales de la industria del petróleo.
- c. Que el alumno conozca técnicas de "Producción Más/Limpia" para la reutilización de los desechos de aceites lubricantes a base de petróleo.

Contenido

- 4.1 Procesos de Sulfonación continua y por cargas.
- 4.2 Procesos de Nitración: equipo.
- 4.3 Procesos de Halogenación y Alquilación.
- 4.4 Destilación de petróleo: cracking térmico y catalítico. Reformación. Importancia de la industria petroquímica. **Efectos ambientales..**
 - 4.4.1 **Aceites lubricantes: su origen, reciclaje y recuperación**

UNIDAD V: Aplicaciones Industriales de Sustancias Orgánicas y sus efectos sobre el Medio Ambiente**Objetivo Específico**

Que el estudiante conozca de problemas ambientales y de la salud humana causados por sustancias orgánicas usadas en los laboratorios y en la industria.

- 5.1 **Solventes Orgánicos Industriales y sus problemas para el Medio Ambiente**
 - 5.1.1 **Toxicidad, inflamabilidad y color de solventes**
 - 5.1.2 **Areas de uso**
 - 5.1.3 **Desechos de solventes orgánicos**
 - 5.1.4 **Recuperación de desechos conteniendo solventes orgánicos**

Bibliografía

1. Morrison, R. T. and Boyd, R. N. "Química Orgánica", Fondo Interamericano, S.A. México, 3ª Edición Español, 1976.
2. Rakoff, Henry y Rose, Norman C. "Química Orgánica Fundamental", Editorial Limusa Wiley, S.A., 1973, México
3. Noller, C.R. "Química Orgánica", Editorial Interamerica, S.A. México, 3ª Edición 1968.
4. Fieser and Fieser, "Química Orgánica", Editorial Grijalvo.
5. Allinger, Cava y otros, "Química Orgánica", Editorial Reverté, S.A. 2ª Edición, 1978, México.
6. Shriner, R. L.; Fuson R. C. y Curtin, D. Y. "Identificación Sistemática de Compuestos Orgánicos", Editorial Limusa, México, 1977.

7. Masterton, W. L. y Slowinski, E. J. "Química General Superior", 4ª Edición, Editorial Interamericana, México 1977.
8. Shreve, R. N. and Brink, J. A. "Chemical Process Industries", Fourth edition, McGraw-Hill Book Company, New York 1977.
9. Muñoz-Mena, "Química Orgánica".
10. Solomon, "Química Orgánica".
11. Carl A. Keyser, "Ciencia de Materiales para Ingeniería".
12. C. Chaussin, "Manual de Plásticos".
13. Karl Hamann, "Los Plásticos y la Química Macromoleculares".
14. Kirk-Othmer, "Enciclopedia de Tecnología Química".
15. Groggins, "Procesos Industriales de Síntesis Orgánica".
16. John Perry y otros, "Manual del Ingeniero Químico".

Bibliografía Recomendada para la Introducción de Aspectos Ambientalistas

17. Austin, T. G. (1988). "Manual de Procesos Químicos en la Industria". Tomos I y II, 5ª Edición. Editorial McGraw Hill. México.
18. UNEP (1994a). "Technical Guidelines on used oil Re-Refining or other Re-use previously used oil". SBC/94/6, Mayo. Genova. Italia.
19. UNEP (1994b). "Frameworks Document on Technical Guidelines for Environmental Sound Management of Wastes Subject to the Basel Convention". SBC/94/5, Mayo. Génova. Italia.
20. Wittcoff, A. H.; B. G. Rebven. (1991); "Productos Químicos Orgánicos Industriales". Volumen 2, 1ª Edición. Editorial Limusa. México.

ANEXO Nº 2-F

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
 ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

QUIMICA ANALITICA
 CICLO: II; AÑO 1994

PROGRAMA DE ASIGNATURA**I. GENERALIDADES**

Asignatura: Química Analítica Prerrequisito: Probabilidad y Estadística, Fisicoquímica II y Química Inorgánica I Código: QAR-115 U.V.: 4 Plan de Estudios: 1978 Reformado Ciclo: II Año Académico: 1994 Duración: 16 semanas. Profesor: _____ Instructor: _____

II. OBJETIVOS GENERALES

El curso pretende que el estudiante adquiera las bases teóricas y prácticas para una comprensión de la Química Cuantitativa Inorgánica, para que luego la pueda aplicar en los procesos de la Ingeniería Química; como también en el Control Químico de la Calidad, Contaminación Ambiental y Tratamiento de Aguas e Ingeniería en Alimentos.

VI. CONTENIDO PROGRAMATICO

UNIDAD I: Métodos de Análisis Químicos

Duración:1 semana.

Objetivos Específicos:

- a. Aprender a entender el análisis químico cuantitativo y su aplicación a nivel de procesos. Diferenciar diferentes tipos de análisis químicos.
- b. Que el estudiante conozca las ventajas y desventajas para el medio ambiente y para el hombre de la aplicación de los métodos tradicionales de análisis químicos.

Contenido:

1.1 Objeto y división de la química analítica.

1.1.1 **Panorama General de la Relación de Química Analítica y el Medio Ambiente**

- 1.2 Semejanzas de análisis cualitativo y cuantitativo.
- 1.3 Propiedades, finalidades e importancia del análisis cuantitativo inorgánico.
- 1.4 Etapas, tipos de análisis cuantitativo.
- 1.5 Clasificación de los métodos de análisis.

UNIDAD II: Evaluación de los resultados analíticos

Duración:1 semana.

Objetivos Específicos:

Aplicación de la estadística para la evaluación de los resultados analíticos.

Contenido:

- 2.1 Tipos de error.
- 2.2 Métodos estadísticos: Curvas de Gauss, promedio, desviación estándar, error típico, rango, precisión, error relativo, error absoluto, exactitud. Diferencia entre precisión y exactitud.
- 2.3 Rechazo de resultados: El criterio "Q" y "T".

UNIDAD III: Selección de los Métodos Químicos de Análisis

Duración:1 semana.

Objetivos Específicos:

Desarrollar criterios para seleccionar la metodología de análisis químico en la relación con la naturaleza y cantidad del componente analizado y la muestra.

Contenido:

- 3.1 Definición de problemas.
- 3.2 Investigación bibliográfica analítica.
- 3.3 Elección del procedimiento analítico.
- 3.4 Comprobación del método.
- 3.5 Literatura recomendada de análisis químico.

UNIDAD IV: Muestras, Muestreo y Tratamiento

Duración:2 semanas.

Objetivos Específicos:

Tener criterios para realizar la toma de una muestra representativa del todo (producción o lote). Tener conocimiento para realizarle tratamientos físicos y químicos a la muestra, entre los cuales tenemos: Disolución, descomposición por ácidos, bases y fusión, separaciones analíticas.

Contenido:

- 4.1 Muestras y Muestreo.
 - 4.1.1 Muestreo de sólidos.
 - 4.1.2 Muestreo de líquidos.
 - 4.1.3 Muestreo de Gases.
- 4.2 Contenido de Agua en Sólidos.
 - 4.2.1 Humedad de las muestras.
 - 4.2.2 Base seca.
 - 4.2.3 Base húmeda.

- 4.2.4 Agua esencial y no esencial.
- 4.2.5 Determinación o análisis del contenido de agua.
- 4.2.6 Directa e indirecta.
- 4.2.7 Método de Karl Fisher
- 4.3 Descomposición y disolución de las muestras inorgánicas.
 - 4.3.1 Disolución con agua, ácidos, bases y otros.
 - 4.3.2 Descomposición por fusión, bomba de digestión, otros.
- 4.4 Descomposición de muestras orgánicas.
 - 4.4.1 Wet Ashing, Dry Ashing, Sodio Metálico y otros.
- 4.5 Métodos de separación.
 - 4.5.1 Precipitación.
 - 4.5.2 Extracción.

UNIDAD V: Unidades de Masa, Volumen y Concentración de soluciones

Duración: 2 sem

Objetivos Específicos:

Adquirir los conocimientos necesarios para entender y usar en cálculos las unidades de masa, volumen, masa química y concentraciones en análisis químico cuantitativo clásico y moderno.

Contenido:

- 5.1 Unidades de peso, masa y volumen.
- 5.2 Dilución y factor de dilución.
- 5.3 Unidades químicas de peso.
 - 5.3.1 Peso equivalente, miliequivalente, gramomol, milimolgramo.
- 5.4 Concentraciones analíticas.
 - 5.4.1 Molaridad, normalidad y título.
 - 5.4.2 Relación entre normalidad y el título.
- 5.5 Concentraciones porcentajes.
 - 5.5.1 % p/p, % p/v, % v/v.
 - 5.5.2 Relación con la densidad o peso específico.
- 5.6 Concentraciones especiales.
 - 5.6.1 Partes por millón, partes por billón y partes por trillón.
- 5.7 Problemas.

UNIDAD VI: Análisis volumétrico

Duración: 6 semanas

Objetivos Específicos:

Estudio sobre el análisis volumétrico. Adquisición de conocimientos sobre las diferentes formas de análisis volumétrico: Neutralización, precipitación, complejometría y oxidación-reducción, así como de los equilibrios químicos específicos que ocurren en sus reacciones químicas. También se incluye el conocimiento de las formas de cálculo para la obtención de los resultados del análisis químico.

Contenido:

- 6.1 Definición y terminalización del análisis volumétrico.

- 6.1.1 Directo.
- 6.1.2 Indirecto.
- 6.2 Generalidades del análisis volumétrico.
- 6.3 Patrones en volumetría.
 - 6.3.1 Primarios.
 - 6.3.2 Soluciones o secundarios.
- 6.4 Preparación de soluciones patrón.
- 6.5 Requisitos de un patrón primario.
- 6.6 Indicadores y detección.
- 6.7 Cálculos en el análisis volumétrico.
 - 6.7.1 Concepto "VN".
 - 6.7.2 Relaciones matemáticas.
- 6.8 Volumetría de Neutralización.
 - 6.8.1 Acidimetría.
 - 6.8.2 Alcalimetría.
 - 6.8.3 Ácidos y bases empleados en soluciones titulantes.
 - 6.8.4 Patrones primarios ácido-base.
 - 6.8.5 Aplicaciones de volumetría de neutralización.
 - 6.8.5.1 Análisis de mezclas de carbonatos y problemas.
 - 6.8.5.2 Análisis de bases muestras.
 - 6.8.5.3 Análisis de ácidos muestras. Vinagre, oleuin, etc.
 - 6.8.5.4 Métodos volumétricos indirectos.
 - 6.8.5.4.1 Métodos Kjeldahl: Análisis de nitrógeno y proteínas.
 - 6.8.6 Equilibrio ácido-base.
 - 6.8.6.1 Disociación del agua.
 - 6.8.6.2 pH y concentración de H^+ .
 - 6.8.6.3 Ácidos y bases fuertes.
 - 6.8.6.4 Ácidos y bases débiles y sus sales.
 - 6.8.6.5 Hidrólisis.
 - 6.8.6.6 Soluciones Tampón.
 - 6.8.6.7 Curvas de titulación y su diseño:
 - 6.8.6.7.1 Ácidos y bases fuertes.
 - 6.8.6.7.2 Ácidos y bases débiles.
 - 6.8.6.7.3 Ácidos polipróticos.
 - 6.8.6.7.4 Indicadores ácido base.
- 6.9 Volumetría de Precipitación.
 - 6.9.1 Reactivos titulantes y patrones primarios.
 - 6.9.2 Formación de un segundo precipitado. Método de Mohr.
 - 6.9.3 Formación de un complejo coloreado: Método de Volhard.
 - 6.9.4 Indicadores de absorción: Método de Fajans.
 - 6.9.5 Aplicaciones diversas.
 - 6.9.6 Teoría sobre comportamiento de los indicadores.
 - 6.9.7 Producto de solubilidad.
 - 6.9.8 Curvas de valoración.
- 6.10 Volumetría de complejos.
 - 6.10.1 Definición de complejos.
 - 6.10.2 Valoración con reactivos inorgánicos.
 - 6.10.2.1 Formadores de complejos.
 - 6.10.3 Valoraciones con EDTA.
 - 6.10.4 Titulantes y patrones. Indicadores.

- 6.10.5 Análisis de dureza y calcio en aguas.
- 6.10.6 Curva de valoración.
- 6.11 Volumetría de oxidación-reducción.
 - 6.11.1 Conceptos básicos y pilas electroquímicas. Ecuación de Nernst.
 - 6.11.2 Soluciones titulantes.
 - 6.11.3 Patrones primarios.
 - 6.11.4 Agentes auxiliares de oxidación-reducción.
 - 6.11.5 Permanganometría y dicromatometría.
 - 6.11.6 Yodometría y yodimetría. Indicador.
 - 6.11.7 Yodatometría.
 - 6.11.8 Aplicaciones diversas.
 - 6.11.9 Curvas de valoración.

UNIDAD VII: Análisis Gravimétrico

Duración: 3 semanas.

Objetivos Específicos:

Estudio sobre los tipos de análisis gravimétrico: Directos e indirectos. Factores gravimétricos. Aplicaciones del análisis gravimétrico. Conceptos generales: Solubilidad de precipitados y tamaño. Gravimetría por volatilización. Conocimiento de las formas de cálculo para la obtención de resultados del análisis químico.

Contenido:

- 7.1 Concepto básico.
- 7.2 Métodos gravimétricos de volatilización.
- 7.3 Métodos gravimétricos de precipitación.
- 7.4 Factores gravimétricos.
- 7.5 Aplicaciones.
 - 7.5.1 Precipitantes Inorgánicos.
 - 7.5.2 Precipitantes Orgánicos.
 - 7.5.3 Análisis diversos.
- 7.6 Producto de solubilidad y solubilidad de precipitados.
- 7.7 Efecto de ión común, pH y temperatura.
- 7.8 Tamaño, formación y contaminación de precipitados.
- 7.9 Suspensiones coloidales.

Bibliografía

1. Rugamas R., J. A. "Elaboración de un Cuaderno de Cátedra de Química Analítica Clásica para Ingeniería Química". Trabajo de Graduación. Universidad de El Salvador, 1982
2. Skoog D. y West D. "Química Analítica". Editorial McGraw-Hill S.A. España, 1989. Cuarta Edición.
3. Ayres, G. "Análisis Químico Cuantitativo". Editorial Harper y Row Publishers Inc./70.
4. West, P. W. "Calculations of Quantitative Analysis". L.S.U. Bookstore, B. Rouge, LA.

5. Hamilton-Simpson-Ellig "Calculos de Química Analítica". Editorial McGraw-Hill/Interamericana de México S.A. de C.V., 7ª Edición (2ª Edición en España), 1988.
6. Day-Underwood "Química Analítica Cuantitativa". 5ª Edición, Prentice-Hall Hispanoamericana S.A., 1989.
7. Christian. "Química Analítica". 2ª Edición. Limusa S.A. de C.V., 1989.

Bibliografía Recomendada para la Introducción de Aspectos Ambientalistas

8. Austin, T. G. (1988). "Manual de Procesos Químicos en la Industria". Tomos I y II, 5ª Edición. Editorial McGraw Hill. México.

- 2.3 Estudio de variables importantes.
- 2.4 Estudio sobre aplicaciones.
- 2.5 Problemas

UNIDAD III: Espectrofotometría Ultravioleta (EUV).

Duración: 2 semana.

Objetivos Específicos:

Estudio del fundamento e instrumentación de la espectrofotometría ultravioleta. Estudio y origen de la absorción de energía ultravioleta. Aplicación en el análisis cuantitativo.

Contenido:

- 3.1 Origen y grupos absorbentes de radiación ultravioleta (espectro).
- 3.2 Análisis cuantitativo e instrumentación.
- 3.3 Efectos del solvente del análisis.
- 3.4 Aplicaciones del análisis U.V.
- 3.5 Problemas.

UNIDAD IV: Espectrofotometría Infrarrojo (EIR).

Duración: 3 semanas.

Objetivos Específicos:

- a. Estudio sobre el origen de la absorción infrarrojo. Fundamentos e instrumentación sobre "EIR".
- b. Que el estudiante conozca riesgos de exposición a las radiaciones ultravioleta y cercano infrarrojo en el hombre.

Contenido:

- 4.1 Regiones, origen y bandas de absorción de energía infrarrojo.
- 4.2 Formación e interpretación del espectro infrarrojo.
- 4.3 Análisis cuantitativo e instrumentación.
- 4.4 Aplicaciones del análisis IR.
- 4.5 Problemas.
- 4.6 Riesgos de exposición a la radiación ultravioleta y cercano infrarrojo en el hombre y el Medio Ambiente

UNIDAD V: Espectrofotometría de Absorción Atómica, (EAA).

Duración: 3 semanas.

Objetivos Específicos:

Estudio sobre fundamentos e instrumentación sobre espectrofotometría de absorción atómica. Aplicaciones en el análisis cuantitativo.

Contenido:

- 5.1 Origen de la absorción atómica.
- 5.2 Control de interferencias analíticas.

- 5.3 Métodos de análisis por llama.
- 5.4 Sistemas de análisis de alta sensibilidad, adición, horno de gráfico y otros.
- 5.5 Aplicaciones cuantitativas.
- 5.6 Problemas.

UNIDAD VI: Espectrofotometría de Emisión de Energía (EEE).

Duración: 1 semanas

Objetivos Específicos:

Estudio del fundamento e instrumentación de la espectrofotometría de emisión de energía.

Contenido:

- 6.1 Fotometría de llama.
- 6.2 Espectrofotometría de emisión atómica.
- 6.3 Aplicaciones cuantitativas.
- 6.4 Problemas.

UNIDAD VII: Métodos Basados en la Refracción y Rotación de la Luz Duración: 1 semanas.

Objetivos Específicos:

Estudio de los fundamentos e instrumentación de la refractometría y polarimetría. Estudios sobre aplicaciones en la industria.

Contenido:

- 7.1 Fundamentos sobre refractometría.
- 7.2 Fundamentos sobre polarimetría.
- 7.3 Instrumentación.
- 7.4 Aplicaciones en la industria aceitera, alimentos y azucarera.
- 7.5 Problemas.

UNIDAD VIII: Métodos Cromatográficos.

Duración: 3 semanas.

Objetivos Específicos

Estudio sobre diferentes tipos de métodos cromatográficos. Estudio específico de la cromatografía de gases y líquida de alta presión.

Contenido

- 8.1 Clasificación de los métodos cromatográficos.
- 8.2 Cromatografía de gases y teoría.
 - 8.2.1 Gases de arrastre, columnas, horno y detectores y sistemas de muestreo.
- 8.3 Cromatografía líquida de alta presión y teoría.
 - 8.3.1 Solvente, bombas, detectores, etc.

- 8.4 Aplicación del análisis cualitativo y cuantitativo (cálculos).
- 8.5 Aplicaciones diversas en la industria.

UNIDAD IX: Métodos basados en Mediciones Eléctricas

Duración: 2 semanas.

Objetivos Específicos

Estudio sobre las mediciones eléctricas y sus aplicaciones en potenciometría y conductivimetría.

Contenido

- 9.1 Estudio sobre los diferentes tipos de mediciones eléctricas.
- 9.2 Potenciometría y su teoría.
- 9.3 Construcción de curvas de titulaciones teóricas e instrumentados.
- 9.4 Fundamentos sobre métodos "Gran".
- 9.5 Aplicaciones potenciométricas en la industria.
- 9.6 Conductivimetría y su teoría.
 - 9.6.1 Aplicación de la conductivimetría en el análisis químico de aguas

Bibliografía

1. Landaverde Q., E. L. "Elaboración de un Cuaderno de Cátedra de Análisis Instrumental para Ingeniería Química", Trabajo de Graduación UES, 1982.
2. Willard, H. H., Merrit, L. L. y Dean A. I., "Métodos Instrumentales de Análisis", 5a Edición, Editorial C.E.C.S.A. 1972, (1986 Nueva Edición).
3. Connors, K.A. "A Textbook of Pharmaceutical Analysis", Second Edition, A Wiley Interscience Publication, 1975.
4. Hamilton-Simpson-Ellig "Cálculos de Química Analítica", 2a Edición McGraw-Hill.
5. Skoog, D.A. y West, D.M. "Análisis Instrumental", Segunda Edición, 1987 Nueva Editorial Interamericana S.A.

Bibliografía Recomendada para la Introducción de Aspectos Ambientalistas

6. **ACGIH (1989). American Conferences of Government Industrial Hygienist. Threshold Limited Values for Chemicals. Washington, D.C., EUA.**

ANEXO N° 3

DATOS DE SEGURIDAD Y PELIGROSIDAD DE LOS REACTANTES UTILIZADOS Y PRODUCTOS GENERADOS EN LAS DIFERENTES PRACTICAS DE LABORATORIO DE LAS ASIGNATURAS ESTUDIADAS EN ESTE DOCUMENTO, Y PARAMETROS PERMISIBLES DE CIERTAS SUSTANCIAS EN DIFERENTES CUERPOS RECEPTORES

CUADRO N° 3-A: CARACTERIZACION DE REACTANTES Y PRODUCTOS QUIMICOS DE PRACTICAS DE LABORATORIO DE LAS ASIGNATURAS ANALIZADAS

CUADRO N° 3-B: FRASES DE RIESGO DE SUSTANCIAS QUIMICAS (R)

CUADRO N° 3-C: FRASES DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUIMICAS (S)

CUADRO N° 3-D: PARAMETROS SOBRE VALORES MAXIMOS PERMISIBLES DE SUSTANCIAS TOXICAS EN LOS CUERPOS RECEPTORES

CUADRO N° 3-A: CARACTERIZACION DE REACTANTES Y PRODUCTOS QUIMICOS DE PRACTICAS DE LABORATORIO DE LAS ASIGNATURAS

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	FORMULA	CLASIFICACION DE PELIGROSIDAD			PESO MOLECULAR gr/mol	PUNTO DE EBULLICION °C	PUNTO DE FUSION °C	DENSIDAD (Kg/L)	SOLUBILIDAD EN AGUA @ 20°C (g/L)
		INF ³	NOC ¹						
ACETALDEHIDO	C ₂ H ₄ O	INF ³	NOC ¹		44.05	21	-123	0.78	MISCIBLE
ACETILENO	HC≡CH				26.02	---	-81	0.9	---
ACETONA	C ₃ H ₆ O	INF ¹			58.08	56	-95	0.79	MISCIBLE
ACIDO ACETICO	C ₂ H ₄ O ₂	COR			60.05	118	10	0.011	SOLUBLE
ACIDO BENCENSULFONICO	C ₆ H ₆ O ₃ S	COR			158.18	---	45.50	---	SOLUBLE
ACIDO BORICO	BH ₃ O ₃				61.83	---	185	---	50
ACIDO BROMHIDRICO AL 47%	HBr	COR			80.91	126	-11	1.49	SOLUBLE
ACIDO CARBONICO	H ₂ CO ₃				62.03	---	---	---	---
ACIDO CLORHIDRICO	HCl	COR			36.46	107	-70	1.12	SOLUBLE
ACIDO ETILENDIAMINO TETRACETICO	C ₁₀ H ₁₂ N ₂ O ₆				292.25	---	---	---	0.5
ACIDO FORMICO	CH ₂ O ₂	COR			46.03	100	8	1.22	MISCIBLE
ACIDO FOSFORICO	H ₃ PO ₄	COR			98	213	42	---	SOLUBLE
ACIDO NITRICO	HNO ₃	COR			63.01	84	-40	1.52	SOLUBLE
ACIDO n-VALERICO	C ₅ H ₁₀ O ₂	COM	COR		102.13	186	-33.8	0.9391	20
ACIDO OXALICO DIHIDRATADO	C ₂ H ₂ O ₄ .2H ₂ O	COR			126.08	150	101	1.9	102
ACIDO SUCCINICO	C ₄ H ₆ O ₄	NOC			118.09	235	183-185	1.57	80
ACIDO SULFANILICO	C ₆ H ₇ NO ₃ S	IRR			173.19	---	10	1.485	---
ACIDO SULFURICO	H ₂ SO ₄	NOC			98.08	330	-14	1.84	---
ACIDO TARTARICO	C ₄ H ₆ O ₆	COR			150.09	---	170	1.76	1,390
ALMIDON	(C ₆ H ₁₀ O ₅) _n	INF	IRR		(162.14) _n	---	---	---	SOLUBLE

CAN = CANCERIGENO, COM = COMBURENTE, IRR = IRRITANTE, TOX = TOXICO, COR = CORROSIVO, INF = INFLAMABLE, NOC = NOCIVO
 PEL = PELIGROSO PARA EL MEDIO AMBIENTE
¹ = FACILMENTE, ² = MUY, ³ = EXTREMADAMENTE

pasa ...

Continuación Cuadro N° 3-A

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	FORMULA	CLASIFICACION DE PELIGROSIDAD			PESO MOLECULAR gr/mol	PUNTO DE EBULLICION °C	PUNTO DE FUSION °C	DENSIDAD (Kg/L)	SOLUBILIDAD EN AGUA @ 20°C (g/L)
ALUMINIO HIDROXIDO	Al(OH) ₃				78.0	—	90	—	INSOLUBLE
ALUMINIO III OXIDO	Al ₂ O ₃				101.96	2980	2050	3.965	INSOLUBLE
ALUMINIO SULFATO	Al ₂ (SO ₄) ₃				342.15	—	—	600	—
AMONIACO	NH ₃	TOX ²			17.03	-33	-78	0.771	520
AMONIACO ACETATO	CH ₃ COONH ₄				77.08	—	114	1.17	1480
AMONIACO CLORURO	NH ₄ Cl	NOC			53.49	520	340	1.527	370
AMONIACO HIDROXIDO	NH ₄ OH				33.05	—	-77	0.89	—
AMONIACO NITRATO	N ₂ H ₄ O ₃	COM			80.04	210	169	—	1183
AMONIACO OXALATO MONOHIDRATADO	(NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ ·H ₂ O	NOC			142.11	70	—	1.51	45
AMONIACO SULFATO	(NH ₄) ₂ SO ₄				132.14	—	280	1.769	760
ANILINA	C ₆ H ₇ N	TOX			93.13	184	-6	1.02	34
ANTIMONIO II CLORURO	SbCl ₃	COM			228.11	223	73	3.14	931
ANTIMONIO III SULFURO	Sb ₂ S ₃	IRR			339.69	1,150	550	4.64	—
ARSENICO III OXIDO	As ₂ O ₃	NOC ²			197.84	—	193	3.74	20
AZUFRE	S				32.06	—	111-119	—	INSOLUBLE
AZUFRE DIOXIDO	SO ₂	TOX			640.6	-10	-75	—	—
BARIO CLORURO	BaCl ₂	NOC			208.25	1,560	963	3.917	—
BARIO II CLORURO DIHIDRATADO	BaCl ₂ ·2H ₂ O	NOC			244.28	—	962	—	357
BARIO SULFATO	BaSO ₄				233.40	—	1580	4.5	INSOLUBLE
BENCENO	C ₆ H ₆	TOX			78.01	80	5	0.88	0.7

CAN = CANCERIGENO, COM = COMBURENTE, IRR = IRRITANTE, TOX = TOXICO, COR = CORROSIVO, INF = INFLAMABLE, NOC = NOCIVO
 PEL = PELIGROSO PARA EL MEDIO AMBIENTE

¹ = FACILMENTE, ² = MUY, ³ = EXTREMADAMENTE

pasa ...

Continuación Cuadro N° 3-A

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	FORMULA	CLASIFICACION DE PELIGROSIDAD			PESO MOLECULAR gr/mol	PUNTO DE EBULLICION °C	PUNTO DE FUSION °C	DENSIDAD (Kg/L)	SOLUBILIDAD EN AGUA @ 20°C (g/L)
BENCINA DE PETROLEO	—	INF ¹			—	—	—	0.066	INSOLUBLE
BROMO	Br ₂	COR			159.82	58	-7	312	42
BROMO BENCENO	C ₆ H ₅ Br	NOC			157.02	156	31	1.50	0.4
1-BROMO HEXANO	C ₆ H ₁₃ Br				165.08	155	-85	1.18	—
BUTANOL O ALCOHOL n-BUTILICO	C ₄ H ₁₀ O	NOC			74.12	117	-89	0.81	77
CALCIO CARBONATO	CaCO ₃				100.09	—	82.5	2.71	< SOLUBIL.
CALCIO CLORURO	CaCl ₂	IRR			110.99	>1600	782	2.15	740
CALCIO III FOSFATO	Ca ₃ (PO ₄) ₂				310.18	—	1730	—	INSOLUBLE
CARBON ACTIVADO	C				12.01	—	—	—	—
CARBONO SULFURO	CS ₂	INF ³	IRR	TOX ²	76.14	46	-111	1.26	2.9
CINC	Zn	INF ¹			65.37	90	419	7.14	INSOLUBLE
CINC CLORURO	ZnCl ₂	COR			136.20	730	318	291	3680
CINC OXIDO	ZnO				81.37	—	1970	5.606	INSOLUBLE
CINC SULFATO MONOHIDRATADO	ZnO ₄ S.H ₂ O				179.45	—	1,200	5.67	INSOLUBLE
CLORO	Cl ₂	TOX			70.91	-34	-101	—	0.7
COBALTO II ACETATO TETRAHIDRATADO	C ₄ H ₆ CoO ₄ .4H ₂ O	TOX			249.08	—	—	—	380
COBALTO CARBONATO	CoCO ₃				118.94	—	—	4.13	—
COBALTO II CLORURO	Cl ₂ Co	CAN	TOX		129.84	—	735	2.94	SOLUBLE
COBALTO II CLORURO HEXAHIDRAT.	Cl ₂ Co.6H ₂ O	TOX			237.93	—	56	—	76
COBALTO II FOSFATO	CO ₃ (PO ₄) ₂	CAN	TOX		366.7	—	—	—	INSOLUBLE

CAN = CANCERIGENO, COM = COMBURENTE, IRR = IRRITANTE, TOX = TOXICO, COR = CORROSIVO, INF = INFLAMABLE, NOC = NOCIVO
 PEL = PELIGROSO PARA EL MEDIO AMBIENTE ¹ = FACILMENTE, ² = MUY, ³ = EXTREMADAMENTE

pasa ...

Continuación Cuadro N° 3-A

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	FORMULA	CLASIFICACION DE PELIGROSIDAD			PESO MOLECULAR gr/mol	PUNTO DE EBULLICION °C	PUNTO DE FUSION °C	DENSIDAD (Kg/L)	SOLUBILIDAD EN AGUA @ 20°C (g/L)
		CAN	TOX						
COBALTO II NITRATO	CO(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	CAN	TOX		291.04	55	55-56	1.87	SOLUBLE
COBALTO II NITRATO HEXAHIDRATADO	CO(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	TOX			291.04	---	57	1.87	1,330
COBALTO OXIDO	Co ₃ O ₄	TOX			241.6	---	114	2.05	2,670
COBRE	Cu				63.55	2595	1,083	8.92	INSOLUBLE
COBRE II ACETATO MONOHIDRATADO	C ₄ H ₈ CuO ₄	NOC			199.65	240	115	1.882	-72
COBRE I CLORURO	ClCu	NOC			79	1,366	422	---	0.06
COBRE II CLORURO	Cl ₂ Cu	TOX			134.45	1366	630	3.386	SOLUBLE
COBRE II CLORURO DIHIDRATADO	Cl ₂ Cu·2H ₂ O	TOX			170.48	---	100	---	115.0
COBRE II NITRATO TRIHIDRATADO	Cu(NO ₃) ₂ ·3H ₂ O	NOC			241.6	---	114	2.05	2,670
COBRE I OXIDO	Cu ₂ O				143.08	1,800	1,236	6.0	---
COBRE II OXIDO	CuO				79.55	---	1122	6.315	---
COBRE SULFATO	CuSO ₄	NOC			159.6	---	650	3.603	203
COBRE SULFATO PENTAHIDRATADO	CuSO ₄ ·5H ₂ O	NOC			249.68	150	110	2.284	317
COBRE II SULFATO TETRAMIN	[Cu(NH ₃) ₄].SO ₄ ·H ₂ O				245.77	---	150	1.81	18.05
1-2-DIBROMOETANO	C ₂ H ₄ Br ₂	TOX			187.89	131	9	2.18	4
DICLOROBENCENO	C ₆ H ₄ Cl ₂	NOC			147	180	-17	1.31	---
2,4-DINITROFENILHIDRAZINA	C ₆ H ₃ N ₄ O ₄	NOC			178.14	---	---	---	INSOLUBLE
ETANOL O ALCOHOL ETILICO	C ₂ H ₅ OH	INF ¹			46.07	78	117	0.79	---
ETENO	C ₂ H ₄	INF ¹			28.05	-104	-169	---	INSOLUBLE
ETER ETILICO	C ₄ H ₁₀ O	INF ¹			74.12	34.6	-116	0.71	12

CAN = CANCERIGENO, COM = COMBURENTE, IRR = IRRITANTE, TOX = TOXICO, COR = CORROSIVO, INF = INFLAMABLE, NOC = NOCIVO
 PEL = PELIGROSO PARA EL MEDIO AMBIENTE ¹ = FACILMENTE, ² = MUY, ³ = EXTREMADAMENTE

pasa ...

Continuación Cuadro N° 3-A

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	FORMULA	CLASIFICACION DE PELIGROSIDAD			PESO MOLECULAR gr/mol	PUNTO DE EBULLICION °C	PUNTO DE FUSION °C	DENSIDAD (Kg/L)	SOLUBILIDAD EN AGUA @ 20°C (g/L)
ETILENGLICOL	$C_2H_6O_2$	NOC			62.07	198	-12	1.11	—
ETILO ACETATO	$C_4H_8O_2$	INF ¹			88.10	77	-83	0.90	80
FORMALDEHIDO	CH_2O	NOC	TOX		30.03	96-98	-92	1.08	—
FOSFORO V OXIDO	P_2O_5	COR			141.94	—	1,970	2.39	—
GLICERINA	$C_3H_8O_3$				92.10	290	18	1.26	—
HEXANO	C_6H_{14}	INF ¹	NOC		86.18	68	-94	0.66	—
HIDRACINA SULFATO	$H_3N_2O_4S$	TOX			130.12	—	254	—	30
HIDROGENO	H_2	INF ²			2.02	-253	-259	0.0899	—
HIDROGENO PEROXIDO	H_2O_2	COM	COR		34.01	107	-26	1.12	SOLUBLE
HIDROGENO SULFURO	H_2S	TOX ²			34.08	-60	-85	1.539	4
HIERRO	Fe				55.85	3000	—	1535	INSOLUBLE
HIERRO III CLORURO	$FeCl_3$	NOC			162.21	—	305	2.898	920
HIERRO II NITRATO NONAHIDRAT.	$Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	COM	IRR		404.04	—	47	1,684	SOLUBLE
HIERRO II OXALATO DIHIDRATADO	$C_2FeO_4 \cdot 2H_2O$	NOC			179.90	—	—	—	—
HIERRO II OXIDO	FeO				71.85	—	1,377	5.7	—
HIERRO II SULFATO PENTAHIDRATADO	$FeSO_4 \cdot 5H_2O$	NOC			241.98	—	64	2.2	400
HIERRO SULFATO Y AMONIO DODECAHIDRATADO O ALUMBRE	$NH_4Fe(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$				482.19	230	39-41	1.71	1,240
HIERRO III SULFATO	$Fe_2(SO_4)_3$	NOC			399.88	—	—	2.1	—
HIERRO III SULFATO HEPTAHIDRATADO	$FeSO_4 \cdot 7H_2O$	NOC			278.02	—	64	1.89	400

CAN = CANCERIGENO, COM = COMBURENTE, IRR = IRRITANTE, TOX = TOXICO, COR = CORROSIVO, INF = INFLAMABLE, NOC = NOCIVO
 PEL = PELIGROSO PARA EL MEDIO AMBIENTE

¹ = FACILMENTE, ² = MUY, ³ = EXTREMADAMENTE

pasa ...

Continuación Cuadro N° 3-A

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	FORMULA	CLASIFICACION DE PELIGROSIDAD			PESO MOLECULAR gr/mol	PUNTO DE EBULLICION °C	PUNTO DE FUSION °C	DENSIDAD (Kg/L)	SOLUBILIDAD EN AGUA @ 20°C (g/L)
LITIO CARBONATO	CO ₃ Li ₂	NOC			73.89	---	720	2.11	13
LITIO CLORURO	CLi	NOC			42.39	1,360	614	2.068	820
MAGNESIO	Mg	INF ²			24.31	1107	651	1.74	---
MAGNESIO ACETATO TETRAHIDRATADO	(CH ₃ COO) ₂ .Mg.				214.46	---	80	1.589	1260
MANGANESO CLORURO	Cl ₂ Mn	NOC			125.84	1190	650	2.977	1,400
MANGANESO IV OXIDO	MnO ₂	NOC			86.04	---	535	5.026	---
MANGANESO II SULFATO	MnSO ₄	NOC			151.0	---	700	3.25	762
MERCURIO II CLORURO	Cl ₂ Hg	TOX ³			271.50	302	276	5.44	74
MERCURIO II YODURO	HgI ₂	TOX			454.4	354	259	6.36	INSOLUBLE
METANOL	CH ₄ OH	TOX ²			32.08	65	-98	0.79	---
NIQUEL II CLORURO HEXAHIDRATADO	Cl ₂ Ni.6H ₂ O	TOX			237.71	980	---	---	---
NIQUEL SULFATO HEXAHIDRATADO	NiO ₄ S.6H ₂ O	TOX			262.86	---	53	---	625
NITROBENCENO	NO ₂ C ₆ H ₅	TOX ²			123.11	210	5	1.20	1.9
NITROGENO DIOXIDO	NO ₂	TOX ²			46.01	21	-11	1.44	---
NITROGENO MONOXIDO	NO	TOX ²			30.01	-151	-163	---	SOLUBLE
PARAFINA	---				---	350	---	---	---
1-PENTANOL	C ₅ H ₁₂	NOC			88.15	138	-79	0.81	27
PLATA CLORURO	AgCl				143.32	1,550	435	5.56	INSOLUBLE
PLATA CROMATO	Ag ₂ CrO ₄				331.73	---	---	5.625	INSOLUBLE
PLATA NITRATO	AgNO ₃	COM	COR		169.87	444	212	---	2150

CAN = CANCERIGENO, COM = COMBURENTE, IRR = IRRITANTE, TOX = TOXICO, COR = CORROSIVO, INF = INFLAMABLE, NOC = NOCIVO
 PEL = PELIGROSO PARA EL MEDIO AMBIENTE ¹ = FACILMENTE, ² = MUY, ³ = EXTREMADAMENTE

pasa ...

Continuación Cuadro N° 3-A

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	FORMULA	CLASIFICACION DE PELIGROSIDAD			PESO MOLECULAR gr/mol	PUNTO DE EBULLICION °C	PUNTO DE FUSION °C	DENSIDAD (Kg/L)	SOLUBILIDAD EN AGUA @ 20°C (g/L)
PLOMO II ACETATO TRIHIDRATADO	$C_4H_6O_4Pb \cdot 3H_2O$	TOX			379.34	—	75	2.55	410
PLOMO II NITRATO	$Pb(NO_3)_2$	TOX			331.21	—	—	4.53	525
PLOMO II SULFATO	$PbSO_4$	TOX			303.25	—	1,170	6.2	INSOLUBLE
PLOMO II SULFURO	PbS	TOX			239.26	—	1,114	7.5	INSOLUBLE
POTASIO BIFALATO	$KHC_8H_4O_4$				204.23	—	295-300	—	80
POTASIO CARBONATO	K_2CO_3	NOC			138.21	—	891	2.29	1.120
POTASIO CLORURO	KCl				74.56	1420	778	1.984	340
POTASIO CROMATO	K_2CrO_4	TOX			194.21	630	970	2.782	630
POTASIO DICROMATO	$K_2Cr_2O_7$	TOX			294.19	610	398	2.676	120
POTASIO HEXACIANO FERRATO II TRIHIDRAT.	$K_4[Fe(CN)_6] \cdot 3H_2O$				422.31	—	—	—	270
POTASIO HIDROGENO CARBONATO	$KHCO_3$				100.12	—	292	2.17	—
POTASIO HIDROXIDO	KOH	COR			56.11	1327	360	2.044	120
POTASIO NITRATO	KNO_3	COM			101.11	—	334	2.109	320
POTASIO OXALATO MONOHIDRATADO	$C_2K_2O_4 \cdot H_2O$	NOC			184.24	—	160	2.127	360
POTASIO PERMANGANATO	$KMnO_4$	COM	NOC		158.04	—	50	2.703	65
POTASIO SULFATO	K_2SO_4				174.27	1689	1,069	2.662	110
POTASIO TIOCIANATO	$KSCN$	NOC			98.18	—	17.5	1.886	2170
POTASIO YODURO	KI				166.01	1330	681	3.13	1270
SODIO	Na	COR	INF ¹		22.99	886	97	0.97	—
SODIO ACETATO	$C_2H_3O_2Na$				82.03	—	32.4	1.528	1190

CAN = CANCERIGENO, COM = COMBURENTE, IRR = IRRITANTE, TOX = TOXICO, COR = CORROSIVO, INF = INFLAMABLE, NOC = NOCIVO
 PEL = PELIGROSO PARA EL MEDIO AMBIENTE ¹ = FACILMENTE, ² = MUY, ³ = EXTREMADAMENTE

pasa ...

Continuación Cuadro N° 3-A

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	FORMULA	CLASIFICACION DE PELIGROSIDAD			PESO MOLECULAR gr/mol	PUNTO DE EBULLICION °C	PUNTO DE FUSION °C	DENSIDAD (Kg/L)	SOLUBILIDAD EN AGUA @ 20°C (g/L)
SODIO BICARBONATO	NaHCO ₃				84.01	—	270	2.159	1000
SODIO CARBONATO	Na ₂ CO ₃	IRR			105.99	—	891	2.532	210
SODIO CIANURO	CNNa	TOX ³			49.01	1496	563	—	SOLUBLE
SODIO CLORURO	NaCl				58.44	1413	801	2.165	360
DISODIO HIDROG. FOSFATO HEPTAHIDRATADO	Na ₂ HPO ₄ ·7H ₂ O				268	—	48.1	1.679	75
TRISODIO FOSFATO DODECAHIDRATADO	Na ₃ PO ₄ ·12H ₂ O				380.12	100	75	1.62	2581
SODIO NITRATO	NaNO ₃	COM			84.99	—	309	2.261	880
SODIO NITRITO	NaNO ₂	COM	TOX		69	—	271-281	—	820
SODIO OXALATO	C ₂ Na ₂ O ₄	NOC			134	—	—	2.34	37
DISODIO SULFATO	Na ₂ SO ₄				142.02	—	884	—	162
SODIO SULFITO	Na ₂ O ₃ S	IRR			126.04	—	—	2.633	495
SODIO SULFURO	Na ₂ S	COR			78.04	—	950	1.856	470
SODIO TIOSULFATO	Na ₂ S ₂ O ₃				158.11	—	—	1.667	SOLUBLE
1,1,2,2-TETRABROMO ETANO	C ₂ H ₂ Br ₄	TOX			345.67	243.5	-12.96	—	INSOLUBLE
TETRACLORURO DE CARBONO	CCl ₄	NOC	TOX	PEL	153.82	76	-22	1.59	0.8
TIUREA	CH ₄ N ₂ S	NOC			79.2	—	174-176	—	180
YODO	I ₂	NOC			253.81	183	114	0.34.98	0.3

Referencia: Merck, (1992-1993); Panreac, (1989); Handbook of Chemistry and Physics, (1987-1988); Armour, M.A., (1991), Merck, (1996).

Continuación Cuadro N° 3-A

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	WGK	EFECTOS DE EXPOSICION mg/Kg	FRASES DE RIESGO (R)	FRASES DE SEGURIDAD (S)	ASIGNATURA
ACETALDEHIDO	1	(1) 661	12-36/37-40	16-33-86/37	D
ACETILENO	—	—	—	—	C
ACETONA	0	(1) 5,800	11	9-16-23-2	D
ACIDO ACETICO	1	(1) 3,310	10-35	2-23.2-26	BDF
ACIDO BENCENSULFONICO	2	(1) 890	22-34	26	D
ACIDO BORICO	1	(1) 2,260 (10) 200	—	—	C
ACIDO BROMHIDRICO AL 47%	1	2,858 1h	34-37	7/9-23.2/26	CD
ACIDO CARBONICO	—	—	—	—	E
ACIDO CLORHIDRICO	1	(3) 3,124 (1h) (5) 900 (11) 1,300 (30 min)	34	2-26	BCEF
ACIDO ETILENDIAMINO TETRACETICO	1	—	—	—	E
ACIDO FORMICO	1	(11) 1,100	35	2-23.2-26	D
ACIDO FOSFORICO	1	(1) 1,530 (6) 2,740	34	26	E
ACIDO NITRICO	2	(3) 67 ppm (NO ₂) 4H, (9) 430	8-35	23.2-26	E
ACIDO n-VALERICO	1	(4) 600	34	26-36	D
ACIDO OXALICO DIHIDRATADO	1	—	21/22	2-24/25	F
ACIDO SUCCINICO	0	(1) 2,260	36	26	A
ACIDO SULFANILICO	1	(1) 12,300	20/21/22	25-28.1	D
ACIDO SULFURICO	1	(1) 2,120 (3) 50 (2h)	35	2-26-30	ABDE
ACIDO TARTARICO	1	(6) 5	38	2	A
ALMIDON	—	—	—	—	BE

A = QUIMICA GENERAL I; B = QUIMICA GENERAL II; C = QUIMICA INORGANICA; D = QUIMICA ORGANICA; E = QUIMICA ANALITICA; F = ANALISIS INSTRUMENTAL

pasa ...

Continuación Cuadro N° 3-A

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	WGK	EFFECTOS DE EXPOSICION mg/Kg	FRASES DE RIESGO (R)	FRASES DE SEGURIDAD (S)	ASIGNATURA
ALUMINIO HIDROXIDO	—	—	—	—	C
ALUMINIO III OXIDO	0	—	—	22	C
ALUMINIO SULFATO	1	(4) 6207	—	—	C
AMONIACO	2	(1) 350 (3) 2000 (4h) (11)5000 (5min)	10-23	7/9-16-38	CD
AMONIACO ACETATO	1	—	—	—	F
AMONIACO CLORURO	1	(1)1650 (6)1000	22-36	22	E
AMONIACO HIDROXIDO	—	—	—	—	CDE
AMONIACO NITRATO	1	(1)2217	8-9	15-16-41	CD
AMONIACO OXALATO MONOHIDRATADO	1	—	21/22	2-24/25	E
AMONIACO SULFATO	1	(1)2,840	—	—	C
ANILINA	2	(1)250	23/24/25-33-40	28.1-36/37-44	D
ANTIMONIO II CLORURO	—	(1) 525	34-37	26	C
ANTIMONIO III SULFURO	2	—	37	—	C
ARSENICO III OXIDO	3	(1)14.60 (10)1.43	45.2-E28-34	45-53	E
AZUFRE	0	(6) 175	—	—	A
AZUFRE DIOXIDO	1	(3) 2520 (11) 1000 (10 min)	23-36/37	7/9	BC
BARIO CLORURO	1	(1) 118 (10) 11.4	20/22	28.1	AB
BARIO II CLORURO DIHIDRATADO	1	—	20./22	28.1	C
BARIO SULFATO	0	—	—	—	B
BENCENO	3	(1) 930, (12) 50	11-45.2-E23/24/25-48	5.3-16-29-44	DE

A = QUIMICA GENERAL I; B = QUIMICA GENERAL II; C = QUIMICA INORGANICA; D = QUIMICA ORGANICA; E = QUIMICA ANALITICA; F = ANALISIS INSTRUMENTAL

pasa ...

Continuación Cuadro N° 3-A

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	WGK	EFECTOS DE EXPOSICION mg/Kg	FRASES DE RIESGO (R)	FRASES DE SEGURIDAD (S)	ASIGNATURA
BENCINA DE PETROLEO	1	(3) 34,000 (4h)	11	9-16-29-33	D
BROMO	2	(1) 2,600 (10) 14	26-35	7/9-26	D
BROMO BENCENO	2	(1) 2,699 (3) 20,411	10-38	---	C
1-BROMO HEXANO	---	(3) 550,000 (30 min)	10	13	C
BUTANOL O ALCOHOL n-BUTILICO	2	---	36/37/38	26-28.1	D
CALCIO CARBONATO	0	(1) 6,450	---	---	ABE
CALCIO CLORURO	0	(1) 1,000 (6) 1,384	36	22-24	ADE
CALCIO III FOSFATO	---	---	---	---	B
CARBON ACTIVADO	---	---	---	---	D
CARBONO SULFURO	2	(1) 3,188 (3) 25 (2h) (11) 400 (30 min)	11-36/38-48/23, 62-63	53-27-29-33-43.3-45	A
CINC	0	---	15-17-7/8-43.3	---	B
CINC CLORURO	1	(1) 350 1,960 (10 min) mg/m ³	34	7/8-28.1	B
CINC OXIDO	0	(9) 7,950 (14) 2,500 (10) 500	---	---	BC
CINC SULFATO MONOHIDRATADO	0	(17) 7,950 (18) 500	---	---	D
COLORO	2	(3) 293 (1h) (11) 253(30 min)	23-36/37-38	7/9-44	C
COBALTO II ACETATO TETRAHIDRATADO	3	(1) 708	A45.3.22	33-24/25-44	D
COBALTO CARBONATO	---	---	---	---	D
COBALTO II CLORURO	2	(1) 80, (6) 1,272	A45.3-25	53-24/25-44	AB
COBALTO II CLORURO HEXAHIDRAT.	2	(1) 766	A45.3-22	3-24/25-44	C
COBALTO II FOSFATO	3	---	A45.3-25	53-24/25-44	C

A = QUIMICA GENERAL I; B = QUIMICA GENERAL II; C = QUIMICA INORGANICA; D = QUIMICA ORGANICA; E = QUIMICA ANALITICA; F = ANALISIS INSTRUMENTAL

pasa ...

Continuación Cuadro N° 3-A

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	WGK	EFFECTOS DE EXPOSICION mg/Kg	FRASES DE RIESGO (R)	FRASES DE SEGURIDAD (S)	ASIGNATURA
COBALTO II NITRATO	2	(1) 691	A45.3-23	53-24/25-44	C
COBALTO II NITRATO HEXAHIDRATADO	2	(1) 691	A45/3-22	3-24/25-44	C
COBALTO OXIDO	2	(1) 940	22	---	C
COBRE	0	---	---	---	B
COBRE II ACETATO MONOHIDRATADO	2	(1) 710	22	---	C
COBRE I CLORURO	---	---	22	22	D
COBRE II CLORURO	2	---	---	44	B
COBRE II CLORURO DIHIDRATADO	2	---	25-36/37/38	44	C
COBRE II NITRATO TRIHIDRATADO	2	(1) 940	22	---	C
COBRE I OXIDO	---	---	---	---	D
COBRE II OXIDO	---	---	---	---	D
COBRE SULFATO	2	(1) 300, (10) 50	22	---	D
COBRE SULFATO PENTAHIDRATADO	2	(1) 300 (10) 1,088	---	---	ACD
COBRE II SULFATO TETRAMIN	---	---	---	---	C
1-2-DIBROMOETANO	3	(1) 108	45.2-E23/24/25-36/37/38	53-44	D
DICLOROBENCENO	2	(1) 500	20-24/25	---	D
2,4-DINITROFENILHIDRAZINA	2	---	1-22,36/38	---	D
ETANOL O ALCOHOL ETILICO	0	(1) 7,060 (3) 20,000 (10h) (10) 14,000 (13)	11	7-16	ACD
ETENO	1	---	13	9-16-33	D
ETER ETILICO	1	(1) 1,215 (3) 73,000 (2h) (12) 260	12-19	9-16-29-33	D

A = QUIMICA GENERAL I; B = QUIMICA GENERAL II; C = QUIMICA INORGANICA; D = QUIMICA ORGANICA; E = QUIMICA ANALITICA; F = ANALISIS INSTRUMENTAL

pasa ...

Continuación Cuadro N° 3-A

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	WGK	EFFECTOS DE EXPOSICION mg/Kg	FRASES DE RIESGO (R)	FRASES DE SEGURIDAD (S)	ASIGNATURA
ETILENGLICOL	0	(1) 4,700	22	2	D
ETILO ACETATO	1	(1) 5,620	11	16-23.2-29-33	D
FORMALDEHIDO	2	---	23/24/25-34-40-43	26-36/37-40-43	D
FOSFORO V. OXIDO	1	(3) 1,217 (1h)	35	22-26	C
GLICERINA	0	(1) 12,600	---	---	A
HEXANO	1	(1) 28,710	11-20-48	9-16-24/25-29-51	D
HIDRACINA SULFATO	3	(1) 610	45.3-24/25	53/44	C
HIDROGENO	---	---	12	7/9	B
HIDROGENO PEROXIDO	---	1,429	34	28.1-39	C
HIDROGENO SULFURO	2	(3) 444 (11) 600 (30min)	13-26	7/9-25-45	C
HIERRO	---	(1) 130,000	---	---	ABD
HIERRO III CLORURO	1	---	22-38-41	26	BD
HIERRO II NITRATO NONAHIDRAT.	1	(1) 3,250	8-36/38	---	C
HIERRO II OXALATO DIHIDRATADO	1	---	21/22	2-24/25	C
HIERRO II OXIDO	---	---	---	---	C
HIERRO II SULFATO PENTAHIDRATADO	1	(2) 1,389 (9) 1,520	22-41	26	D
HIERRO SULFATO Y AMONIO DODECAHIDRATA- DO O ALUMBRE	---	---	---	---	C
HIERRO III SULFATO	2	---	22-41	26	C
HIERRO III SULFATO HEPTAHIDRATADO	---	---	22-41	26	C

A = QUIMICA GENERAL I; B = QUIMICA GENERAL II; C = QUIMICA INORGANICA; D = QUIMICA ORGANICA; E = QUIMICA ANALITICA; F = ANALISIS INSTRUMENTAL

Continuación Cuadro N° 3-A

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	WGK	EFFECTOS DE EXPOSICION mg/Kg	FRASES DE RIESGO (R)	FRASES DE SEGURIDAD (S)	ASIGNATURA
LITIO CARBONATO	1	(1) 525	22	--	D
LITIO CLORURO	1	(1) 526	22-36/38	--	C
MAGNESIO	--	--	15-17	7/8-43.3	D
MAGNESIO ACETATO TETRAHIDRATADO	--	--	--	--	D
MANGANESO CLORURO	1	(17) 1,715	22	--	E
MANGANESO IV OXIDO	1	--	20/21	25	D
MANGANESO II SULFATO	1	--	48/20/22	22	D
MERCURIO II CLORURO	3	(1) 1 (18) 29	28-34-48/24/25	36/37/39-45	E
MERCURIO II YODURO	3	(1) 18 (12) 357	26/27/28-33	13-28.1-45	E
METANOL	1	(1) 5,628 (10) 428	11-23/25	2-7-16-24	D
NIQUEL II CLORURO HEXAHIDRATADO	2	(1) 175	53-44	--	D
NIQUEL SULFATO HEXAHIDRATADO	3	(1) 175	22-40-42/43	22-36/37	E
NITROBENCENO	2	(1) 780 15 2,100 (6) 700	26/27/28-33	28.3-36/37-45	E
NITROGENO DIOXIDO	1	88 (4h)	26/37	7/9-26-45	C
NITROGENO MONOXIDO	--	1,168 (4h)	26/27	45	C
PARAFINA	0	--	--	--	AD
1-PENTANOL	1	(1) 2,200	10-20	24/25	D
PLATA CLORURO	--	--	--	--	E
PLATA CROMATO	--	--	--	--	E
PLATA NITRATO	3	(1) 50 (6) 80	8-34	2-26	DE

A = QUIMICA GENERAL I; B = QUIMICA GENERAL II; C = QUIMICA INORGANICA; D = QUIMICA ORGANICA; E = QUIMICA ANALITICA; F = ANALISIS INSTRUMENTAL

Continuación Cuadro Nº 3-A

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	WGK	EFFECTOS DE EXPOSICION mg/Kg	FRASES DE RIESGO (R)	FRASES DE SEGURIDAD (S)	ASIGNATURA
PLOMO II ACETATO TRIHIDRATADO	2	---	60-61-33-48/22	53/45	CD
PLOMO II NITRATO	2	(16) 500	8-20/22	13-20/21	A
PLOMO II SULFATO	---	---	20/22-23	13-20/21	A
PLOMO II SULFURO	2	(16) 10,000	20/22-33	13-20/21	C
POTASIO BIFTALATO	---	---	---	---	E
POTASIO CARBONATO	1	(1) 1,870	22-36	22-26	C
POTASIO CLORURO	0	(1) 26,000 (10) 20	---	---	ABE
POTASIO CROMATO	3	(9) 180	A45.3-36/37/38-43	53-22-28.1-44	EF
POTASIO DICROMATO	3	(9) 190 (16) 163	RA45.3-36/37/38-43	53-22-28.1-44	DE
POTASIO HEXACIANO FERRATO II TRIHIDRAT.	(1)	---	---	---	C
POTASIO HIDROGENO CARBONATO	1	---	---	---	C
POTASIO HIDROXIDO	1	(1) 273	53	2-26-37/39-45	D
POTASIO NITRATO	1	(1) 3,760	8	16-41	A
POTASIO OXALATO MONOHIDRATADO	1	---	21/22	2-24/25	C
POTASIO PERMANGANATO	2	(1) 1,090 (10) 143	8-22	2	DEF
POTASIO SULFATO	0	(1) 6,600	---	---	D
POTASIO TIOCIANATO	1	(1) 850 (10) 80	20/23/22-32	2-13	BE
POTASIO YODURO	1	(9) 1,826	---	---	E
SODIO	1	---	14/15-3-6	5.2-8-43.3	D
SODIO ACETATO	1	(1) 3,530	---	---	D

A = QUIMICA GENERAL I; B = QUIMICA GENERAL II; C = QUIMICA INORGANICA; D = QUIMICA ORGANICA; E = QUIMICA ANALITICA; F = ANALISIS INSTRUMENTAL

pasa ...

Continuación Cuadro N° 3-A

NOMBRE DE LA SUSTANCIA	WGK	EFFECTOS DE EXPOSICION mg/Kg	FRASES DE RIESGO (R)	FRASES DE SEGURIDAD (S)	ASIGNATURA
SODIO BICARBONATO	0	(1) 4,220	---	---	E
SODIO CARBONATO	1	(1) 4,090	36	22-26	E
SODIO CIANURO	3	(1) 6.44 (18) 2.85	26/27/28-32	1/2-7-28.1-29-45	E
SODIO CLORURO	---	(1) 3000	---	---	E
DISODIO HIDROG. FOSFATO HEPTAHIDRATADO	1	(1) 17,000	---	---	B
TRISODIO FOSFATO DODECAHIDRATADO	---	(1) 7,400	---	24/25-26	B
SODIO NITRATO	1	(1) 3,236	8	16/41	AC
SODIO NITRITO	2	(1) 85	8-25	44	D
SODIO OXALATO	1	---	21/22	2-24/25	E
DISODIO SULFATO	0	(19) 5,989	---	---	A
SODIO SULFITO	1	820	36/37/38	50.1	C
SODIO SULFURO	2	---	31-36	26	D
SODIO TIOSULFATO	0	---	---	---	BCE
1,1,2,2-TETRABROMO ETANO	3	(1) 1,200	26-36	1-24-27-45	D
TETRACLORURO DE CARBONO	3	(1) 2,350	23/24/25-40-48/23-59	23.2-36/37-45-59-61	DF
TIOUREA	3	(1) 125	22-40	22-24	C
YODO	1	(1) 1,400 (10) 28	20/21	23.2-5	E

A = QUIMICA GENERAL I; B = QUIMICA GENERAL II; C = QUIMICA INORGANICA; D = QUIMICA ORGANICA; E = QUIMICA ANALITICA; F = ANALISIS INSTRUMENTAL

CUADRO Nº 3-B

FRASES DE RIESGO DE SUSTANCIAS QUIMICAS (R)

R 01 ■ Explosivo en estado seco.	R 16 ■ Puede explosionar en mezcla con sustancias comburentes.
R 02 ■ Riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.	R 17 ■ Se inflama espontáneamente en contacto con el aire.
R 03 ■ Alto riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.	R 18 ■ Al usarlo pueden formarse mezclas aire-vapor explosivas/inflamables.
R 04 ■ Forma compuestos metálicos explosivos muy sensibles.	R 19 ■ Puede formar peróxidos explosivos.
R 05 ■ Peligro de explosión en caso de calentamiento.	R 20 ■ Nocivo por inhalación.
R 06 ■ Peligro de explosión, en contacto o sin contacto con el aire.	R 20/21 ■ Nocivo por inhalación y en contacto con la piel.
R 07 ■ Puede provocar incendios.	R 20/22/22 ■ Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
R 08 ■ Peligro de fuego en contacto con materias combustibles.	R 20/22 ■ Nocivo por inhalación y por ingestión.
R 09 ■ Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles.	R 21 ■ Nocivo en contacto con la piel.
R 10 ■ Inflamable.	R 21/22 ■ Nocivo por contacto con la piel y por ingestión.
R 11 ■ Fácilmente inflamable.	R 22 ■ Nocivo por ingestión.
R 12 ■ Extremadamente inflamable.	R 23 ■ Tóxico por inhalación.
R 13 ■ Gas licuado, extremadamente inflamable.	R 23/24 ■ Tóxico por inhalación y en contacto con la piel.
R 14 ■ Reacciona violentamente con el agua.	R 23/24/25 ■ Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
R 14/15 ■ Reacciona violentamente con el agua liberando gases extremadamente inflamables.	R 23/25 ■ Tóxico por inhalación y por ingestión.
R 15 ■ Reacciona con el agua liberando gases extremadamente inflamables.	R 24 ■ Tóxico en contacto con la piel.
R 15/29 ■ En contacto con el agua, libera gases tóxicos y extremadamente inflamables.	R 24/25 ■ Tóxico en contacto con la piel y por ingestión.
	R 25 ■ Tóxico por ingestión.

<p>R 26 ■ Muy tóxico por inhalación.</p> <p>R 26/27 ■ Muy tóxico por inhalación y en contacto con la piel.</p> <p>R 26/27/28 ■ Muy tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.</p> <p>R 26/28 ■ Muy tóxico por inhalación y por ingestión.</p> <p>R 27 ■ Muy tóxico en contacto con la piel.</p> <p>R 27/28 ■ Muy tóxico en contacto con la piel y por ingestión.</p> <p>R 28 ■ Muy tóxico por ingestión.</p> <p>R 29 ■ En contacto con agua libera gases tóxicos.</p> <p>R 30 ■ Puede inflamarse fácilmente al usarlo.</p> <p>R 31 ■ En contacto con ácidos libera gases tóxicos.</p> <p>R 32 ■ En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos.</p> <p>R 33 ■ Peligro de efectos acumulativos.</p> <p>R 34 ■ Provoca quemaduras.</p> <p>R 35 ■ Provoca quemaduras graves.</p> <p>R 36 ■ Irrita los ojos.</p> <p>R 36/37 ■ Irrita los ojos y las vías respiratorias.</p> <p>R 36/37/38 ■ Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.</p> <p>R 36/38 ■ Irrita los ojos y la piel.</p> <p>R 37 ■ Irrita las vías respiratorias.</p> <p>R 38 ■ Irrita la piel.</p>	<p>R 39 ■ Peligro de efectos irreversibles muy graves.</p> <p>R 39/23 ■ Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación.</p> <p>R 39/23/24 ■ Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel.</p> <p>R 39/23/24/25 ■ Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión.</p> <p>R 39/23/25 ■ Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación e ingestión.</p> <p>R 39/24 ■ Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel.</p> <p>R 39/24/25 ■ Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión.</p> <p>R 39/25 ■ Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión.</p> <p>R 39/26 ■ Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación.</p> <p>R 39/26/27 ■ Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel.</p> <p>R 39/26/27/28 ■ Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión.</p> <p>R 39/26/28 ■ Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación e ingestión.</p> <p>R 39/27 ■ Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel.</p> <p>R 39/27/28 ■ Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión.</p>
---	--

<p>R 39/28 ■ Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión.</p> <p>R 40 ■ Posibilidad de efectos irreversibles.</p> <p>R 40/20 ■ Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación.</p> <p>R 40/20/21 ■ Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación y contacto con la piel.</p> <p>R 40/20/21/22 ■ Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación, contacto con la piel e ingestión.</p> <p>R 40/20/22 ■ Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación e ingestión.</p> <p>R 40/21 ■ Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles en contacto con la piel.</p> <p>R 40/21/22 ■ Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles en contacto con la piel e ingestión.</p> <p>R 40/22 ■ Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por ingestión.</p> <p>R 41 ■ Riesgo de lesiones oculares graves.</p> <p>R 42 ■ Posibilidad de sensibilización por inhalación.</p> <p>R 42/43 ■ Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel.</p> <p>R 43 ■ Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.</p> <p>R 44 ■ Riesgo de explosión al calentarlo en ambiente confinado.</p> <p>R 45 ■ Puede causar cáncer.</p> <p>R 46 ■ Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.</p> <p>R 48 ■ Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada.</p>	<p>R 48/20 ■ Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.</p> <p>R 48/20/21 ■ Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel.</p> <p>R 48/20/21/22 ■ Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión.</p> <p>R 48/20/22 ■ Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión.</p> <p>R 48/21 ■ Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel.</p> <p>R 48/21/22 ■ Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión.</p> <p>R 48/22 ■ Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.</p> <p>R 48/23 ■ Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.</p> <p>R 48/23/24 ■ Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel.</p> <p>R 48/23/24/25 ■ Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión.</p> <p>R 48/23/25 ■ Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión.</p> <p>R 48/24 ■ Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel.</p>
--	---

<p>R 48/24/25 ■ Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión.</p> <p>R 48/25 ■ Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.</p> <p>R 49 ■ Puede causar cáncer por inhalación.</p> <p>R 50 ■ Muy tóxico para los organismos acuáticos.</p> <p>R 51 ■ Tóxico para los organismos acuáticos.</p> <p>R 52 ■ Nocivo para los organismos acuáticos.</p> <p>R 53 ■ Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.</p> <p>R 54 ■ Tóxico para la flora.</p> <p>R 56 ■ Tóxico para los organismos del suelo.</p>	<p>R 55 ■ Tóxico para la fauna.</p> <p>R 57 ■ Tóxico para las abejas.</p> <p>R 58 ■ Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente.</p> <p>R 59 ■ Peligroso para la capa de ozono.</p> <p>R 60 ■ Puede perjudicar la fertilidad.</p> <p>R 61 ■ Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.</p> <p>R 62 ■ Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.</p> <p>R 63 ■ Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.</p> <p>R 64 ■ Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.</p>
---	---

Referencia: Merck, (1996)

CUADRO N° 3-C

FRASES DE SEGURIDAD DE SUSTANCIAS QUIMICAS (S)

<p>S 01 ■ Consérvese bajo llave.</p> <p>S 01/02 ■ Consérvese bajo llave y manténgase fuera del alcance de los niños.</p> <p>S 02 ■ Manténgase fuera del alcance de los niños.</p> <p>S 03 ■ Consérvese en lugar fresco.</p> <p>S 03/07 ■ Consérvese el recipiente bien cerrado y en lugar fresco.</p> <p>S 03/09/14 ■ Consérvese en lugar fresco y bien ventilado y lejos de.</p> <p>S 03/09/14.1 ■ Consérvese el recipiente en lugar fresco y bien ventilado y lejos de reductores, compuestos de metales pesados, ácidos y álcalis.</p> <p>S 03/09/14.1/49 ■ Consérvese únicamente en el recipiente de origen en lugar fresco y bien ventilado y lejos de reductores, compuestos de metales pesados, ácidos y álcalis.</p> <p>S 03/09/14.2 ■ Consérvese el recipiente en lugar fresco y bien ventilado y lejos de sustancias oxidantes y ácidas y de compuestos de metales pesados.</p> <p>S 03/09/14.2/49 ■ Consérvese únicamente en el recipiente de origen en lugar fresco y bien ventilado y lejos de sustancias oxidantes y ácidas y de compuestos de metales pesados.</p> <p>S 03/09/14.3 ■ Consérvese el recipiente en lugar fresco y bien ventilado y lejos de hierro.</p> <p>S 03/09/14.3/49 ■ Consérvese únicamente en el recipiente de origen en lugar fresco y bien ventilado y lejos de hierro.</p> <p>S 03/09/14.4 ■ Consérvese el recipiente en lugar fresco y bien ventilado y lejos de agua y lejías.</p>	<p>S 03/09/14.4/49 ■ Consérvese únicamente en el recipiente de origen en lugar fresco y bien ventilado y lejos de agua y lejías.</p> <p>S 03/09/14.5 ■ Consérvese el recipiente en lugar fresco y bien ventilado y lejos de ácidos.</p> <p>S 03/09/14.5/49 ■ Consérvese únicamente en el recipiente de origen en lugar fresco y bien ventilado y lejos de ácidos.</p> <p>S 03/09/14.6 ■ Consérvese el recipiente en lugar fresco y bien ventilado y lejos de lejías.</p> <p>S 03/09/14.6/49 ■ Consérvese únicamente en el recipiente de origen en lugar fresco y bien ventilado y lejos de lejías.</p> <p>S 03/09/14.7 ■ Consérvese el recipiente en lugar fresco y bien ventilado y lejos de metales.</p> <p>S 03/09/14.7/49 ■ Consérvese únicamente en el recipiente de origen en lugar fresco y bien ventilado y lejos de metales.</p> <p>S 03/09/14.8 ■ Consérvese el recipiente en lugar fresco y bien ventilado y lejos de sustancias oxidantes y ácidas.</p> <p>S 03/09/14.8/49 ■ Consérvese únicamente en el recipiente de origen en lugar fresco y bien ventilado y lejos de sustancias oxidantes y ácidas.</p> <p>S 03/09/14/49 ■ Consérvese únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y bien ventilado y lejos de.</p> <p>S 03/9/49 ■ Consérvese únicamente en el recipiente de origen, en lugar fresco y bien ventilado.</p> <p>S 03/14 ■ Consérvese en lugar fresco y lejos de.</p> <p>S 03/14.1 ■ Consérvese en lugar fresco y lejos de reductores, compuestos de metales pesados, ácidos y álcalis.</p>
--	---

<p>S 03/14.2 ■ Consérvese en lugar fresco y lejos de sustancias oxidantes y ácidas y de compuestos de metales pesados.</p> <p>S 03/14.3 ■ Consérvese en lugar fresco y lejos de hierro.</p> <p>S 03/14.4 ■ Consérvese en lugar fresco y lejos de agua y lejías.</p> <p>S 03/14.5 ■ Consérvese en lugar fresco y lejos de ácidos.</p> <p>S 03/14.6 ■ Consérvese en lugar fresco y lejos de lejías.</p> <p>S 03/14.7 ■ Consérvese en lugar fresco y lejos de metales.</p> <p>S 03/14.8 ■ Consérvese en lugar fresco y lejos de sustancias oxidantes y ácidas.</p> <p>S 04 ■ Manténgase lejos de locales habitados.</p> <p>S 05 ■ Consérvese en.</p> <p>S 05.1 ■ Consérvese en agua.</p> <p>S 05.2 ■ Consérvese en petróleo.</p> <p>S 05.3 ■ Consérvese en aceite de parafina.</p> <p>S 06 ■ Consérvese en.</p> <p>S 06.1 ■ Consérvese nitrógeno.</p> <p>S 06.2 ■ Consérvese en argón.</p> <p>S 06.3 ■ Consérvese en carbono dióxido.</p> <p>S 07 ■ Manténgase el recipiente bien cerrado.</p> <p>S 07/08 ■ Manténgase el recipiente bien cerrado y en lugar seco.</p> <p>S 07/09 ■ Manténgase el recipiente bien cerrado y en lugar bien ventilado.</p> <p>S 07/47 ■ Manténgase el recipiente bien cerrado y consérvese a una temperatura no superior a °C.</p>	<p>S 08 ■ Manténgase el recipiente en lugar seco.</p> <p>S 09 ■ Manténgase el recipiente en lugar bien ventilado.</p> <p>S 12 ■ No cerrar el recipiente herméticamente.</p> <p>S 13 ■ Manténgase lejos de alimentos, bebidas y piensos.</p> <p>S 14 ■ Consérvese lejos de.</p> <p>S 14.1 ■ Consérvese lejos de sustancias oxidantes y ácidas y de compuestos de metales pesados.</p> <p>S 14.3 ■ Consérvese lejos de hierro.</p> <p>S 14.4 ■ Consérvese lejos de agua y lejías.</p> <p>S 14.5 ■ Consérvese lejos de ácidos.</p> <p>S 14.6 ■ Consérvese lejos de lejías.</p> <p>S 14.7 ■ Consérvese lejos de metales.</p> <p>S 14.8 ■ Consérvese lejos de sustancias oxidantes y ácidas.</p> <p>S 14.9 ■ Consérvese lejos de sustancias orgánicas combustibles.</p> <p>S 14.10 ■ Consérvese lejos de ácidos, reductores y materiales combustibles.</p> <p>S 14.11 ■ Consérvese lejos de sustancias combustibles.</p> <p>S 15 ■ Conservar alejado del calor.</p> <p>S 16 ■ Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas - No fumar.</p> <p>S 17 ■ Manténgase lejos de materias combustibles.</p> <p>S 18 ■ Manipúlese y ábrase el recipiente con prudencia.</p> <p>S 20 ■ No comer ni beber durante su utilización.</p>
---	--

<p>S 20/21 ■ No comer, ni beber, ni fumar durante su utilización.</p> <p>S 21 ■ No fumar durante su utilización.</p> <p>S 22 ■ No respirar el polvo.</p> <p>S 23 ■ No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles.</p> <p>S 23 ■ No respirar el gas.</p> <p>S 23 ■ No respirar los vapores.</p> <p>S 23 ■ No respirar los aerosoles.</p> <p>S 23 ■ No respirar el humo.</p> <p>S 23 ■ No respirar los vapores/aerosoles.</p> <p>S 24 ■ Evítese el contacto con la piel.</p> <p>S 24/25 ■ Evítese el contacto con los ojos y la piel.</p> <p>S 25 ■ Evítese el contacto con los ojos.</p> <p>S 26 ■ En caso de contacto con los ojos, lávense inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.</p> <p>S 27 ■ Quítese inmediatamente la ropa manchada ó salpicada.</p> <p>S 28 ■ En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con.</p> <p>S 28.1 ■ En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua.</p> <p>S 28.2 ■ En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua y jabón.</p> <p>S 28.3 ■ En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua y jabón a ser posible también con polietilenglicol 400.</p> <p>S 28.4 ■ En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con polietilenglicol 300 y etanol (2:1) y a continuación con abundante agua y jabón.</p>	<p>S 28.5 ■ En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con polietilenglicol 400.</p> <p>S 28.6 ■ En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con polietilenglicol 400 y a continuación lavar con agua abundante.</p> <p>S 28.7 ■ En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua y jabón ácido.</p> <p>S 29 ■ No tirar los residuos por el desagüe.</p> <p>S 29/56 ■ No tirar los residuos por el desagüe. Elimínense esta sustancia y su recipiente en un punto de recogida pública de residuos especiales o peligrosos.</p> <p>S 30 ■ No echar jamás agua a este producto.</p> <p>S 33 ■ Evítese la acumulación de cargas electrostáticas.</p> <p>S 35 ■ Elimínense los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.</p> <p>S 35.1 ■ Los residuos y el recipiente deben eliminarse tratando con soda cáustica al 2%.</p> <p>S 36 ■ Usen indumentaria protectora adecuada.</p> <p>S 36/37 ■ Usen indumentaria y guantes de protección adecuados.</p> <p>S 36/37/39 ■ Usen indumentaria y guantes adecuados y protección para los ojos/la cara.</p> <p>S 36/39 ■ Usen indumentaria adecuada y protección para los ojos/cara.</p> <p>S 37 ■ Usen guantes adecuados.</p> <p>S 37/39 ■ Usen guantes adecuados y protección para los ojos/la cara.</p> <p>S 38 ■ En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado.</p> <p>S 39 ■ Usen protección para los ojos/la cara.</p>
---	---

<p>S 40 ■ Para limpiar el suelo y los objetos contaminados por este producto, úsese.</p> <p>S 40.1 ■ Para limpiar el suelo y los objetos contaminados por este producto, úsese mucha agua.</p> <p>S 41 ■ En caso de incendio y/o de explosión no respire los humos.</p> <p>S 42 ■ Durante las fumigaciones/pulverizaciones, úsese equipo respiratorio adecuado.</p> <p>S 43 ■ En caso de incendio, utilizar. No usar nunca agua.</p> <p>S 43.1 ■ En caso de incendio, utilizar agua.</p> <p>S 43.2 ■ En caso de incendio, utilizar agua o extintor de polvo.</p> <p>S 43.3 ■ En caso de incendio, utilizar extintor de polvo - no usar nunca agua.</p> <p>S 43.4 ■ En caso de incendio, utilizar carbono dióxido - no usar nunca agua.</p> <p>S 43.6 ■ En caso de incendio, utilizar arena - no usar nunca agua.</p> <p>S 43.7 ■ En caso de incendio, utilizar polvo extintor para metales - no usar nunca agua.</p> <p>S 43.8 ■ En caso de incendio, utilizar arena, carbono dióxido o extintor de polvo - no usar nunca agua.</p> <p>S 44 ■ En caso de malestar, acuda al médico (si es posible, muéstrole la etiqueta).</p> <p>S 45 ■ En caso de accidente ó malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstresele la etiqueta).</p> <p>S 46 ■ En caso de ingestión, acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta.</p> <p>S 47 ■ Consérvese a una temperatura no superior a °C.</p>	<p>S 47/49 ■ Consérvese únicamente en el recipiente de origen y a temperatura no superior a °C.</p> <p>S 48 ■ Consérvese húmedo con.</p> <p>S 48.1 ■ Consérvese húmedo con agua. ,</p> <p>S 49 ■ Consérvese con únicamente en el recipiente de origen.</p> <p>S 50 ■ No mezclar con.</p> <p>S 50.1 ■ No mezclar con ácidos.</p> <p>S 50.2 ■ No mezclar con lejías.</p> <p>S 50.3 ■ No mezclar con ácidos fuertes, bases fuertes, metales no férricos y sus sales.</p> <p>S 51 ■ Usen únicamente en lugares bien ventilados.</p> <p>S 52 ■ No usar sobre grandes superficies en locales habitados.</p> <p>S 53 ■ Evitese la exposición - recábense instrucciones especiales antes del uso.</p> <p>S 56 ■ Elimínese esta sustancia y su recipiente en un puesto de recogida pública de residuos especiales o peligrosos.</p> <p>S 57 ■ Utilícese un envase de seguridad adecuado para evitar la contaminación del medio ambiente.</p> <p>S 59 ■ Remítirse al fabricante ó proveedor para obtener información sobre su recuperación/reciclado.</p> <p>S 60 ■ Elimínese el producto y su recipiente como residuos peligrosos.</p> <p>S 61 ■ Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de la ficha de datos de seguridad..</p> <p>S 62 ■ En caso de ingestión no provocar el vómito: acúdase inmediatamente al médico y muéstresele la etiqueta ó el envase.</p>
---	--

CUADRO N° 3-D: PARAMETROS SOBRE VALORES MAXIMOS PERMISIBLES DE SUSTANCIAS TOXICAS EN LOS CUERPOS RECEPTORES

CLASIFICACION	LIMITE MAXIMO EN MILIGRAMOS POR LITRO			
	AS1	AS2	AS3	AS4
Arsénico	0.05	0.005	1.00	5.00
Bario	1.00	1.00	5.00	---
Boro	1.00	1.00	---	---
Cadmio	0.01	0.01	0.01	0.005
Cianuro	0.002	0.20	0.002	---
Cobre	1.00	1.00	0.10	1.0
Cromo Hexavalente	0.05	0.05	0.10	5.0
Mercurio	0.005	0.005	0.01	---
Plomo	0.05	0.05	0.10	5.0
Selenio	0.05	0.01	0.05	0.05
Níquel	0.10	---	---	---

Referencia: 1^{er} Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 1994.

- AS1 Cuerpos receptores para abastecimiento de sistemas de agua potable e industria alimentaria con desinfección únicamente. Recreación de contrato primario.
- AS2 Cuerpos receptores para abastecimiento de agua potable con potabilización por medio de coagulación, filtración, sedimentación y desinfección o similar. Industrial.
- AS3 Cuerpos receptores para ayudar a la conservación de flora, fauna y usos industriales.
- AS4 Cuerpos receptores para abastecer la agricultura e industria.