



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**  
**INGENIERIA QUÍMICA**



---

---

**ESTABILIZACIÓN DE LOS COMPUESTOS PRIMARIOS A  
PARTIR DE LA DISOLUCIÓN DE LAS PILAS EN PLANTA  
PILOTO**

**T E S I S**

P A R A O B T E N E R E L T I T U L O D E :

I N G E N I E R O Q U Í M I C O

P R E S E N T A :

LÓPEZ PALMA NANCY MARGARITA

MORALES TOLEDO ILIANA

DIRECTOR DE TESIS: I.Q. EDUARDO LOYO ARNAUD  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA-UNAM.

MEX. D.F. 17 DE JUNIO DEL 2011



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

\*ZARAGOZA\*

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/ 047/11

ASUNTO: Asignación de Jurado

**Alumno (a): LÓPEZ PALMA NANCY MARGARITA**

**PRESENTE**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

<b>PRESIDENTE</b>	<b>I. Q. EDUARDO LOYO ARNAUD</b>
<b>VOCAL</b>	<b>Q. F. B. JOSÉ PONCE GUERRERO</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>DRA. ELOISA ANLEU ÁVILA</b>
<b>SUPLENTE</b>	<b>M. en I. MARÍA ESTELA DE LA TORRE GÓMEZ</b>
	<b>TAGLE</b>
<b>SUPLENTE</b>	<b>I. Q. MARINA CABALLERO DÍAZ</b>

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”**  
México D.F., a 11 de febrero de 2011

**JEFE DE CARRERA**

**DR. ROBERTO MENDOZA SERNA**





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES

\*ZARAGOZA\*

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

OFICIO: FESZ/JCIQ/ 048/11

ASUNTO: Asignación de Jurado

Alumno (a): **MORALES TOLEDO ILIANA**

**PRESENTE**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

<b>PRESIDENTE</b>	<b>I. Q. EDUARDO LOYO ARNAUD</b>
<b>VOCAL</b>	<b>Q. F. B. JOSÉ PONCE GUERRERO</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>DRA. ELOISA ANLEU ÁVILA</b>
<b>SUPLENTE</b>	<b>M. en I. MARÍA ESTELA DE LA TORRE GÓMEZ</b>
	<b>TAGLE</b>
<b>SUPLENTE</b>	<b>I. Q. MARINA CABALLERO DÍAZ</b>

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"**  
México D.F., a 11 de febrero de 2011

**JEFE DE CARRERA**

**DR. ROBERTO MENDOZA SERNA**





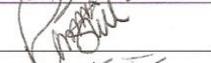
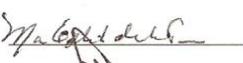
UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES "ZARAGOZA"

DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACION  
ESCOLAR  
PRESENTE.

Comunico a usted que al alumno(a) LÓPEZ PALMA NANCY MARGARITA con número de cuenta 405049978 de la carrera Ingeniería Química, se le ha fijado el día 17 del mes de junio de 2011 a las 10:00 horas para presentar su examen profesional, que tendrá lugar en la sala de exámenes profesionales del Campus II de esta Facultad, con el siguiente jurado:

PRESIDENTE	I.Q. EDUARDO LOYO ARNAUD	
VOCAL	Q. F. B. JOSÉ PONCE GUERRERO	
SECRETARIO	DRA. ELOISA ANLEU ÁVILA	
SUPLENTE	M. en I. MARÍA ESTELA DE LA TORRE GÓMEZ TAGLE	
SUPLENTE	I. Q. MARINA CABALLERO DÍAZ	

El título de la tesis que se presenta es: **ESTABILIZACIÓN DE LOS SÓLIDOS PRIMARIOS A PARTIR DE LA DISOLUCIÓN DE LAS PILAS EN PLANTA PILOTO.**

Opción de Titulación: **Tesis Profesional**

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
México, D. F. a 26 de mayo de 2011.

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NUÑEZ  
DIRECTOR



RECIBI:  
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES  
Y DE GRADO

Vo.Bo.  
DR. ROBERTO MENDOZA SERNA  
JEFE DE LA CARRERA DE I.Q.  
INGENIERIA QI  
JEFATURA DE C





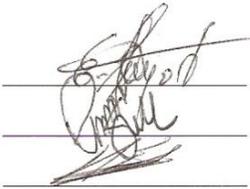
UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES "ZARAGOZA"

DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACION  
ESCOLAR  
PRESENTE.

Comunico a usted que al alumno(a) MORALES TOLEDO ILIANA con número de cuenta 405066100 de la carrera Ingeniería Química, se le ha fijado el día 17 del mes de junio de 2011 a las 12:00 horas para presentar su examen profesional, que tendrá lugar en la sala de exámenes profesionales del Campus II de esta Facultad, con el siguiente jurado:

PRESIDENTE	I.Q. EDUARDO LOYO ARNAUD	
VOCAL	Q. F. B. JOSÉ PONCE GUERRERO	
SECRETARIO	DRA. ELOISA ANLEU ÁVILA	
SUPLENTE	M. en I. MARÍA ESTELA DE LA TORRE GÓMEZ TAGLE	
SUPLENTE	I. Q. MARINA CABALLERO DÍAZ	

El título de la tesis que se presenta es: **ESTABILIZACIÓN DE LOS SÓLIDOS PRIMARIOS A PARTIR DE LA DISOLUCIÓN DE LAS PILAS EN PLANTA PILOTO.**

Opción de Titulación: **Tesis Profesional**

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
México, D. F. a 26 de mayo de 2011.

  
DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NÚÑEZ  
DIRECTOR  
ZARAGOZA  
DIRECCION

RECIBÍ:  
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES  
Y DE GRADO

Vo.Bo.  
  
DR. ROBERTO MENDOZA SERNA  
JEFE DE LA CARRERA DE I.Q.  
INGENIERIA QU  
JEFATURA DE LA

## AGRADECIMIENTOS

Un profundo agradecimiento a nuestra alma mater la Universidad Nacional Autónoma de México por darnos la oportunidad de ser parte de ella.

La presente Tesis es un esfuerzo en el cual, directa o indirectamente, participaron varias personas leyendo, opinando, corrigiendo, teniéndonos mucha paciencia, y dándonos ánimo.

Al Ingeniero Eduardo Loyo Arnaud, por la confianza, la paciencia, la amistad y por toda la experiencia brindada, aprendimos mucho de usted. “Lo queremos”

A la profesora María de los Ángeles Galván, por su invaluable ayuda.

A nuestros sinodales, profesor José Ponce Guerrero, Dra. Eloisa Anléu, IQ Marina Caballero, IQ María Estela de la Torre. Por la oportunidad de interactuar y el tiempo dedicado a la revisión de este trabajo.

A las profesoras Aida Zapata, Lourdes Castillo, Maricela Arteaga, por la gran ayuda en la realización de nuestro trabajo, sin su ayuda esto no tendría fin.

A Los profesores Eduardo Vázquez, Francisco Mandujano, Raúl Ramón Mora, Víctor Coorvera, Ángel Zamorano, por su amistad y apoyo.

A los profesores Gloria Peralta, Pablo Eduardo Valero, Judith, Crescenciano Echevarrieta, Cuauhtémoc Lagos, Alejandro Juvenal, Teresa Guerra. Por ser a quienes debemos gran parte de nuestra formación académica.

A los Sr. José Bravo, Luis Miguel, Saúl, Miguel Ángel Cristóbal, Javier Garibay, Astroberto, Galina Bepalova. Gracias por su apoyo y la amistad que se formó dentro del equipo de trabajo.

Agradecemos a nuestros amigos y compañeros. Ma. Guadalupe Siles Guevara, Ma. Alejandra Angulo Vázquez, Jorge Reyes Cañada, Esteban Valdez Bata, son importantes en nuestras vidas.

## DEDICATORIA

*Lo peor que puede pasarle a un hombre es llegar a pensar mal de sí mismo.*

*Johann Wolfgang Goethe (1749-1832)*

*Poeta y dramaturgo alemán*

*Dedico este esfuerzo a mi familia que estuvo conmigo en mis buenos y difíciles momentos, sé que no soy modelo a seguir pero si me siento satisfecha por cumplir el compromiso que hice conmigo misma. Por apoyarme en este proyecto terminado con este proceso, "quiero compartir este sentir que tengo en el pecho y que solo lo compartiría con ustedes".*

*LOS AMO GRACIAS.*

*Ing. Químico, Nancy Margarita López Palma*

## DEDICATORIA

*Sin duda alguna existen muchas personas importantes en mi vida, a quienes las dedicatorias y agradecimientos no son suficientes para compensar tanto, amor, cariño, apoyo, compañía y amistad.*

*A mis padres, las personas que a pesar del tiempo y la distancia nunca dejaron de pensar en mí, por su comprensión y ayuda en los buenos y malos momentos. A ustedes que me enseñaron a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni debilitarme en el intento. Quienes me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia. Y aun a pesar de todo nunca dejaron de creer en mí.*

*A mis hermanos que siempre compartieron las alegrías y las tristezas, a ellos me alentaron a no abandonar mis sueños y mis objetivos, me enseñaron que las de la adversidades se vence unidos, apoyándonos unos a otros.*

*A mis sobrinos. Karen, Emisel, Luis, Marisa, Ángel, Edgar... que el esfuerzo constante es para superarse y que este sea un pequeño ejemplo de lo mucho que pueden lograr.*

*Mi familia por el voto de confianza, que a pesar de la distancia siempre estuvieron ahí cuando más los necesitaba, esto va por ustedes Abuelos, Tíos, Primos y amigos de Jalahuí, por el cariño mostrado, siempre viviré agradecida.*

*La vida nos enseña que siempre hay personas que se cruzan en el camino para darnos felicidad, mis amigos son los que siempre me ayudaron a no sentirme sola, a Nancy, Lupita (shoshia), Atenas, Alejandra, Jorge, Raúl, Juanita, Ricardo, David, Cesar, Javier, Mónica y todas aquellas personas que de alguna forma me dieron la oportunidad de interactuar en este trayecto de mi vida.*

*Con Cariño  
Iliana Morales Toledo*

## CONTENIDO

RESUMEN.....	I
INTRODUCCIÓN.....	II
JUSTIFICACIÓN .....	III
OBJETIVO GENERAL.....	III
OBJETIVOS PARTICULARES:.....	III
HIPÓTESIS .....	IV
CAPITULO I.....	1
GENERALIDADES.....	1
1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	2
1.1.1 ORIGEN DE LA PILA.....	2
1.1.2 PILA .....	2
1.1.3 BATERIA:.....	3
1.2 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LAS PILAS.....	3
1.2.1 ANATOMIA DE UNA PILA.....	5
1.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS PILAS .....	6
1.2.3 TIPOS DE PILAS .....	7
1.2.3.1 PILAS ALCALINAS.....	7
1.2.3.2 PILA SECA O SALINA.....	7
1.2.3.3 PILAS BOTÓN O MICROPILAS .....	7
1.2.3.4 BATERÍAS RECARGABLES.....	8
1.3 LA CONTAMINACIÓN CAUSADA POR LAS PILAS.....	8
1.4 LAS PILAS EN MÉXICO.....	9
1.5 CUADRO 1 INFORMACION IMPORTACIONES, EXPORTACIONES, PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE PILAS EN MÉXICO .....	10
1.5.1 GRAFICA1. CONSUMO DE PILAS PRIMARIAS EN MÉXICO 2002-2007 (TONELADAS).....	13
1.5.2 GRAFICA 2. CONSUMO DE PILAS DE ÓXIDO DE MERCURIO, ZINC-AIRE, LITIO Y ÓXIDO DE PLATA EN MÉXICO, 2002-2007.....	13
1.6 NORMATIVIDAD EN MÉXICO RELATIVA A COMPONENTES TÓXICOS DE ALGUNOS METALES. ....	14
1.7 MARCHA DE CATIONES .....	15

1.8	REACCIONES DE SÓLIDOS.....	16
1.9	DESCOMPOSICIONES TÉRMICAS Y EXOTÉRMICAS .....	17
1.9.1	DESCOMPOSICIONES EXÓTERMICAS.....	17
1.10	EL ÁCIDO NITRICO COMO DISOLVENTE EN LA MARCHA DE CATIONES....	18
1.11	ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA .....	18
1.11.1	INSTRUMENTACIÓN:.....	18
1.11.2	FUENTES DE RADIACIÓN.....	18
1.11.3	ABSORCIÓN .....	19
1.11.4	LAMPARAS DE CÁTODO HUECO.....	20
1.11.4	MANEJO DE RESULTADOS DE LA ABSORCIÓN ATÓMICA .....	21
1.12	FUNDAMENTO TEÓRICO PLANTA PILOTO. ....	23
1.12.1	EVAPORACIÓN .....	23
1.12.2	CARACTERÍSTICAS DEL LÍQUIDO .....	23
1.12.3	CONCENTRACIÓN .....	23
1.12.4	FORMACIÓN DE ESPUMA.....	23
1.12.15	FORMACIÓN DE COSTRAS .....	24
1.12.16	OPERACIÓN DE SIMPLE Y MÚLTIPLE EFECTO .....	24
1.12.17	PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO .....	24
1.12.18	TIPO DE EVAPORADOR .....	24
1.12.18.1	EVAPORADOR FLUJO DESCENDENTE (PELÍCULA DESCENDENTE) .....	24
1.12.19	CRISTALIZACIÓN .....	25
1.12.20	REGLAS DE SOLUBILIDAD .....	25
1.13	HIDRÓXIDOS.....	25
1.13.1	LA ESTABILIDAD DE LOS HIDRÓXIDOS METÁLICOS .....	26
1.13.2	LA OBTENCIÓN DE LOS HIDRÓXIDOS INSOLUBLES .....	26
1.14	SULFUROS .....	26
1.14.1	VARIEDAD DE LAS CONDICIONES REQUERIDAS POR CADA SULFURO .....	27
1.14.2	INFLUENCIA DE LA FORMACIÓN DE COMPLEJO.....	27
1.15	ESTABILIZACIÓN.....	28
1.15.1	SOLIDIFICACIÓN DE RESIDUOS .....	28
1.15.2	ADSORCIÓN .....	28
1.15.3	PRECIPITACIÓN .....	28

1.16	DEFINICIÓN DE REACCIÓN QUÍMICA.....	29
1.16.1	CLASES DE REACCIONES QUÍMICAS .....	29
1.17	REACTORES QUÍMICOS .....	30
1.17.1	DEFINICIÓN DE REACTOR QUÍMICO.....	30
1.17.2	ECUACIÓN DE RENDIMIENTO.....	31
1.18	TIPOS DE REACTORES QUÍMICOS .....	31
1.18.1	REACTOR DISCONTINUO CON AGITACIÓN.....	31
CAPITULO II.....		33
METODOLOGIA EXPERIMENTAL .....		33
2.1	DESACTIVACIÓN DE LAS PILAS, MARCHA DE CATIONES Y PREPARACION DE MUESTRAS PARA ABSORCIÓN ATÓMICA EXPERIMENTO DE LABORATORIO....	33
2.2	MARCHA DE CATIONES.....	33
2.4	DESACTIVACIÓN DE LAS PILAS, MARCHA DE CATIONES Y PREPARACION DE MUESTRAS PARA ABSORCIÓN ATÓMICA EN PLANTA PILOTO.....	38
2.5	ESTABILIZACIÓN DE METALES EN PLANTA PILOTO.....	38
3.2.2	MATERIAL.....	41
3.2.2.1	MATERIAL PARA PROTECCIÓN PERSONAL.....	42
3.2.2.2	REACTIVOS .....	43
CAPITULO III .....		44
INGENIERIA BÁSICA PLANTA PILOTO .....		44
3.1	DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS PRUEBAS Y ADAPTACIONES.....	45
3.1.1	MEZCLADORA.....	45
3.1.3	PRUEBAS Y ADAPTACIONES REALIZADAS:.....	46
3.2	EVAPORADOR.....	46
3.2.1	PRUEBAS Y ADAPTACIONES REALIZADAS .....	47
3.2.2	DESCRIPCIÓN DEL EVAPORADOR .....	48
3.3	CRISTALIZADOR.....	49
3.3.1	PRUEBAS Y ADAPTACIONES REALIZADAS: .....	49
3.4	CONDENSADOR.....	49
3.4.1	PRUEBAS Y ADAPTACIONES REALIZADAS: .....	50
3.5	REACTOR SULFIHIDRADOR.....	50
3.5.1	SERVICIO: .....	50

3.5.2	LAS ADAPTACIONES.....	50
3.6	BOTE DE ALMACENAMIENTO.....	51
3.7	HOJAS DE DATOS.....	52
3.8	MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO EN PLANTA PILOTO.....	59
3.9	MANUAL DE PARO Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO EN PLANTA PILOTO. .....	61
3.10	DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO (DFP).....	63
3.11	DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION (DTI).....	64
	CAPITULO IV.....	65
	RESULTADOS.....	65
4.1	CALCULOS.....	66
4.1.1	BALANCE DE ENERGÍA DE LA REACCIÓN.....	66
4.1.2	BALANCE DE ENERGÍA DE EQUIPOS .....	67
4.2	Tabla10. BALANCE DE MASA Y ENERGÍA.....	68
4.3	MANEJO DE RESULTADOS DE ABSORCIÓN ATÓMICA DE FLAMA PARA IDENTIFICACIÓN DE METALES.....	69
4.3.1	MEMORIA DE CÁLCULO.....	69
4.3.2	Tabla 12. DATOS PARA FORMAR LAS CURVAS DE CALIBRACIÓN, (MUESTRAS PATRÓN). .....	71
4.3.3	Fig. 4.1 CURVAS DE CALIBRACION DE ALGUNOS METALES .....	71
4.3.4	Tabla 13. CURVAS PATRÓN PARA CUANTIFICAR LOS METALES EN LAS MUESTRAS DE LABORATORIO Y PLANTA PILOTO. (Regresión lineal).....	72
4.3.5	RESULTADOS DE ABSORCIÓN ATÓMICA, DATOS DE LABORATORIO Y PLANTA PILOTO .....	73
4.3.5.1	Tabla 14. ABSORBANCIA ATÓMICA POR FLAMA REFLEJADA EN EL ESPECTROFOTÓMETRO MUESTRAS DE LABORATORIO. ....	73
4.3.5.2	Tabla 15.ABSORBANCIA ATÓMICA POR FLAMA REFLEJADA EN EL ESPECTROFOTÓMETRO MUESTRAS DE PLANTA PILOTO. ....	73
4.3.6	Tabla 16. CONCENTRACIONES CORREGIDAS MUESTRAS DEL EXPERIMENTO DE LABORATORIO (ppm) .....	74
4.3.7	Tabla 17. CONCENTRACIONES CORREGIDAS MUESTRAS TOMADAS DE PLANTA PILOTO (ppm).....	74
4.3.8	Tabla 18. CALULO DE LOS FACTORES DE DILUCIÓN, CONCENTRACIÓN, DILUCIÓN DE MASA Y VOLUMEN EN LABORATORIO. (Ecuaciones pág. 70) .....	75

4.4	Tabla 20. CONCENTRACION REAL DE METALES OBTENIDOS POR ABSORCIÓN ATÓMICA DE FLAMA DEL EXPERIMENTO EN LABORATORIO (ppm) ...	76
4.5	Tabla 21. CONCENTRACION REAL DE METALES OBTENIDOS POR ABSORCIÓN ATÓMICA DE FLAMA MUESTRAS TOMADAS DE PLANTA PILOTO (ppm) .....	76
4.6	Tabla.22 CONCENTRACIÓN DE METALES TOTALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA DE FLAMA EN 98.0043 g DE PILAS. (EXPERIMENTO EN LABORATORIO) .....	77
4.7	Tabla 23. CONCENTRACIÓN DE METALES TOTALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA DE FLAMA EN 5000 g DE PILAS. (MUESTRAS OBTENIDAS EN PLANTA PILOTO) .....	77
4.8	CONCLUSIONES. ....	78
	ANEXO A.....	79
	MEZCLADORA.....	80
	EVAPORADOR, CRISTALIZADOR Y CONDENSADOR.....	81
	ANEXO B.....	82
	HOJA DE DATOS PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS.....	82
	ANEXO C .....	90
	CARTEL EXPUESTO EN EL CONGRESO XXXI DE LA AMIDIQ .....	90
	RECONOCIMIENTO DEL XXXI ENCUENTRO NACIONAL AMIDIQ,.....	91
	BIBLIOGRAFÍA.....	92



## RESUMEN

En el presente trabajo se establece una propuesta que se enfoca al tratamiento de las pilas secas almacenadas en la FES-ZARAGOZA. Dichos residuos representan un riesgo para la salud y el ambiente, al no existir planes de manejo adecuado, la ciudadanía las mezcla con la basura doméstica, donde generalmente se incendian o terminan por liberar las sustancias tóxicas que contienen para contaminar el suelo, el subsuelo, los cuerpos de agua y el aire.

Se estableció el proceso químico donde el objetivo es desarrollar una propuesta de tratamiento a las pilas después de haber terminado su vida útil, de manera que sea una respuesta al problema que representa la disposición de pilas usadas.

Se desarrolló un estudio donde la finalidad fue desintegrar totalmente el material con lo que esta hecha una pila, la mejor opción fue disolverlas en ácido nítrico, en donde se observa que la desintegración es en un 85% y se puede controlar el proceso sin mayores riesgos.

Para el estudio de los metales que se encuentran en la disolución, se realizó la marcha de cationes, en este paso se hicieron varias modificaciones, desarrollando un proceso para el estudio de estos, tomando muestras de cada paso del proceso donde se prepararon varias muestras para su estudio, este fue evaluado con un espectrómetro de absorción atómica de flama.



## INTRODUCCIÓN

Las pilas y las baterías son unidades de almacenamiento de energía electroquímica que se libera en forma de electricidad cuando éstas se acoplan a un circuito externo. Una pila consiste en una celda única, mientras que las baterías constan de varias celdas interconectadas.

Se estima que en los últimos años (2005-2010), en México, se ha generado un promedio anual de 35,500 toneladas de pilas y baterías; lo cual equivale a 10 pilas/habitante/año o aproximadamente 400 gramos/habitante/año de los que el 30% corresponden a materiales tóxicos.

Las pilas se fueron introduciendo a nuestra vida cotidiana, como fuente de energía portátil. Sin embargo, en las últimas décadas hay una gran invasión de nuevos tipos de pilas y baterías domésticas. Actualmente no se conoce ningún estudio que evalúe el impacto al ambiente ocasionado por la utilización y manejo inadecuado de pilas y baterías en México; sin embargo existen dos grandes factores preocupantes para la nuestra sociedad:

1. El deterioro creciente del Medio Ambiente.
2. El agotamiento progresivo de los recursos renovables.

Se sabe que las pilas alcalinas están echas con diferentes metales (alcalinos) y en diferentes concentraciones, se hace la extracción de estos metales en solución acida, se realiza la marcha de cationes y para llevar a cabo la cuantificación se realizo la técnica de absorción atómica. En la marcha de cationes se realizan modificaciones para lograr un mejor manejo del proceso.

El proceso en laboratorio, se utiliza para diseñar el proceso en planta y llevar a cabo el escalamiento del proceso, se logra realizando las modificaciones y pruebas de los equipos descritos brevemente en el trabajo.

La descripción del arranque, paro y mantenimiento se describen en el manual de operación y el manual de paro y mantenimiento, para lograr esta descripción se realizaron varias modificaciones que no se lograron en el primer intento de operar la planta, se hicieron pruebas individuales y posterior mente ya con todo el equipo funcionando con las pilas y el ácido nítrico (proceso). En este apartado se logra describir el funcionamiento de cada equipo, hacer las hojas de datos, los diagramas de proceso, de tuberías e instrumentación (DFP,DTI), la ingeniería básica.

Comparando los resultados de absorción atómica nos damos cuenta que el escalamiento que se hace en planta, se hizo correctamente ya que los resultados son muy similares a los de laboratorio por lo que el escalamiento que se hizo fue correcto.



## **JUSTIFICACIÓN**

No existiendo un proceso efectivo y contundente para el tratamiento de las pilas para su manejo después de haber terminado su ciclo de utilidad. Nace este proyecto como una alternativa para la desactivación de estas ,se decide por un tratamiento químico, la marcha de cationes que consiste en un proceso técnico y sistemático de identificación de iones inorgánicos en una disolución mediante la formación de complejos o sales de color único y característico, proceso que se llevo a cabo a nivel laboratorio y que se considera una buena opción para la descomposición de la pila, proyectándolo a planta piloto, donde el objetivo primordial es obtener los metales de las pilas y así llevarlos a confinamiento, la desactivación de los residuos peligrosos.

## **OBJETIVO GENERAL**

Desactivar, identificar y estabilizar los componentes de las pilas alcalinas que han concluido su vida útil, ya que se convierten residuos de alta toxicidad y por lo tanto peligrosos para el medio ambiente, y escalarlo a nivel planta piloto. Contribuyendo con esto el tratamiento y manejo adecuado de los residuos tóxicos.

## **OBJETIVOS PARTICULARES:**

- Identificar de los metales de la pila alcalina, por el método de absorción atómica, realizando una evaporación para obtener una concentración y realizar una estabilización de estos formando sulfuros metálicos.
- Montaje del equipo para llevar a cabo el tratamiento, desactivación y estabilización de los metales en planta piloto.



## HIPÓTESIS

Reduciendo la disolución, para una mayor concentración y pasando una corriente de ácido sulfhídrico en exceso, en la disolución, se espera obtener un precipitado de la mayoría de los metales, indicando así la estabilización de estos.

Para el manejo a mayores cantidades se utiliza un evaporador que se acople, en la planta piloto, para la concentración de la disolución de las pilas y posteriormente se hace reaccionar con una corriente de ácido sulfhídrico en el reactor, obteniendo así los compuestos metálicos en forma de sulfuros los cuales con llevan a una estabilización de los precipitados.

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES**



## 1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

### 1.1.1 ORIGEN DE LA PILA

En 1780 Luis Galvani, profesor de anatomía de la Universidad de Bolonia, Italia, al realizar un experimento, observó que las ancas de una rana recién muerta se crispaban y pateaban al tocárselas con dos barras de metales diferentes. La explicación del fenómeno la dio poco tiempo después Alejandro Volta, profesor de física de la Universidad de Pavía, Italia, quien descubrió que la causa de tales movimientos crispantes de las ancas de la rana se hallaban en el paso de una corriente eléctrica producida por los dos metales diferentes; investigó como producir electricidad por reacciones químicas y en 1800, después de una amplia experimentación, inventó un dispositivo que se conoce como pila voltaica. Colocó una serie de pequeñas placas de Zinc y plata, en pares, una arriba de la otra, separando cada par de placas por una tela humedecida con agua salada; el conjunto produjo una corriente eléctrica y fue este el origen de la primera pila eléctrica. Pronto la perfeccionó reemplazándola por una pila de dos elementos; cobre y zinc, sumergidos en una solución de ácido sulfúrico contenida en un recipiente.

No fue hasta 1868 que G. Leclanche inventó la pila seca, que es el tipo actualmente más utilizado. Está constituida por un recipiente de zinc plano o cilíndrico que actúa como polo negativo de la pila; en su interior se ha dispuesto una varilla de carbón y dióxido de manganeso ( $MnO_2$ ) como polo positivo, rodeado de cloruro amónico absorbido en bentonita como electrolito.

En 1900 ya se fabricaban pilas industrialmente con carbón y zinc, destinadas prioritariamente a la iluminación. Muchas explotaciones mineras de aquellos tiempos se pudieron realizar mediante linternas portátiles.

En la segunda mitad del siglo XX se descubren las enormes posibilidades del uso que tienen las pilas gracias a su autonomía, utilizándose entre otros como juguetes, máquinas de afeitar y aparatos de radio. Cada vez se necesitan pilas más potentes, más pequeñas y de más larga duración, y es para responder a estas demandas que aparecen las pilas alcalinas. Poco a poco se perfeccionaron y desarrollaron hasta conseguir pilas de alta potencia y máxima duración, capaces de proporcionar energía portátil en cualquier situación y lugar.

### 1.1.2 PILA

Se denomina pila a aquel sistema que transforma la energía producida en una reacción química en energía eléctrica.



1.1.3 BATERIA: Es unidad productora de energía eléctrica constituida por varias pilas

## 1.2 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE LAS PILAS

Una pila es un dispositivo en el que se está produciendo una reacción de transferencia de electrones, también llamada reacción de oxidación/reducción o rédox.

La pila seca, transforma energía producida en ciertas reacciones químicas en energía eléctrica. Esta energía eléctrica, es capaz de mantener una diferencia de potencial constante entre sus polos o bornes.

Una pila Zinc–Carbón, como las que se emplean para alimentar un aparato de radio portátil, está formada por dos elementos o electrodos de diferentes sustancias. Uno es de zinc y tiene forma de envoltura cilíndrica, el otro es una barrita de carbón. Entre ambos existe una pasta intermedia o electrolito que contribuye al proceso de generación de tensión. La reacción química que se produce en el electrodo de zinc libera electrones, con lo que éste se convierte en un polo negativo (cátodo); la que se produce en el electrodo de carbón da lugar a una disminución de electrones, resultando de signo positivo (ánodo).

La tensión producida por una pila es constante y al aplicarla sobre un circuito eléctrico produce una corriente continua. Este tipo de corriente se caracteriza porque el sentido del movimiento de los portadores de carga se mantiene constante.

La pila de Daniell constituye el ejemplo más sencillo para explicar su funcionamiento:

Esta pila, se construye con una lámina de cobre y otra de zinc introducidas en una disolución acuosa de sulfato de cobre. Ambas láminas, llamadas electrodos, se unen mediante un conductor electrónico (por ejemplo un hilo de cobre).

En esta situación, los átomos de Zinc se oxidan, pierden electrones y pasan a la disolución como iones positivos. Simultáneamente, los iones positivos de cobre que están en la disolución se reducen, ganan electrones y se depositan como átomos de cobre metálico sobre el electrodo de cobre.

Electrodo negativo o ánodo: Semi-reacción de oxidación



**Ec.1**



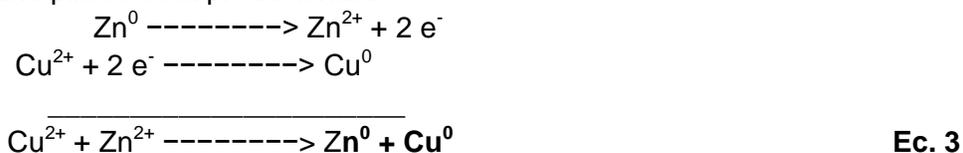
La barra de zinc pierde peso, pues algunos átomos de zinc pierden dos electrones (que se quedan en la barra y por eso queda cargada negativamente) transformándose en cationes  $Zn^{2+}$  que pasan a la disolución. Esto es lo que técnicamente se llama oxidación. Los electrones se mueven a través del hilo conductor y llegan hasta el otro electrodo.

Electrodo positivo o cátodo: Semi-reacción de reducción.



La barra de cobre gana peso porque algunos iones  $Cu^{2+}$  de la disolución se desplazan hasta ella. Allí toman los electrones que han venido desde el otro electrodo y se transforman en átomos de cobre. Técnicamente, a esta reacción se le llama reducción.

Por lo tanto en una pila se está produciendo:



- Una reacción química de oxidación y otra de reducción.
- Una corriente eléctrica de 1ª especie o electrónica a través del hilo que une los dos electrodos.
- Una corriente eléctrica de 2ª especie o iónica a través de la disolución en la que están sumergidos los electrodos.

Si alguno de estos fenómenos deja de producirse, la pila deja de funcionar. Por ejemplo:

- Si se acaba el  $Zn^{2+}$  o el  $Cu^{2+}$ , no puede producirse la oxidación o la reducción. Esto es lo que ocurre cuando se "gasta" una pila.
- Si se abre el circuito electrónico, no puede producirse la corriente electrónica.

Es lo que ocurre cuando apagamos el aparato eléctrico que "funciona a pilas".

Esta pila es reversible, es decir, se carga si se le aplica fuerza electromotriz superior a la propia y se hace circular la corriente eléctrica en sentido contrario.

### Corriente Suministrada

Está originada por la diferencia de potencial entre las dos placas, a esto se le da el nombre de fuerza electromotriz (F.E.M) que se denomina por la letra E.

Todo el circuito completo se limita por dos partes:

- a) Un circuito exterior que se compone por dos partes, un receptor o resistencia y sus hilos de alimentación (cuya resistencia se considera nula) se le denota con la letra “R”.
- b) Un circuito inferior formado por la resistencia interior de la pila y se designa por la letra “r”.

Al formarse el circuito completo limitado por las dos resistencias (R y r), se determinará una resistencia total del circuito, que será igual a la suma de las dos resistencias  $R_T = R + r$  y según la ley de Ohm la “I” suministrada tiene por valor

$$I = E / R_T \quad \text{es decir} \quad I = E / R + r \quad \text{Ec.4}$$

Cuando se conecta una pila con un circuito se inicia una reacción química que libera electrones del polvo de Zinc, con carga negativa por el clavo de acero y recorren el circuito. Los electrones vuelven a entrar en el circuito por el electrodo positivo y completan el circuito fluyendo por el polvo de carbón. <sup>[1]</sup>

### 1.2.1 ANATOMIA DE UNA PILA

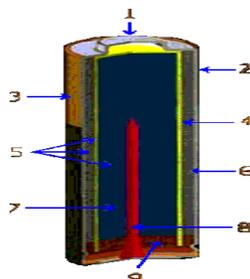


FIG.1.1

1. *Botón Positivo*: Una protuberancia formada en casco de la batería formada en el casco de la batería, para identificar el terminal positivo.
2. *Envase de Acero*: Acero Níquel-Plateado que forma un envase para mantener los químicos. Sirve como colector positivo.
3. *Cubierta conductora externa*: Es una funda plástica que contiene la impresión decorativa identificando el tipo y número de celda.
4. *Separador*: Fibra de material poroso que separa los electrodos; sostiene el electrolito entre los electrodos.
5. *Electrolito*: Es una solución de hidróxido de Potasio en agua que conduce la corriente iónica dentro de la batería.
6. *Cátodo*: Dióxido de Manganeso y Grafito los cuales toman los electrones de los circuitos externos.
7. *Ánodo*: Metal pulverizado de Zinc que sirve como fuente de electrones. <sup>[1]</sup>
8. *Ánodo Colector*: Latón estañado que sirve como camino para los electrones, desde el ánodo al circuito externo.



9. *Sello de salida*: Molde plástico en forma de disco que sostiene los componentes dentro de la celda y libera la presión interna.

## 1.2.2 CLASIFICACIÓN DE LAS PILAS

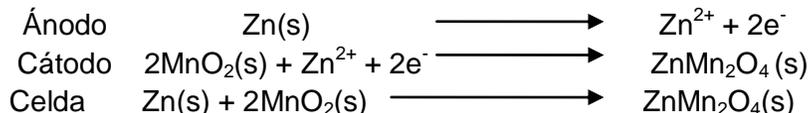
Existen dos clases de pilas: la primaria, cuya carga no puede renovarse cuando se agota, excepto reponiendo las sustancias químicas de que está compuesta, y la secundaria, que si es susceptible de reactivarse sometiéndola al paso más o menos prolongado de una corriente eléctrica continua, en sentido inverso a aquél en que la corriente de la pila fluye normalmente. La pila seca común que se emplea, por ejemplo, en las lámparas portátiles es una pila primaria.

1. **Primarias**: La pila primaria más común es la pila Leclanché o pila seca, inventada por el químico francés Georges Leclanché en la década de 1860. La pila seca que se utiliza hoy es muy similar al invento original. El electrolito es una pasta consistente en una mezcla de cloruro de amonio y cloruro de zinc. El electrodo negativo es de zinc, igual que el recipiente de la pila, y el electrodo positivo es una varilla de cobre rodeada por una mezcla de carbono y dióxido de manganeso. Esta pila produce una energía electromotriz de unos 1,5 voltios. Son aquellas pilas comunes, generalmente cilíndricas, de carbón-zinc, litio y las alcalinas. Estas pilas no pueden ser recargadas, ya que se basan en sistemas electroquímicos irreversibles.
2. **Secundarias**: El acumulador o pila secundaria, que puede recargarse invirtiendo la reacción química, fue inventado en 1859 por el físico francés Gastón Planté. La pila de Planté era una batería de plomo y ácido, y es la que más se utiliza en la actualidad. Esta batería, que contiene de tres a seis pilas conectadas en serie, se usa en automóviles, camiones, aviones y otros vehículos. Su ventaja principal es que puede producir una corriente eléctrica suficiente para arrancar un motor; sin embargo, se agota rápidamente. Pueden recargarse externamente dado que están basadas en sistemas reversibles. En la mayoría de los casos están compuestas por ácidos, álcalis, sales irritantes y metales.

### 1.2.3 TIPOS DE PILAS

#### 1.2.3.1 PILAS ALCALINAS

Compuestas por hidróxido de potasio, el hidróxido es una base, un alcalino y de ahí su nombre. Es una disolución muy corrosiva. Utiliza materiales activos electroquímicos, Zinc, y bióxido de manganeso. Su porcentaje de venta es muy alto.



#### 1.2.3.2 PILA SECA O SALINA

Toma diferentes nombres como: pilas Zinc/Carbono, pila Leclanché. Fueron las pilas pioneras. Este tipo de pila es la más corriente, utilizada ampliamente en aparatos de bajo consumo como: radios portátiles, linternas, juguetes o aparatos donde se utiliza baja intensidad de luz, suministra una fuerza electromotriz de 1.5V. Su capacidad de almacenamiento de energía es bastante reducida y, además, tienen tendencia a descargarse cuando no se utilizan.

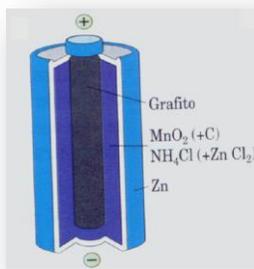


FIG.1.2

#### 1.2.3.3 PILAS BOTÓN O MICROPILAS

Exteriormente se construyen de acero y constan de un electrodo de Óxido de Mercurio con polvo de Grafito, el electrolito está compuesto de Hidróxido de Potasio impregnado en un material esponjoso absorbente y pasta de Zinc disuelto en Mercurio.

Hay otras pilas de botón que son solo de litio y no contienen ni mercurio ni cadmio, que son los elementos tóxicos. En las pilas de plata, los reactivos son Zinc y óxido de plata. Las pilas de botón se pueden reciclar y recuperar el mercurio que puede ser útil otra vez. La fuerza electromotriz producida es de 1.35 V.

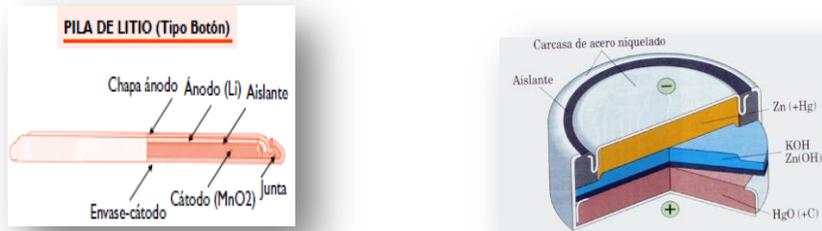


FIG.1.3

### 1.2.3.4 BATERÍAS RECARGABLES

Compuestas de Níquel - Cadmio (Ni-Cd), una vez se han descargado pueden volver a cargarse para volver a utilizarse, teniendo la ventaja de tener una larga vida útil, ya que se pueden cargar hasta 1000 veces, pero por el contrario su contenido en cadmio es extremadamente tóxico y peligroso para el medio ambiente.

Están constituidas por un polo negativo que es una lámina de cadmio y un polo positivo que se trata de una lámina de hidróxido de níquel (III). Ambas están enrolladas y separadas por láminas empapadas en una papilla de hidróxido potásico. Suministra una fuerza electromotriz de 1.2 V.

## 1.3 LA CONTAMINACIÓN CAUSADA POR LAS PILAS

Las pilas se fabrican utilizando metales pesados tales como el mercurio, cadmio, zinc, plata y plomo. Los óxidos de estos metales son altamente tóxicos. Las pilas, después de dejar de proporcionar energía eléctrica, continúan produciendo reacciones químicas de las que resultan óxidos metálicos, todos ellos tóxicos para los seres vivos. La reacción que se produce entre sus componentes, contamina el suelo y el agua afectando con posterioridad a toda forma de vida.

Una de estas pilas contamina alrededor de 600 000 litros de agua, al liberar sus componentes de mercurio, los cuales al entrar en contacto con la tierra, contaminan la cadena alimentaria.

De estas pilas son utilizadas en buena parte por los aparatos que usa el hombre moderno, pero el problema principal comienza en el momento de arrojarlas a la basura. Aunque las pilas son una cómoda fuente de energía productora de electricidad a partir de reacciones químicas, una vez agotada su vida útil son depositadas a la basura donde constituyen un residuo especialmente peligroso.

Una tonelada de basura, es lo que arroja al año una familia tipo de cuatro miembros, entre la cual están incluidos los residuos peligrosos que representan el 1% del total, es decir, 10 Kg anuales.



Numerosos productos de uso doméstico, como lo son las pilas, una vez utilizadas, o al concluir su vida útil se convierten en residuos peligrosos, que tanto por su composición, como su manipulación, tratamiento y disposición final pueden acarrear los más diversos trastornos ambientales, con sus consecuentes perjuicios en la salud humana.

Desde el punto de vista ecológico, el principal problema de las pilas se presenta una vez agotadas. Estas, en el mejor de los casos, irán a parar a un vertedero de los llamados controlados, o a una planta incineradora, sin haberse efectuado ningún tipo de recogida selectiva, tal como se hace a veces con el vidrio o el papel. El hecho de que vayan a parar a una incineradora, es que al producirse su combustión, se liberan a la atmósfera parte de los gases tóxicos que contienen estas.

Las pilas y baterías son arrojadas con el resto de los residuos domiciliarios, vertiéndose en basureros, ya sean a cielo abierto o en rellenos sanitarios, y en otros casos en terrenos baldíos, acequias, caminos vecinales, cauces de agua, etc.

Para imaginar la magnitud de la contaminación de estas pilas, basta con saber que son causantes del 93% del Mercurio en la basura doméstica, así como del 47% del Zinc, del 48% del Cadmio y del 55% Níquel.

Las pilas sufren la corrosión de sus carcasas afectadas internamente por sus componentes y externamente por la acción climática y por el proceso de fermentación de la basura, especialmente la orgánica, que al elevar su temperatura hasta los 70°C, actúa como un reactor. Cuando se produce el derrame de los electrolitos internos de las pilas, arrastra los metales pesados, estos metales fluyen por el suelo contaminando toda forma de vida (asimilación vegetal y animal). Como por ejemplo el mercurio, un metal peligroso que se filtra en la tierra, llega al agua de las capas subterránea.

El mecanismo de movilidad a través del suelo, se ve favorecido al estar los metales en su forma oxidada; Esto hace que actúe mucho más rápido en terrenos salinos o con pH muy básico.

Con algunos datos técnicos que marcan la capacidad contaminante de la pila: una pila alcalina puede contaminar 160 000 litros de agua, las de mercurio 600 000 litros, las de zinc- aire 12 000, y las de dióxido de plata 14000 litros.

## 1.4 LAS PILAS EN MÉXICO

Se estima que el consumo de pilas primarias en el mercado formal nacional se incrementó en 13 veces para el periodo 1996-2007, ya que pasó de aproximadamente 2 500 toneladas a cerca de 32 900 toneladas. El incremento también es notorio en términos del consumo per cápita, que pasa de 5.2 pilas por habitante en 1996 a 12.6 pilas por



habitante en el 2007. Estas cifras reflejan un alza considerable a pesar de que las estimaciones no incluyen en los cálculos el número de pilas contenidas en aparatos electrónicos importados, ni el de pilas recargables.<sup>[1]</sup>

Al no existir normas oficiales mexicanas que establezcan límites máximos permisibles de metales pesado totales en pilas que se comercializan en territorio nacional. Para determinar el potencial de las pilas para clasificarse como residuos peligrosos, se analizaron los metales que producen lixiviados, utilizando los límites que establece la NOM-052-SEMARNT-2005.

Es importante señalar que en México no existe restricción alguna para la comercialización de pilas. Así y en contraposición a la preferencia internacional, se carece de una regulación que limite el contenido de Mercurio y Cadmio en las pilas primarias comercializadas en el país.

En México, las pilas se comercializan en el mercado formalmente establecido y también en el mercado informal, así como un amplio rango de precios, marcas y calidades, que en ocasiones pueden tener una vida útil hasta seis veces menor que aquellas con tecnologías más avanzadas. Dado que existen restricciones arancelarias y no arancelarias a la importación la mayor parte de las marcas cruzan libre y legalmente la frontera.<sup>[2]</sup>

## **1.5 CUADRO 1 INFORMACION IMPORTACIONES, EXPORTACIONES, PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE PILAS EN MÉXICO**

En el siguiente cuadro se presentan las cifras importaciones y exportaciones de pilas en México de 1996 a 2007, clasificadas de acuerdo a las fracciones arancelarias que corresponden a las tecnologías.



# GENERALIDADES.



Tabla 1. CUADRO INFORMATIVO. Importaciones y Exportaciones, Producción y Consumo en México.

Se estima que el consumo nacional en volúmenes totales como en términos relativos por habitante. Estas estimaciones no hacen diferencia entre la participación del mercado formal e informal.

Descripción	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>IMPORTACIONES (Kg)</b>												
Pilas y baterías de pilas eléctricas	11,521,696	19,303,479	20,353,483	28,137,302	27,512,647	27,502,463	29,437,058	34,535,547	33,955,035	34,296,463	39,090,306	35,399,129
MnO <sub>2</sub> (C-Zn)	8,317,081	12,113,346	12,136,153	19,099,839	18,832,069	16,452,463	18,237,058	21,719,732	22,945,502	23,898,108	25,835,750	26,664,335
HgO	864,682	1,709,381	1,590,495	2,182,069	1,379,560	1,143,729	391,726	667,534	1,528,247	358,306	91,500	185,498
Ag <sub>2</sub> O	451,920	436,777	330,911	44,310	47,273	55,410	104,924	62,874	62,620	192,580	38,985	39,952
Li	263,586	797,549	385,661	512,165	862,107	1,526,798	860,127	901,203	1,175,253	1,471,724	1,520,485	2,035,254
Zn- Aire	2,424	2,196	6,609	390,981	463,534	23,643	6,652	82,698	34,325	37,767	90,986	47,231
Pilas y baterías alcalinas	1,622,003	4,243,510	5,903,654	5,907,551	6,378,104	8,300,148	9,837,966	11,101,506	8,209,088	8,337,978	7,512,600	6,426,859
<b>EXPORTACIONES (kg)</b>												
Pilas y baterías de pilas eléctricas	24,678,200	24,731,219	33,678,906	24,925,436	21,940,987	24,189,363	8,792,606	2,882,716	2,053,877	2,040,865	1,791,866	2,501,517
MnO <sub>2</sub> (C-Zn)	17,076,623	15,667,508	25,078,660	16,587,197	19,764,160	19,474,538	6,292,250	1,419,009	751,581	699,463	778,792	1,535,741
HgO	7,695	4,274	33,563	4931	64,365	50,095	160,669	4,615	4,174	5,126	188	1,075
Ag <sub>2</sub> O	30,505	174,063	5,046	98,760	201,000	174,939	135,796	33,937	663	27	523	1,984
Li	40,763	174,063	1,564,015	1,288,303	354,377	894,390	706,927	279,416	75,254	74,981	142,086	408,636
Zn- Aire	87	0	4,412	61,801	364	3,981	177	228	107	286	1,963	3
Pilas y baterías alcalinas	7,522,527	8,864,379	6,993,210	6,884,444	1,556,721	3,591,429	1,496,787	1,145,511	1,222,098	1,261,072	868,314	554,078
<b>PRODUCCIÓN (kg)</b>												
PILAS Y BATERIAS	20,828,894	21,885,841	24,824,935	15,247,383	15,327,872	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

FUENTES: World Trade Atlas, Secretaría de Economía, consulta de Agosto y Noviembre de 2006(datos de importaciones y exportaciones). Banco de Información Económica, INEGI (datos de producción nacional; la fuente original reporta esta información en número de piezas y los autores hicieron la conversión a unidades de peso en (Kg) y realizaron el balance, como se presenta en el cuadro.



Se estima que durante el periodo 1996-2007 se importaron en promedio por año 27 490 toneladas (1 265 millones de pilas) y se exportó un promedio anual de 14 516 toneladas (647 millones de pilas). La producción nacional de 1996 a 2000 representaba un monto aproximadamente igual.<sup>[2]</sup>

En cuanto al tipo de pilas que se importan en el país, las de Carbón – Zinc son las que contribuyen principalmente al comercio exterior, representando el 67% y el 60% de las exportaciones. A estas les siguen las pilas alcalinas, con el 25% de las importaciones y el 19 % de las exportaciones.<sup>[2]</sup>

Se estima que en México se consumieron 19 709 toneladas anuales (equivalentes a cerca de 10 530 millones de piezas) de pilas primarias durante el periodo 1996-2007, que corresponden al 0.06% aproximadamente de las 34.6 millones de toneladas de residuos sólidos urbanos generados cada año en el país. En ese lapso el consumo se incrementó en 13 veces, pasando de 2 500 toneladas a cerca de 32 900 toneladas. En cuanto a la distribución en el mercado por tipo de tecnología, los datos muestran tendencias interesantes respecto al consumo. Entre ellas destacan el incremento moderado en el consumo de pilas de Carbón- Zinc y una ligera baja en el consumo de pilas alcalinas.

Para el 2002 se consumieron más de 11 940 toneladas de pilas de Carbón-Zinc (442 350 millones de unidades) y cerca de 8 340 toneladas de pilas alcalinas (297 890 millones de unidades). Para e 2007, año en que se consumieron alrededor de 25 130 toneladas y 5 870 toneladas, para las pilas de Carbón-Zinc y una ligera baja en las pilas alcalinas.<sup>[2]</sup>

Tabla2. Consumo de Pilas Primarias

Cuadro 2. Consumo de pilas primarias en México, 2001-2007							
Tecnología	Consumo de pilas toneladas (miles de pilas)						
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Carbón-zinc	n.d.	11 943 (442 349)	20 301 (751 879)	22 172 (821 180)	23 199 (859 209)	25 057 (928 035)	25 129 (930 689)
Alcalinas	4 709 (168 169)	8 341 (297 889)	9 956 (355 571)	6 970 (248 917)	7 077 (252 747)	6 644 (237 296)	5 873 (209 742)
Óxido de mercurio	1 094 (1 093 634)	231 (231 057)	663 (662 919)	1 517 (1 517 219)	353 (353 180)	91 (91 312)	184 (184 423)
Zinc-aire	20 (19 662)	6 (6 475)	82 (82 470)	34 (34 155)	37 (37 481)	89 (89 023)	47 (47 288)
Litio	632 (39 526)	153 (9 575)	622 (38 862)	1 100 (68 750)	1 397 (87 302)	1 378 (86 150)	1 627 (101 664)
Óxido de plata	n.d.	n.d.	29 (29 937)	62 (61 751)	193 (193 553)	38 (38 462)	38 (37 968)
Total	3 313 (1 089 543)	20 643 (956 473)	31 653 (1 921 638)	31 855 (2 751 972)	32 256 (1 782 472)	33 297 (1 470 278)	32 898 (1 511 774)

FUENTE: INE (Las Pilas en México: Un Diagnostico Ambiental; informe marzo 2009)

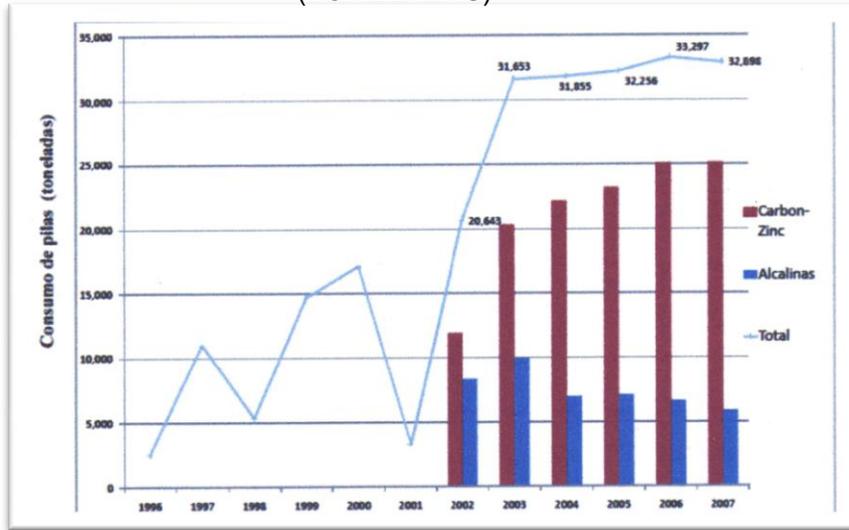
En el 2002 el consumo de las pilas de óxido de mercurio, Zinc-Aire y Litio fue de aproximadamente 230 toneladas (231 millones de piezas), 6 toneladas (6 475 millones de



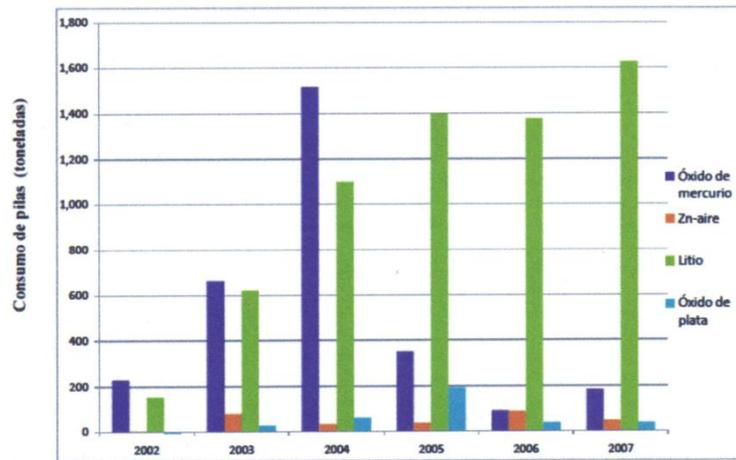
piezas) y 150 toneladas (9575 millones de piezas) respectivamente. Las pilas de Carbón-Zinc y alcalinas, de 2002 a 2007 se presenta una reducción sensible en el uso de pilas de óxido de mercurio, a la par de un importante incremento en el consumo de pilas de Zinc-Aire y de litio.

Los datos muestran una disminución del 20% para las primeras y, en cambio, un incremento aproximado en las pilas de zinc-aire y de litio de 8 a 10 veces, respectivamente.<sup>[2]</sup>

1.5.1 GRAFICA1. CONSUMO DE PILAS PRIMARIAS EN MÉXICO 2002-2007 (TONELADAS)



1.5.2 GRAFICA 2. CONSUMO DE PILAS DE ÓXIDO DE MERCURIO, ZINC-AIRE, LITIO Y ÓXIDO DE PLATA EN MÉXICO, 2002-2007.



Los gráficos indican el consumo de pilas se incrementó de forma importante entre el 2002-2007 (eliminando a las pilas de óxido de mercurio, dado el comportamiento un tanto errático en el consumo) la tendencia creciente es evidente al estimar el consumo per



cápita de 1996 a 2007; en 1996 se estima un consumo por persona de 5.2 pilas/habitante, con un incremento a 7.0 pilas/habitante para el 2002 y con un fuerte contraste de ambas cifras con las 12.6 pilas/habitante que se consumieron en 2007.<sup>[2]</sup>

### 1.6 NORMATIVIDAD EN MÉXICO RELATIVA A COMPONENTES TÓXICOS DE ALGUNOS METALES.

(Tabla 3. algunas normatividades)

Clave de la Norma	Descripción	Sustancias
NOM-52-2005-SEMARNAT	Que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y los listados de los residuos peligrosos	Bario, Cadmio, Plata, Cromo, Mercurio, Plomo,
NOM-001-ECOL-1995	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales en aguas y bienes nacionales.	Mercurio, Cadmio, Níquel, Plomo, Zinc, entre otras.
NOM-002-ECOL-1996 NOM-001-SEMARNAT-1996	Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de aguas residuales a los sistemas de alcantarillado	Mercurio, Cadmio, Níquel, Plomo, Zinc, entre otras.
NOM-052-ECOL-1993	Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.	Mercurio, Cadmio, Níquel, Plomo y Zinc entre otras.
NOM-026-SSA1-1993	Salud ambiental. Criterio para evaluar la calidad del aire ambiente con respecto al Plomo (Pb). Valor normado para la concentración de Plomo (Pb) en el ambiente como medida de protección a la salud de la población.	Plomo
NOM-127-SSA1-1994	Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización.	Mercurio, Cadmio, Plomo, Zinc y Manganeso, entre otras
NOM-145-SSA1-1995	Productos cárnicos troceados y curados. Productos cárnicos curados y maduros. Disposiciones y especificaciones sanitarias.	Plomo
NOM-199-SSA1-2000	Salud ambiental. Niveles de plomo en sangre y acciones como criterios para proteger la salud de la población expuesta no ocupacionalmente.	Plomo
NOM-201-SSA1-2002	Productos y servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones sanitarias.	Cadmio, Níquel y Plomo, entre otras.
NOM-055-SEMARNAT-2003	Que establece los requisitos que deben reunir los sitios destinados al confinamiento controlado de residuos peligrosos excepto de los radiactivos.	Mercurio, Cadmio, Plomo, Zinc y Manganeso, entre otras
NOM-098-SEMARNAT-2002	Protección ambiental – incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.	Níquel, Manganeso, Plomo, Cadmio, Cobre, Zinc, Mercurio, entre otros.
NORMA Oficial Mexicana NOM-005-STPS-1998	Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.	



## 1.7 MARCHA DE CATIONES

La mayor parte de los compuestos inorgánicos sufren disociación iónica, como los métodos analíticos requieren que las sustancias se encuentren en solución, el análisis cualitativo inorgánico se limita generalmente a reconocer los diferentes iones (cationes y aniones) que constituyen la sustancia examinada, independientemente de cómo estaban originalmente en la muestra.

El análisis cualitativo de cationes se basa en separar en grupos a los cationes existentes en una muestra líquida (mediante la adición de determinados reactivos denominados de grupo) y, posteriormente, identificar los cationes de cada grupo con la ayuda de reactivos específicos.

Fresenius desarrolló un esquema cualitativo para el análisis de cationes que ha tenido una amplia aceptación (frecuentemente se hace referencia a él, como el esquema clásico de análisis cualitativo de cationes). En este esquema los cationes se dividen en cinco grupos (los 4 que aparecen como precipitados (figura 1.4) y el que queda en la disolución final). La identificación de iones inorgánicos en una disolución mediante la formación de complejos o sales de color único y característico.

Una secuencia de reactivos es más o menos selectiva si se produce con problemas regulares. Un reactivo es específico (más selectivo) cuando reacciona con muy pocos cationes y aniones. Se van a llamar reactivos generales (menos específicos) cuando reaccionan con muchos cationes y aniones. Se puede cambiar la selectividad de un reactivo por tres diferentes métodos.<sup>[3]</sup>

- Por variación del pH
- Por cambio en estado de oxidación
- Enmascaramiento de cationes

Tabla 4 Familias de Cationes

pH=2.8-6.0	pH=7. 3-10.0	pH= 8.0-9.2	pH=12.0
Cationes	Cationes	Cationes	Cationes
Precipitan como hidróxidos	Carbonatos	Carbonatos	Óxidos
Fe(III), Al (III)	Pb(II), Cu(II), Bi (III)	Ca(II), Ba(II), Sr(II)	Ag- Ag <sub>2</sub> O
Cr(III), Sn(II y IV)	Co(II), Cd(II), Zn(II)	Ni (II), Mn(II)	Hg(I)- HgO
			MN(II)-Mn(IV)

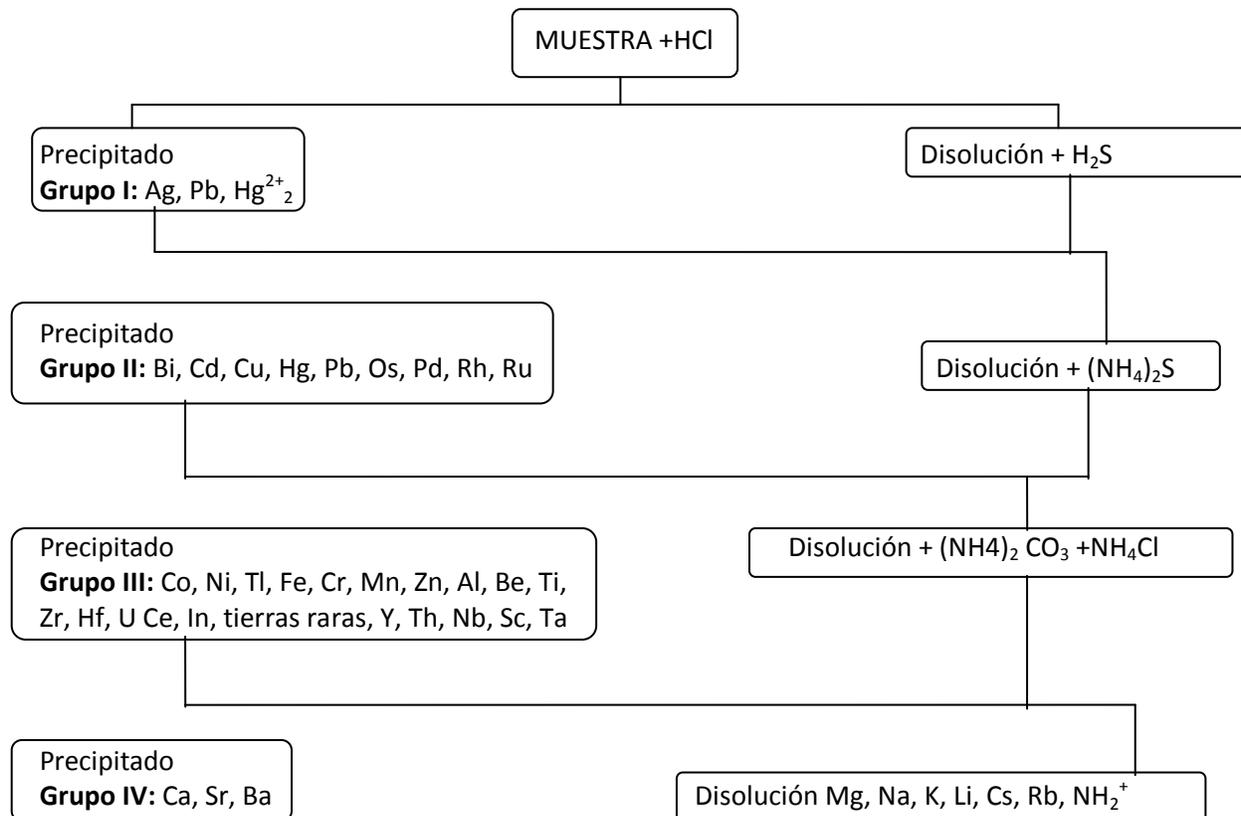


FIG.1.4 Marcha analítica de Fresenius<sup>[4]</sup>

## 1.8 REACCIONES DE SÓLIDOS

La difusión de iones o moléculas en sólidos es una etapa preliminar para que las etapas de reacción tengan lugar. La difusión tiene lugar a través de la estructura cristalina de reactantes y productos, así como a través de los canales y hendiduras, cuando se trata de cristales imperfectos. En esta etapa suele ser lenta, en comparación con los fenómenos de difusión que tienen lugar entre fluidos, incluso para los elevados niveles térmicos a los que es necesario llevar a cabo la reacción química. Así, en el caso de la fabricación de cemento, por ejemplo. Los tiempos de reacción están comprendidos entre 2 y 3 horas, cuando se opera a 1,200 a 1,500°C.

Existen varias reacciones de sólidos sólo son factibles a escala industrial a temperaturas elevadas, lo que en muchas ocasiones solo es posible en los sistemas de contacto con gases de combustión, particularmente cuando la reacción se lleva a cabo a gran escala.



Uno de los productos de reacción también es a menudo un gas que debe difundirse a través del sólido que queda sin reaccionar y, a veces, a través de uno de los productos que también es sólido. Por tanto, los fenómenos característicos en las reacciones de sólidos serán las resistencias a los procesos de transferencia de materia y de transmisión de calor.

Existen numerosos procesos industriales en los que el objetivo es fabricar productos de utilidad, mediante el empleo de reacciones con compuestos sólidos. Sin embargo, tanto el diseño como la práctica de estos procesos no parecen ajustarse a estudios cinéticos sofisticados, por lo que raramente se divulgan estudios de esta naturaleza. La información deseable para el diseño de estos procesos suele ser los datos de temperatura, configuración calidad de la mezcla y tiempos de residencia o velocidades especiales.<sup>[6]</sup>

## 1.9 DESCOMPOSICIONES TÉRMICAS Y EXOTÉRMICAS

La mayoría de las sustancias son inestables a ciertas temperaturas, la principal teoría que trata de cuantificar la velocidad de descomposición de los sólidos postula que la descomposición comienza con la aparición de tensiones en algunos puntos de la superficie, denominados núcleos o centros activos, y a medida que la reacción va teniendo lugar, aumenta el número de núcleos y crece su tamaño. Las descomposiciones térmicas pueden ser exotérmicas o endotérmicas.<sup>[5]</sup>

### 1.9.1 DESCOMPOSICIONES EXÓTERMICAS

Este tipo de descomposiciones son, casi siempre, reacciones irreversibles. El interés industrial de la descomposición de tales materiales es mayor para conocer sus propiedades de almacenamiento que para emplearlos como una fuente de productos industriales, excepto en algunos casos como una fuente de productos industriales, excepto en algunos casos como pueda ser el del nitrato del amonio, que es un importante explosivo.

El nitrato de amonio también es susceptible de descomponerse en óxido nítrico y agua. En fase sólida la descomposición comienza, aproximadamente, a 150°C pero solo puede considerarse en una extensión apreciable en las inmediaciones del punto de fusión 170°C.

En estas condiciones, la reacción es de primer orden y se caracteriza por una energía de activación de, aproximadamente, 40 Kcal/g mol (72.000 Btu/lb mol). La presencia de trazas de humedad y de Cl<sup>-</sup> hacen disminuir la temperatura de descomposición, mientras que cuando el material se encuentra completamente seco la reacción continúa para temperaturas del orden de 300°C. En general, mediante las reacciones de



descomposición de nitratos se han podido detectar todos los óxidos de nitrógeno, así como oxígeno y nitrógeno.

Los compuestos que nos interesan el calcio, estroncio, plomo, cobre en un intervalo de temperaturas de 100 a 200°C. La dependencia de la descomposición con el tiempo varía según los exponentes de 6 a 8 mientras que las energías de activación son del orden de 30 a 50 Kcal/g mol o similares. Sin embargo, existen serias dificultades con la reproducibilidad de resultados empleando estos materiales contaminantes.<sup>[5]</sup>

## 1.10 EL ÁCIDO NÍTRICO COMO DISOLVENTE EN LA MARCHA DE CATIONES

Las sustancias insolubles en agua y ácido clorhídrico se tratan con ácido nítrico. En general se disuelven en este medio los metales ubicados por debajo del hidrógeno en la serie electromotriz exceptuando el oro y el platino, los sulfuros de arsénico, cobre, bismuto níquel y cobalto, los haluros de plomo y mercurio (I). En general se disuelven en ácido nítrico aquellos compuestos que necesitan un cambio de su estado, el cual se logra por el alto potencial de oxidación del ácido.

El comportamiento de los sólidos cuando se trata con  $\text{HNO}_3$  También es importante: la producción de azufre libre indica la presencia de sulfuro; la liberación de un vapor morado ( $\text{I}_2$ ) indica la presencia de yoduro; la generación de vapores marrones puede atribuirse a la generación de  $\text{NO}_2$ , producto de la oxidación de un metal libre, o la generación de bromo producto de la descomposición de un bromuro.

El tratamiento con ácido nítrico descompone totalmente los aniones así como el cambio de estado de oxidación. Por lo tanto no se requiere separar los cationes la misma puede emplearse para el análisis de cationes directamente.

## 1.11 ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA

La espectrometría de absorción atómica es una técnica para determinar la concentración de un elemento metálico determinado en una muestra. Puede utilizarse para analizar la concentración de más de 62 metales diferentes en una solución.

### 1.11.1 INSTRUMENTACIÓN:

Estos constan de una fuente de radiación, un soporte de muestra, un selector de longitud de onda, un detector y un procesador de señal y lectura. El soporte de muestra en los instrumentos de absorción atómica es la celda del atomizador que contiene la muestra gaseosa atomizada.

### 1.11.2 FUENTES DE RADIACIÓN.

Los métodos de absorción son muy específicos debido a que las líneas de absorción atómicas son notablemente estrechas (0.002 a 0.005) y porque las energías de transición



eléctricas son únicas para cada elemento. Por otro lado, las amplitudes de línea estrechas crean un problema que por lo común no ocurre en la espectroscopía de absorción molecular.

Una reacción lineal entre la señal analítica (absorbancia) y la concentración, cumpliendo así la ley de Beer.

La Ley Lambert Beer es un medio matemático de expresar cómo la materia absorbe la luz. Esta ley afirma que la cantidad de luz que sale de una muestra es disminuida por tres fenómenos físicos:

1. La cantidad de material de absorción en su trayectoria (concentración)
2. La distancia que la luz debe atravesar (distancia de la trayectoria óptica)
3. La probabilidad de que el fotón de esa amplitud particular de onda sea absorbido por el material (absorbancia o coeficiente de extinción)

Esta relación puede ser expresada como:

$$A = \epsilon dc$$

**Ec. 5**

Donde

A = Absorbancia

$\epsilon$  = Coeficiente molar de extinción

d = Distancia en cm

c = Concentración molar

### 1.11.3 ABSORCIÓN

La transmitancia puede ser trazada en relación a la concentración, pero la relación no es lineal. El logaritmo negativo en base 10 de la transmitancia sí es, sin embargo, lineal con la concentración.

De esta manera, la absorción es medida como:

$$A = -\log_{10} (I/I_0) \text{ or } A = -\log_{10} (T)$$

**Ec.6**

Las curvas de calibración no lineales son inevitables cuando las mediciones de absorción atómica se hacen con un espectrómetro ordinario equipado con una fuente de radiación continua. Además, las pendientes de las curvas de calibración se obtienen en estos experimentos son pequeñas porque la muestra absorbe solo una pequeña fracción de la radiación proveniente de la rendija del monocromador, el resultado es una sensibilidad deficiente. En años recientes, el desarrollo de los espectrofotómetros de fuente continua de alta resolución ( $R > 10^5$ ) basados en el monocromador en escalera doble acoplado con



detección de arreglo han empeñado este tema, y tales instrumentos están empezado a competir con los espectrómetros tradicionales equipados con fuentes de líneas.

El problema creado por la amplitud limitada de las líneas de absorción atómica ha sido resuelto mediante el uso de fuentes de líneas con anchos de banda incluso más reducidos que la amplitud de la línea de absorción. Por ejemplo, se usa la línea de 589.6 nm del sodio como base para identificar el elemento, se aísla una línea de emisión del sodio a esta misma longitud de onda para servir como fuente. En este caso se puede usar una lámpara de vapor de sodio en la que los átomos del elemento son excitados mediante una descarga eléctrica para producir la línea. Las otras líneas de sodio emitidas desde la fuente son removidas con filtros o con un monocromador relativamente barato. Las condiciones de operación para la fuente se eligen de tal modo que el ensanchamiento Doppler de las líneas emitidas sea menor que el ensanchamiento de la línea de absorción que ocurre en la llama u otro atomizador.

Es decir, la temperatura de la fuente y la presión se mantienen por debajo de la del atomizador.

Una desventaja del procedimiento anterior que es necesario una lámpara de fuente para cada elemento.

#### 1.11.4 LAMPARAS DE CÁTODO HUECO.

La fuente más común para la medición de absorción atómica es la lámpara de cátodo hueco. Este tipo de lámpara

Estas constan de un ánodo de tungsteno y un cátodo cilíndrico sellado en un tubo de vidrio lleno con gas de neón a una presión de 1 a 5 torr. El cátodo está construido del metal cuyo espectro se desea obtener, o sirve para soportar una capa de ese metal.

La ionización del gas inerte ocurre cuando una diferencia de potencial del orden de 300 V se aplica en los electrodos, lo cual genera una corriente de unos 5 a 15 mA cuando los iones y electrones migran a los electrodos. Si el voltaje es suficientemente grande, los cationes gaseosos adquieren suficiente energía cinética para disolver algunos de los átomos metálicos de la superficie del cátodo y producir una nube atómica en un proceso llamado chisporroteo. Una parte de los átomos metálicos desprendidos están en estados excitados y, por tanto emiten su radiación característica cuando vuelven al estado basal. Para finalizar los átomos metálicos se difunden de nuevo a la superficie del cátodo o a las paredes de vidrio del tubo y son reedepositados. La configuración cilíndrica del estado tiende a concentrar la radiación en una región limitada del tubo metálico, este diseño incrementa también la probabilidad de que los átomos se vuelvan a depositar en el cátodo y no en las paredes del vidrio.

La eficiencia de las lámparas de cátodo hueco depende de su forma y del voltaje de operación. Los voltajes altos y por tanto, las corrientes altas, dan lugar a mayores



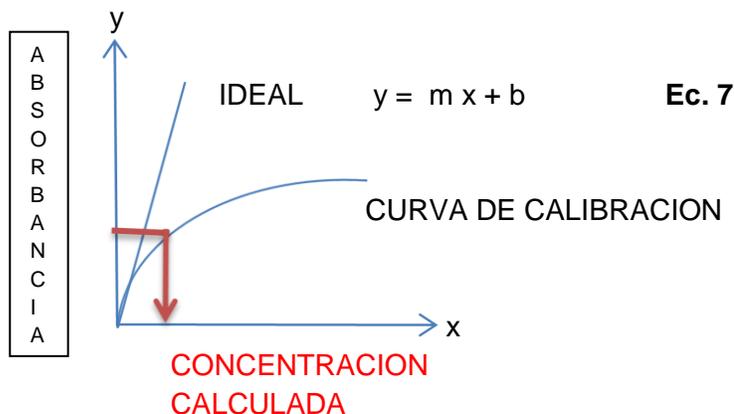
intensidades. Esta ventaja se compensa un poco mediante un incremento en el ensanchamiento Doppler de las líneas de emisión de la lámpara. Además, las corrientes mayores producen una cantidad más grande de átomos no excitados en la nube. Los átomos no excitados a su vez, son capaces de absorber la radiación emitida por los átomos excitados. Esta autoabsorción origina intensidades menores, en particular en el centro de la banda de emisión.

Las lámparas de cátodo hueco se usan con frecuencia como fuentes en la espectrometría de fluorescencia atómica, en esta aplicación los impulsos de la lámparas se producen con un ciclo de trabajo de 1% a 10% y una corriente pico de 0.1 a 1 A, lo cual incrementa su brillantez máxima por un factor de 10 a 100 respecto a la brillantez en estado estable con operación de cd.<sup>[6]</sup>

### 1.11.4 MANEJO DE RESULTADOS DE LA ABSORCIÓN ATÓMICA

Los datos de las diferentes curvas de calibración nos ayudarán para encontrar la concentración de cada elemento que se encuentran disueltos en cada muestra.

Para calcular la concentración real de cada elemento disuelto en la muestra se toma el valor de la absorbancia emitida por el espectrofotómetro, se localiza en la gráfica en la parte de absorción atómica, se hace chocar con la grafica de calibración y se lee la concentración.<sup>[7]</sup>



y = absorbancia de la muestra      x= Concentración de la muestra

Otra manera de hacerlo es encontrar valores cercanos que estén en ese punto y se haga una interpolación para llegar al resultado.



Una vez obtenida la concentración ya sea leída directamente de la grafica o interpolada se procede a sacar el factor de dilución con la siguiente ecuación.

$$\text{FACTOR DE DILUCION} = \frac{\text{VOLUMEN FINAL}}{\text{VOLUMEN DE LA MUESTRA}} \quad \text{Ec.8}$$

$$\mathbf{FD=VF/VM} \quad \text{Ec. 9}$$

VM= Volumen de la alícuota que se toma de muestra

VF= Volumen a la que se afora la muestra

El factor de dilución (FD) es necesario tener en cuenta cuantas veces se haya diluido la muestra. Pueden llegar a ser más de dos disoluciones de cada una de las muestras. <sup>[16]</sup>

Por lo que expresaran como  $FD_1, FD_2, FD_3, \dots, FD_n$

Calcular la concentración real para los precipitados.

$$CR = \left( \frac{\text{concentración leída de la grafica o interpolada} \times \text{volumen de aforo}}{\text{Peso de la muestra}} \right) \times FD$$

$$CR = [CG \times VA / PM] \times FD \quad \text{Ec.10}$$

Concentración real para la parte líquida.

Donde:

CR = Concentración de grafica o interpolada  $\times$  FD.

$$CR = CG \times FD \quad \text{Ec.11}$$



## 1.12 FUNDAMENTO TEÓRICO PLANTA PILOTO.

### 1.12.1 EVAPORACIÓN

En este proceso se lleva a cabo una concentración de una disolución. En la mayor parte de las evaporaciones el disolvente es agua, en nuestro caso el disolvente será el ácido nítrico. La evaporación se realiza eliminando una parte del disolvente para producir una disolución concentrada. La evaporación difiere del secado en que el residuo es un líquido que generalmente es altamente viscoso, en vez de un sólido; difiere de la destilación en que el vapor es generalmente un solo componente y, aun cuando el vapor sea una mezcla, en la evaporación no se intenta separar el vapor en fracciones; difiere de la cristalización en que su interés reside en concentrar una disolución y no en formar y obtener cristales.<sup>[8]</sup>

### 1.12.2 CARACTERÍSTICAS DEL LÍQUIDO

La solución práctica a un problema de evaporación está profundamente afectada por el carácter del líquido que se concentra. Precisamente es la gran variedad de características de dichos líquidos (que demanda criterio y experiencia en el diseño y operación de evaporadores) lo que amplía esta operación desde una sencilla transmisión de calor hasta producir una separación.<sup>[8]</sup>

### 1.12.3 CONCENTRACIÓN

Aunque la disolución que entra como alimentación de un evaporador puede ser suficientemente diluida teniendo muchas de las propiedades físicas del ácido nítrico, a medida que aumenta la concentración la disolución adquiere cada vez un carácter más aislado. La densidad y la viscosidad aumentan con el contenido de sólido hasta que la disolución o bien se transforma en saturada o resulta inadecuada para una transmisión de calor adecuada. La ebullición continua de una disolución saturada da lugar a la formación de cristales, que es preciso separar pues de lo contrario obstruyen los tubos que conforman el evaporador. La temperatura de ebullición de la disolución puede también aumentar considerablemente, al aumentar el contenido de sólido, de forma que la temperatura de ebullición de una disolución concentrada puede ser mayor que la del agua a la misma presión.<sup>[8]</sup>

### 1.12.4 FORMACIÓN DE ESPUMA

Algunos materiales, especialmente sustancias orgánicas, forman espuma durante la vaporización. Una espuma estable acompaña al vapor que sale del evaporador dando lugar a un importante arrastre. En casos extremos toda la masa de líquido puede salir con el vapor y perderse.<sup>[8]</sup>



## 1.12.15 FORMACIÓN DE COSTRAS

Algunas disoluciones depositan costras sobre las superficies de calefacción. En estos casos el coeficiente global disminuye progresivamente hasta que llega un momento en que es preciso interrumpir la operación y limpiar los tubos. Cuando las costras son duras e insolubles, la limpieza resulta difícil y costosa.<sup>[8]</sup>

## 1.12.16 OPERACIÓN DE SIMPLE Y MÚLTIPLE EFECTO

La mayoría de los evaporadores se calientan con vapor de agua que condensa sobre tubos metálicos. Generalmente el vapor es de baja presión, inferior a 3 atm absoluto, y con frecuencia el líquido que hierve se encuentra a un vacío moderado, de hasta 0,05 atm absolutas. Al reducir la temperatura de ebullición del líquido aumenta la diferencia de temperatura entre el vapor condensante y el líquido de ebullición y, por tanto, aumenta la velocidad de transmisión de calor en el evaporador.<sup>[8]</sup>

## 1.12.17 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los evaporadores se pueden operar como unidades con un paso o como unidades de circulación. En la operación con un paso a través, el líquido de alimentación pasa una sola vez a través de los tubos, desprende el vapor y sale de la unidad como disolución concentrada.<sup>[8]</sup>

## 1.12.18 TIPO DE EVAPORADOR

### 1.12.18.1 EVAPORADOR FLUJO DESCENDENTE (PELÍCULA DESCENDENTE)

En estos evaporadores la alimentación es introducida por la parte superior del equipo, la cual ha sido normalmente precalentada a la temperatura de ebullición del primer efecto, mediante intercambiadores de calor adecuados al producto. Se produce una distribución homogénea del producto dentro de los tubos en la parte superior del evaporador, generando una película descendente de iguales características en la totalidad de los tubos.<sup>[8]</sup>



## 1.12.19 CRISTALIZACIÓN

Para poder ser transferido a la fase sólida, es decir, cristalizar, un soluto cualquiera debe eliminar su calor latente o entalpía de fusión, por lo que el estado cristalino además de ser el más puro, es el de menor nivel energético de los tres estados físicos de la materia, en el que las moléculas permanecen inmóviles unas respecto a otras, formando estructuras en el espacio, con la misma geometría, sin importar la dimensión del cristal.<sup>[8]</sup>

## 1.12.20 REGLAS DE SOLUBILIDAD

1. Las sales del amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) o de metales alcalinos con la excepción del litio, son solubles en agua a temperatura ambiente.
2. Los halogenuros, con la excepción del flúor, son en su mayoría solubles (con la excepción de los halogenuros de  $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Hg}_2^{2+}$  y  $\text{Pb}^{2+}$ ).
3. Las sales del ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), del ácido clórico ( $\text{HClO}_3$ ) y del ácido perclórico ( $\text{HClO}_4$ ), son solubles.
4. Las sales del ácido carbónico ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), ácido fosfórico ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) y del ácido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ) son insolubles (con las excepciones de la regla 1)
5. Los hidróxidos de los metales alcalinos son solubles, los demás son insolubles (con los hidróxidos de Ca y Ba como excepción).
6. La mayoría de las sales del ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) son solubles, a excepción de  $\text{BaSO}_4$ ,  $\text{HgSO}_4$ ,  $\text{PbSO}_4$  y, parcialmente  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$  y  $\text{CaSO}_4$ .

Que relaciona la variación de energía libre  $\Delta G^0$  del proceso, con el producto de solubilidad  $K_1$ . El valor de  $K_1$  depende, por tanto, de los dos sumandos, que determinan el valor de  $\Delta G^0$ .

## 1.13 HIDRÓXIDOS

Los hidróxidos metálicos están constituidos por iones  $\text{OH}^-$  y cationes metálicos. Al aumentar la capacidad de polarización del catión se acentúa el carácter parcialmente covalentes de enlace metal-oxígeno, y la estabilidad del hidróxido disminuye. Los hidróxidos de los elementos más electropositivos pueden fundir sin descomposición. Los metales alcalinos pueden vaporizarse. No se conocen hidróxidos de cationes en muy alto estado de oxidación; ni de cationes que aunque poseen baja carga, tienen por su configuración electrónica alta capacidad de polarización. La reacción de descomposición de los hidróxidos consiste en la transformación de los grupos  $\text{OH}^-$ , con formación de



óxidos o de hidróxidos metálicos. Algunos compuestos de metales en alto estado de oxidación, que por su fórmula se habían considerado hidróxidos como el  $\text{Pt}(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , son compuestos de coordinación.

Los Hidroxocomplejos procedentes de la redisolución en una base fuerte de hidróxidos anfóteros ( $\text{Pb}^{2+,4+}$ ,  $\text{Sb}^{3+,5+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ (en frío),  $\text{Be}^{2+}$ ). La adición de HCl originaría la precipitación transitoria de los hidróxidos correspondientes los cuales en exceso de ácido se redisolverían (el  $\text{Pb}^{2+}$  podría quedar precipitado en mayor o menor cuantía como  $\text{PbCl}_2$ ).

Los Cianocomplejos ( $\text{Ag}^+$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ , etc.). Al acidificar se destruirían, precipitaría  $\text{AgCN}$  y lo harían también transitoriamente. Los cianuros metálicos correspondientes, desprendiendo HCN.

Los Tiosales (cationes cuyo sulfuro es soluble en medio básico ( $\text{As}(\text{III}, \text{V})$ ,  $\text{Sb}(\text{III}, \text{V})$ ,  $\text{Sn}^{4+}$ ,  $\text{Mo}(\text{VI})$ ,  $\text{Au}^{3+}$ ,  $\text{Pt}^{4+}$ ,  $\text{Se}(\text{IV}, \text{VI})$ ,  $\text{Te}(\text{IV}, \text{VI})$ ). Al añadir HCl al problema que los contuviera, el precipitado obtenido estaría constituido por sulfuros correspondientes que en exceso de HCl serían insolubles.<sup>[9]</sup>

## 1.13.1 LA ESTABILIDAD DE LOS HIDRÓXIDOS METÁLICOS

Los más estables son los alcalinos, a excepción del  $\text{LiOH}$ , cuyo comportamiento se asemeja al  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ . La estabilidad decrece al aumentar la capacidad de polarización del catión. Los hidróxidos alcalinos funden (excepto  $\text{LiOH}$ ) que se volatilizan sin descomposición.<sup>[9]</sup>

## 1.13.2 LA OBTENCIÓN DE LOS HIDRÓXIDOS INSOLUBLES

Se pueden obtener por precipitación de las sales con hidróxidos alcalinos o amónicos. Los geles formados suelen retener grandes proporciones de los iones presentes en la disolución. El lavado de los geles es muy difícil porque facilita la dispersión del coloide. También se puede obtener por hidrólisis de las sales que se facilitan por el calor. Los carbonatos tienen la ventaja de que el anión  $\text{CO}_3^{2-}$  se transforma, en  $\text{CO}_2$  volátil. En general hay que facilitar la hidrólisis por la adición de hidróxido amónico.<sup>[9]</sup>

## 1.14 SULFUROS

El ión sulfuro ( $\text{S}^{2-}$ ) puede reconocerse agregando ácido a la solución. La reacción libera  $\text{H}_2\text{S}$ , que es un ácido débil e insoluble, la fácil identificación por su olor característico a huevo podrido.

Existen varias técnicas para la determinación de estos, los cuales pueden ser en medios de fuerzas iónicas, diferentes y a la variación de solubilidad con el envejecimiento del



sulfuro. En el proceso de precipitación de sulfuros intervienen no solo las concentraciones de ion metálico y sulfuros sino, además otros fenómenos como formación de complejos, adsorción coprecipitación, velocidad de precipitación, etc.<sup>[9]</sup>

Para llegar a establecer las condiciones óptimas para la precipitación y separación del grupo además de la influencia de la acidez de carácter general por lo q se considera:

## 1.14.1 VARIEDAD DE LAS CONDICIONES REQUERIDAS POR CADA SULFURO

La consideración de los valores de los productos de solubilidad de los distintos sulfuros metálicos y de la  $/S^{2-}/$  en equilibrio, pone de manifiesto que mientras las precipitación del plomo o antimonio requiere una gran concentración de ion sulfuro, o sea un medio ácido débil, la del cobre puede tener lugar con una pequeña concentración de sulfuro, o sea que en medio fuertemente ácido es uno de los factores que, junto con la temperatura elevada, favorece la coagulación del  $CuS$ , que tiene tendencia a formar coloides y a pasar del filtro, en consecuencia, si la precipitación se hace en medios débilmente ácidos.<sup>[9]</sup>

## 1.14.2 INFLUENCIA DE LA FORMACIÓN DE COMPLEJO

Los sulfuros no precipitan habitualmente a partir del catión hidratado (acuocomplejo) sino de otros diversos complejos (clorocomplejos, nitratocomplejos, sulfatocomplejos, etc.) de estequiometría variable en función de la concentración de ligando y que difieren en estabilidad.

En solución clorhídrica precipita únicamente el sulfuro de arsénico, en solución sulfúrica precipitan además de los sulfuros de cobre, mercurio, antimonio y bismuto. El ácido sulfúrico que forma sulfato complejos mucho menos estables, permite una mayor concentración de ion metálico y por tanto la precipitación de sulfuros metálicos a mayores concentración de tal ácido.

Algunos sulfuros insolubles como los de plata, cobre, plomo, estaño y níquel, entre otros, se han utilizado como cambiadores obteniéndolos mediante precipitación con sulfuro sódico o con ácido sulfhídrico. Para conseguir precipitados granulares la precipitación se realiza a baja temperatura. Estos cambiadores selectivos frente a los cationes que forman sulfuros insolubles. La reacción de intercambio se produce mediante reacciones de sustitución en las que el metal del sulfuro es desplazado por un ión de la disolución.

Todos son insolubles, menos los alcalinos y alcalinotérreos. (Los insolubles se pueden dividir en dos grandes grupos solubles en medio ácido e insolubles en medio ácido. También, esta diferencia de solubilidad de los sulfuros insolubles en medio neutro ha tenido aplicaciones en la “marcha de cationes”. Todos los sulfatos son solubles, excepto, alcalinotérreos y plata, plomo y mercurio, que poco o muy poco son solubles.<sup>[9]</sup>



## 1.15 ESTABILIZACIÓN.

Es el proceso por el cual se agregan aditivos para reducir la naturaleza peligrosa de un desecho, o para minimizar la velocidad de migración de un contaminante en el ambiente o para reducir su nivel de toxicidad.

Por lo expuesto, la estabilización puede ser descrita como un proceso por el cual los contaminantes se confinan total o parcialmente por la adición de un medio de soporte, ligante u otro agente alternándose la naturaleza física del desecho, por ejemplo, su compresibilidad o permeabilidad. Suele utilizarse el término fijación como sinónimo de estabilización.

La estabilización se efectúa por el agregado de reactivos de modo tal que:

- Se mejore el manipuleo y las características físicas de los desechos.
- Se disminuya el área superficial a través de la cual puede ocurrir la transferencia o pérdida del contaminante.
- Se limite la solubilidad de cualquiera de los contaminantes presentes en el desecho.
- Se reduzca la toxicidad de los contaminantes

Dentro de los procesos que involucran a la estabilización y solidificación se tienen:

### 1.15.1 SOLIDIFICACIÓN DE RESIDUOS

Para lograr la solidificación de residuos industriales se agrega una cantidad suficiente del material para obtener una masa de material solidificado, por lo que se logra incrementar la resistencia y disminuir la compresibilidad y la permeabilidad del desecho.

### 1.15.2 ADSORCIÓN

Asimismo, por medio de adsorción se logra que los contaminantes se unan química o físicamente a agentes estabilizadores dentro de la matriz, logrando que los mismos se liberen. El tratamiento se considera como más permanente ya que se necesita una fuerza físico-química adicional para desorber el material de la superficie adsorbente.

### 1.15.3 PRECIPITACIÓN

Ciertos procesos de estabilización precipitan algún contaminante, en particular del residuo, para obtener una forma más estable del mismo. Este fenómeno es aplicable a la estabilización de desechos inorgánicos, quedando retenidos dentro de la masa estabilizada como parte de la estructura del material. Por ejemplo, precipitados tales como



hidróxidos sulfuros salicatos, carbonatos y fosfatos forman parte de la estructura del material estabilizado.

## 1.16 DEFINICIÓN DE REACCIÓN QUÍMICA.

Se conoce como reacción química a aquella operación unitaria que tiene por objeto distribuir de forma distinta los átomos de ciertas moléculas (compuestos reaccionantes o reactantes) para formar otras nuevas (productos). El lugar físico donde se llevan a cabo las reacciones químicas se denominan.<sup>[10]</sup>

### 1.16.1 CLASES DE REACCIONES QUÍMICAS

*Reacciones Homogéneas:* Cuando se afecta solamente una fase, ya sea gaseosa, sólida, o líquida.<sup>[10]</sup>

*Reacciones Heterogéneas:* Cuando se requiere la presencia de al menos dos fases para que tenga lugar la reacción a una velocidad deseada.<sup>[10]</sup>

*Reacciones Enzimáticas:* Utilizan catalizadores biológicos (proteínas con alto peso molecular, con centros activos, y que trabajan a bajas temperaturas).<sup>[10]</sup>

*Reacciones Catalíticas:* Son aquellas reacciones que requieren de una sustancia adicional (que no aparece en el balance global) para modificar la velocidad de reacción; esta sustancia por su mera presencia provoca la reacción química, reacción que de otro modo no ocurriría.<sup>[10]</sup>

*Reacciones No Catalíticas:* Los materiales reactantes no necesitan ninguna sustancia adicional para dar lugar a la reacción química.<sup>[10]</sup>

*Reacciones Autocatalíticas:* En esta reacción, uno de los productos formados actúa como catalizador, participando en otra etapa del proceso donde velocidad de reacción es más rápido que en la primera.<sup>[10]</sup>

*Reacciones Endotérmicas:* Son aquellas que adsorben calor del exterior.<sup>[10]</sup>

*Reacciones Exotérmicas:* Son aquellas que liberan calor hacia el exterior.<sup>[10]</sup>



## 1.17 REACTORES QUÍMICOS

### 1.17.1 DEFINICIÓN DE REACTOR QUÍMICO.

Un reactor químico es una unidad procesadora diseñada para que en su interior se lleve a cabo una o varias reacciones químicas. Dicha unidad procesadora está constituida por un recipiente cerrado, el cual cuenta con líneas de entrada y salida para sustancias químicas, y está gobernado por un algoritmo de control. <sup>[11]</sup>

Los reactores químicos tienen como funciones principales:

- Asegurar el tipo de contacto o modo de fluir de los reactantes en el interior del tanque, para conseguir una mezcla deseada con los materiales reactantes.
- Proporcionar el tiempo suficiente de contacto entre las sustancias y con el catalizador, para conseguir la extensión deseada de la reacción.
- Permitir condiciones de presión, temperatura y composición de modo que la reacción tenga lugar en el grado y a la velocidad deseada, atendiendo a los aspectos termodinámicos y cinéticos de la reacción.

Los factores que hay que tener en cuenta a la hora de llevar a cabo o desarrollar una reacción química son:

- Condiciones de presión, temperatura, y composición necesarias para que los materiales entren en estado de reacción.
- Las características termodinámicas y cinéticas de la reacción.
- Las fases (sólido, líquido, gaseoso) que se encuentran presentes en la reacción.

Formas de cambios químicos:

Descomposición, consiste en que una molécula se divide en moléculas más pequeñas, átomos o radicales.

Combinación, ésta se realiza cuando una molécula o átomo se une con otra especie para formar un compuesto nuevo.

Isomerización, en este caso la molécula no efectúa ninguna descomposición externa o adición a otra, es simplemente un cambio de configuración estructural interna.



## 1.17.2 ECUACIÓN DE RENDIMIENTO.

Es aquella expresión matemática que relaciona la salida con la entrada en un reactor químico, para diversas cinéticas y diferentes modelos de contacto. <sup>[11]</sup>

Modelo de Contacto: Está referido a como los materiales circulan a través del reactor y se contactan unos con otros dentro de este, además del tiempo que necesitan para mezclarse, y las condiciones y características de la incorporación de material. <sup>[11]</sup>

Cinética: Está referido a cuán rápido ocurren las reacciones, el equilibrio dentro del reactor, y la velocidad de la reacción química; estas factores están condicionados por la transferencia (balance) de materia y energía.

El balance de masas esta dado por la relación:

$$\text{ENTRA SALE} + \text{GENERA DESAPARECE} = \text{ACUMULA}$$

El balance de energía esta dado por la relación:

$$\text{ENTRA SALE GENERA TRANSMITE} = \text{ACUMULA}$$

## 1.18 TIPOS DE REACTORES QUÍMICOS

Existen infinidad de tipos de reactores químicos, y cada uno responde a las necesidades de una situación en particular, entre los tipos más importantes, más conocidos, y mayormente utilizados en la industria se puede mencionar los siguientes:

### 1.18.1 REACTOR DISCONTINUO CON AGITACIÓN.

Es aquel en donde no entra ni sale material durante la reacción, sino más bien, al inicio del proceso se introduce los materiales, se lleva a las condiciones de presión y temperatura requeridas, y se deja reaccionar por un tiempo preestablecido, luego se descargan los productos de la reacción y los reactantes no convertidos. También es conocido como reactor tipo Batch. <sup>[10]</sup>

**CAPITULO II**

**METODOLOGIA EXPERIMENTAL**



## 2.1 DESACTIVACIÓN DE LAS PILAS, MARCHA DE CATIONES Y PREPARACION DE MUESTRAS PARA ABSORCIÓN ATÓMICA EXPERIMENTO DE LABORATORIO.

Primer paso: se lava el material con jabón EXTRAN marca Merck libre de fosfatos y se deja el material en una solución concentración volumen- volumen 10mL de  $\text{HNO}_3$  + 90mL de agua desionizada, por 24 horas.

### 2.1.2 DESACTIVACIÓN DE LAS PILAS.

Se colocan 98.0043g de pilas alcalinas (AA, AAA, cuadradas) en 335 ml de  $\text{HNO}_3$  al 67%, agitando, para dilatar o desintegrar mas rápido la etiqueta se aplica calor  $T = 35^\circ\text{C}$ , como la reacción es exotérmica se debe retirar el calor cuando la temperatura de reacción llegue a  $T = 110^\circ\text{C}$ , los gases generados en la reacción se burbujan en hidróxido de amonio, la disolución se deja enfriar a temperatura ambiente.

Filtrado (1) Las aguas madre (319mL) se aforan a 500mL, la parte sólida 53.794g se seca a  $T = 70^\circ\text{C}$

Preparación de las muestras (1, 0.1) para lectura de absorción atómica. *Ver figura (2a) Ver diagrama 2.1.*

## 2.2 MARCHA DE CATIONES.

La disolución del filtrado (1)  $V = 498\text{mL}$  se toma una muestra de 200mL y concentra a la mitad  $V = 119\text{mL}$ , enfriando esta disolución bruscamente, (utilizado hielo).

Se toma una muestra de 77mL y se afora a  $V = 100\text{mL}$  con  $\text{HNO}_3$ , se hace una sulfhidración. Hasta precipitar, se agrega 22mL de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  y 89.5mL de  $\text{NH}_4\text{OH}$  gota a gota hasta obtener un  $\text{pH} = 9$ , generando también una reacción exotérmica, ya que se eleva la temperatura a  $40^\circ\text{C}$ . (*Ver foto 3.4 DEL ANEXO A*)

Filtrado (2) Las aguas madre (63mL), la parte sólida 67.02g se seca a  $T = 70^\circ\text{C}$ . (*Ver foto 2 DEL ANEXO A*)

Preparación de las muestras (2, 0.2) para lectura de absorción atómica. *Ver figura (2a)*

Se toma una muestra de 50mL de las aguas madre, se le agrega 3mL de  $(\text{NH}_4)_2\text{S}$  sulfuro de amonio a punto de ebullición gota a gota asta obtener otro precipitado.

Filtrado (3) Las aguas madre (43mL), la parte sólida 4.32g se seca a  $T = 70^\circ\text{C}$

Preparación de las muestras (3,0.3) para lectura de absorción atómica. *Ver figura (2a)*

Queda un volumen de 41mL de aguas madres de la filtración (3) se afora a 50mL y se agrega 5mL de  $\text{NH}_4\text{OH}$  y 5mL de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  gota a gota asta precipitar.



Filtrado (4) Las aguas madre (53mL), la parte sólida 2.0992g se seca a  $T=70^{\circ}\text{C}$ . (Ver foto 5 DEL ANEXO A)

Preparación de las muestras (4,0.4) para lectura de absorción atómica. Ver figura (2a)

Para hacer la sulfhidración de los metales que se encuentran disueltos en la solución se les hace pasar una corriente gaseosa de sulfuro de hidrogeno o acido sulfhídrico ( $\text{H}_2\text{S}$ ), para llevar a cabo esto se hace una reacción pirita + acido clorhídrico. Dando las condiciones para llevar a cabo la reacción deseada.



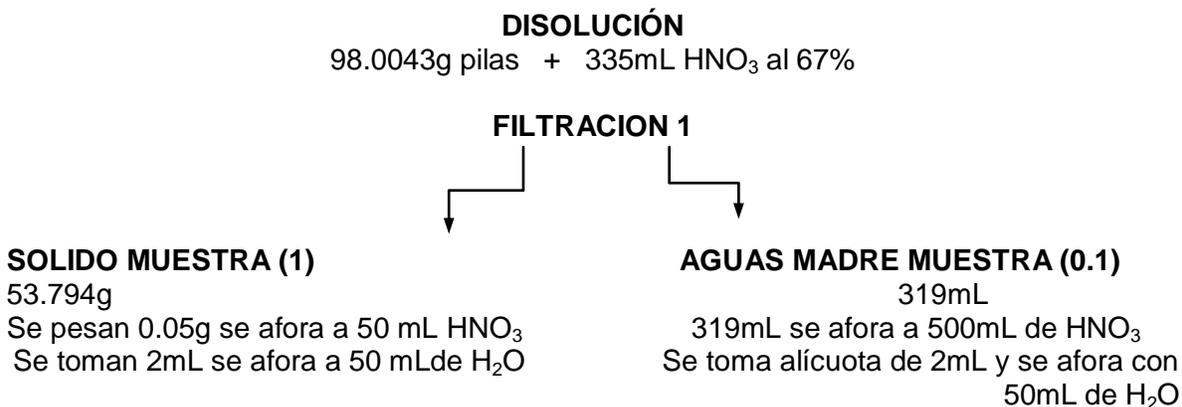
$\text{FeS}_2$  = Pirita ó sulfuro de hierro

HCl= Ácido Clorhídrico.

La característica de la formación del acido sulfhídrico es el olor y color, esta misma se le hace pasar al hidróxido de amonio para obtener sulfuro de amonio. (Ver foto 1 DEL ANEXO A)

Ver diagrama 2.2

**Figura (2a) METODOLOGIA PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA LECTURA EN EL ESPECTROFOTÓMETRO EXPERIMENTO LABORATORIO**



Ver diagrama 2.1



**MARCHA DE CATIONES.**

*Tratamiento de las aguas madres del primer filtrado.*

498mL restantes

Se tomaron 200mL y se concentró a 119mL

Se tomaron 77mL y lo afora a 100mL HNO<sub>3</sub>

Se hace una sulfhidración

Se le adiciona 22mL de NH<sub>4</sub>Cl+ 89.5 mL NH<sub>4</sub> OH

TOTAL 211.5mL

**FILTRACION 2**

**SOLIDO MUESTRA (2)**

67.02g

Se pesa 0.1058 g se afora a 50 mL HNO<sub>3</sub>

Se toman 2mL y se afora a 50 mL de H<sub>2</sub>O.

**AGUAS MADRE MUESTRA (0.2)**

65mL

Se toman 2mL se afora a 50mL de H<sub>2</sub>O

*Tratamiento de las aguas madres del segundo filtrado.*

63 mL restantes.

Se toman 50 mL se le adiciona 3 mL de NH<sub>4</sub> S

TOTAL 53 mL de solución

**FILTRADO 3.**

**SOLIDO MUESTRA (3)**

4.32 g

Se pesa 0.5g se afora a 50 mL HNO<sub>3</sub>

Se toman 2 mL se afora a 50 mL de H<sub>2</sub>O.

**AGUAS MADRE MUESTRA (0.3)**

43mL

Se toman 2 mL se afora a 50mL con H<sub>2</sub>O

*Tratamiento de las aguas madres del tercer filtrado*

41mL restantes

41 mL se afora a 50mL con HNO<sub>3</sub>

Se le adiciona 5 mL de NH<sub>4</sub> OH + 5 mL de NH<sub>4</sub>Cl.

TOTAL 60 mL

**FILTRADO 4.**

**SOLIDO MUESTRA (4)**

2.0992 g

Se pesa 0.5 g se afora a 50 mL de HNO<sub>3</sub>

Se toma alícuota de 2 mL y se afora a 50 mL de H<sub>2</sub>O.

**AGUAS MADRE MUESTRA (0.4)**

53mL

Se toma 2mL se afora a 50mL con H<sub>2</sub>O

TOTAL 51mL

Ver diagrama 2.2



DIAGRAMA (2.1) DE BLOQUES PARA DESACTIVAR LAS PILAS ALCALINAS, EN EL LABORATORIO.

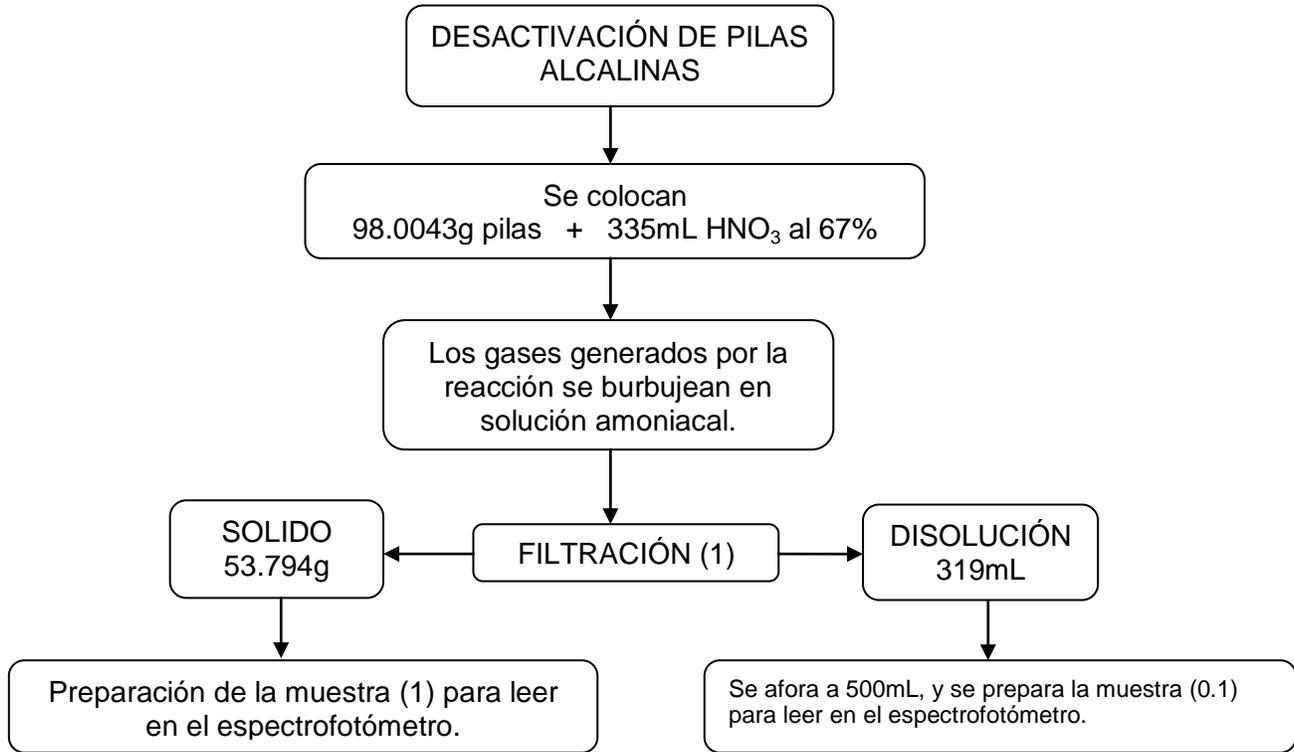
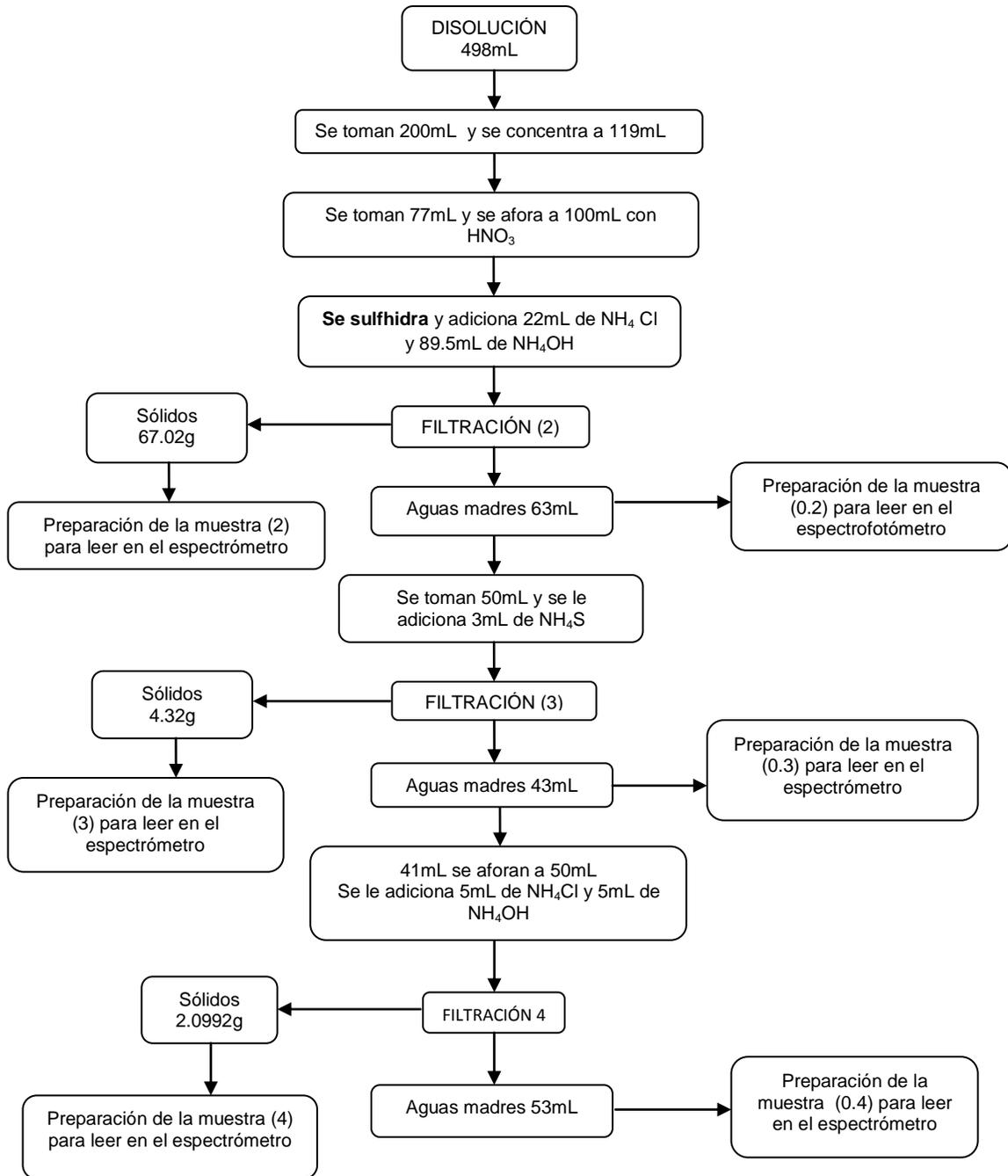




DIAGRAMA (2.2) DE BLOQUES DE LA MARCHA DE CATIONES





## 2.4 DESACTIVACIÓN DE LAS PILAS, MARCHA DE CATIONES Y PREPARACION DE MUESTRAS PARA ABSORCIÓN ATÓMICA EN PLANTA PILOTO.

### DESACTIVACIÓN DE LAS PILAS.

Se pesan 5000g de pilas alcalinas (AA, AAA, cuadradas) con 17.11 L HNO<sub>3</sub> al 67% en el reactor CD-100, agitando y calentando la solución, los gases generados de la reacción burbujan en los tanques DA-01, DA-02 con hidróxido de amonio.

Filtrado (1) (Filtro FD-100) La parte sólida se seca a 70°C tomando una muestra de 0.05g y se disuelve en HNO<sub>3</sub> a 50mL, las aguas madres V= 16.12mL, pasan al evaporador.

Preparación de las muestras (1p, 0.1p) para lectura de absorción atómica. *Ver figura (2.b).*

*Ver diagrama (2.3)*

## 2.5 ESTABILIZACIÓN DE METALES EN PLANTA PILOTO.

Las aguas madres se concentra a la mitad en el evaporador DA-100, obteniendo 8.39 L, tomando pequeñas muestras en el evaporador para checar la concentración. Se enfría la disolución dejándolo pasar al cristizador FA-100.

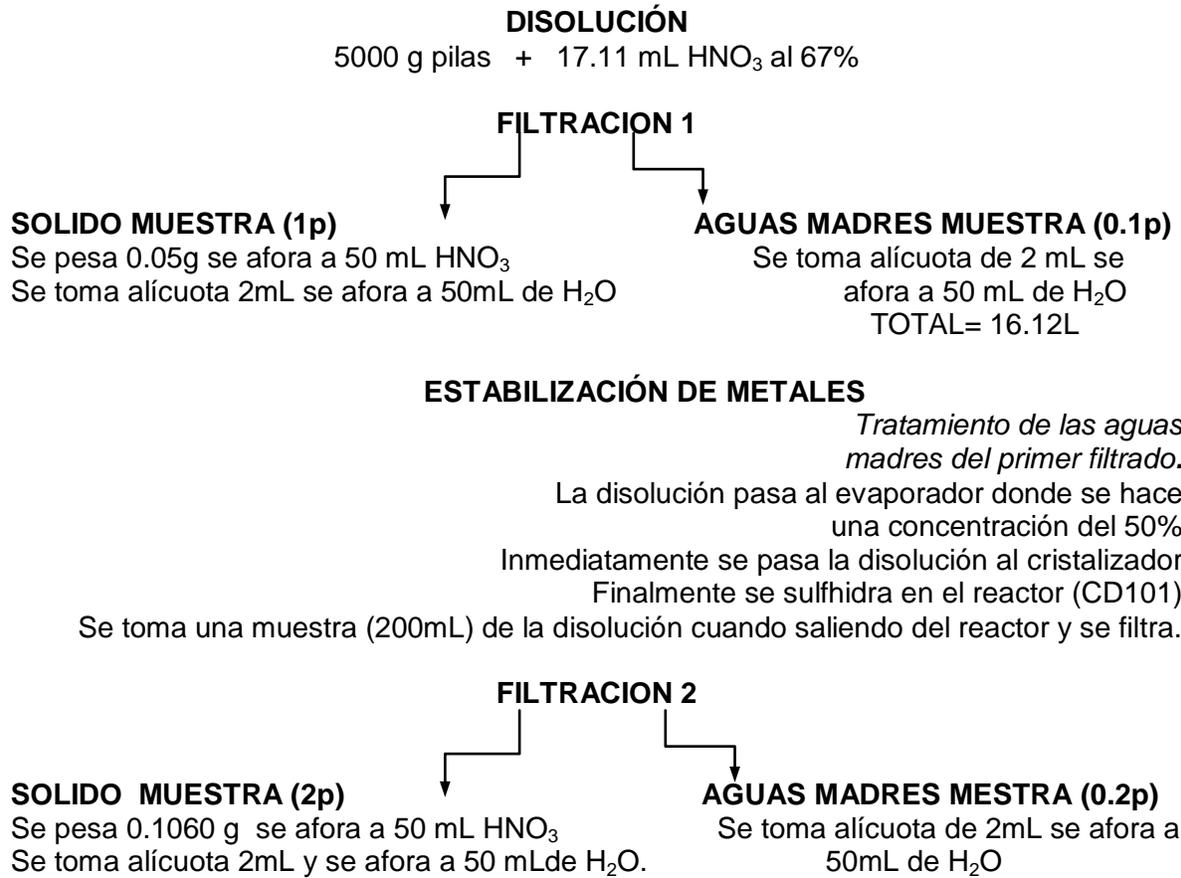
Pasa al reactor CD-101 donde se le hace pasar la línea de hidróxido de sulfuro sacando muestras cada 15 minutos, hasta precipitar la mayoría de los sólidos.

Filtrando (2). La parte sólida se seca a 70°C, se toma una muestra de 0.1060g y se disuelve en 50mL de HNO<sub>3</sub>, las aguas madres 8.39 L

Preparación de las muestras (2p, 0.2p) para lectura de absorción atómica. *Ver figura (2.b)*  
*Ver diagrama (2.4)*

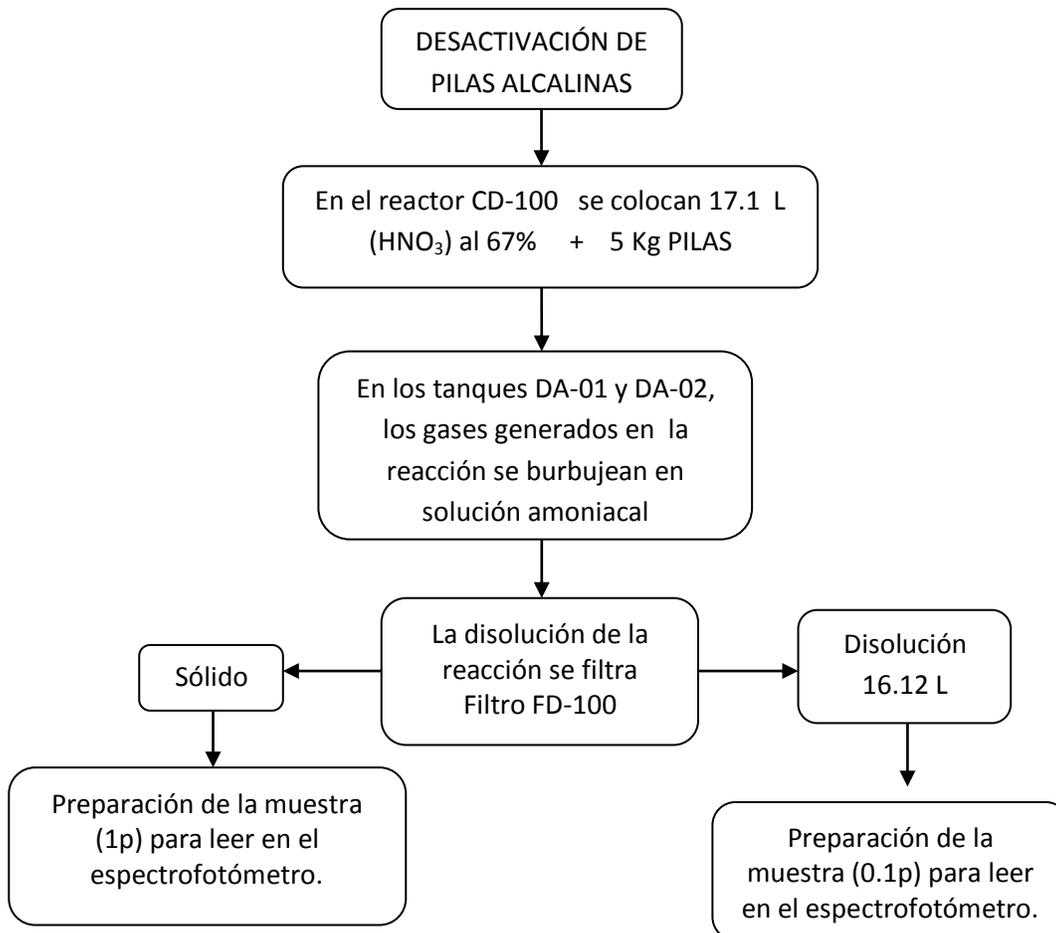


Fig (2.b) METODOLOGIA PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS PARA LEERLAS EN EL ESPECTOFOTÓMETRO DE PLANTA PILOTO



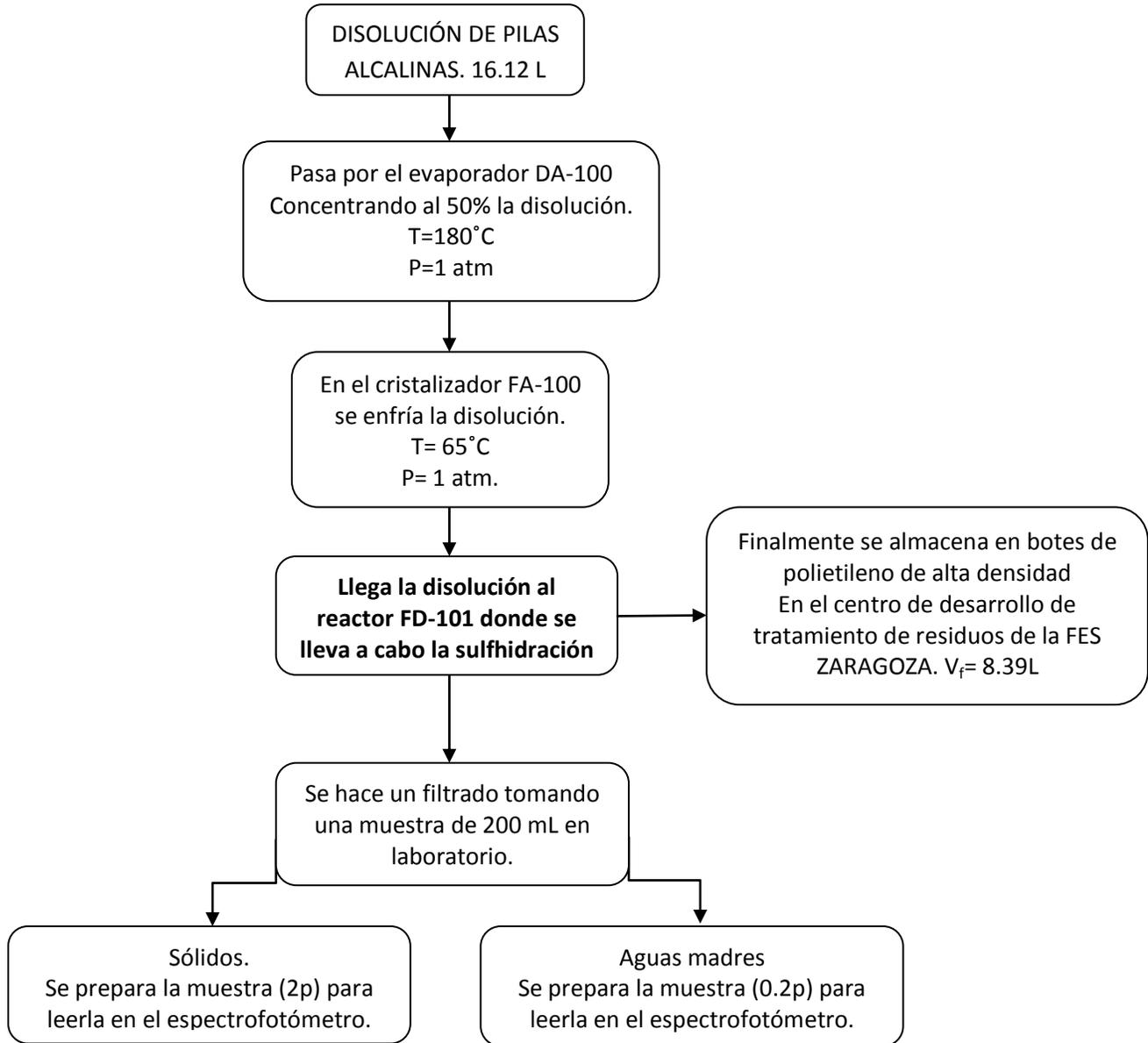


**DIAGRAMA DE BLOQUES (2.3) PARA DESACTIVAR LAS PILAS ALCALINAS EN PLANTA PILOTO**





## DIAGRAMA DE BLOQUES (2.4), MÉTODO PARA ESTABILIZAR LOS METALES DE LA DISOLUCIÓN OBTENIDA EN EL PROCESO DE DESACTIVACION DE PILAS ALCALINAS EN PLANTA PILOTO.



### 3.2.2 MATERIAL.

- 2 Vasos de precipitados de 1000 mL
- 2 Vasos precipitados de 100mL
- 5 Erlenmeyer de 50 mL
- 2 Erlenmeyer de 500mL
- 20 pipetas graduadas de 2 mL



- 5 pipetas graduadas de 5 mL
- 2 probetas graduadas de 100 y 10 mL
- 1 porta material
- 1 tina de plástico de 10L
- 1 Embudo de separación 50 mL
- 3 Buretas de 100 y 50 mL
- 3 embudos de cristal grandes.
- 2 vidrios de reloj
- 2 espátulas
- 20 matraces aforados de 50mL
- 4 matraces aforados de 100 mL
- 1 matraz aforado de 500mL
- 4 pliegos de papel filtro poro fino
- Papel filtro Watman No. 42
- Papel pH
- 4 Capsulas de porcelana grandes
- 1 Balanza Granataria Triple Beam Balance.OHAUS 2610g No. Serie 6108
- 1 Balanza Granataria OKEN No. Inventario 206268 B-IQ-010
- 1 Balanza digital analítica SCIENTECH SA310 E-IQ-001
- 4 Matraz kitazato de 500mL
- 2 Pizetas 500mL
- 1 Parrilla eléctrica
- 1 termómetro inversión térmica de -10 a 150°C
- 1 soporte universal con pinzas de nuez
- 2 perillas
- 2 pedazos de tela de franela para limpiar preferentemente de 1m cada una.
- 20 frascos de Polietileno nuevos de 50 mL
- Zacate
- Atomizador
- Espectrofotómetro de Absorción Atómica (VARIAN 1475)

### 3.2.2.1 MATERIAL PARA PROTECCIÓN PERSONAL

- Guantes de Neopreno y Látex
- Bata de laboratorio
- Lentes protección
- Zapato cerrado
- Mascarilla de gases



## 3.2.2.2 REACTIVOS

- Ácido Nítrico
- Agua desionizada
- Jabón Extrán Merck libre de fosfatos.
- Ácido Clorhídrico
- Pirita
- Cloruro de Amonio
- Hidróxido de Amonio
- Sulfuro de Amonio
- Agua destilada

*Ver propiedades físico químicas y riesgos de cada elemento en hojas de seguridad en DEL ANEXO B.*

## **CAPITULO III**

# **INGENIERIA BÁSICA PLANTA PILOTO**

## 3.1 DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS PRUEBAS Y ADAPTACIONES.

### 3.1.1 MEZCLADORA

(Clave (CD-100) Ubicación en el DFP, DTI)

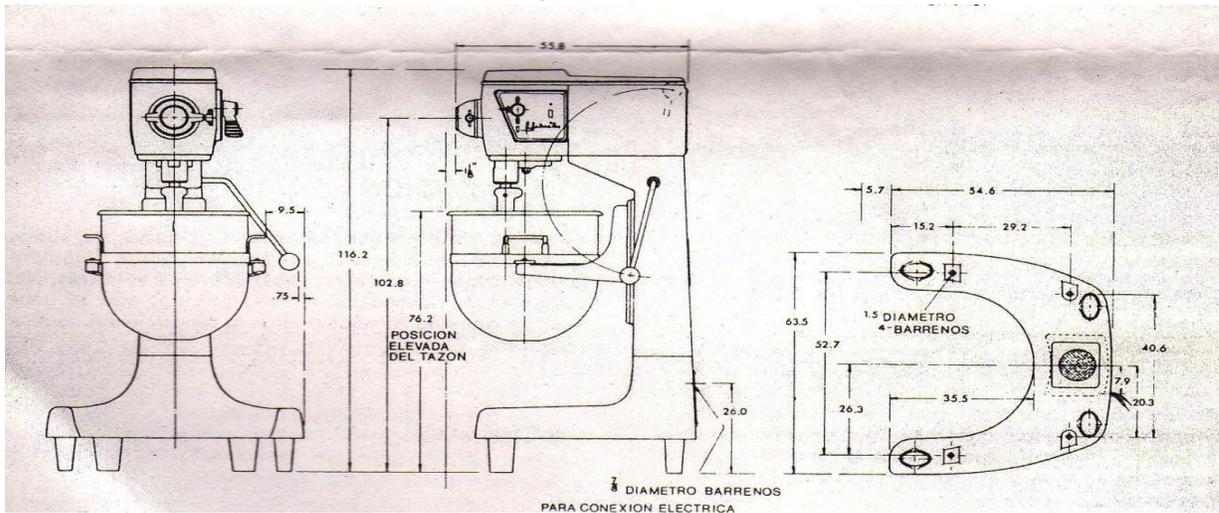
Manufacturera CENTURY de México, S.A. de C.V.

M. Gutiérrez Nájera No. 60

Col. Obrera 06800 México, D.F.

Tels. 5785649 y 5786021

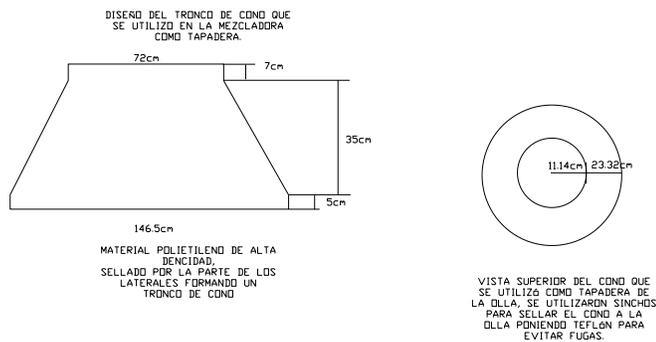
Fig.3.1 Mezcladora,



La cual se encuentra localizada cerca de la entrada de planta piloto, se utiliza como reactor el cual se lleva a cabo la desintegración de la pila con ácido nítrico, este equipo cuenta con conexión de vapor, luz eléctrica, y agitación. (Ver fotos 1, 2,3 DEL ANEXO A)

### 3.1.2 DISEÑO DE LA TAPA

Fig. 3.2 Tapa de la mezcladora



### 3.1.3 PRUEBAS Y ADAPTACIONES REALIZADAS:

A este equipo se le hicieron pruebas de velocidad de paleta con 5 kilos de pila y 27 litros de agua, para verificar si podríamos trabajar sin inconvenientes con el material a utilizar, se dejó por una semana la olla de la mezcladora con ácido nítrico, para ver la corrosión, lo cual no se observó ningún cambio en el recipiente (olla), pasado el tiempo mencionado, se tuvo que adaptar el vapor ya que la tubería se estaba cambiando y se realizó una adaptación desde otra línea, la válvula de flujo de vapor se abrió para limpiarla y acomodarla ya que se presentaba una fuga, se le adaptó una tapón de plástico improvisado para evitar que el contenido que se tenía en el recipiente (olla) se fugara de igual forma evitar que cuando se llevara a cabo la reacción generando bióxido de carbono y dióxido de nitrógeno, los cuales son peligroso para la salud, se le colocó una manguera por la parte superior de la olla para retirar los gases adaptando dos garrafones con hidróxido de amonio para capturar dióxido de nitrógeno y bióxido de carbono.

### 3.2 EVAPORADOR.

(Clave (DA-100) Ubicación en el DFP, DTI)

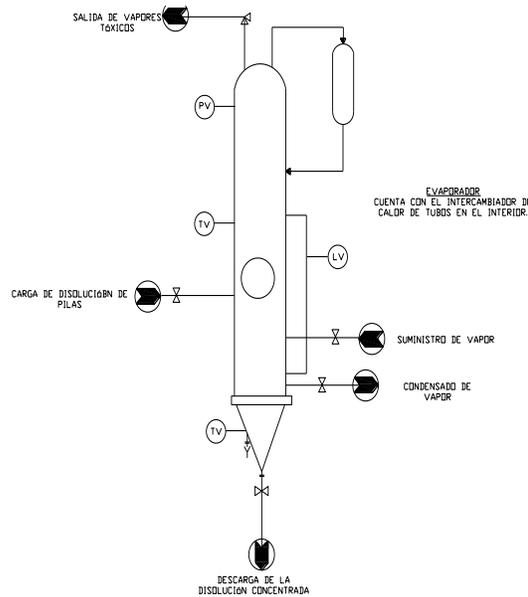


Fig. 3.3 Evaporador

En este equipo se lleva a cabo una concentración de la solución a un 50% existen algunos elementos que se pueden perder en este paso del proceso. Está ubicado en la parte derecha en el primer nivel de la planta.



### 3.2.1 PRUEBAS Y ADAPTACIONES REALIZADAS

Este equipo fue al que más adaptaciones se realizaron, ya que se encontraba totalmente fuera de servicio y no se lograba reconocer como conectar las líneas, por lo que se llevaron a cabo muchos movimientos para saber cómo funcionaba, se le adaptó una línea de vapor, una de condensados de vapor, así también se lo colocó una placa de acero inoxidable en el visor, se adaptó la conexión de gases que se generan al concentrar la solución al condensador, se alineó el reflujo, se compraron algunas piezas que le hacía falta como lo son: el tubo medidor de nivel, una tuerca, juntas de teflón. Otros accesorios fueron adquiridos de la bodega de planta como lo son: reducciones, tubería para las conexiones a los equipos, un termómetro, dos válvulas una de globo, una válvula de compuerta esta utilizada en la entrada del vapor hacia el evaporador y la de globo se colocó en la línea de vapor para abrir y cerrar el flujo de el vapor.

Las pruebas realizadas fueron: Identificación de líneas de entradas y salidas del evaporador, vapor, presión, temperatura, fugas, nivel y corrosión los cuales se repitieron en varias ocasiones para mover líneas, tener menos fugas, verificar si los termómetros y barómetros tenían algún problema para medir lo que se tiene dentro del evaporador, el volumen óptimo del evaporador para trabajar sin ninguna dificultad tomando en cuenta la solución que se trabajaría. (Ver fotos 4,5 DEL ANEXO A)

### FOAM CLEANER EVAPORADORES

Fabricante:

Administración y Desarrollo de Energía, S. A..Ruiz Cortines No. 340 Pte. Col. Mitras Centro C.P. 64460 Monterrey, Nuevo León. México.

N.L. Tel. (01 81) 8044-0322, 8346-8016 Fax 8333-2856 info@adesamex.com.mx

En caso de emergencia comunicarse: SETIQ, Tels: 01-800-00-214-00 o 01-555-915-88 DF o con los fabricantes.

### DATOS DE LA SUSTANCIA QUIMICA

Nombre comercial: FOAM CLEANER EVAPORADORES

Clave: ADFCE

### IDENTIFICACION DE LA SUSTANCIA QUÍMICA

Ingredientes Peligrosos	No. CAS	LMPE mg/m <sup>3</sup>	LPE	IPVS	Grado de riesgo
		ppt	ct		S I R
Acido Nítrico	-----	NE	NE	-- NE	4 0 2



Oxido de Nitrógeno	-----	1	3	1	NE	4	0	2
--------------------	-------	---	---	---	----	---	---	---

LMPE- Límite permitido de exposición laboral, PPT- ponderado en el tiempo (TLV-TWA),  
 CT-corto tiempo (TLV-STEL)

LPE- Limite de exposición permitido en el aire (OSHA/PEL)

IPVS-Inmediatamente peligroso para la vida y la salud (IDLH).

### Características.

- Rendimiento nominal es de 10.70 L/s
- Intercambiador de calor interno en forma de tubo,
- Sistema de reflujo
- Válvulas de compuerta en cargas y descargas de flujos (vapor y líquido a concentrar.)
- Medidor de nivel visual
- Control del proceso con termómetros y barómetros en el tanque entradas y salidas.
- Conexión de recuperación de vapor hacia el condensador 3' (tipo rosca)
- Conexión a cristalizador 3' (tipo rosca) controlada con una válvula de compuerta.
- Visores para el monitoreo visual en campo.

### Ventajas

- Pueden concentrarse pequeñas cantidades de productos líquidos
- Fácil manejo de control, limpieza y mantenimiento.
- La pequeña cantidad de producto a concentrar usada minimiza la eliminación de residuos

### 3.2.2 DESCRIPCIÓN DEL EVAPORADOR

El evaporador, con un tubo en el interior, es una réplica de las unidades industriales que a menudo contienen decenas de tubos más largos. Los componentes del proceso industrial han sido reducidos a escala: el tanque de alimentación.

El sistema está separado por un bastidor de acero inoxidable, y para su operación requiere únicamente una conexión al servicio de vapor, y al producto a concentrar (*Ver Hoja de datos pág. 53*)

## 3.3 CRISTALIZADOR

(Clave (FA-100) Ubicación en el DFP, DTI)

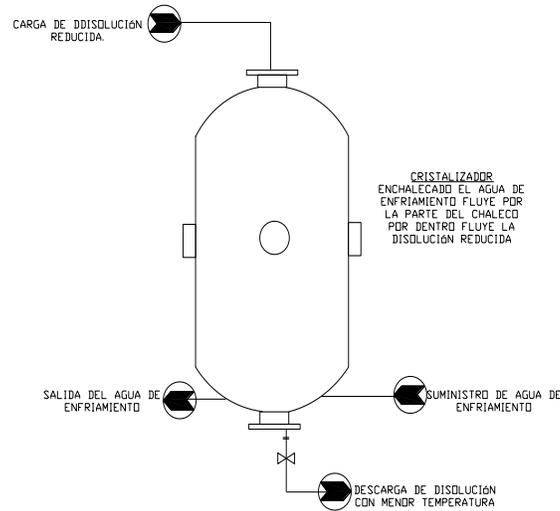


Fig.3.4 Cristalizador

En este equipo la solución se enfría, (*Ver Hoja de datos Pag.54*). En la parte interna del equipo cuenta con un plato que sirve como filtro para separar sólidos y algunos cristales que se formaron. : (*Ver fotos 4,5 DEL ANEXO A*)

### 3.3.1 PRUEBAS Y ADAPTACIONES REALIZADAS:

Las adaptaciones que se llevaron acabo a este equipo fueron:

- a) Conexión del agua de enfriamiento.
  - b) La salida de la solución al siguiente equipo.
- Las pruebas que se le realizo al equipo, fueron de temperatura y fugas.

## 3.4 CONDENSADOR. (Clave (EA-100) Ubicación en el DFP, DTI)

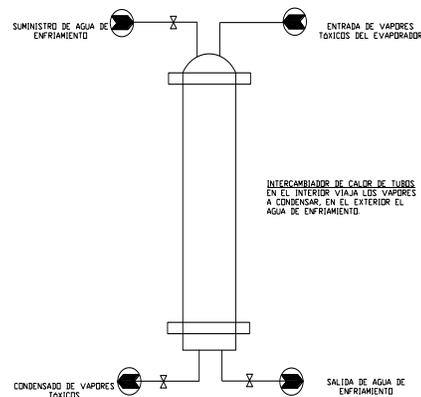


Fig. 3.5 Condensador

En este equipo los vapores y gases que libera el evaporador se condensan, por medio de intercambio de calor con agua de enfriamiento. El condensador es de tubos por lo que por la parte de adentro fluyen los vapores y gases, por la parte del cuerpo del condensador fluye el agua de enfriamiento. (Ver Hoja de datos pag.52).

3.4.1 PRUEBAS Y ADAPTACIONES REALIZADAS: (Ver fotos 4,5 DEL ANEXO A)  
Conexión al agua de enfriamiento y al drenaje de la planta.

Pruebas que se realizaron:

- a) fugas.
- b) cambio de temperatura

## 3.5 REACTOR SULFIHIDRADOR

(Clave (CD-101) Ubicación en el DFP, DTI)

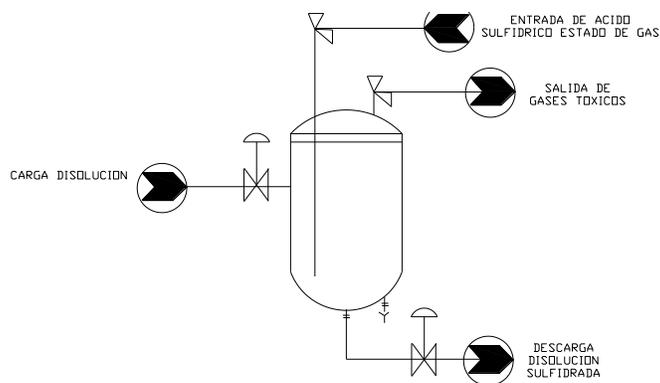


Fig. 3.6 Reactor sulfhidrador

3.5.1 SERVICIO: Hacer pasar una corriente de hidróxido de sulfuro en estado gaseoso. Esto con el fin de estabilizar los metales que se encuentren en la disolución y hacer precipitar en mayor cantidad.

### 3.5.2 LAS ADAPTACIONES.

Tubo de acero inoxidable a 15 cm antes de llegar a la superficie del reactor para que por ese se pueda burbujear el gas diámetro 5/8 in.

Pruebas: solamente de posibles fugas. (Ver fotos 4,5 DEL ANEXO A)

## 3.6 BOTE DE ALMACENAMIENTO

Material: Polietileno alta densidad

Volumen: 120 L

Presión de operación: 1 atm.

Temperatura de operación: min 40°C máx. 100°C

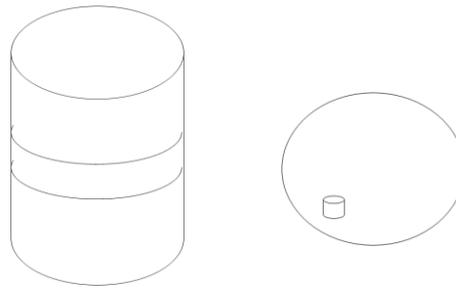


Fig.3.7 Tanque de almacenamiento

En este equipo la solución ya filtrada llega y se almacena.

Adaptador de línea de alimentación y descarga, tiene un venteo para la salida de gases como son: dióxido de nitrógeno, bióxido de carbono, entre otros.





**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**  
**INGENIERIA QUÍMICA**  
**HOJA DE DATOS EVAPORADOR**



SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES		TRABAJO NO.	1	REVISION	1
		PAGINA	/	CONTRATO NO.	/
		FECHA	05-nov-2010	INFORME No.	1
		PROPUESTA No.	1	HOJA No.	/
Fabricante	FOAM CLEANER EVAPORADORES	Intercambio de calor KJ/Kg K	400		
Modelo No.		Rango de transferencia W/M <sup>2</sup> k	/		
Cliente	FES ZARAGOZA. INGENIERIA QUÍMICA.	Area de transferencia de calor m <sup>2</sup>	/		
Localización en Planta	SI	Diametro interno m	/		
Servicio	EVAPORAR AGUA+ ACIDO NITRICO	Material del equipo	ACERO INOXIDABLE		

DATOS DE OPERACIÓN

LADO FLUJO CALIENTE

Nombre del fluid	VAPOR Y ASIDO NITRICO		Dentro	Fuera
Flujo Volumetrico m <sup>3</sup> /s	/	Temperatura °C	130	25
Punto de rocío del vapor a condensar	/	Relacion de flujo total	/	/
Presion de entrada permisible calculada, KPa	/	No condensables Kg/s	/	/
Velocidad permisible calculada m/s	/	Peso molecular del vapor a condensar g/mol	65	65
Resistencia de encrustamiento en el interior, m <sup>2</sup> K/W	/	Densidad del vapor a condensar Kg/m <sup>3</sup>	/	/
Tipo de intercambiador de calor.	TUBOS.	Viscosidad del vapor a condensar mPa*s	/	/

LADO FLUJO FRIO

Nombre del fluid	AGUA DE ENFRIAMIENTO		Entrada	Salida
Gasto de agua de enfriamiento kg/s	/	Temperatura °C	22	24
Velocidad permisible calculada m/s	/	Relacion de flujo total	/	/
Resistencia de encrustamiento en el interior, m <sup>2</sup> K/W		Presión atm.	1	1
ΔH = KJ	8.2636	Nivel de Toxicidad	0	0

DATOS DE DISEÑO DEL EQUIPO

CONECCION DE LINEAS			EQUIPO DE CONTROL (SI / NO)		
DESCRIPCION	DIAMETRO	TIPO	MEDIDORES	ENTRADA	SALIDA
Alimentacion	1/2 in	ROSCA	Temperatura	NO	NO
Descarga	1/2 in	ROSCA	Presión	NO	NO
Vapor	1/2 in	ROSCA	Nivel	NO	NO
Condensados	1/2 in	ROSCA	Alarmas	NO	NO

Descripción del equipo:
EL EVAPORADOR ESTA CON UN RENDIMIENTO DEL 75%



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**  
**INGENIERIA QUÍMICA**  
**HOJA DE DATOS CRISTALIZADOR**



SISTEMA DE UNIDADES		TRABAJO NO.	1	REVISION	1
		PAGINA	/	CONTRATO I	/
		FECHA	10 NOV.2010	INFORME No	1
		PROPUESTA No.	/	HOJA No.	/
Fabricante	FOAM CLEANER EVAPORADORES	Intercambio de calor Kw	/		
Modelo No.	/	Rango de transefencia W/M <sup>2</sup> k	/		
Cliente	FES ZARAGOZA . INGENIERIA QUIMICA.	Area de transferencia de calor	15079,68		
Localización en Planta	FES ZARAGOZA.	Diametro interno m	/		
Servicio	CRISTALIZADOR	Material del equipo	ACERO INOXIDABLE		

**LADO FLUJO CALIENTE**

Nombre del flt	DISOLUCION		Dentro	Fuera
Flujo Volumetrico L/s	54	Temperatura de Cristalización °C	40	AMBIENTE
Punto de ebullición del fluido °C	120	Relacion de flujo total	/	/
Presion de entrada permisible calculada, KPa	/	No condensables Kg/s	/	/
Velocidad permisible calculada m/s	/	Peso molecular del fluido	/	/
Resistencia de encrustamiento en el interior, m <sup>2</sup> K/W	/	Densidad del fluido Kg/m <sup>3</sup>	CONSULTAR BLANCE DE MASA	
Tipo de arregl CHALECO		Viscosidad del fluido	CONSULTAR BLANCE DE MASA	

**LADO FLUJO FRIO**

Nombre del flt	AGUA DE ENFRIAMIENTO		Entrada	Salida
Gasto de agua de enfriamiento kg/s	/	Temperatura °C	22	63
Velocidad permisible calculada m/s	/	Relación de flujo total	/	/
Resistencia de encrustamiento en el interior, m <sup>3</sup> K/W		Presión ATM.	1	1
ΔH = KJ	171,43	Nivel de Toxidad	4	4

**DATOS DE DISEÑO DEL EQUIPO**

CONECCION DE LINEAS			EQUIPO DE CONTROL (SI / NO)		
DESCRIPCION	DIAMETRO	TIPO	MEDIDORES	ENTRADA	SALIDA
Alimentacion	1/2 in	ROSCA	Temperatura	NO	NO
Descarga	1/2 in	ROSCA	Presión	NO	NO
Agua enfriamiento	1/2 in	ROSCA	Nivel	NO	NO
Salida agua enfria.	1/2 in	ROSCA	Alarmas	NO	NO

Descripción del equipo:
MATERIAL ACERO INOXIDABLE , TIENE 4 PATAS PARA APOYO EN PISO.



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**  
**INGENIERIA QUÍMICA**  
**HOJA DE DATOS FILTRO**



Equipo No. <u>2</u>	Documento No. <u>/</u>	Rev. <u>/</u>
---------------------	------------------------	---------------

Clave No.: <u>FD-100</u>	Localización /Módulo: <u>PLANTA PILOTØ</u>
Sistema: <u>FILTRADO</u>	Proveedor: <u>NINGUNO</u>
Tamaño y Tipo: <u>120litros</u>	Cantidad requerida: <u>1</u>
Modelo: <u>/</u>	No. de Cotización: <u>1</u>
No. De Serie: <u>/</u>	No. de Orden de compra: <u>1</u>
Fabricante: <u>/</u>	No. de Proyecto: <u>1</u>

<b>1 Datos Técnicos:</b>			
2 Flujo de aire nominal dedescarga 1m <sup>3</sup> /h	m <sup>3</sup> /s		
3 Eficiencia de separación	%		NO
4 Número de pasos			"
5 Velocidad frontal	m/s		"
6 Caída de presión	Pa		"
7 Dimensión de ducto Ancho	mm	espesor 0.2mm	
8 Dimensión de filtro Alto	mm	75mm	
9 Longitud de la Unidad	mm	1.25m	
10 Salida del drenaje	Izq / Der	inferior	
11 Diámetro nominal de drenaje	mm	1	
12 Malla de Mampara	Si/No	si	
13 Dispositivos de elevación	Si/No	no	
14 Peso de la Unidad	kg	27	
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
<b>22 Materiales:</b>			
23 Cubierta: inoxidable	Material	acero inoxidable	
24	Espesor	mm	
25 Hojas: 1	Material	acero inoxidable	
26	Espesor	mm	0.2
27 Sección de brida de rosca		mm	0.2
28 Barrenado/Sin barrenar	no aplica	si / no	
29 Malla de mampara:	Material		
30	Tamaño de malla	mm	
31 Drenaje:	Material	acero inoxidable	
32	Diámetro	mm	1.25
33 Diámetro poro			0.5mm
34 Espesor			0.2mm
35			
36 Notas: LOS DATOS SON TOMADO DIRECTAMENTE DE LAS ESPECIFICACIONES			
37 QUE REQUERIMOS.			
38			
39			
40			
41			
42			



Anexo  Hoja de datos.

HOJA DE DATOS					
BOMBAS CENTRIFUGAS					
PROYECTO No. <u>1</u>	PARTIDA No. <u>1</u>	REQ. / ESPEC. No. <u>1</u>	ORD. DE COMPRA No. <u>1</u>	FECHA _____	
REQUISICION No. <u>1</u>	PCR <u>FES-Z</u>	REVISION <u>1</u>	FECHA _____	HOJA <u>1</u> DE <u>5</u>	

APLICABLE A: <input type="radio"/> PROPUESTA <input checked="" type="radio"/> COMPRA <input type="radio"/> COMO SE CONSTRUYO	
PLANTA PILOTO <u>FES-ZARAGOZA</u>	CLAVE DE UNIDAD: <u>GA-100</u>
LOCALIZACION <u>FES-ZARAGOZA</u>	SERVICIO <u>BOMBEO</u>
No. REQ. <u>1</u> TAMAÑO _____	TIPO <u>CENTRIFUGA</u> No. ETAPAS _____
PROVEEDOR _____	MODELO <u>3152MECW</u> No. DE SERIE _____
NOTA: <input type="radio"/> INDICA INFORMACION POR PEMEX <input checked="" type="radio"/> POR PROVEEDOR <input type="radio"/> POR PROVEEDOR O PEMEX	
<b>GENERAL</b>	
OP. DE BOMBAS EN (PARALELO) <u>/</u>	NO. DE MOTORES <u>1</u>
(SERIE) CON <u>X</u>	PARA BOMBAS No. <u>X</u>
No. DE ENGRANES <u>X</u>	No. PARTIDA MOTOR <u>X</u>
ENGRANES SUM. POR <u>X</u>	MOTOR SUM. POR <u>X</u>
ENGRANES MONTADOS POR <u>X</u>	MOTOR MONTADO POR <u>X</u>
H. D. ENGRANES No. <u>X</u>	H. D. MOTOR No. <u>720 XZ 720</u>
NO. DE TURBINAS <u>1</u>	PARA BOMBAS No. <u>X</u>
	No. PARTIDA TURBINA <u>X</u>
	TURBINA SUM. POR <u>X</u>
	TURBINA MONTADA POR <u>X</u>
	H. D. TURBINA No. <u>X</u>
<b>CONDICIONES DE OPERACION</b>	<b>DATOS DE UBICACION Y SERVICIOS (CONT.)</b>
<input type="radio"/> FLUJO NORMAL <u>1</u> (m <sup>3</sup> /h) NOMINAL <u>1</u> (m <sup>3</sup> /h) <input type="radio"/> OTRA <u>NO</u> <input type="radio"/> PRESION SUCCION MAX./NOM. <u>1/2</u> (KPa) <input type="radio"/> PRESION DESCARGA <u>1.2 6 1.5</u> (KPa) <input type="radio"/> PRESION DIFERENCIAL <u>0.2</u> (KPa) <input type="radio"/> CARGA DIF. _____ (m) NPSHA <u>1</u> (m) <input type="radio"/> VARIACIONES DE PROC. _____ <input type="radio"/> COND. DE ARRANQUE _____ <input type="radio"/> SERVICIO <input type="radio"/> CONTINUO <input type="radio"/> INTERMITENTE (ARRANQUE/DIA. <u>1</u> ) <input type="radio"/> REQ. OPERACION EN PARALELO <u>SI</u>	FUENTE AGUA <u>NINGUNO</u> CONC. CLORUROS (PPM) <u>X</u> AIRE INSTR. PRESION MAX./MIN. <u>X / X</u> (KPa) <b>LIQUIDO</b> <input type="radio"/> TIPO/NOMBRE <u>ACIDO NITRICO</u> <input type="radio"/> TEMP. DE BOMBEO: NORMAL <u>90</u> (°C) MAX. <u>130</u> (°C) MIN. <u>80</u> (°C) <input type="radio"/> PRESION DE VAPOR <u>1</u> (Kpa abs.) @ <u>130</u> (°C) <input type="radio"/> DENSIDAD REL. (GRAV. ESPECIF.): NORMAL <u>1.5 J/mol</u> MIN. _____ <input type="radio"/> CALOR ESPEC. Cp _____ (KJ/kg °C) <input type="radio"/> VISCOSIDAD _____ (Cp) @ _____ (°C) <input type="radio"/> VISCOSIDAD MAX. _____ (Cp) <input type="radio"/> AGENTE CORROSIVO/EROSIVO _____ <input type="radio"/> CONC. CLORUROS (ppm) <u>NO</u> <input type="radio"/> CONC. H <sub>2</sub> S (ppm) _____ TIPO DE LIQUIDO <input checked="" type="radio"/> PELIGROSO <input type="radio"/> INFLAMABLE <input type="radio"/> OTRO _____
<b>DATOS DE UBIC. Y SERVICIOS</b>	<b>COMPORTAMIENTO</b>
<b>LOCALIZACION:</b> <input checked="" type="radio"/> INTERIOR <input type="radio"/> TROPICAL <input type="radio"/> BAJO TECHO <input type="radio"/> INTEMPERIE <input type="radio"/> AMBIENTE MARINO <input type="radio"/> SECO <input type="radio"/> MEZZANINE <input type="radio"/> _____ <input type="radio"/> CLASIF. AREA ELEC. _____ CLASE _____ GRUPO _____ DIVISION <u>/</u> <input type="radio"/> REQ. PROT. AMB. <input type="radio"/> REQ. TROPICALIZACION _____	No. CURVA PROPUESTA _____ <input type="checkbox"/> RPM _____ <input type="checkbox"/> DIAM. NOM. IMPULSOR _____ MAX. _____ MIN. _____ (mm) <input type="checkbox"/> POTENCIA NOM. _____ (BHP) EFICIENCIA _____ (%) <input type="checkbox"/> FLUJO MIN. CONTINUO: TERMICO _____ (m <sup>3</sup> /h) ESTABLE _____ (m <sup>3</sup> /h) <input type="checkbox"/> REGION DE OP. PREFERENTE _____ A _____ (m <sup>3</sup> /h) <input type="checkbox"/> REGION DE OP. PERMISIBLE _____ A _____ (m <sup>3</sup> /h) <input type="checkbox"/> CARGA MAX @ IMPULSOR NOMINAL _____ (m) <input type="checkbox"/> POT. MAX @ IMPULSOR NOMINAL _____ (KW) <input type="checkbox"/> NPSH REQ. A CAP. NOMINAL _____ (m) <input type="checkbox"/> VEL. ESPECIFICA SUCCION _____ <input type="radio"/> NIVEL RUIDO MAX. REQUERIDO _____ (dBA) <input type="checkbox"/> NIVEL RUIDO MAX. ESTABLE _____ (dBA) OBSERVACIONES: _____
<b>DATOS DEL SITIO</b> <input type="radio"/> ALTITUD _____ (m) BAROMETRICA _____ (KPa abs.) <input type="radio"/> RANGO TEMP. AMB. MIN/MAX <u>22 / 35</u> (°C) <input type="radio"/> HUMEDAD REL.: MIN/MAX _____ (%) COND. INUSUALES <input type="radio"/> POLVO <input type="radio"/> VAPORES <input type="radio"/> OTRO _____ <b>CONDICIONES DE LOS SERVICIOS:</b> VAPOR: ACCIONADORES CALENTADORES MIN <u>1</u> (KPa) <u>NO</u> (°C) <u>NO</u> (KPa) <u>NO</u> (°C) MAX <u>1.5</u> (KPa) <u>NO</u> (°C) <u>NO</u> (KPa) <u>NO</u> (°C) ELECTRICIDAD: ACCIONADOR CALENTADOR CONTROL PARO VOLTAJE _____ HERTZ _____ FASE _____ AGUA ENFRIAMIENTO: TEMP. ENTRADA <u>90</u> (°C) MAX. RETORNO <u>120</u> (°C) PRESION NORMAL <u>1</u> (KPa) DISEÑO <u>/</u> (KPa) MIN. RETORNO <u>1</u> (KPa) ΔP MAX. PERM. <u>1.5</u> (KPa)	



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO**  
**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA**  
**INGENIERIA QUÍMICA**  
**HOJA DE DATOS VALVULAS**



Datos de trabajo				
<b>PLANTA PILOTO FES - ZARAGOZA</b>				
Lugar de control				
Tarea de medición y control				
Tubería	DN <b>FLUJO</b>	PN		
Material de la tubería	<b>0.5in</b>		<b>1Kg!Cm</b>	
Medio del proceso	<b>ACERO INOXIDABLE</b>			
Tipo del medi.	<input checked="" type="checkbox"/> Líquido	<input type="checkbox"/> Vapor	<input type="checkbox"/> Gas	
	Minimo	Estándar	Máximo	Unidad
Velocidad de caudal (Q, QN, W) <sup>1)</sup>				
Temperatura en entrada de válvula T1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>2</b>
Presión absoluta en entrada de válvula P1		<b>1</b>	<b>1.5</b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
Presión absoluta en salida de válvula P2	<b>1</b>			<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
Presión de vapor Pv	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Viscosidad cinemática (n)	<input checked="" type="checkbox"/>	mm <sup>2</sup> /s o cSt		
Viscosidad dinámica (h) <b>0.746</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	mPa.s o cP		
Densidad estándar	<input checked="" type="checkbox"/>	kg/m <sup>3</sup>		
Máximo nivel de ruido aceptado	<input checked="" type="checkbox"/>	dB (A)		
<small><sup>1)</sup> Unidad estándar: Líquido Q = m<sup>3</sup>/h; Vapor W = kg/h; Gas QN = Nm<sup>3</sup>/h</small>				
Características de la válvula				
Tipo de válvula de control	<input type="checkbox"/> Globo	<input type="checkbox"/> Asiento inc.	<input type="checkbox"/> Membrana	<input type="checkbox"/> Bola
	<input checked="" type="checkbox"/> Mariposa			
Material del cuerpo	<input checked="" type="checkbox"/> Acero inoxidable	<input type="checkbox"/> PVC	<input type="checkbox"/> PP	<input type="checkbox"/> PTFE
	<input type="checkbox"/> Otro			
Pulido de la superficie <sup>2)</sup>	<input checked="" type="checkbox"/> X	interno	<input checked="" type="checkbox"/> X	externo
Material estanq. asiento	<input checked="" type="checkbox"/> Metal	<input type="checkbox"/> PTFE	<input type="checkbox"/> EPDM <sup>3)</sup>	<input type="checkbox"/> FPM <sup>3)</sup>
Presión nominal	PN <b>1.2</b> atm			
Diámetro nominal	DN <b>1/2</b>			
Tipo de conexión	<input type="checkbox"/> Bridas	<input type="checkbox"/> Encolar	<input type="checkbox"/> Soldada	<input checked="" type="checkbox"/> Rosca int.
	<input type="checkbox"/> Rosca ext. <input type="checkbox"/> Tri-Clamp <sup>4)</sup>			
Conexión estándar	<input checked="" type="checkbox"/> ISO	<input type="checkbox"/> DIN	<input type="checkbox"/> ANSI	<input type="checkbox"/> JIS
	<input type="checkbox"/> Otra			
Función	<input checked="" type="checkbox"/> NC	<input type="checkbox"/> NA	<input type="checkbox"/> Doble efecto	
Presión de pilotaje	<input checked="" type="checkbox"/> X	<input checked="" type="checkbox"/> X	min.	<input checked="" type="checkbox"/> X
	max.			
<small><sup>2)</sup> Sólo válvula de membrana</small>				
Posicionador / Controlador				
<b>ninguno</b>				
<input type="checkbox"/> Tipo 1067 - 3 hilos	<input type="checkbox"/> Tipo 8630 - 3 hilos	<input type="checkbox"/> Tipo 8635 - 2 hilos		
<input type="checkbox"/> Versión compacta <input type="checkbox"/> Versión remota		<input type="checkbox"/> Estándar	<input type="checkbox"/> EEia	
Alimentación 24 VCC	Alimentación 24 VCC	Alimentación 24 VCC vía punto de consigna o BUS		
Comunicación	Comunicación	Comunicación		
Valor de consigna/señal analógica de salida	Valor de consigna/señal analógica de salida o vía BUS	Valor de consigna/señal analógica de salida o vía BUS		
	<input type="checkbox"/> Profibus DP	<input type="checkbox"/> Profibus PA		
	<input type="checkbox"/> Device Net	<input type="checkbox"/> Hart		
<input type="checkbox"/> Versión de posicionador	<input type="checkbox"/> Versión de posicionador	<input type="checkbox"/> Versión de posicionador		
Entrada 0/4 - 20 mA / 0-10 V	Entrada 0/4-20 mA / 0-5/10 V	Entrada 4 - 20 mA		
Salida <input type="checkbox"/> 4 - 20 mA	Salida <input type="checkbox"/> 4 - 20 mA	Salida <input type="checkbox"/> 4 - 20 mA		
o también	y/o	y/o		
<input type="checkbox"/> Binaria	<input type="checkbox"/> Binaria	<input type="checkbox"/> Binaria		
<input type="checkbox"/> Versión controlador PID <sup>5)</sup>	<input type="checkbox"/> Versión controlador PID <sup>5)</sup>	<input type="checkbox"/> Versión controlador PID <sup>5)</sup>		
Señal de medición de entrada 4-20 mA	Señal de medición de entrada 4 - 20 mA / Pt100 / Frecuencia	Señal de medición de entrada 4 - 20 mA / Pt100 / Frecuencia		
<small><sup>5)</sup> Mismo punto de consigna para las señales de entrada y de salida que la versión para posicionador</small>				
No olvide indicar los datos siguientes				
Empresa	Persona de contacto			
Nº de cliente	Departamento			
Dirección	Tel./Fax			
Código postal/Población	E-mail			



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA  
INGENIERIA QUÍMICA**



HOJA DE DATOS DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL VAPOR			TURBINA DE VAPOR PARA SERVICIO ESPECIAL		
N Proyecto: I			Lugar: FES ZARAGOZA		
Planta/Área: PILOTO			Clave: X X		
Tipo de Obra: Nueva (X)			Ampliación: (X)		
Es responsabilidad del proveedor o contratista verificar estas condiciones de acuerdo al equipo seleccionado					
Características del vapor: (XX) $kPa (kg/cm^2)$			Condiciones de suministro del vapor de (XX) $kPa (kg/cm^2)$		
Capacidad Alimentación de vapor de (XX) $kPa (kg/cm^2)$			Presión $kPa (kg/cm^2)$ Temperatura °C		
Máximo	1.5	kg/h	Máximo	1.5	120
Normal	1	kg/h	Normal		
Mínimo		kg/h	Mínimo	1	120
Vapor de (XX) $kPa (kg/cm^2)$ de extracción atemperado			Condiciones del suministro de agua de atemperación para el vapor de descarga		
Máximo	2	kg/h	Máximo	2	120
Normal	1.5	kg/h	Normal		
Mínimo		kg/h	Mínimo	1	120
NOTAS:					
ES EL VAPOR QUE SE NECESITA PARA CADA EQUIPO.					
Elaboró	ALUNMAS	Revisó:	ING. LOYO	Aprobó:	ING. LOYO
				Fecha:	'8-11-10
(XX) Características del vapor para el proyecto $kPa (kg/cm^2)$					



### 3.8 MANUAL DE OPERACIÓN DEL EQUIPO EN PLANTA PILOTO

Personal Activo

Técnico de Planta

Ingeniero de Turno

Personal de ayuda especialistas (Bomberos, Eléctricos, Jefes de Área, Ambulancia etc.)

Procedimiento

Ingeniero en Turno es la persona que debe tener conocimiento total de este documento

- Ingeniero, identificar a todo su personal asesorándose que porta su equipo de ayuda y de protección personal.
- Identificar y verificar que las válvulas estén cerradas totalmente.
- Identificar y Activar los interruptores de suministro eléctrico
- Identificar el servicio de vapor
- Identificar el servicio de agua de enfriamiento.
- Identificar el interruptor de energía de cada motor de los diferentes equipos.
- Identificar la carga.
- Personal activo y técnico debe estar atento de las indicaciones de el Ingeniero en turno
- Identificar y verificar que los tambos del agua amoniacal estén cargados con el líquido.
- Cargar la mezcladora con pilas.
- Suministrar el  $\text{NHO}_3$  a la misma.
- Una vez la carga dentro activar el botón de suministro eléctrico de la mezcladora para activar la paleta que el nivel de revoluciones mínimo.
- Abrir la válvula completamente para el suministro de vapor.



- Para descargar la mezcladora se tienen listos dos recipientes de acero inoxidable disponibles con volumen suficiente cada uno, para recuperar la descarga, la conexión es una manguera de polietileno de alta densidad,  $\frac{1}{2}$ ', ubicada en la parte inferior de la mezcladora, para manipular cuenta con una válvula.
- Una vez ya recuperada la carga en los recipientes se procede a ubicar el evaporador y llevar la disolución.
- Encender el interruptor de energía eléctrica del motor de la bomba y cargar el evaporador la conexión de la carga es por medio de tubería de acero inoxidable  $\frac{1}{2}$  in. que tiene conexión con la bomba y al evaporador para su carga, cuenta también con una válvula de compuerta ubicada en la entrada de la carga del mismo equipo.
- Una vez ya cargando el evaporador se abrirá la válvula de vapor totalmente para el suministro de vapor, la válvula de descarga del evaporador se abre a la mitad.

Después de dar tiempo que suba el nivel del evaporador, (no perder de vista el nivel de carga del equipo).

- Se abren válvulas de vapores y de agua de enfriamiento del condensador totalmente abierto para que los vapores que son expulsados del evaporador condensen en este equipo, cuidando también el indicador de nivel. (este tardará mucho ya que el condensador es muy grande para lo que se esta condensando se puede decir que esta sobre diseñado).
- Empezando a cargar cristalizador por medio de gravedad, llega la disolución con una temperatura elevada, se abre totalmente la válvula de globo del suministro de agua de enfriamiento para llevar a cabo el enfriamiento de la disolución, cuidando el nivel por medio de los diferentes visores con los que cuenta este equipo.
- Una vez teniendo indicado la mitad de este equipo se abre la válvula de compuerta a la mitad para la descarga, pasando por un tanque adaptado como filtro donde se separarán sólidos del líquido para su almacenamiento.
- El filtro no cuenta con ninguna válvula ya que se maneja desde el cristalizador, todas las conexiones son con manguera de polietileno de alta densidad para la descarga de estos equipos.



- Para su almacenamiento se cuenta con tambos de Polietileno de alta densidad. de 120 L
- Se almacena en el Centro de desarrollo de proceso Ubicado en la FES Zaragoza.

### 3.9 MANUAL DE PARO Y MANTENIMIENTO DEL EQUIPO EN PLANTA PILOTO.

Personal Activo

Técnico de Planta

Ingeniero de Turno

Personal de ayuda especialistas (Bomberos, Eléctricos, Jefes de Área)

Procedimiento

Ingeniero en Turno es la persona que debe tener conocimiento total de este documento

- Personal activo y técnico debe estar atento de las indicaciones del Ingeniero en turno.
- Ingeniero, identificar a todo su personal asesorándose que porta su equipo de ayuda y de protección personal.
- Identificar el servicio de vapor y cerrar válvula de suministro.
- Identificar el servicio de agua de enfriamiento y cerrar válvula de suministro.
- Identificar el interruptor general de energía de motores de los equipos.
- No cargar la mezcladora.
- Abrir completamente válvula de descarga de la mezcladora.
- Apagar el interruptor de suministro de energía eléctrica del motor de la paleta de la mezcladora.
- Apagar el interruptor de suministro de energía eléctrica del motor de la bomba.
- Abrir completamente la válvula de descarga del evaporador dejando pasar todo el flujo que se tiene.
- Abrir completamente la válvula de descarga del cristalizador.
- Almacenar el producto en contenedores de polietileno de alta densidad para su recuperación y almacenarlos en el centro de proceso y desarrollo de la FES ZARAGOZA.



Para el mantenimiento de estos se debe:

- revisar mangueras
- identificar fugas
- la limpieza del equipo se hace simplemente con agua y un cepillo
- si existen algunos residuos sólidos retenidos en el evaporador o en alguna manguera se puede retirar con la mano usando guantes de neopreno.

#### EQUIPO DE AYUDA

- Llave Perico
- Teflón
- Desarmador
- Pinzas de presión

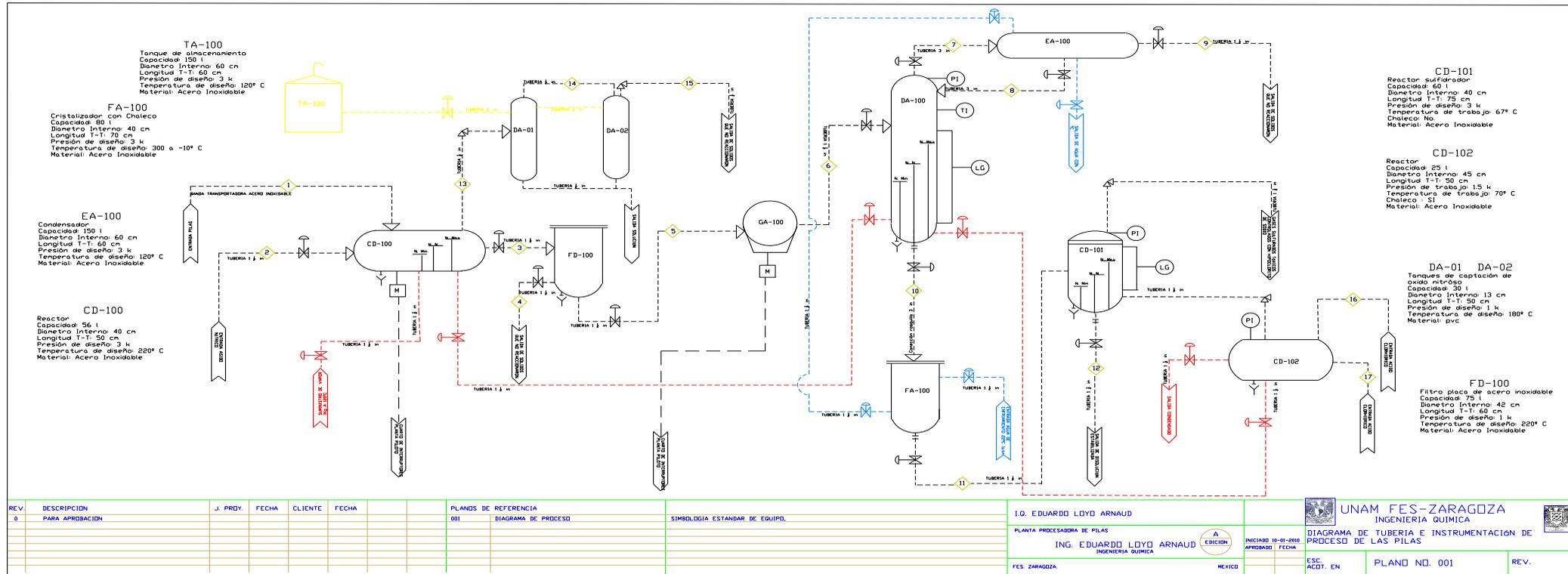
#### EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

- Guantes de asbesto
- Bata de laboratorio
- Zapatos cerrados
- Mascarilla con filtro fino para vapores tóxicos.
- Lentes de protección.
- Casco.



# DIAGRAMA DE TUBERÍA E INSTRUMENTACIÓN

## 3.11 DIAGRAMA DE TUBERIA E INSTRUMENTACION (DTI) (Ver Balance de energía por equipo y costos de servicios tabla 6)



**CAPITULO IV**  
**RESULTADOS**

## 4.1 CALCULOS

### CRITERIOS DE DISEÑO

#### 4.1.1 BALANCE DE ENERGÍA DE LA REACCIÓN.

Los metales alcalinos son altamente solubles, por lo que en el ácido nítrico, se observa que se genera una reacción es exotérmica.

La cantidad de energía liberada por la reacción, los metales se encuentran en un estado de movimiento constante y continuos cambios. (Ver cap.II Desactivación de Pilas. Pág.33)

El calor de formación para los diferentes metales y O<sub>2</sub> es cero este último se toma del aire.<sup>[11]</sup>



Tabla 5. Balance de energía por componente y por producto en la reacción.

COMPONENTE	$\Delta\text{Hf Kcal/mol}$	PRODUCTO	$\Delta\text{Hf Kcal}$
<b>NO<sub>2</sub></b>	7,96	<b>3Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>+2NO<sub>2</sub> + 4H<sub>2</sub>O</b>	-284,4074
<b>Ca (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	-224,05	<b>3Cd (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>+ 2NO<sub>2</sub> + 4H<sub>2</sub>O</b>	-86227,71017
<b>Cd (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	-115,67	<b>3Fe (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>+ 2NO<sub>2</sub> + 4H<sub>2</sub>O</b>	-68342,63082
<b>Fe (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	-118,9	<b>K NO<sub>3</sub>+ 2NO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O</b>	-12435,96567
<b>K NO<sub>3</sub></b>	-118,08	<b>Li NO<sub>3</sub>+ 2NO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O</b>	-8450,288381
<b>Li NO<sub>3</sub></b>	-115,35	<b>3Mn (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>+ 2NO<sub>2</sub> + 4H<sub>2</sub>O</b>	-76608,86712
<b>Mn (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	-134,9	<b>3Ni (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>+ 2NO<sub>2</sub> + 4H<sub>2</sub>O</b>	-59825,70144
<b>Ni (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	-101,5	<b>3Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>+ 2NO<sub>2</sub> + 4H<sub>2</sub>O</b>	-110386,6907
<b>Pb (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	-106,88	<b><math>\Delta\text{Hf total} = \text{Kcal}</math></b>	<b>-422277,8543</b>
		<b><math>\Delta\text{Hf total} = \text{KJ}</math></b>	<b>-1767992,92</b>



## 4.1.2 BALANCE DE ENERGÍA DE EQUIPOS (DTI pág64.)

Tabla 6. CALCULO ENTALPIA DE CADA EQUIPO POR USO DE SERVICIO DE ENFRIAMIENTO O VAPOR.

$\Delta H = C_p \Delta T$				CAPACIDAD CALORIFICA DE CADA SERVICIO.	
EQUIPO	T1	T2	$\Delta H = \text{KJ/Kg}$		$\text{KJ/Kg}$
CD-100	96	111,372	31,97376	VAPOR 100°C 1,5 Kg/cm <sup>2</sup>	2,08
DA-100	92	111,372	40,29376	Agua Enfriamiento 25°C 1 atm.	4,1813
EA-100	22	24	8,3626		
FA-100	22	63	171,4333		
CD-101	22	70	99,84		

ESTIMACIÓN DE COSTOS DE LOS SERVICIOS POR UNA HORA. (Servicios utilizados para el DTI pág. 64).

Tabla 7. CALCULO DE COSTO DE ELECTRICIDAD.

Costo de 1 Kw/h = \$1.17 pesos.

EQUIPO	Hp	Kw/h	\$ por Kw/h
2 BOMBAS	3	2,3095	2,702
MOTOR MEZCLADORA	0,25	0,193	0,22581

Tabla 8. CALCULO DE COSTO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO

Costo de 1L de agua tratada en el D.F = \$ 0.85 pesos.

EQUIPO	CONSUMO EN LITROS HORA	COSTO DEL AGUA pesos.
CONDENSADOR	600	510
CRISTALIZADOR.	1500	1275

Tabla 9. CALCULO DE COSTO PARA GENERAR VAPOR

EQUIPO	CONSUMO VAPOR K/h	\$ COSTO pesos
MEZCLADORA	3600	3060
EVAPORADOR	3600	3060

Costo de 1L de agua tratada en el D.F. = \$ 0.85 pesos

Costo de 1L de gas natural= \$ 9.17 pesos

TOTAL GASTO HORA=\$ 7 600 Pesos aproximadamente, incluyendo la mano de obra de dos personas.



## BALANCE DE MASA POR COMPONENTE Y ENERGÍA



4.2 Tabla10. BALANCE DE MASA Y ENERGÍA.

BALANCE DE MASA POR COMPONENTE												
No. DE CORRIENTE	1	2	3	4	5	6	10	11	12	16	17	
<b>COMPONENTE</b>												
<b>PILAS</b>	5000	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
<b>Cu</b>	233,717	/	233,717	233,717	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Fe</b>	405,863	/	363,707	363,707	0	0	42,155	42,155	42,155	0	0	
<b>K</b>	907,844	/	907,725	907,725	0	0	0,119	0,119	0,119	0	0	
<b>Ni</b>	337,838	/	337,838	337,838	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Pb</b>	69,823	/	69,823	69,823	0	0	0	0	0	0	0	
<b>Zn</b>	341,202	/	306,440	306,346	0,094	0,094	34,762	34,762	34,762			
<b>SOLIDOS O PRECIPITADO. (g)</b>	2703,714	/	2703,714	2219,157	/	/	/	/	77,036	0	0	
<b>ÁCIDO NITRICO HNO3 (L)</b>	0	17,1	17,1	/	16,12	16,12	/	/	/	/	/	
<b>PIRITA (g)</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3000	0	
<b>ÁCIDO CLORHIDRICO (L)</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	
<b>VAPORES Y GASES TÓXICOS</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
<b>TOTAL EN (L)</b>	/	17,1	17,1	/	16,12	16,12	8,59	8,59	8,59	/	10	
<b>Total gramos</b>	5000	0	2703,714	4922,870	9,36E-02	9,36E-02	77,036	77,036	77,036	3000	0	
<b>DENSIDAD (K/m³)</b>	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	/	/	
<b>Presión (mmHg)</b>	585	585	585	585	585	585	585	585	585	585	585	
<b>Temperatura (°C)</b>	22	22	80	80	80	80	130	97	97	22	22	



## 4.3 MANEJO DE RESULTADOS DE ABSORCIÓN ATÓMICA DE FLAMA PARA IDENTIFICACIÓN DE METALES.

### 4.3.1 MEMORIA DE CÁLCULO.

Una vez estructuradas las curvas de calibración se utiliza la ecuación lineal para ajustar las concentraciones de las muestras preparadas del método de desactivación de las pilas y marcha de cationes.

$$y = m x + b \quad \text{Ec. 7}$$

Calculada la concentración corregida, se calcula el factor de dilución, factor de concentración, dilución de masa y dilución de volumen.

$$\text{FACTOR DE DILUCION (FD)} = \frac{\text{VOLUMEN DEL AFORO}}{\text{VOLUMEN DE LA ALICUOTA A AFORAR.}} \quad \text{Ec.8}$$

$$\text{FACTOR DE CONCENTRACIÓN (FC)} = \frac{\text{VOLUMEN INICIAL DE LA MUESTRA}}{\text{VOLUMEN FINAL DE LA MUESTRA CONCENTRADA}} \quad \text{Ec. 9}$$

Calcular la concentración real para los precipitados.

$$\text{CR} = (\text{CC} \times \text{DM}) \times \text{FD} \quad \text{Ec.10}$$

Concentración real para aguas madres.

$$\text{CR (mg/kg)} = \text{Concentración corregida (ppm)} \times \text{FD} \times \text{FC}$$

$$\text{CR} = (\text{CC} \times \text{FD}) \times \text{FC}$$

$$\text{DILUCIÓN DE MASA (DM)} = \frac{\text{VOLUMEN DEL AFORO}}{\text{g DE MUESTRA.}} \quad \text{Ec.11}$$

$$\text{DILUCIÓN DE VOLUMEN (DV)} = \frac{\text{AFORO}}{\text{ALICUOTA}} \quad \text{Ec.12}$$



Las tablas muestran las condiciones de trabajo y los parámetros utilizados para la identificación de los metales en el equipo de absorción atómica, los datos son utilizados para las diferentes muestras de laboratorio y de planta piloto.

Tabla. 11a). Condiciones de Trabajo

CONDICIONES DE TRABAJO
1) $\lambda$ longitud de onda (nm)
2) Corriente de la lámpara (mA)
3) Ancho de banda espectral (nm)
4) Gas o combustible

Condiciones importantes a manejar en el equipo y su simbología.

Tabla 11 b) Condiciones de Trabajo

TABLA DE CONDICIONES DE TRABAJO											
ELEMENTOS	Ca	Cd	Cu	Fe	K	Li	Mn	Ni	Pb	Zn	
PARAMETROS											
1	422,7	228,8	324,8	248,3	766,5	670,8	285,2	232	217	213,9	
2	4	6	6	10	/	/	10	10	6	6	
3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	
4	Aire	Acetileno									

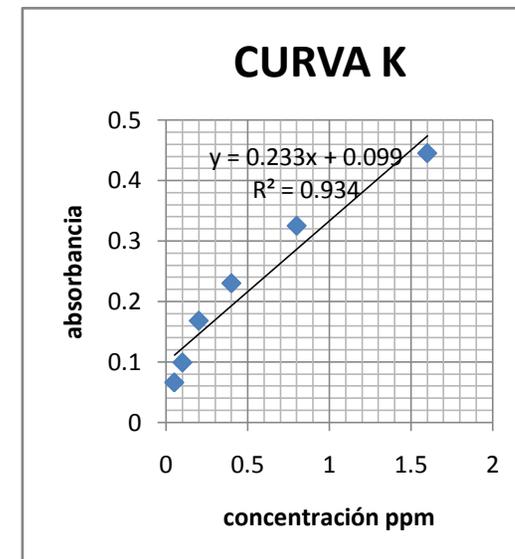
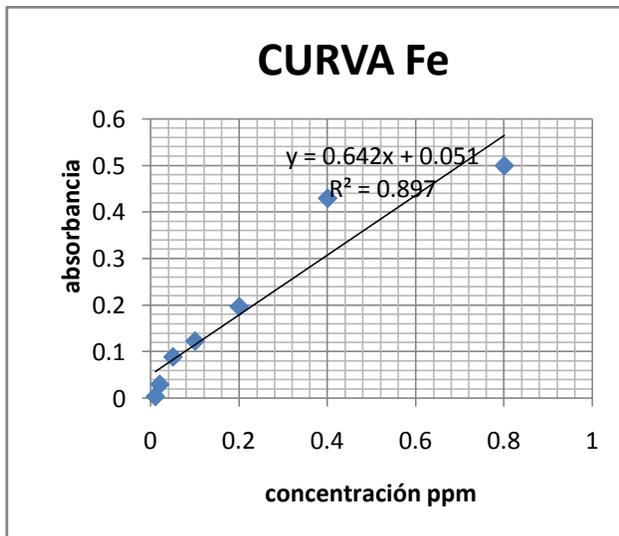
La tabla de condiciones son los parámetros a los cuales el equipo está trabajando, por ejemplo, el (Li) trabaja con una longitud de onda de 670.8 nm, una corriente de lámpara de 10 mA., el ancho de banda espectral es de 0.5 nm y utiliza gas acetileno para hacer la flama.

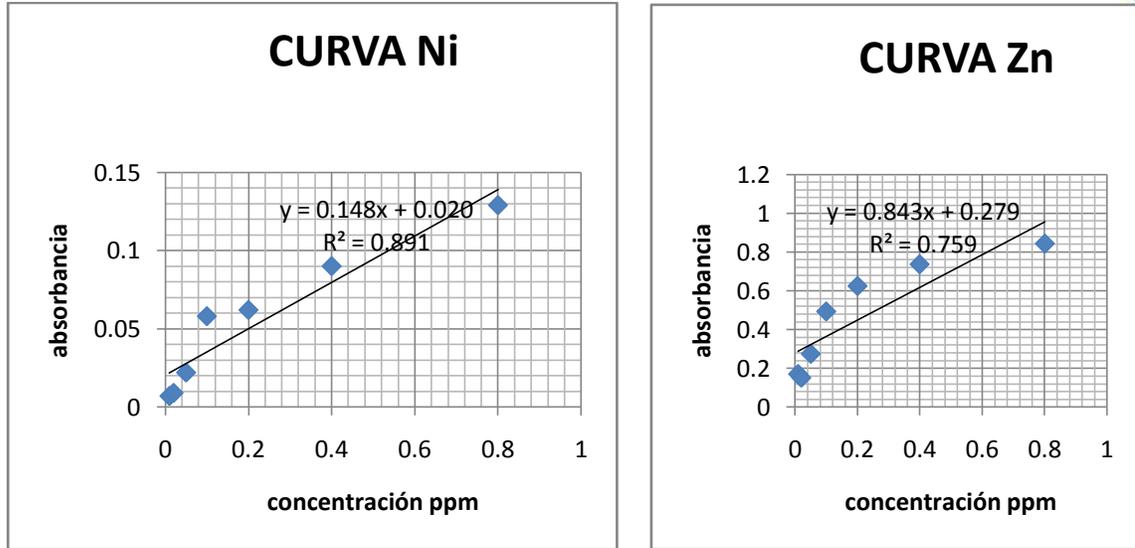
4.3.2 Tabla 12. DATOS PARA FORMAR LAS CURVAS DE CALIBRACIÓN, (MUESTRAS PATRÓN).

ELEMENTO	Ca	Cd	Cu	Fe	K	Li	Mn	Ni	Pb	Zn
<b>CONC ppm.</b>	ABSORBANCIA REFLEJADA EN EL ESPECTROFOTÓMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA DE FLAMA (CURVA DE CALIBRACIÓN.)									
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,01	0,137	0,054	0,043	0,004	0	0	0,174	0,007	0,018	0,170
0,02	0,204	0,068	0,095	0,030	0	0	0,479	0,009	0,025	0,151
0,05	0,284	0,293	0,138	0,089	0,066	0,221	0,607	0,022	0,044	0,273
0,1	0,513	0,305	0,292	0,123	0,099	0,334	0,779	0,058	0,072	0,492
0,2	0,833	0,444	0,583	0,197	0,168	0,484	0,956	0,062	0,188	0,625
0,4	1,216	0,589	0,978	0,430	0,23	0,706	1,109	0,090	0,331	0,736
0,8	0	0,741	1,425	0,500	0,325	0,900	1,230	0,129	0,588	0,843
1,6	0	0	0	0	0,445	0	0	0	0	0

Las muestras patrón forman las curvas de calibración, estas se utilizan como parámetro para calcular la concentración de los metales que se encuentran en las muestras que se preparan en el experimento de laboratorio y planta piloto, las muestras patrón se preparan a diferentes concentraciones, estas se leen en el espectrofotómetro y se obtiene la absorbancia, con estos datos se realizan las curvas de calibración.

4.3.3 Fig. 4.1 CURVAS DE CALIBRACION DE ALGUNOS METALES





4.3.4 Tabla 13. CURVAS PATRÓN PARA CUANTIFICAR LOS METALES EN LAS MUESTRAS DE LABORATORIO Y PLANTA PILOTO. (Regresión lineal)

ECUACIONES DE LAS TRAYECTORIAS LINEALES PARA CADA METAL						
<b>Ca</b>	y=	2,774	x +	0,17	R²=	0,971 r = 0,985
<b>Cd</b>	y=	0,808	x +	0,173	R²=	0,829 r = 0,910
<b>Cu</b>	y=	1,781	x +	0,105	R²=	0,961 r = 0,980
<b>Fe</b>	y=	0,642	x +	0,051	R²=	0,897 r = 0,947
<b>K</b>	y=	0,233	x +	0,099	R²=	0,934 r = 0,966
<b>Li</b>	y=	0,87	x +	0,259	R²=	0,926 r = 0,962
<b>Mn</b>	y=	1,076	x +	0,519	R²=	0,695 r = 0,834
<b>Ni</b>	y=	0,148	x +	0,02	R²=	0,891 r = 0,944
<b>Pb</b>	y=	0,734	x +	0,015	R²=	0,993 r = 0,996
<b>Zn</b>	y=	0,843	x +	0,279	R²=	0,759 r = 0,871

Esta fórmula se obtiene una vez ya graficados los resultados de las muestras patrón, se utiliza para calcular la concentración de los diferentes metales de las muestras de laboratorio y de planta piloto.



# RESULTADOS



## 4.3.5 RESULTADOS DE ABSORCIÓN ATÓMICA, DATOS DE LABORATORIO Y PLANTA PILOTO

4.3.5.1 Tabla 14. ABSORBANCIA ATÓMICA POR FLAMA REFLEJADA EN EL ESPECTROFOTÓMETRO MUESTRAS DE LABORATORIO.

λ LONGITUD DE ONDA (nm)	422,7	228,8	324,8	248,3	766,5	670,8	285,2	232	217	213,9
ELEMENTO	Ca	Cd	Cu	Fe	K	Li	Mn	Ni	Pb	Zn
No.MUESTRAS ABSORCION ATÓMICA POR FLAMA REFLEJADA EN EL ESPECTROFOTÓMETRO MUESTRAS DEL LABORATORIO.										
<b>AGUAS MADRES</b>										
0,1	ND	ND	0,032	0,034	0,004	ND	ND	ND	ND	0,086
0,2	ND	ND	ND	0,030	0,517	ND	0,169	0,017	ND	0,910
0,3	0,023	ND	0,848	0,009	0,509	ND	0,255	0,004	ND	0,112
0,4	ND	ND	0,009	0,110	0,475	ND	0,021	ND	ND	0,696
<b>PRESIPITADOS</b>										
1	0,01	ND	1,700	0,956	0,946	0,012	0,522	0,208	0,140	1,312
2	0,016	ND	0,025	0,510	0,052	ND	ND	0,015	ND	0,776
3	ND	ND	0,007	0,012	0,072	ND	ND	ND	ND	0,458
4	0,020	ND	0,046	0,009	0,109	ND	0,212	0,010	ND	0,670

4.3.5.2 Tabla 15. ABSORBANCIA ATÓMICA POR FLAMA REFLEJADA EN EL ESPECTROFOTÓMETRO MUESTRAS DE PLANTA PILOTO.

λ LONGITUD DE ONDA (nm)	422,7	228,8	324,8	248,3	766,5	670,8	285,2	232	217	213,9
ELEMENTO	Ca	Cd	Cu	Fe	K	Li	Mn	Ni	Pb	Zn
No.MUESTRAS ABSORCION ATÓMICA REFLEJADA EN EL ESPECTROFOTÓMETRO MUESTRAS DE LA CORRIDA EN PLANTA PILOTO										
<b>AGUAS MADRES</b>										
0,1 <sub>(p)</sub>	ND	ND	0,040	0,044	0,006	ND	ND	0,001	ND	0,910
0,2 <sub>(p)</sub>	ND	ND	ND	0,030	0,517	ND	0,171	0,017	ND	0,087
<b>PRECIPITADOS</b>										
1 <sub>(p)</sub>	0,044	ND	3.540	1.97	1.890	0.09	0,690	0,440	0,220	2.624
2 <sub>(p)</sub>	0,016	ND	0,025	0,510	0,070	ND	ND	0,015	ND	0,776

Datos de la lectura del espectrofotómetro (muestras del experimento en laboratorio y planta piloto<sub>[las muestras realizadas en la planta están indicadas por la letra "p"]</sub>): El número de muestras que se prepararon de la desactivación de pilas y de la marcha de cationes fueron 8, las muestras que están enumeradas con (0.1, 0.2, 0.3, 0.4) son las muestras preparadas de las aguas madres y los de precipitados son los números enteros, se lee la absorbancia de cada muestra para los diferentes metales, las muestras de la desactivación de pilas son (0.1, 1)



## RESULTADOS



4.3.6 Tabla 16. CONCENTRACIONES CORREGIDAS MUESTRAS DEL EXPERIMENTO DE LABORATORIO (ppm)

ELEMENTO	Ca	Cd	Cu	Fe	K	Li	Mn	Ni	Pb	Zn
<b>AGUAS MADRES. CONCENTRACIONES CORREGIDAS (ppm)</b>										
0,1	ND	ND	-0,041	-0,026	-0,408	ND	ND	ND	ND	-0,229
0,2	ND	ND	ND	-0,033	1,794	ND	-0,325	-0,020	ND	0,749
0,3	-0,053	ND	0,417	-0,065	1,760	ND	-0,245	-0,108	ND	-0,198
0,4	ND	ND	-0,054	0,092	1,614	ND	-0,463	ND	ND	0,495
<b>PRECIPITADOS</b>										
1	-0,119	ND	0,837	1,330	3,210	-0,582	-0,480	1,135	0,150	0,894
2	-0,056	ND	-0,045	0,715	-0,202	ND	ND	-0,034		0,590
3	ND	ND	-0,055	-0,061	-0,116	ND	ND	ND	ND	0,212
4	-0,054	ND	-0,033	-0,065	0,043	ND	-0,285	-0,068	ND	0,464

4.3.7 Tabla 17. CONCENTRACIONES CORREGIDAS MUESTRAS TOMADAS DE PLANTA PILOTO (ppm)

ELEMENTO	Ca	Cd	Cu	Fe	K	Li	Mn	Ni	Pb	Zn
<b>No.MUESTRAS CONCENTRACIONES CORREGIDAS EN (ppm)</b>										
<b>AGUAS MADRES</b>										
0,1 <sub>(p)</sub>	ND	ND	-0,036	-0,011	-0,399	ND	ND	-0,128	ND	0,749
0,2 <sub>(p)</sub>	ND	ND	ND	-0,033	1,794	ND	-0,323	-0,020	ND	-0,228
<b>PRECIPITADOS</b>										
1 <sub>(p)</sub>	-0,107	ND	1,870	2,910	7,262	-0,492	-0,323	2,703	0,559	2,451
2 <sub>(p)</sub>	-0,056	ND	-0,045	0,715	-0,124	ND	ND	-0,034	ND	0,590

Utilizando la ecuación lineal de las curvas de calibración, se calcula la concentración corregida de los metales que se encuentran disueltos en las muestras, (concentraciones corregidas del experimento de laboratorio) en partes por millón. Las muestras marcadas con la letra "p"



# RESULTADOS



4.3.8 Tabla 18. CALULO DE LOS FACTORES DE DILUCIÓN, CONCENTRACIÓN, DILUCIÓN DE MASA Y VOLUMEN EN LABORATORIO. (Ecuaciones pág. 70)

LÍQUIDO		
MUESTRA 0,1	FD=	1,5673
MUESTRA 0,2	FD=	2,7467
	FC=	0,595
MUESTRA 0,3	FD=	1,06
MUESTRA 0,4	FD=	1,4634

SOLIDO			LÍQUIDO		
MUESTRA 1	Dm=	1000	MUESTRA 0,1		
	Dv=	25		Dv=	25
MUESTRA 2	Dm=	472,58	MUESTRA 0,2		
	Dv=	25		Dv=	25
MUESTRA 3	Dm=	100	MUESTRA 0,3		
	Dv=	25		Dv=	25
MUESTRA 4	Dm=	100	MUESTRA 0,4		
	Dv=	25		Dv=	25

Tabla 19. FACTORES DE DILUCIÓN, CONCENTRACIÓN, DILUCIÓN DE MASA Y VOLUMEN EN PLANTA PILOTO.

LÍQUIDO		
MUESTRA 0,1	FD=	0
MUESTRA 0,2	FD=	0
	FC=	0,530

SOLIDO		LÍQUIDO	
MUESTRA 1	Dm= 1000	MUESTRA 0,1	
	Dv= 25		Dv= 25
MUESTRA 2	Dm= 471,7	MUESTRA 0,2	FC= 0,53
	Dv= 25		Dv= 25

En esta parte de cálculo se toma con detalle cómo se realiza el experimento.



# RESULTADOS



4.4 Tabla 20. **CONCENTRACION REAL DE METALES OBTENIDOS POR ABSORCIÓN ATÓMICA DE FLAMA DEL EXPERIMENTO EN LABORATORIO (ppm)**

ELEMENTO	Ca	Cd	Cu	Fe	K	Li	Mn	Ni	Pb	Zn
<b>AGUAS MADRES.</b>	CONCENTRACIÓN DE METALES TOTALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA DE FLAMA OBTENIDA (ppm)									
0,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
0,2	ND	ND	ND	ND	73,297	ND	ND	ND	ND	30,582
0,3	ND	ND	11,055	ND	46,631	ND	ND	ND	ND	ND
0,4	ND	ND	ND	3,362	59,038	ND	ND	ND	ND	18,097
<b>PRECIPITADOS</b>										
1	ND	ND	20915,216	33255,452	80257,511	ND	ND	28378,378	3746,594	22360,617
2	ND	ND	ND	8446,815	ND	ND	ND	ND	ND	6965,370
3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	530,842
4	ND	ND	ND	ND	107,296	ND	ND	ND	ND	1159,549

4.5 Tabla 21. **CONCENTRACION REAL DE METALES OBTENIDOS POR ABSORCIÓN ATÓMICA DE FLAMA MUESTRAS TOMADAS DE PLANTA PILOTO (ppm)**

ELEMENTO	Ca	Cd	Cu	Fe	K	Li	Mn	Ni	Pb	Zn
<b>No. MUESTRAS AGUAS MADRES</b>	CONCENTRACIÓN REAL DE METALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA DE FLAMA OBTENIDA EN (ppm), MUESTRAS PLANTA PILOTO									
0,1(p)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	18,713
0,2(p)	ND	ND	ND	ND	23,770	ND	ND	ND	ND	ND
<b>PRECIPITADOS</b>										
1(p)	ND	ND	46743,403	72741,433	181545,064	ND	ND	67567,568	13964,578	61269,276
2(p)	ND	ND	ND	8431,086	ND	ND	ND	ND	ND	6952,399

Se utilizan las ecuaciones para calcular la concentración real de los precipitados y aguas madres, en esta parte del cálculo se puede observar que, en la desactivación de pilas, en los precipitados se retira la mayor cantidad de metales que se cuantificaron en el trabajo. (Las muestras marcadas con la letra "P" pertenecen a las realizadas en la planta piloto)



# RESULTADOS



4.6 Tabla.22 **CONCENTRACIÓN DE METALES TOTALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA DE FLAMA EN 98.0043 g DE PILAS. (EXPERIMENTO EN LABORATORIO)**

ELEMENTO	Ca	Cd	Cu	Fe	K	Li	Mn	Ni	Pb	Zn
<b>AGUAS MADRES.</b>	CONCENTRACIÓN DE METALES TOTALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA DE FLAMA OBTENIDA EN 98,0043 GRAMOS DE PILAS.									
0,1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
0,2	ND	ND	ND	ND	7,18E-03	ND	ND	ND	ND	3,00E-03
0,3	ND	ND	1,08E-03	ND	4,57E-03	ND	ND	ND	ND	ND
0,4	ND	ND	ND	3,30E-04	5,79E-03	ND	ND	ND	ND	1,77E-03
<b>PRECIPITADOS</b>										
1	ND	ND	2,05E+00	3,26E+00	7,87E+00	ND	ND	2,78E+00	3,67E-01	2,19E+00
2	ND	ND	ND	8,28E-01	ND	ND	ND	ND	ND	6,83E-01
3	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	5,20E-02
4	ND	ND	ND	ND	1,05E-02	ND	ND	ND	ND	1,14E-01
<b>TOTAL X ELEMENTO.</b>	0	0	2,051	4,087	7,894	0	0	2,781	0,367	3,045
<b>% POR ELEMENTO.</b>	0	0	10,1	20,2	39,0	0	0	13,8	1,8	15,1

4.7 Tabla 23. **CONCENTRACIÓN DE METALES TOTALES POR ABSORCIÓN ATÓMICA DE FLAMA EN 5000 g DE PILAS. (MUESTRAS OBTENIDAS EN PLANTA PILOTO)**

ELEMENTO	Ca	Cd	Cu	Fe	K	Li	Mn	Ni	Pb	Zn
<b>No.MUESTRAS</b>	CONCENTRACIÓN TOTAL POR METAL CONTENIDA EN 5000 GRAMOS DE PILAS.									
<b>AGUAS MADRES</b>										
0,1 <sub>(p)</sub>	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0,094
0,2 <sub>(p)</sub>	ND	ND	ND	ND	0,119	ND	ND	ND	ND	ND
<b>PRECIPITADOS</b>										
1 <sub>(p)</sub>	ND	ND	233,717	363,707	907,725	ND	ND	337,838	69,823	306,346
2 <sub>(p)</sub>	ND	ND	ND	42,155	ND	ND	ND	ND	ND	34,762
<b>TOTAL X ELEMENTO.</b>	0	0	233,717	405,863	907,844	0	0	337,838	69,823	341,202
<b>% POR ELEMENTO</b>	0	0	10,2	17,7	39,5	0	0	14,7	3,0	14,9

ppm a g, multiplicando por los 98.0043g de pilas que se utilizaron en el experimento en laboratorio o las 5000g de pilas utilizadas en la planta piloto.



## 4.8 CONCLUSIONES.

- Los metales que están en mayor cantidad en las pilas alcalinas son el Fe, K, Ni y Zn que pertenecen al grupo II de la marcha de cationes.
- Todos los metales estudiados se encontraron en mayor presencia en los precipitados.
- La sulfhidración es el método adecuado para estabilizar los metales que se encuentran en las pilas alcalinas y facilitar el estudio de las mismas.
- Del peso total de las pilas se cuantifican el 21% del proceso realizado en el laboratorio.
- En el escalamiento en planta se cuantifica el 46% del peso total de las pilas utilizadas en planta piloto.
- El escalonamiento del proceso aplicado en laboratorio a nivel planta piloto funciona adecuadamente, permitiendo manipular algunas variables como son la presión, temperatura, nivel y concentración.
- Por el método de absorción atómica se cuantifico el porcentaje (%) de calcio, cadmio, cobre, hierro, potasio, litio, manganeso, níquel, plomo, zinc, en las muestras de laboratorio y planta piloto.
- Las adaptaciones realizadas en los equipos utilizados en planta piloto fueron las correctas.

ANEXO A



FOTO 1



FOTO 2

SULFIHIDRACIÓN EN LABORATORIO

SEGUNDA FILTRACION SOLUCION DESPUES DE LA SULFIHIDRACIÓN



FOTO 3  
SE LE ADICIONA HIDROXIDO DE AMONIO  
Y CLORURO DE AMONIO



FOTO 4 ENCONTRAR UN pH = 9

FOTO 5 FILTRAR LA DISOLUCION



**MEZCLADORA**



FOTO 1



FOTO 2



FOTO 3

**MEZCLADORA DONDE SE LLEVA A CABO LA DISOLUCION DE LAS PILAS**

**EN LA FOTO 1 Y 2 SE LOGRAN VER LA CONEXION DEL VAPOR Y LOS ACCESORIOS**

**EN LA FOTO 3 SE VE LA PALETA DE LA MEZCLADORA.**

**EVAPORADOR, CRISTALIZADOR Y CONDENSADOR.**



FOTO 4

SE MUESTRA  
LA PRUEBA DE VAPOR QUE  
SE LE HACE AL EVAPORADOR



FOTO 5

SE MUESTRAN LOS  
TRES EQUIPOS YA INSTALADOS Y  
TRABAJANDO EL EVAPORADOR,  
CRISTALIZADOR Y CONDENSADOR.



## ANEXO B

## HOJA DE DATOS PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS.

<b>HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS</b>			
<b>FECHA DE ELABORACIÓN</b> 13-ene-98		<b>FECHA DE REVISIÓN</b> 05-oct-98	
<b>NOMBRE DE LA EMPRESA</b> Productos Químicos Monterrey, S.A. de C.V.			
<b>SECCIÓN I.- DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA SUSTANCIA QUÍMICA</b>			
<b>1.- NOMBRE DEL FABRICANTE O IMPORTADOR:</b> Productos Químicos Monterrey, S.A. de C.V.		<b>2.- EN CASO DE EMERGENCIA COMUNICARSE A:</b> OFICINAS: TELS: (8) 345-5113, 01-800-021-0900 FAX: (8)342-3606 PLANTA: TELS: (8) 336-1623, 336-3707, 336-2988 FAX: (8)336-1979	
<b>3.- DOMICILIO COMPLETO:</b>			
<b>CALLE</b> Mirador	<b>No. EXT.</b> # 201	<b>COLONIA</b> El Mirador	<b>C.P.</b> 64070
<b>DELG / MUNICIPIO</b> Monterrey	<b>LOCALIDAD O POBLACIÓN</b> Monterrey	<b>ENTIDAD FEDERATIVA</b> Nuevo León	
<b>SECCIÓN II.- DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUÍMICA</b>			
<b>1.- NOMBRE COMERCIAL</b> Acido Nítrico		<b>2.- NOMBRE QUÍMICO</b> Acido Nítrico	
<b>3.- PESO MOLECULAR</b> 63,01		<b>4.- FAMILIA QUÍMICA</b> Acido Inorgánico	
<b>5.- SINÓNIMOS</b> Nitrato de hidrogeno, Acido azotico.		<b>6.- OTROS DATOS</b> Formula: HNO <sub>3</sub>	
<b>SECCIÓN III.- COMPONENTES RIESGOSOS</b>			
<b>1.- % Y NOMBRE DE LOS COMPONENTES</b> Acido Nítrico	<b>2.- N° CAS</b> 7697-37-2	<b>3.- N° UN</b> 2031	<b>4.- CANCERÍGENOS O TERATOGENICOS</b> No disponible
<b>5.- LIMITE PERMISIBLE DE CONCENTRACIÓN</b> 2ppm (5 mg/m <sup>3</sup> ) CPT 8Hrs de Exposicion 4ppm (10 mg/m <sup>3</sup> ) CCT Exp.de corto tiempo (REFERENCIA: NOM-010-STPS-1994 )	<b>6.- IPVS ppm</b> Inhalacion 1 hora RataLC50:2500ppm	<b>7.- GRADO DE RIESGO:</b>	
		<b>7.1.- SALUD</b> Severo	<b>7.2.- INFLAMABILIDAD</b> Ninguna
			<b>7.3.- REACTIVIDAD</b> Severa
<b>SECCIÓN IV PROPIEDADES FÍSICAS</b>			
<b>1.- TEMPERATURA DE FUSIÓN, °C:</b> -42°C		<b>2.- TEMPERATURA DE EBULLICIÓN, °C:</b> 80° C	
<b>3.- PRESIÓN DE VAPOR, mmHg A 20°C:</b> No disponible		<b>4.- DENSIDAD RELATIVA:</b> 1.503 @ 25°C	
<b>5.- DENSIDAD DE VAPOR (AIRE=1):</b> No disponible		<b>6.- SOLUBILIDAD EN AGUA, g/ml:</b> Completamente miscible con el agua 100%	
<b>7.- REACTIVIDAD EN AGUA:</b> No reacciona (se genera calor)		<b>8.- ESTADO FÍSICO, COLOR Y OLOR:</b> Liquido corrosivo, incoloro, olores sofocantes	
<b>9.- VELOCIDAD DE EVAPORACIÓN (BUTIL ACETATO=1):</b> No disponible		<b>10.- PUNTO DE INFLAMACIÓN:</b> No disponible	
<b>11.- TEMPERATURA DE AUTOIGNICION (°C):</b> No disponible		<b>12.- PORCIENTO DE VOLATILIDAD, % :</b> No disponible	
<b>13.- LIMITES DE INFLAMABILIDAD (%):</b> INFERIOR:		No disponible SUPERIOR:	



SECCIÓN V.- RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSIÓN				
<b>1.- MEDIO DE EXTINCIÓN:</b> Este producto no se enciende pero puede provocarlo en contacto con materiales oxidables.				
<input checked="" type="checkbox"/> NIEBLA DE AGUA para fuegos grandes y pequeños	<input type="checkbox"/> ESPUMA	<input type="checkbox"/> HALON:	<input checked="" type="checkbox"/> CO2 para fuegos pequeños	<input checked="" type="checkbox"/> POLVO QUÍMICO SECO para fuegos pequeños
<b>2.- EQUIPO ESPECIAL DE PROTECCIÓN (GENERAL) PARA COMBATE DE INCENDIO:</b> Mascarilla con suministro de oxígeno y ropa protectora para prevenir contacto con la piel y ojos.				
<b>3.- PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE COMBATE DE INCENDIO:</b> No combatir con chorro de agua directamente, no introducir agua a los contenedores.				
<b>4.- CONDICIONES QUE CONDUCEN A UN PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSIÓN NO USUALES:</b> Puede reaccionar explosivamente con materiales oxidables				
<b>5.- PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN:</b> Monóxido y Bióxido de carbono				

SECCIÓN VI.- DATOS DE REACTIVIDAD		
<b>1.- SUSTANCIA</b>		<b>2.- CONDICIONES A EVITAR</b>
<input type="checkbox"/> ESTABLE <input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> INESTABLE	Almacenamiento sin ventilación, Materiales Oxidantes
<b>3.- INCOMPATIBILIDAD (SUSTANCIAS A EVITAR):</b> Acido acético, Anhídrido acético, Acetona, Alcoholes, Hidrocarburos, materiales oxidables y materia orgánica		
<b>4.- DESCOMPOSICIÓN DE COMPONENTES PELIGROSOS:</b> Nitratos		
<b>5.- POLIMERIZACIÓN PELIGROSA:</b>		<b>6.- CONDICIONES A EVITAR:</b>
<input type="checkbox"/> PUEDE OCURRIR	<input checked="" type="checkbox"/> NO PUEDE OCURRIR	No se dispone de información

SECCIÓN VII.- RIESGOS PARA LA SALUD		
VÍAS DE ENTRADA	SÍNTOMAS DEL LESIONADO	PRIMEROS AUXILIOS
<b>1.- INGESTIÓN ACCIDENTAL</b>	Destruye los tejidos gastrointestinales boca y esófago. Salivación, sed y dificultad para tragar. Puede ser fatal.	De a beber inmediatamente agua, seguidas con leche de magnesia. <b>No Provoque vomito.</b> Solicite atención medica de inmediato.
<b>2.- CONTACTO CON LOS OJOS</b>	Concentraciones altas pueden causar severas quemaduras y daños permanentes. Concentraciones bajas causan irritación fuerte.	Lavar suavemente con agua corriente durante 15 min abriendo ocasionalmente los párpados Solicitar atención medica de inmediato.
<b>3.- CONTACTO CON LA PIEL</b>	Este producto es extremadamente irritante para la piel, provoca quemaduras penetrantes y cicatrices permanentes.	Lavar con agua corriente durante 15 min. al mismo tiempo quitarse la ropa contaminada y calzado. Solicite atención medica
<b>4.- ABSORCIÓN</b>	No identificado	No se dispone de información
<b>5.- INHALACIÓN</b>	Irritación en las vías tractorespiratorias Los humos son corrosivos y pueden destruir la mucosa. Puede provocar bronquitis crónica.	Traslade a un lugar con ventilación adecuada, Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Si NO respira inicie la respiración cardio pulmonar. Solicite atención medica.
<b>6.- SUSTANCIA QUÍMICA CONSIDERADA COMO CANCERÍGENA:</b> STPS (INST. No.10) SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> OTROS <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> ESPECIFICAR		

**SECCIÓN VIII.- INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAMES:**

Despejar el area de peligro.  
ELIMINAR todas las fuentes de ignición. No tocar el material derramado.  
Detener la fuga en caso de poder hacerlo sin riesgo. Utilizar agua en forma de rocío para reducir los vapores o desviar la nube de vapor. **NO INTRODUCIR AGUA A LOS CONTENEDORES.**  
Contener para evitar la introducción a las vías fluviales, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas.  
Solicitar asistencia para su disposición. Llamar al telefono de emergencia

**SECCIÓN IX.- EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL:****1.- ESPECIFICAR TIPO:**

Utilizar Guantes de Neopreno, Goggles, Botas de Hule y Pechera de Vinilo.  
Mascarillas con cartuchos para vapores ácidos, aprobados por OSHA en 29 CFR 1010.134. o bien utilizar Equipo de respiración autónomo.

**2.- PRACTICAS DE HIGIENE:**

Después de estar en contacto con este producto lavar con agua y jabón todo su equipo de seguridad.  
Bañarse y lavar su uniforme para evitar que este contaminada con residuos del producto.

**SECCIÓN X.- INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTACIÓN (Deacuerdo con la reglamentecion del transporte):**

Material clasificado como: Líquido Corrosivo ( 8 )  
Riesgo secundario: Oxidante ( 5.1 )  
UN: 2031  
Envase y embalaje: Grupo I  
NFPA: Salud ( 3 ), Inflamabilidad ( 0 ), Reactividad ( 0 ), Indic. Especial (OXI )  
Referencia: ( NOM-002-SCT2-1994)

Pictogramas:

**SECCIÓN XI.- INFORMACIÓN ECOLÓGICA(Deacuerdo con las reglamentaciones ecologicas)**

Ecotoxicidad: No se dispone de información.

**SECCIÓN XII.- PRECAUCIONES ESPECIALES****1.- DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO:**

Se debe de almacenar y/o transportar por compatibilidad.  
Debe estar debidamente etiquetado, la cual debe contener nombre del material, identificación de transporte(DOT) y color de almacenaje, junto con indicaciones de primeros auxilios y equipo de proteccion personal.

**2.- OTRAS:**

Residuos del producto pueden permanecer en el recipiente "vacío". Para el manejo de los recipientes vacios y residuos se deben de tomar las mismas precauciones que en el manejo del producto.  
Limpiar y lavar antes de volver a usar o alterar el contenido de un envase.

**HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD PARA SUSTANCIAS QUÍMICAS**

<b>FECHA DE ELABORACIÓN</b> 13-ene-97	<b>FECHA DE REVISIÓN</b> 05-oct-98	<b>NOMBRE DE LA EMPRESA</b> <i>Productos Químicos Monterrey, S.A. de C.V.</i>
--	---------------------------------------	--

**SECCIÓN I.- DATOS GENERALES DEL RESPONSABLE DE LA SUSTANCIA QUÍMICA**

<b>1.- NOMBRE DEL FABRICANTE O IMPORTADOR:</b> <i>Productos Químicos Monterrey, S.A. de C.V.</i>		<b>2.- EN CASO DE EMERGENCIA COMUNICARSE A:</b> <b>OFICINAS:</b> TELS: (8) 345-5113, 01-800-021-0900 FAX: (8)342-3606 <b>PLANTA:</b> TELS: (8) 336-1623, 336-3707, 336-2988 FAX: (8)336-1979	
<b>3.- DOMICILIO COMPLETO:</b>			
<b>CALLE</b> <i>Mirador</i>	<b>No. EXT.</b> # 201	<b>COLONIA</b> <i>El Mirador</i>	<b>C.P.</b> 64070
<b>DELG / MUNICIPIO</b> <i>Monterrey</i>		<b>LOCALIDAD O POBLACIÓN</b> <i>Monterrey</i>	
<b>ENTIDAD FEDERATIVA</b> <i>Nuevo León</i>			

**SECCIÓN II.- DATOS GENERALES DE LA SUSTANCIA QUÍMICA**

<b>1.- NOMBRE COMERCIAL</b> <i>Acido Clorhídrico</i>	<b>2.- NOMBRE QUÍMICO</b> <i>Acido Clorhídrico</i>
<b>3.- PESO MOLECULAR</b> 36,46	<b>4.- FAMILIA QUÍMICA</b> Acido Inorgánico
<b>5.- SINÓNIMOS</b> Cloruro de Hidrogeno, Acido Muriatico, Acido Hidroclórico	<b>6.- OTROS DATOS</b> Formula: HCl

**SECCIÓN III.- COMPONENTES RIESGOSOS**

<b>1.- % Y NOMBRE DE LOS COMPONENTES</b> Acido Clorhídrico	<b>2.- N° CAS</b> 7647-01-0	<b>3.- N° UN</b> 1789	<b>4.- CANCERÍGENOS O TERATOGENICOS</b> No se dispone de información	
<b>5.- LIMITE PERMISIBLE DE CONCENTRACIÓN</b> 5 ppm CPT 8Hrs de Exposición 7 mg/m3 CPT 8 Hrs de exposición <i>NOM-010-STPS-1994</i>	<b>6.- IPVS ppm</b> no se dispone de información	<b>7.- GRADO DE RIESGO:</b>		
		<b>7.1.- SALUD</b> <i>Severo</i>	<b>7.2.- INFLAMABILIDAD</b> <i>Ninguna</i>	<b>7.3.- REACTIVIDAD</b> <i>Moderada</i>

**SECCIÓN IV PROPIEDADES FÍSICAS**

<b>1.- TEMPERATURA DE FUSIÓN, °C:</b> No se dispone de información	<b>2.- TEMPERATURA DE EBULLICIÓN, °C:</b> 110°C
<b>3.- PRESIÓN DE VAPOR, mmHg A 20°C:</b> No se dispone de información	<b>4.- DENSIDAD RELATIVA:</b> 1.097
<b>5.- DENSIDAD DE VAPOR (AIRE=1):</b> No se dispone de información	<b>6.- SOLUBILIDAD EN AGUA, g/ml:</b> Muy Soluble
<b>7.- REACTIVIDAD EN AGUA:</b> No reacciona (pero se genera calor por la hidrólisis)	<b>8.- ESTADO FÍSICO, COLOR Y OLORES:</b> Líquido incoloro o ligeramente amarillo con olor sofocante
<b>9.- VELOCIDAD DE EVAPORACIÓN (BUTIL ACETATO=1):</b> No se dispone de información	<b>10.- PUNTO DE INFLAMACIÓN:</b> No aplica
<b>11.- TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN (°C):</b> No aplica	<b>12.- PORCIENTO DE VOLATILIDAD, % :</b> No se dispone de información
<b>13.- LÍMITES DE INFLAMABILIDAD (%):</b> INFERIOR: No aplica SUPERIOR: No aplica	



SECCIÓN V.- RIESGOS DE FUEGO O EXPLOSIÓN				
<b>1.- MEDIO DE EXTINCIÓN:</b> Este producto no se enciende pero puede provocarlo en contacto con mat. oxi. y combustibles.				
<input checked="" type="checkbox"/> NIEBLA DE AGUA para fuegos grandes y pequeños	<input type="checkbox"/> ESPUMA	<input type="checkbox"/> HALON:	<input checked="" type="checkbox"/> CO2 para fuegos pequeños	<input checked="" type="checkbox"/> POLVO QUÍMICO SECO para fuegos pequeños
<b>2.- EQUIPO ESPECIAL DE PROTECCIÓN (GENERAL) PARA COMBATE DE INCENDIO:</b> Mascarilla con suministro de oxígeno y ropa protectora para prevenir contacto con la piel y ojos.				
<b>3.- PROCEDIMIENTO ESPECIAL DE COMBATE DE INCENDIO:</b> No combatir con chorro de agua directamente, no introducir agua a los contenedores.				
<b>4.- CONDICIONES QUE CONDUCEN A UN PELIGRO DE FUEGO Y EXPLOSIÓN NO USUALES:</b> Reacción con materiales oxidantes fuertes con materiales combustibles.				
<b>5.- PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN:</b> Monóxido y Bióxido de carbono				

SECCIÓN VI.- DATOS DE REACTIVIDAD	
<b>1.- SUSTANCIA</b>	<b>2.- CONDICIONES A EVITAR</b>
ESTABLE Si <input type="checkbox"/> INESTABLE <input type="checkbox"/>	Almacenamiento sin ventilación, Materiales incompatibles
<b>3.- INCOMPATIBILIDAD (SUSTANCIAS A EVITAR):</b> Materiales combustibles y materiales oxidantes.	
<b>4.- DESCOMPOSICIÓN DE COMPONENTES PELIGROSOS:</b> Gases de cloruro de hidrogeno.	
<b>5.- POLIMERIZACIÓN PELIGROSA:</b>	<b>6.- CONDICIONES A EVITAR:</b>
PUEDE OCURRIR <input type="checkbox"/> NO PUEDE OCURRIR <input checked="" type="checkbox"/>	No se dispone de información

SECCIÓN VII.- RIESGOS PARA LA SALUD		
VÍAS DE ENTRADA	SÍNTOMAS DEL LESIONADO	PRIMEROS AUXILIOS
<b>1.- INGESTIÓN ACCIDENTAL</b>	El producto causa quemaduras y ulceraciones del tractogastrointestinal provoca vomito de sangre y daño al riñón.	De a beber inmediatamente agua, seguidas con leche de magnesia. Solicite atención medica de inmediato.
<b>2.- CONTACTO CON LOS OJOS</b>	Concentraciones altas pueden causar severas quemaduras y daños permanentes. Concentraciones bajas causan irritación fuerte.	Lavar suavemente con agua corriente durante 15 minutos abriendo ocasionalmente los párpados. Solicitar atención medica de inmediato.
<b>3.- CONTACTO CON LA PIEL</b>	Este producto es extremadamente irritante para la piel, altas concentraciones pueden causar severas quemaduras.	Lavar con agua corriente durante 15 min. al mismo tiempo quitarse la ropa contaminada y calzado. Solicite atención medica
<b>4.- ABSORCIÓN</b>	No se dispone de información	No se dispone de información
<b>5.- INHALACIÓN</b>	Irritación en las vías tractorespiratorias	Traslade a un lugar con ventilación adecuada, Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Solicite atención medica.
<b>6.- SUSTANCIA QUÍMICA CONSIDERADA COMO CANCERÍGENA:</b> STPS (INST. No.10) SI _____ NO <input checked="" type="checkbox"/> OTROS _____ SI _____ NO _____ ESPECIFICAR		

**SECCIÓN VIII.- INDICACIONES EN CASO DE FUGA O DERRAMES:**

Aislar el área de peligro.  
ELIMINAR todas las fuentes de ignición. No tocar el material derramado  
Detener la fuga en caso de poder hacerlo sin riesgo. Utilizar agua en forma de rocío para reducir los vapores o desviar la nube de vapor. **NO INTRODUCIR AGUA A LOS CONTENEDORES.**  
Contener para evitar la introducción a las vías fluviales, alcantarillas, sótanos o áreas confinadas.  
Solicitar asistencia para su disposición. Llamar al teléfono de emergencias para mayor información.

**SECCIÓN IX.- EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL:****1.- ESPECIFICAR TIPO:**

Utilizar Guantes de Neopreno, Botas de Hule, Pechera de Vinilo, Lentes de seguridad,  
Mascarillas con cartuchos para vapores ácidos, aprobados por OSHA en 29 CFR 1010.134, o bien utilizar  
Equipo de respiración autónomo.

**2.- PRACTICAS DE HIGIENE:**

Después de estar en contacto con este producto lavar con agua y jabón todo su equipo de seguridad.  
Bañarse y lavar su uniforme para evitar que este contaminada con residuos del producto.

**SECCIÓN X.- INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTACIÓN (De acuerdo con la reglamentación del transporte):**

Material clasificado como: Corrosivo ( 8 )

Pictogramas:

Riesgo secundario: Tóxico

UN: 1789

Envase y embalaje: Grupo II

NFPA: Salud ( 3 ), Inflamabilidad ( 0 ), Reactividad ( 0 ), Indic. Especial ( CORR )

Referencia: ( NOM-002-SCT2-1994)

**SECCIÓN XI.- INFORMACIÓN ECOLÓGICA (De acuerdo con las reglamentaciones ecológicas)**

No se dispone de información

**SECCIÓN XII.- PRECAUCIONES ESPECIALES****1.- DE MANEJO Y ALMACENAMIENTO:**

- \* Se debe de almacenar y/o transportar por compatibilidad.
- \* Estar debidamente etiquetado (Adherido, sin rayaduras e información clara, rombos de peligrosidad)
- \* Tener el color de almacenaje ( Blanco )
- \* Indicaciones de primeros auxilios.

**2.- OTRAS:**

Residuos del producto pueden permanecer en el recipiente "vacío" pero con sus etiquetas para identificar el residuo.  
Para el manejo de los recipientes vacíos y residuos se deben de tomar las mismas precauciones que en el manejo del producto.  
Limpiar antes de volver a usar o alterar el contenido de un envase. (Usar solo en el mismo producto)

## 1 Identificación de la sustancia o preparado y de la sociedad o empresa

- **Datos del producto**
- **Formula química** H<sub>8</sub> N<sub>2</sub> S
- **Nombre comercial:** sulfuro de amonio
- **Número del artículo:** CH0797
- **Utilización del producto / de la elaboración** Reactivo para Laboratorio.
- **Fabricante/distribuidor:**

Carlo Erba Reagenti  
Strada Rivoltana Km 6/7  
I-20090 Rodano  
Tel.: 0039 02 953251

Carlo Erba Reactifs - SDS  
Chaussée du Vexin  
Parc d'Affaires des Portes - BP616  
27106 VAL DE REUIL Cedex  
Téléphone: +02 32 09 20 00  
Télécopie: +02 32 09 20 20

- **Área de información:**  
Q.A / Normative  
email ITALIA: MSDS\_CER@carloerbareagenti.com  
email FRANCIA: MSDS\_CER-SDS@carloerbareactifs.com
- **Información para casos de emergencia:**  
CENTRO ANTIVELENI OSPEDALE CA GRANDA - NIGUARDA (MI)  
tel: 0039 02 66 10 10 29  
numéro d'appel d'urgence ORFILA: 01 45 42 59 59

## 2 Identificación de los peligros

- **Descripción del riesgo:**



C Corrosivo

- **Indicaciones adicionales sobre los riesgos para personas y el medio ambiente:**  
R 10 Inflamable.  
R 31 En contacto con ácidos libera gases tóxicos.  
R 34 Provoca quemaduras.

- **Sistema de clasificación:**  
Obligatorio identificar el producto según el procedimiento de cálculo de la última versión válida de la "Directiva general de clasificación de Substancias de la UE", Dir 67/548/CE.

- **Elementos de las etiquetas del SAM**



Peligro

H225 - Líquido y vapores muy inflamables.



Peligro

H314 - Provoca quemaduras graves en la piel y lesiones oculares graves.

EUH031 - En contacto con ácidos libera gases tóxicos.

- **Prevención:**

P210 Mantener alejado de fuentes de calor, chispas, llama abierta o superficies calientes. - No fumar.



Nombre comercial: sulfuro de amonio

( se continua en página 3 )

Selección del material de los guantes en función de los tiempos de rotura, grado de permeabilidad y degradación.

La elección del guante adecuado no depende únicamente del material, sino también de otras características de calidad, que pueden variar de un fabricante a otro.

- **Tiempo de penetración del material de los guantes**  
El tiempo de resistencia a la penetración exacto deberá ser pedido al fabricante de los guantes. Este tiempo debe ser respetado.
- **Protección de ojos:** Gafas protectoras contra productos químicos.
- **Protección del cuerpo:**  
Elegir una protección para el cuerpo según la cantidad y la concentración de la sustancia peligrosa en el lugar de trabajo.

### 9 Propiedades físicas y químicas

· **Masa molar**

<b>Forma:</b>	Líquido
<b>Color:</b>	Amarillo
<b>Olor:</b>	Putrefacto

· **Cambio de estado**

<b>Punto de fusión /campo de fusión:</b>	Indeterminado.
<b>Punto de ebullición /campo de ebullición:</b>	40°C
<b>Punto de inflamación:</b>	22°C
<b>Límites de explosión:</b>	
<b>Inferior:</b>	4 Vol %
<b>Superior:</b>	46 Vol %
<b>Densidad a 20°C:</b>	1 g/cm <sup>3</sup>

### 10 Estabilidad y reactividad

- **Descomposición térmica / condiciones que deben evitarse:**  
No se descompone al emplearse adecuadamente.  
Condiciones a evitar: Calor, llamas y chispas.
- **Materiales que deben evitarse:**
- **Reacciones peligrosas** Al entrar en contacto ácidos se liberan gases tóxicos.
- **Productos de descomposición peligrosos:**  
Óxidos azoicos (NO<sub>x</sub>)  
En caso de incendio: Los óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>)

### 11 Información toxicológica

· **Toxicidad aguda:**

· **Valores LD/LC50 (dosis letal /dosis letal = 50%) relevantes para la clasificación:**

Oral	LD50	168 (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S mg/kg (rata)
------	------	--

· **Efecto estimulante primario:**

- **en la piel:** Efecto cáustico en la piel y las mucosas.
- **en el ojo:** Fuerte efecto cáustico
- **Ingestión:** Puede ser nocivo por ingestión.
- **Inhalación:**  
El material es extremadamente destructivo para los tejidos de las membranas mucosas y las vías respiratorias superiores.
- **Sensibilización:** No se conoce ningún efecto sensibilizante.
- **Datos adicionales (a la toxicología experimental):** No se habien otros datos importantes

( se continua en página 5 )

ANEXO C  
CARTEL EXPUESTO EN EL CONGRESO XXXI DE LA AMIDIQ

**DISEÑO Y MONTAJE DE UNA PLANTA PILOTO PARA EL PROCESO DE LAS PILAS**  
E. Loyo Armas, I. Monsiva Toledo, N. M. López Palma, R. R. Mora Hernández  
"Centro de Ingeniería Química, Facultad de Estudios Superiores Iztapalapa, UNAM  
Estado 5 de Mayo s/n. Cmp. Fuentes de Loma, Col. Ejército de Oriente C.P. 09230, Iztapalapa, México, D.F.  
Tel: (55) 57-73-63-31 Fax: (55) 57-73-63-31 E-Mail: [laoye@prociencia.mx](mailto:laoye@prociencia.mx), [laoye@ciq.unam.mx](mailto:laoye@ciq.unam.mx)

100 UNAM  
CENTRO DE INGENIERÍA QUÍMICA

---

**INTRODUCCIÓN**

Desde su descubrimiento, las pilas de combustible han sido utilizadas para generar energía eléctrica. En este trabajo, se diseñó y montó una planta piloto para el estudio de las pilas de combustible de tipo PEM.

**OBJETIVOS**

- El desarrollo de una planta piloto para el estudio de las pilas de combustible de tipo PEM.
- El estudio de las características de operación de las pilas de combustible de tipo PEM.

**JUSTIFICACIÓN**

Las pilas de combustible son dispositivos que convierten la energía química de un combustible en energía eléctrica a través de una reacción redox controlada. Este tipo de dispositivos son muy importantes para la generación de energía en aplicaciones donde se requiere una fuente de energía limpia y silenciosa.

**PROCEDIMIENTO**

Se analizaron diferentes procesos y condiciones de operación para el desarrollo de una planta piloto para el estudio de las pilas de combustible de tipo PEM. El proceso se dividió en etapas de diseño, construcción y operación. Se realizó un estudio de mercado para determinar la viabilidad económica del proyecto. Se diseñó y construyó una planta piloto de 10 kW de potencia nominal. Se realizaron pruebas de operación para determinar las características de operación de las pilas de combustible de tipo PEM.

**DIAGRAMA DE BLOQUES SUPLEMENTAL**

PLANTILLA 1000 Kg 10 L H <sub>2</sub> O	1000 ml solución electrolítica	1000 ml H <sub>2</sub> O destilada	1000 ml electrolito y agua destilada
10 ml H <sub>2</sub> O	10 ml H <sub>2</sub> O	10 ml H <sub>2</sub> O	

**DESCRIPCIÓN DEL PROCESO**

En un reactor (R-100) de 1000 litros de volumen se agregan 10 kg de pilas y 10 l de agua destilada. Se realiza la reacción de hidrógeno y oxígeno para producir una corriente eléctrica. El proceso se controla mediante un sistema de control automático que regula la temperatura y la presión de las pilas. Se realizaron pruebas de operación para determinar las características de operación de las pilas de combustible de tipo PEM.

**DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO**

Componente	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Temperatura (°C)																					
Presión (atm)																					
Flujo (kg/h)																					
Consumo (kg/h)																					
Producción (kg/h)																					
Costo (\$/h)																					

**REACCIÓN PRINCIPAL DE FUNCIONAMIENTO DE LA PILA**

ANODOS:  $H_2 + 2OH^- \rightarrow 2H_2O + 2e^-$

CÁTODOS:  $O_2 + 2H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- + 2H_2$

REACCIÓN GENERAL:  $H_2 + O_2 \rightarrow 2H_2O$

**CONCLUSIONES**

Se diseñó y montó una planta piloto para el estudio de las pilas de combustible de tipo PEM. Se realizaron pruebas de operación para determinar las características de operación de las pilas de combustible de tipo PEM. Se concluye que las pilas de combustible de tipo PEM son una fuente de energía limpia y silenciosa que puede ser utilizada en aplicaciones donde se requiere una fuente de energía limpia y silenciosa.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Principios de Ingeniería Química, E. Loyo Armas, I. Monsiva Toledo, N. M. López Palma, R. R. Mora Hernández, UNAM, México, 2000.
- Química de los Materiales, E. Loyo Armas, I. Monsiva Toledo, N. M. López Palma, R. R. Mora Hernández, UNAM, México, 2000.
- Química de los Materiales, E. Loyo Armas, I. Monsiva Toledo, N. M. López Palma, R. R. Mora Hernández, UNAM, México, 2000.
- Química de los Materiales, E. Loyo Armas, I. Monsiva Toledo, N. M. López Palma, R. R. Mora Hernández, UNAM, México, 2000.

RECONOCIMIENTO DEL XXXI ENCUENTRO NACIONAL AMIDIQ,

Huatulco, Oaxaca, México, Del 04 al 07 de Mayo del 2010

**“LA INGENIERÍA QUÍMICA EN EL BICENTENARIO”**

La Academia Mexicana de Investigación y Docencia  
en Ingeniería Química, A.C. Otorga el presente

**RECONOCIMIENTO**

a  
E. Loyo Arnaud, I. Morales Toledo, N. M. López Palma, R. R. Mora  
Hernandez

Por la presentación del trabajo titulado:

**“DISEÑO Y MONTAJE DE UNA PLANTA PILOTO PARA EL PROCESO  
DE DESACTIVACIÓN DE PILAS”**

Dr. Agustín Jaime Castro Montoya  
PRESIDENTE AMIDIQ

Dr. Rubén González Núñez  
VICEPRESIDENTE AMIDIQ



## BIBLIOGRAFÍA

1. Química Reacciones Estructuras Propiedades. Dillard C R. Goldberg D E. Fondo Educativo Interamericano.
2. Instituto Nacional de Ecología. (*Las Pilas en México: Un Diagnostico Ambiental*). Gavilan G. A, Rojas B.L. Barrera C.J. informe marzo 2009
3. Analisis Cualitativo. Bumblay Ray V. 1ª Edicion. Compañía Estudiantil S. A. de C. V. México DF. 1969.
4. Química, colección de experimentos, Nuffield foundation. Editorial REVERTE S.A. España 1982.
5. . Manual del Ingeniero Químico. Tomo1, John H. Perry, Ph, D. Editorial McGrawHill 7ª edición.
6. Principios de Análisis Instrumental, Douglas A. Skoog, F. James Holler, Stanley R. Crouch. Sexta edición, CENGAGE Learning. Edamsa impresiones, S.A. de C.V.
7. Análisis Inorgánico Cualitativo. F.Buscarons Ubeda.
8. Operaciones unitarias en ingeniería química. McCabe. Smith. Harriot. Editorial McGrawHill. 6ª edición.
9. Análisis Inorgánico Cualitativo Sistemático."Análisis de una muestra líquida". F.C Buscarons. F.C Garcia. F.C Vallvey. Editorial REVERTÉ. S. A. España 1986.
10. . Introducción a la Teoría de los Reactores Químicos. Denbigh,K.G., Turner,J.C.R (1990). Limusa. México
11. Ingeniería de las Reacciones Químicas. Levenspiel,O. (1998). Reverté. México..
12. Diseño de un Reactor Batch y el Proceso para tratar Pilas y Recuperar sus componentes. Tesis, Santiago Osorio E. 2001.
13. Operaciones unitarias en ingeniería química. McCabe. Smith. Harriot. Editorial McGrawHill. 6ª edición.
14. Introducción a los procesos; las operaciones unitarias y los fenómenos de transporte. Costa. Cervera. Cunill. Esplugas. Mans. Mata. Editorial REVERTE. 1994



15. Análisis Inorgánico Cualitativo Sistemático."Análisis de una muestra líquida". F.C Buscarons. F.C Garcia. F.C Vallvey. Editorial REVERTÉ. S. A. España 1986.
16. Evaluación Epidemiológica de Riesgos causados por Agentes químicos Ambientales. Sylvia Vega G, Jesús Reynaga O. Editorial Limisa, México 1990.
17. Ingeniería de las Reacciones Químicas. Levenspiel,O. (1998). Reverté. México..
18. NOM-052-SEMARNAT-1993. Que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente, Diario Oficial de la Federación, 22 de octubre.
19. Manual de Procedimientos Analíticos para Análisis de Suelos y Plantas del Laboratorio de Fertilidad de Suelos IRENAT- Colegio de Postgraduados, Sociedad Mexicana del Suelo. A. C. 1994.
20. Reglamento de la LGEEPA en materia de residuos peligrosos. Diario Oficial de la Federación, el día 25 de noviembre de 1988
21. Montez de Oca A. y Gómez González E. Desarrollo de una metodología para reducir el impacto ambiental de las pilas eléctricas desechadas. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México. 2007.
22. Moreno M. D. Toxicología Ambiental, Evaluación del riesgo para la Salud humana. Mac Graw Hill. 2004.
23. Nedwed y Clifford D.A. A survey of lead battery recycling sites and soil remediation processes waste, Managen 17, 257 269. 1997.
24. Castro J.; Díaz M. L. 2004. La contaminación por pilas y baterías en México. Gaceta Ecológica Num. 72; Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.
25. Instituto Nacional de Estadística, Geográfica e Informática (INEGI). 2008b. [información estadística> temas>medio ambiente>asentamientos y actividades humanas> residuos>]. México 2008.



## Páginas electrónicas

1. [www.greenpeace.es/toxicos/toxi\\_13a.htm](http://www.greenpeace.es/toxicos/toxi_13a.htm)
2. [www.geocities.com/aplanlaplata/contaminacion.html](http://www.geocities.com/aplanlaplata/contaminacion.html)
3. [www.clavedevida.com.ar/ecologia/pilas.html](http://www.clavedevida.com.ar/ecologia/pilas.html)
4. [www.cepis.ops-oms.org/bvsars/e/fulltext/pilas/pilas.pdf](http://www.cepis.ops-oms.org/bvsars/e/fulltext/pilas/pilas.pdf)
5. [http://www.iqcelaya.itc.mx/~jcfierro/index\\_archivos/quimica\\_inorganica/Solubilidad.pdf](http://www.iqcelaya.itc.mx/~jcfierro/index_archivos/quimica_inorganica/Solubilidad.pdf)
6. [www.lions.org.br/circle/articulos/pilapilas.htm](http://www.lions.org.br/circle/articulos/pilapilas.htm)