

11/17  
26/1



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

*CARACTERIZACION Y POSIBLES APLICACIONES  
DE LOS RESIDUOS SOLIDOS GENERADOS EN  
UNA FABRICA DE PAPEL*

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A :

**CASTILLO CASADO LEOPOLDO**



MEXICO, D. F.

1992

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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.

INDICE

CAPITULO I

PAG

JUSTIFICACION DEL ESTUDIO.

1.1	ANTECEDENTES	1
1.1.1	El papel en la economía nacional	1
1.1.2	Fibras secundarias.	2
1.1.3	Trayectoria de las fibras secundarias.	3
1.2	EL PROBLEMA	9
1.3	OBJETIVOS	10

CAPITULO II

REVISION BIBLIOGRAFICA

2.1	HISTORIA DEL PAPEL	12
-----	--------------------	----

CAPITULO III

MATERIALES Y METODOS

3.1	DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA	20
3.2	DETERMINACIONES REALIZADAS	21
3.2.1	Crisoles a peso constante	21
3.2.2	Determinación de la humedad	22
3.2.3	Determinación de inorganicos en la mufla (+)	23
3.2.4	Determinación de la densidad de la muestra húmeda y seca	25
3.2.5	Determinación del calor de combustión de los residuos sólidos	27
3.2.5.1	Determinación de los inorganicos en los gases de combustión	31
3.2.5.2	Determinación de azufre en los gases de combustión	32
3.2.5.3	Normalización del calorímetro	35

3.2.5.4	Eficiencia de combustión	37
3.2.6	Digestión de las cenizas	38
3.2.7	Determinación de fósforo	40
3.2.8	Determinación de sodio y potasio	42
3.2.9	Técnicas para preparar soluciones patrón	44
3.2.9.1	Solución patrón de calcio para 500 ppm	45
3.2.9.2	Solución patrón de plata para 500 ppm	45
3.2.9.3	Solución patrón de aluminio para 1000 ppm	46
3.2.9.4	Solución patrón de cobre para 1000 ppm	46
3.2.9.5	Solución patrón de cadmio para 1000 ppm	46
3.2.9.6	Solución patrón de plomo para 1000 ppm	47
3.2.9.7	Solución patrón de cromo para 1000 ppm	47
3.2.9.8	Solución patrón de selenio para 1000 ppm	47
3.2.9.9	Solución patrón de hierro para 1000 ppm	48

## CAPITULO IV

### TABLAS DE RESULTADOS Y GRAFICAS

TABLA 4.1	RESULTADOS DE LOS PORCENTAJES DE HUMEDAD, INORGANICOS, EFICIENCIA DE COMBUSTION Y EL CALOR DE COMBUSTION.	54
TABLA 4.2	RESULTADOS DE LA CONCENTRACION DE FOSFORO Y POTASIO EN LAS CENIZAS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS, AZUFRE PRESENTE EN LOS GASES DE COMBUSTION.	56
TABLA 4.3	RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES DE POTASIO, SODIO, CALCIO, CROMO, HIERRO.	57
TABLA 4.4	RESULTADOS DE LA CONCENTRACION DE COBRE, PLOMO, ALUMINIO, PLTA, CADMIO.	58
TABLA 4.5	RESULTADOS DE LAS DENSIDADES DE LAS HUESTRAS HUMEDAS, SECAS, CENIZAS Y CENIZAS DEL CALORIMETRO.	59
GRFICA 4.1	HUMEDAD	60
GRFICA 4.2	INORGANICOS (C+)	61
GRFICA 4.3	INORGANICOS (M)	62
GRFICA 4.4	EFICIENCIA DE COMBUSTION	63

GRFICA 4.5	CALOR DE COMBUSTION	64
GRFICA 4.6	AZUFRE EN LOS GASES DE COMBUSTION METODO (1)	65
GRFICA 4.7	AZUFRE EN LOS GASES DE COMBUSTION METODO (2)	66
GRFICA 4.8	AZUFRE EN LOS GASES DE COMBUSTION PROMEDIO	67
GRFICA 4.8 (C)	AZUFRE EN LOS GASES DE COMBUSTION	68
GRFICA 4.9	FOSFORO	69
GRFICA 4.10	SELENIO	70
GRFICA 4.11	POTASIO	71
GRFICA 4.12	SODIO	72
GRFICA 4.13	CALCIO	73
GRFICA 4.14	CROMO	74
GRFICA 4.15	HIERRO	75
GRFICA 4.16	COBRE	76
GRFICA 4.17	PLOMO	77
GRFICA 4.18	ALUMINIO	78
GRFICA 4.19	% RELATIVO DE LOS ELEMENTOS ANALIZADOS	79

## CAPITULO V

### EVALUACION DE RESULTADOS

5.1	PARAMETROS	80
5.1.1	Humedad	80
5.1.2	Inorganicos (+)	81
5.1.3	Inorganicos (*)	82
5.1.4	Eficiencia de combustión	83
5.1.5	Calor de combustión	84
5.1.6	Azufre en los gases de combustión	85
5.1.7	Azufre en los gases de combustión método (1)	85
5.1.8	Azufre en los gases de combustión método (2)	86
5.1.8.1	Evaluación conjunta de los dos métodos de azufre en los gases de combustión	86
5.1.9	Fosforo	90
5.1.10	Selenio	90
5.1.11	Potasio	91
5.1.12	Sodio	91

5.1.13	Calcio	92
5.1.14	Cromo	93
5.1.15	Hierro	94
5.1.16	Cobre	94
5.1.17	Plomo	95
5.1.18	Aluminio	96
5.2.	GLOBALIZACION	97

## CAPITULO VI

### TRATAMIENTO Y DISPOSICION DE LOS RESIDUOS SOLIDOS ESTUDIADOS

6.1	METODOS DE DISPOSICION SUGERIDOS	104
6.1.1.	Tratamientos biológicos	104
6.2	INCINERACION Y RECUPERACION DE ENERGIA	105
6.3	RECICLADO	107

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1	CONCLUSIONES	110
7.2	RECOMENDACIONES	111

## ANEXO A

A.1	EL CAOLIN	113
A.2	INCINERACION	116

BIBLIOGRAFIA	12
--------------	----

## CAPITULO I

### JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

#### 1.1 ANTECEDENTES

##### 1.1.1 El papel en la economía nacional

La industria de la celulosa y el papel es un Area relevante para el desarrollo del país, aunque solo generó durante 1987 y 1988 el 0.74% del producto interno bruto nacional, teniendo una tasa de incremento del 2.9% en 1989 y produciendo un total de 2.736.8 toneladas métricas de papel, ocupando para ello a 33.934 personas en este mismo año (Rebollar C.L. et al).

La producción de papel durante 1989, registró un incremento de 5.5%. Los tipos de papel que ayudaron a esta alza fueron : los papeles para oscritura e impresión en 5.5% y los papeles especiales en 3.3%; por el contrario, el rubro de papel

sanitario facial registró un decremento de 2.2%. Se estima que el consumo aparente de papel creció 9.0%.

Actualmente, este ramo aprovecha su capacidad instalada en un 80% (Rebollar C.L. et al).

De acuerdo a las estimaciones de la Cámara Nacional de la Industria de la Celulosa y el Papel, para los próximos cinco años, se espera que el consumo interno del papel aumente a 669 mil toneladas respecto a 1989; de la misma manera, tendrá un incremento en la capacidad instalada de 885 mil toneladas (Rebollar C.L. et al).

#### 1.1.2 Fibras secundarias

Las fibras secundarias, consisten en papel y cartón de desperdicio que son reciclables. En la práctica, significa hacer que las fibras de celulosa y otras sustancias se separen del papel y el cartón de desecho, para producir diversas clases de papel, las cuales varían de acuerdo a la calidad de las fibras secundarias y a su porcentaje en la mezcla de papel. Por ejemplo, el papel periódico de desecho y el papel de los directorios telefónicos, pueden ser adecuados únicamente para recircularlos en el proceso de producción de papel periódico o tableros de fibra. Por otro lado, las fibras de alta calidad y de especialidades seleccionadas son adecuadas para la



producción de papeles finos de impresión (Nelson J.R. et al 1974).

Las fibras secundarias, son un material sustituto de la pulpa de madera, debido a lo cual, su uso es un factor determinante para disminuir la tala de los bosques, contribuyendo así a conservarlos y dando mayor tiempo para que los arboles cortados puedan ser sustituidos por arboles nuevos. Así mismo, se abate el costo del papel producido con fibras secundarias comparado con el fabricado solamente con pulpa virgen.

Además, de que la recolección de papel y cartón contribuye de manera substancial a disminuir los grandes volúmenes de basura que se generan en áreas urbanas, ayudando con ello a mejorar el ambiente y el aspecto de las ciudades.

### 1.1.3 Trayecto de las fibras secundarias

Las fibras secundarias, son un producto generado, recolectado, seleccionado, empacado y almacenado en las grandes ciudades, debido a que éstas son un producto de consumidores. Además, es en las ciudades donde existe la mano de obra necesaria para su recolección y donde se generan los grandes volúmenes de fibras secundarias necesarias para hacer la operación económica (C. Early L. 1979).

Las prácticas más comunes del sistema de recolección se muestran en la siguiente figura. (Fig. I.1).

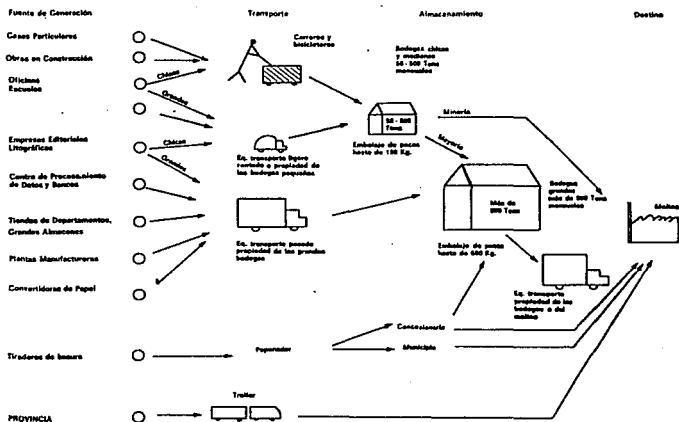


FIG. I.1. Sistema de recolección de fibras secundarias (Lasky L.B. 1980).

El sistema de transporte del papel; se lleva a cabo, ya sea por personal encargado de su recolección en los tiraderos de basura o por el equipo de transporte pesado, propiedad de las grandes bodegas y molinos que adquieren el producto, pasando por las personas que lo adquieren en forma directa.

Las bodegas pequeñas y medianas por lo general, cubren una zona cercana a su situación geográfica y algunas de ellas cuentan con transporte ligero para dar servicio a su zona. Estos negocios, son capaces de embalar pacas de hasta 150 Kg., vendiendo la mayoría del material a las grandes bodegas y el resto lo venden directamente a los molinos. En su mayoría, cuentan con recursos que les permiten operar su propio equipo de transporte para recolectar desperdicios de bodegas pequeñas y de los grandes centros de generación, los cuales venden desperdicio directamente a los molinos.

Estas empresas, cuentan con equipo para embalar pacas hasta de 600 Kg. (Lasky L.B. 1980). En los tiraderos de basura del D.F. y zonas aledañas, se concesionan en algunos casos, la recolección de desperdicios. La clasificación del desperdicio, se lleva a cabo por medio de personal encargado de la selección. Los concesionarios, o municipios que operan el tiradero, venden el desperdicio del papel a las grandes bodegas o directamente a los molinos. En provincia, las prácticas de recolección son similares a las del Valle de México; la mayoría del material

recolectado. llega a la zona metropolitana mediante autotransportes; incluyendo, al ferrocarril (Lasky L.B. 1980).

Existen muchas fuentes generadoras de desperdicio local, siendo las más importantes las que se muestran en la Tabla I.1

TABLA I.1 FUENTES GENERADORAS LOCALES.

FUENTE GENERADORA	DESPERDICIO GENERADO
Plantas manufactureras Tiendas de departamentos Grandes almacenes Corrugadoras	Kraft
Obras en construcción Fábricas de bolsas y sacos	Bolsa
Empresas litográficas	Gris, viruta, revista y couché
Otras convertidoras de papel	Viruta, manila y couché
Centro de procesamiento de datos y bancos	Tarjeta tubular y archivo
Casas particulares, escuelas y editoras	Periódico
Empacadoras	Kraft
Oficinas	Archivos
Tiraderos de basura	Kraft, comercial y manila

(Lasky L.B. 1980).

La importancia de las fibras secundarias, se observa más claramente cuando se analiza su comportamiento histórico en los

últimos 5 años; de donde se obtiene que éstas han contribuido con más de la mitad de la materia prima para la fabricación de papel. Además de que dicha contribución, a aumentado de 56.6% en 1985 a 65.7% en 1989, lo que ha propiciado un aumento de la capacidad instalada de la industria en este ramo. (TABLA I.2)

TABLA I.2 PARTICIPACION RELATIVA DEL CONSUMO DE MATERIAS PRIMAS FIBROSAS EN LA PRODUCCION DEL PAPEL.

AÑOS	1985	1986	1987	1988	1989
MATERIAS PRIMAS	%	%	%	%	%
1. CELULOSA QUIMICA DE MADERA	28.3	27.3	25.9	24.1	19.4
2. CELULOSA QUIMICA DE PLANTAS ANUALES	9.2	8.5	8.0	9.1	8.9
3. PASTA MECANICA DE MADERA	5.4	5.6	4.9	5.1	5.9
4. OTRAS CELULOSAS	0.5	0.6	0.6	0.6	0.1
SUBTOTAL DE CELULOSAS	43.4	42.0	39.4	38.9	34.3
5. FIBRAS SECUNDARIAS	56.6	58.0	60.6	61.1	65.7
TOTAL	100.	100.0	100.0	100.0	100.0

Rebollar C.L. et al

Por otra parte, es necesario analizar las importaciones de los diferentes tipos de fibras de 1985 a 1989 como se observa en la TABLA 1.3. el ramo de la celulosa química de madera ha sufrido un decremento; en el rubro de la pasta mecánica las importaciones se conservan casi constantes, mientras que en las fibras secundarias las importaciones han tenido una sensible alza de un poco más del 10%. Este aumento, en un principio podría no parecer muy drástico, pero si tomamos en cuenta que en 1989 estas importaciones representaron el 47.6% de las fibras secundarias consumidas por la industria nacional, nos daremos cuenta que es urgente ampliar las fuentes de recolección de papel y cartón, además de hacer más eficiente su recolección.

TABLA 1.3 PARTICIPACION RELATIVA DE LA IMPORTACION DE  
CELULOSA, PASTAS Y FIBRAS SECUNDARIAS.

TIPOS	AÑOS	1985	1986	1987	1988	1989
CELULOSA QUIMICA		30.0	28.5	35.7	26.2	20.9
PASTA MECANICA DE MADERA		4.5	3.0	2.1	3.7	3.2
FIBRAS SECUNDARIAS		65.5	68.5	62.2	70.1	75.9
TOTAL		100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Rebollar C.L. et al.

## 1.2 EL PROBLEMA

Uno de los problemas que enfrenta la industria del papel es la disposición de los residuos sólidos generados en sus efluentes, ya que éstos pueden causar acumulación de materiales por sedimentación en los cuerpos receptores de agua, afectando la población de los organismos que viven en el fondo. Lo que da lugar a una degradación aerobia o anaerobia del material sedimentado en el caso de la materia orgánica. De lo cual se derivan diversos cambios físicos y químicos en la composición del cuerpo receptor, produciendo efectos adversos en la vida acuática y por ende a la cadena alimenticia del lugar.

El residuo sólido proviene de una fábrica de papel tissue, la cual utiliza como materia prima, fibras secundarias y celulosa virgen. Las fibras secundarias usadas, provienen de revistas y de papel de oficina. La planta tiene un sistema de flotación con aire disuelto, con objeto de disminuir la carga de sólidos suspendidos presentes en los efluentes del proceso, este sistema tiene dos efluentes, por uno sale el agua blanca y por el otro los sólidos suspendidos, que son el tema de estudio.

Con objeto de eliminar una proporción alta de agua, los sólidos flotados se pasan por un filtro prensa, del cual salen entre 25 y 30 toneladas diarias de residuos sólidos, los que se retiran de la planta mediante camiones de volteo. Los sólidos se transportan a un relleno sanitario que se encuentra ubicado

cerca de la planta; esto último, representa un gasto para la empresa, minando así las utilidades de ésta.

Por otro lado, las empresas que fabrican cartón y papel usando como materia prima fibras secundarias, se encuentran con el problema de la poca disponibilidad de lugares, en donde se puedan hacer rellenos sanitarios, lo que ha motivado a la industria a realizar estudios, sobre otras formas de eliminar los residuos que salen del filtro prensa.

Para sugerir alguna buena disposición y aplicación de estos residuos sólidos, es necesario primero conocer su composición; esto es, realizar la caracterización de los residuos, para después elaborar un estudio de los posibles métodos de disposición y proponer algunas aplicaciones prácticas.

### 1.3 OBJETIVOS

Destacar la importancia de la industria del papel y en particular de aquellas que utilizan fibras secundarias como materia prima.

Llevar a cabo una investigación sobre la evolución del papel y sus antecesores hasta nuestros días.



Caracterizar mediante pruebas físicas y químicas, los residuos sólidos provenientes de una fábrica que elabora papel, partiendo de fibras secundarias como materia prima.

Realizar un análisis estadístico sobre cada uno de los parámetros caracterizados.

Proponer posibles aplicaciones de los residuos sólidos, generados en las fábricas que producen papel "tissue", en base a los resultados obtenidos en la caracterización.

## CAPITULO II

### REVISION BIBLIOGRAFICA

#### 2.1 HISTORIA DEL PAPEL

El hombre, desde tiempos inmemoriales, se preocupó por dejar testimonio de sus pensamientos y lo acontecido, a fin de reternerlos para futuras generaciones. muestra de esto son las pinturas rupestres como las de Altamira en España y otras. Cuando fueron surgiendo las grandes civilizaciones brotó en ellas la necesidad no solo de trasmitir su historia sino también la de llevar una contabilidad de sus bienes y sus habitantes, con el fin de poder ejercer un control estricto sobre sus subordinados. Para lo cual, cada pueblo fué ideando diversos elementos para poder retener ésta en una forma segura y fácil. Entre estos elementos podemos encontrar las paredes de sus templos (Egipto), las tablillas (los Israelitas), las pieles, las telas, etc.

Pero no fué sino el tiempo y la creatividad del hombre las que encontraron el elemento idoneo sobre el cual plasmar sus pensamientos y emociones. Debido a ésto es de interés conocer un poco de ésta historia donde el papel ocupa "el papel principal", el cual se puede ver y sentir en éste momento.

En el medio cultural de la China, el material que más se empleó fueron las tablillas de madera. En el año 213 a. C. y durante los siguientes 3 siglos y hasta la invención del papel, se utilizó la seda.

En la esfera cultural de Asiria-Babilonia, aparecen piezas de barro, en las que se marcaba la escritura cuneiforme. Pero de los materiales utilizados hubo dos, que se han conservado hasta el presente: El papiro y el pergamino. Del primero el papel recibió su nombre.

El papiro quizá fué elaborado por los egipcios desde el año 3500 a. C. En Grecia se introdujo en el siglo VII. Para su elaboración emplearon el *Cyperus Papyrus* de la familia de las ciperáceas, planta similar a un junco que abundaba a lo largo del río Nilo.

La escasez periódica que se hacía sentir del papiro, condujo a la invención del pergamino, que fabricaban a partir de animales que sacrificaban a los dioses, prepararon las pieles secas que

frotaron con greda a fin de impartirles una superficie adecuada para escribir.

Fue en el año 105 a. C. que se da la invención del papel en la provincia de Honan en China por el señor Ts'ai Lun, a quien se le atribuye la invención la cual, estuvo celosamente guardada por los chinos durante 6 siglos.

El descubrimiento consistió en el empleo de materiales fibrosos, tales como el lino, el bambú, la corteza liberiana de algunos arbustos, y otros, que reducidos a pulpa, podían ser ventajosamente utilizados para elaborar papel.

El papel llegó a Corea aproximadamente en el año 600 a. C. y poco tiempo después, en el año 610 al Japón. En cuanto al camino que el papel tomó hacia el occidente, Swen Hedin y Aurel Stein, descubrieron por una casualidad, en 1901 y 1907 respectivamente, el camino que el papel tomó desde China a Samarkanda. En el año 793 ya aparece en Bagdad.

La elaboración del papel llegó a Europa por dos caminos, uno a través del mediterráneo: Por Marruecos al sur de España, el otro desde Egipto a Sicilia. Pero, no fue hasta el año 1150, cuando el papel se fabricó por primera vez en Europa en Xativa, España.

En Italia se introduce el papel unos 120 años después, en 1276 en Montefañó, de modo que llega a la esfera cultural Germano-Romana a fines del siglo XIII.

El primer molino de papel se instaló en Alemania en 1336, en Francia en 1350, en 1576 en Moscú y en 1698 en Oslo. En el año 1799 el mecánico Louis Robert obtiene una patente por una máquina para elaborar papel, que el inglés Donkin utilizó para la construcción de la primera máquina capaz de fabricarlo en forma continua y que los hermanos Fourdrinier ponen en operación en 1804 en el poblado de Hertfordshire, siendo ésta el prototipo de las que hoy llevan su nombre.

La necesidad de producir papel en mayores cantidades y la falta de materia prima, ya que la entonces empleada era desperdicio textil y trapos, no cubrían las necesidades.

Alrededor de 1800, Matthias Koops logró elaborar pulpa partiendo de paja.

En 1844 el tejedor Keller, de Sajonia concibe la idea de producir un nuevo material derivado de la desfibración mecánica de la madera en el molino ideado por él.

Pero fué el constructor de máquinas Volter, el que tuvo la posibilidad para desarrollar la idea e introducir de un golpe la

madera como nueva materia prima. Pero tenía una limitación, no podía impartirle por sí sola la resistencia necesaria al papel y se requirieron de algunas décadas más para encontrar una solución: mediante procesos químicos se logró separar los componentes incrustantes, siendo Burgess y Watt quienes en 1851 desarrollaron el proceso de la sosa.

A el alemán Mitscherlich le corresponde haber hecho las investigaciones básicas que fructificaron en 1874, cuando se produjo, por primera vez la celulosa al sulfito (ácido); C.F. Dahl de Danzing, Alemania, recibe en 1884 una patente por el proceso al sulfato (alcalino), comúnmente conocido por el Kraft.

En México, el papel se empleó extensamente en muchas de las ceremonias de carácter religioso y ritual, así como en la confección de manuscritos y libros, en los que por medio de la escritura figurativa y simbólica, registraban los acontecimientos cronológicos, astrológicos, astronómicos, religiosos, genealógicos, fiscales y todo aquello de importancia histórica.

No se tienen noticias exactas de cuando los mayas comenzaron a elaborar papel que llamaban hunn- y muy poco se sabe acerca de la fecha en que éste materia -amatl para los aztecas y ziranda para los tarascos, comenzó a usarse entre los pueblos que habitaron la parte meridional de México. Los toltecas ya lo

conocían desde tiempos muy remotos, pues en lo que toca a su mitología, ya encontramos mención de la palabra papel.

Mucha gente debió haberse ocupado en la manufactura del papel que se empleó para satisfacer múltiples y variados usos. Fue objeto de tributo -anual y semestral a los reinos de México, Texcoco y Tlacopan, también se permutó y vendió en los mercados.

Según la Matrícula de Tributos del Código Mendocino, anualmente entregaban a Moctezuma II (Xocoyotzin) cuatrocientos ochenta mil hojas de papel, parte en atados y parte en rollos, que se elaboraban en Amacoztitlan (hoy Amacuzac), y en Itzamtitlan, lugar donde se produce el papel de amate que tiene las hojas en forma de navajas.

Aparte de los dos poblados que ya mencionamos, se citan sólo unos cuantos más: Amatitan, Amatitlan y Amayuca, donde se hace papel; Amazonco, lugar de fibras de papel; Amecameca, lugar donde visten túnicas de papel. Y en el área maya, está Yoksachuun, sobre el papel blanco y Excachache, que significa donde alisan los bragueros blancos de corteza. Respecto de estos dos últimos nombres, en Yucatán el uso del papel debe atribuirse a culturas antiquísimas, ya que a Itzama, personaje legendario que perteneció a la mitología maya y Dios de la literatura, se le atribuye haber puesto nombre a todos los pueblos de la península.

Los Cronistas, relatan que para la elaboración del papel, los mayas y los mexicanos utilizaron diversas fibras como: cierta delgada corteza interior de los árboles que se cría debajo de la corteza superior; de las raíces de un árbol; de árboles que llaman amatl; del amaquahuitl que es árbol del papel; del metl (maguey); de la palma y, finalmente hacían uso del llamado papel "de gusano", del tejido que forma la Eucheria socialis para elaborar su capullo, especialmente en el madroño (Arbustus Jalapensis).

El papel de amatl continúa elaborándose siguiendo la técnica primitiva en San Pablito, Puebla, y en otros poblados de esa región huasteca.

Si el papel se introdujo a España por los árabes en 1150, no fué sino hasta 1580 o poco antes cuando en México se instaló el primer molino en el pueblo de Culhuacán, como lo refiere la relación del corregidor Gonzalo Gallegos, del 17 de enero.

Transcurrieron, pues, seiscientos años hasta que la invención de Ts'ai Lun penetrase en la esfera cultural árabe; otros seiscientos años se requirieron para que los europeos tuvieran conocimiento del papel, y nuevamente se necesitó de un lapso de seiscientos años, para que éste adquiriera la importancia que tiene actualmente.



Los cambios que se manifestaron en la industria a partir de principios del presente siglo son enormes, pero casi todos se refieren a desarrollos técnicos que aceleradamente han acortado el tiempo y el espacio. Las materias primas y los métodos empleados para obtener la pasta mecánica y las celulosas de madera, siguen siendo más o menos los mismos. ( Hanz Lenz 1975 ).

Nota : Al investigar en fuentes alternas muy poco variaban de lo escrito anteriormente.

## CAPITULO I I I

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA

Se tomaron 31 muestras a la salida de las prensas durante un periodo de diez semanas (una muestra al día). Las muestras se empacaron en bolsas de polietileno y se transportaron desde la ciudad de Tlaxéala a la Ciudad Universitaria en el D.F., en camiones que la empresa utilizaba para fletar sus productos.

Una vez que las bolsas de polietileno llegaron a instalaciones de la D.E.P.F.I. estas se guardaron en el refrigerador.

Debido a las limitaciones anteriores en cuanto a la transportación de la muestra se observó que:

-Algunas bolsas (5 o 6) se rompieron durante su transportación y así la muestra perdió algo de humedad.

-Por viajar las bolsas en una sola posición el agua de la muestra se asentó en la parte baja de la bolsa y por lo tanto la muestra perdió su homogeneidad.

Para homogenizar las muestras se vierte su contenido en una cubeta y se mezcla perfectamente, se toman pequeñas porciones hasta completar un vaso de precipitado de 500 ml suficiente para llevar a cabo los análisis requeridos.

### 3.2 DETERMINACIONES REALIZADAS

#### 3.2.1 Crisoles a peso constante

Materiales y aparatos.

- Crisoles.
- Trapo.
- Una mufla.
- Pinzas para crisoles.
- Un desecador.
- Estufa graduada a 100°C.

Procedimiento.

- Lavar los crisoles perfectamente con agua y jabón, retirar el exceso de agua con un trapo seco.
- Colocarlos en la mufla y graduarla a la temperatura

que indique la técnica.

-Mantener la mufla a la temperatura indicada durante 15 minutos, apagar la mufla y esperar a que los crisoles disminuyan su temperatura aproximadamente unos 30 minutos, Pasarlos a la estufa previamente graduada a 100°C durante 15 minutos.

-Colocar los crisoles en el desecador, durante una hora y media.

-Retirar los crisoles al desecador y pesarlos (PESO A) en la balanza analítica (tratando de que ésta operación sea lo más rápido posible), regresar los crisoles al desecador. (Orozco F. 1983)

### 3.2.2 Determinación de la humedad

#### Materiales y aparatos.

-Dos crisoles previamente puestos a peso constante a 650°C.

-Balanza analítica.

-Estufa graduada a 103°C.

-Un desecador.

-Pinzas para crisoles.

NOTA : TODAS LAS LITERALES QUE APARECEN ENTRE PARENTESIS SON VARIABLES UTILIZADAS EN LOS CALCULOS, A EXCEPCION DE LAS FORMULAS QUIMICAS.

### Procedimiento.

- En dos crisoles a peso constante, pesar aproximadamente 10 gramos de la muestra en la balanza analítica (PESO H).
- Introducir los crisoles con la muestra a la estufa durante 24 horas.
- Extraer las muestras de la estufa y colocarlas en el desecador durante 1 hora.
- Retirar los crisoles del desecador y pesarlos en la balanza analítica (PESO B).
- Colocarlos nuevamente en el desecador. (APHA et al. 1985)

### Cálculos.

$$\% \text{ HUMEDAD} = \frac{\text{PESO H} - (\text{PESO B} - \text{PESO A})}{\text{PESO A}} \cdot 100$$

### 3.2.3 Determinación de inorgánicos en la mufla (+)

#### Materiales y aparatos

- Un crisol y muestra seca de la técnica 3.2.2
- Un desecador.
- Mufla graduada a 650° C.

-Un desecador.

-Balanza analítica.

#### Procedimiento.

-Sacar una de las dos muestras del desecador.

-Colocar la muestra en la mufla y dejar la muestra 15 minutos a la temperatura graduada.

-Apagar la mufla y esperar a que el crisol baje de temperatura aproximadamente 30 minutos.

-Se pasa al desecador y se deja que se termine de enfriar durante 1 hora.

-Pesar el crisol con las cenizas en la balanza analítica (PESO C). (Castillo C. L. et al. 1990).

#### Cálculos.

$$\% \text{ CENIZAS} = \frac{\text{PESO C} - \text{PESO A}}{\text{PESO B} - \text{PESO A}} * 100$$

### 3.2.4 Determinación de la densidad de las muestras húmedas y secas

#### Materiales y aparatos.

- Un vaso de precipitado de 125 ml.
- Pinzas para crisol.
- Probeta de 200 ml.
- Estufa graduada a 103°C.

#### Procedimiento.

- Colocar un vaso de precipitado en la estufa a 100°C, durante 1 hora
- Retirarlo de la estufa y traspasarlo al desecador durante una hora.
- Pesarlo (PESO V), y colocar en éste muestra húmeda previamente homogenizada
- Tener cuidado de no comprimirlo demasiado.
- Pesar en la balanza analítica el vaso con la muestra (PESO VH).
- Secar ésta muestra en la estufa a 103°C durante 24 horas.
- Retirar la muestra de la estufa y colocarla en el desecador durante una hora.
- Remover el residuo sólido del vaso (queda en forma de un cilindro).

- Pesar el residuo sólido (PESO VS)
- Lavar el vaso, con una probeta graduada medir el volúmen del vaso (VOLUMEN H).
- Medir el diámetro (D) del cilindro sólido y su altura (H).

Cálculos.

Volúmen del cilindro sólido seco (VOLUMEN SS).

$$\text{VOLUMEN SS} = 3.1416 * \left[ \frac{D}{2} \right]^2$$

DENSIDAD DE LA MUESTRA HUMEDA (DEN H).

$$\text{DEN H} = \frac{\text{PESO VH} - \text{PESO V}}{\text{VOLUMEN H}}$$

DENSIDAD DE LA MUESTRA SECA (DEN S).

$$\text{DEN S} = \frac{\text{PESO VS}}{\text{VOLUMEN SS}}$$



3.2.5 Determinación del calor de combustión de los  
residuos sólidos

Materiales aparatos y reactivos.

- 1 Calorímetro de volumen constante con bomba de oxígeno,  
unidad de ignición y accesorios
- 1 Bureta de 50 ml.
- 1 Soporte para bureta
- 1 Matraz aforado de 2000 ml.
- 1 Pipeta volumétrica de 1 ml.
- 1 Matraz de 250 ml.
- 1 Cronómetro.
- 1 Prensa pastilladora.
- 1 Broca de 1.5 mm. de diámetro.
- 1 Espátula.
- 1 Botella de plástico
- 1 Tanque con gas oxígeno.
- 1 Lote de alambre de ignición (cromo-níquel), se requieren  
10 cm. por muestra.
- 1 Frasco del reactivo indicador de anaranjado de metilo.
- 1 Frasco de solución de carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 0.0725 N.
- 1 Frasco de ácido benzoico.
- 3 litros de agua desionizada.

## Procedimiento

Con una de las muestras secas de la técnica 3.2.2 se procede de la siguiente forma:

- 1) Pasar los sólidos del crisol a un mortero donde se muelen con el objeto de que los sólidos puedan ser manejables.
- 2) Verter los sólidos dentro del contenedor de la prensa pastilladora y presionar fuertemente hasta obtener una pastilla tal que permita su manejo sin que llegue a fracturarse.
- 3) Pesar la pastilla (PESO M).
- 4) Sostener la pastilla con el alambre.
- 5) Fijar la pastilla con el alambre a las puntas de los electrodos de la bomba, evitando en lo posible un falso contacto y cuidando que la pastilla no toque la cápsula protectora.
- 6) Colocar con una pipeta volumétrica dentro de la bomba un mililitro de agua destilada.
- 7) Ajustar la tapa de la bomba y apretar manualmente la tuerca anular.
- 8) En la operación de llenado de la bomba con oxígeno se realiza lo siguiente:
  - Conectar la línea de oxígeno a la bomba y cerrar la línea de desfogue.

- Abrir la válvula maestra.
  - Abrir la válvula de descarga con precaución hasta llegar a 25 atmósferas. Deben evitarse presiones mayores de 40 atm. ya que podría haber peligro de explosión.
  - Cerrar la válvula de descarga una vez alcanzada la presión deseada. Cerrar la válvula maestra y abrir la llave de purga.
  - Desconectar la bomba de la línea de oxígeno.
- 9) Preparación del baño de agua: Colocar la bomba dentro de la cubeta metálica.
- Conectar los electrodos ubicados en la tapa de la bomba a los cables de suministro de la corriente eléctrica (la intensidad de la corriente a través del alambre de ignición es de 4 amp. aproximadamente con un voltaje de 18 volts que es suficiente para iniciar la combustión de la pastilla.
  - Medir 2 litros de agua desionizada en el matraz aforado y vertirlos en la cubeta (tanto el agua como el equipo a utilizar deben colocarse en el lugar de trabajo por lo menos 2 horas antes del inicio de la prueba, con el objeto de alcanzar su equilibrio térmico). Se recomienda una temperatura de 25 C.
  - Si se observan burbujas en la tapa de la bomba, esta se saca de la cubeta y se seca para liberar el oxígeno usando la válvula de descarga. Repetir la operación de llenado con oxígeno.

-Cerrar lentamente la tapa del calorímetro asegurandose que tanto el agitador como el termómetro queden dentro de la cubeta que contiene a la bomba. Colocar una lente de aumento en el termómetro para hacer las lecturas correspondientes.

- 10) Accionar el motor del agitador y conectar los electrodos de la bomba a la fuente de poder y ésta al suministro de corriente de 125 volts.
- 11) Comenzar a leer la temperatura del baño de agua cada minuto durante los cinco minutos iniciales.
- 12) Al iniciar el sexto minuto oprimir el botón de encendido de la fuente de poder. El operador deberá permanecer alejado del calorímetro durante 15 segundos después del encendido para su propia seguridad.
- 13) A partir de ese momento, determinar la temperatura cada treinta segundos hasta obtener un valor máximo.
- 14) Continuar la lectura de la temperatura por lo menos hasta cinco minutos después de alcanzar su valor máximo.
- 15) Desconectar el agitador y la fuente de poder.
- 16) Retirar el lente de aumento, el termómetro, desconectar los electrodos y sacar la bomba de la cubeta.  
Dejar pasar 10 min. para que se absorban los gases de azufre y ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) en el agua.
- 17) Eliminar los gases contenidos en la bomba abriendo lentamente la válvula de descarga.

- 18) Retirar la rosca anular manualmente y destapar la bomba.
- 19) Observar los residuos de materia inorgánica. "No deben existir residuos de la muestra original", si esto sucede deberá eliminarse la corrida.
- 20) Lavar la bomba con agua destilada hasta que no existan vestigios de ácido (esto se observa lavando con agua que contenga indicador anaranjado de metilo).
- 21) Para determinar la cantidad de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) producido durante la prueba, se vierte el agua en un matraz de 250 ml. agregando unas gotas de anaranjado de metilo y esta solución se titula con carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 0.0725 N hasta el vire se anotan los ml. gastados (C1), no tirar la solución ya que se usara en la siguiente técnica.
- 22) Medir los residuos de alambre en cm. (C3) consumidos así como la cantidad de materia inorgánica.

#### 3.2.5.1 Determinación de inorgánicos en la calorimetría

##### Materiales y aparatos.

- Un crisol a peso constante
- Pinzas para crisol.
- Estufa graduada a  $103^\circ\text{C}$ .
- Desecador
- Balanza analítica.

#### Procedimiento.

- Retirar los residuos sólidos de la capsula protectora del calorimetro y pasarlos al crisol.
- Introducir el crisol a la estufa para quitarles el exceso de humedad durante 1 hora.
- Remover el crisol con las pinzas y meterlo al desecador a que enfrie durante 1 hora.
  
- Retirar el crisol con las pinzas del desecador y pesarlo en la balanza analitica (PESO R).

#### Calculos

$$\% \text{ INORGANICOS} = \frac{\text{PESO R}}{\text{PESO M}} * 100$$

#### 3.2.5.2 Determinación de azufre en los gases de combustion

##### Materiales, equipo y reactivos.

- 3 Pipetas de 10 ml.
- 2 Vasos de precipitado de 250 ml.
- 1 Vaso de precipitado de 500 ml.
- 1 Embudo de cola larga.
- 1 Crisol.

- 1 Pinzas para crisol.
- 1 Anillo metalico.
- 1 Soporte para bureta.
- 1 Papel filtro de filtración rapida.
- 1 Papel filtro analitico.
- 1 Parrilla de calentamiento controlado.
- 1 Mufia graduada a 950°C
- 1 Estufa graduada a 100°C.
- 1 balanza analitica.
- Hidróxido de amonio.
- Acido clorhidrico.
- Agua de bromo saturada. (disolver 11 ml de bromo liq. en 1 lit. de agua realizar esta operación en la campana).
- Cloruro de bario ( $BaCl_2$ ).

#### Procedimiento

- Calentar 250 ml. agua destilada.
- A la solución titulada de la técnica 3.2.5 se agregan 10 ml. de hidroxido de amonio  $NH_3(aq)$
- Calentar el matraz hasta ebullición
- Filtrar con papel de filtración rapida.
- Recolectar el filtrado en un vaso de precipitado de 500 ml.
- Lavar con agua destilada caliente; hasta recolectar aproximadamente 250 ml.

- Neutralizar con ácido clorhídrico (HCl) agregando 2 ml. en exceso.
- Agregar 10 ml de agua de bromo saturada.
- Evaporar en la parrilla hasta concentrar hasta 200 ml.
- Mantener a ebullición constante y agregar 10 ml. de una solución de cloruro de bario ( $BaCl_2$ ) al 10%.
- Mantener la ebullición para concentrar a 75 ml.
- Dejar enfriar por 1 hr tapando el vaso de precipitado.
- Filtrar con papel analítico utilizando agua tibia para bajar los residuos sólidos del vaso de precipitado.
- Transpasar el papel y el precipitado a un crisol previamente tarado.
- Introducir el crisol en la estufa a  $50^{\circ}C$  para que seque el papel y los residuos.
- Retirar y colocar el crisol en la mufla, calentar lentamente hasta  $925^{\circ}C$  durante 20 minutos.
- Esperar 30 min. a que se enfrie el crisol
- Mantenerlo en el desecador por una hora
- Pesar el crisol (PESO Ba).

Calculos

$$\% \text{ AZUFRE} = \frac{(\text{PESO Ba} - \text{PESO A})}{\text{PESO M}} \cdot 13.734$$



### 3.2.5.3 Normalización del calorímetro.

El procedimiento de normalización del calorímetro es exactamente igual que el descrito en la técnica 3.2.5 con la única variante que en lugar de una muestra de residuos sólidos, se utiliza una muestra de ácido benzoico de poder calorífico conocido, la pastilla de esta sustancia debe pesar entre 0.9 y 1.25 gr.

#### Cálculos

los datos necesarios para éste cálculo son:

- H: Calor de combustión del ácido benzoico normalizado usado
- m: masa del ácido benzoico en gr.
- a: tiempo al que se inicia la ignición.
- b: tiempo en que se alcanza el 60% del incremento total de la temperatura.
- c: tiempo en que se alcanza el máximo valor de temperatura y se vuelve constante.
- ca: centímetros de alambre de ignición consumidos durante la combustión.
- ca: mililitros de solución de Alcali utilizados en la titulación.
- tc: valor de la temperatura al inicio de la prueba.
- ta: valor máximo de la temperatura.

- $r_1$ : tasa de incremento de la temperatura durante los cinco minutos iniciales antes de la ignición.
- $r_2$ : tasa de decremento durante los cinco minutos después de haber alcanzado el valor máximo.
- $t$ : temperatura total corregida en grados centígrados

Correcciones termoquímicas

- $e_1$ : corrección por el calor de formación del ácido nítrico  
 =  $(c_1)(1 \text{ cal/ml})$ , si la solución es 0.0709 N.
- $e_2$ : corrección por el calor de combustión del alambre de ignición consumido.  
 =  $(2.7) (c_3)$
- $W$ : energía equivalente del calorímetro en calorías por grado Centígrado.

$$t = t_c - t_a - r_1 (b - a) - r_2 (c - b)$$

$$W = \frac{H \cdot m + e_1 + e_2}{t}$$

El fabricante del aparato da un valor de  $W = (2420 \pm 10) \frac{\text{cal}}{^\circ\text{C}}$

## Cálculos

Una vez determinado el % de azufre en la muestra y el factor de energía equivalente (W), se está en la posibilidad de conocer el poder calorífico de la muestra. Gran parte de los datos ya se han explicado en la técnica 3.2.5.3 por lo que solo faltaría especificar los siguientes:

$c_2$  = porcentaje de azufre determinada en la técnica 3.2.5.2 .

Correcciones termoquímicas.

$e_2$  = corrección en calorías por la formación de ácido sulfurico.

$e_3$  = (13.7) ( $c_2$ ) (m).

Hg: calor de combustión en calorías por gramo.

$$Hg = \frac{t \cdot W - e_1 - e_2 - e_3}{m}$$

### 3.2.5.4 Eficiencia de combustión

Para determinar éste parámetro se supone que la combustión de las muestras en la técnica 3.2.3 es total es decir se consume toda la materia orgánica quedando por lo tanto

solo materia inorgánica, debido a lo cual la eficiencia de la combustión en la técnica 3.2.5 se puede determinar por la razón del porcentaje entre los inorgánicos determinados en la técnica 3.2.5.1 y los inorgánicos de la técnica 3.2.3, en otras palabras. ( Parr Instrument Company, 1970, Castillo C. L. et al 1990)

$$\% \text{ EFICIENCIA} = \frac{\% \text{ DE INORGANICOS } *}{\% \text{ DE INORGANICOS } +}$$

### 3.2.6 Digestión de las cenizas

Materiales aparatos y reactivos.

- Las cenizas de la técnica 3.2.3 .
- Ácido nítrico puro.
- Ácido nítrico 1:1 (500 ml de agua destilada en 500 ml de ácido nítrico puro).
- Ácido perclórico.
- Dos vasos de precipitado de 150 ml.
- Un embudo de cola larga.
- Un soporte de bureta.
- Un matraz aforado de 100 ml.
- Parrilla eléctrica .
- Balanza analítica
- Un frasco de plástico de 100 ml (previamente lavado con ac.nítrico 1:1).
- Papel filtro analítico.

Procedimiento.

-Pesar 0.25 gr. de la muestra pulverizada en la balanza analítica (PESO M).

-Vaciar la muestra en el vaso de precipitado.

-Agregarle 10 ml. de ácido nítrico concentrado y puro.

-Evaporar de 4 a 5 ml. de ac.perclórico (tener cuidado que la muestra no contenga materia orgánica ya que la reacción con ella es violenta "explosiva").

-Dejar enfriar durante 5 minutos.

-Agregar 10 ml de ac.nítrico 1:1 .

-La solución se pone a digerir hasta que aparece el primer vapor blanco (no calentar más ya que pueden eliminarse el arsénico y el plomo presentes) puede aparecer una papilla blanca, verde o amarilla.

-Enfriar unos 10 min.

-Filtrar con el papel filtro analítico.

-Aforar a 100 ml (AFORO 1).

-Guardar la solución en el frasco de plástico bien tapado.  
(Díaz A. M<sup>a</sup>. G. 1986)

Nota: Todo el material utilizado debe ser lavado previamente con ac.nítrico 1:1.

todas las soluciones y agua utiliza debe ser preparadas con agua desionizada.

### 3.2.7 Determinación de fósforo

#### Materiales y reactivos.

- 10 Tubos Nessler.
- 2 Pipetas de 10 ml.
- 1 Pipeta volumétrica.
- 1 Frasco gotero con fenolftaleína.
- Molibdato de amonio.
- 1 Solución patrón de fosfatos de 5 ppm.
- Cloruro estannoso.
- 2 Celdas de vidrio.
- 1 Espectrofotómetro Beckman.

#### Procedimiento.

- Verificar que el espectrofotómetro tenga colocado el filtro de color rojo.
- Ajustarlo a 690 nm.
- Prender el espectrofotómetro y dejarlo calentar por lo menos 15 minutos.
- Preparar junto con la solución patrón varias disoluciones de ésta, para trazar la gráfica de transmitancia vs. concentración.
- Ajustar el cero mecánico con la perilla de encendido.
- Preparar un blanco con todos los reactivos que se indican

a continuación pero sin muestra y con éste se ajusta el espectrofotómetro a 100% de transmitancia.

Los siguientes pasos se realizan tanto con las disoluciones de la solución patrón como con las muestras digeridas.

- Medir 10 ml. de la muestra con la pipeta volumétrica (AFORO 1).
- Aforar a 100 ml en los tubos Nessler (AFORO 2).
- Agregar una gota de fenolftaleína y 4 ml. de molibdato de amonio.
- Contar 10 gotas de cloruro estano.
- Esperar 10 minutos
- Verter ésta solución en la celda de vidrio hasta la marca señalada.
- Colocar la celda en el espectrofotómetro.
- Leer en la escala del aparato la transmitancia.
- Una vez construida la gráfica % de transmitancia vs concentración leer directamente la concentración de la muestra en ppm. en la gráfica. (Fernandez V.G. 1990) (Manual del Spectrinic 20 cat 33)

Cálculos.

$$\% \text{ FOSFORO} = \text{Lectura de gráfica} \left| \frac{\mu\text{g}}{\text{ml.}} \right| \left| \frac{1010 \text{ } \mu\text{g}}{1 \text{ } \mu\text{g}} \right| \left| \frac{\text{Aforo 2}}{\text{Alicuota 2}} \right| \left| \frac{\text{Aforo 1}}{\text{Peso M}} \right|$$

$$\% \text{ FOSFORO} = \text{Lectura de gráfica} \left| \frac{\mu\text{g}}{\text{ml.}} \right| \cdot 0.004$$

### 3.2.8 Determinación de sodio y potasio

#### Materiales y aparatos.

- 1 Pipeta volumétrica de 5 ml.
- 1 Matraz aforado de 100 ml.
- 3 Tubos Nessler de 100 ml.
- 1 Matraz Erlenmeyer de 50 ml.
- 1 Solución patrón de 1 ppm de sodio.
- 1 Solución patrón de 1 ppm de potasio.
- 1 Bomba de vacío.
- 1 Flamómetro de la marca Corning con su carga de gas.

#### Procedimiento.

- Tomar 5 ml. de la solución patrón con la pipeta volumétrica.
- Verter en el matraz aforado y aforar a la marca.
- Con esta solución de 0.05 ppm. y los tubos Nessler preparar otras 2 soluciones a las siguientes concentraciones 0.025 ppm. y 0.0125 ppm.
- Usar el agua desionizada como blanco.



- Conectar la bomba de vacío y el tanque de gas al flamómetro.
- Prender la bomba de vacío.
- Prender el aparato con la perilla de encendido "power".
- Abrir la llave de gas del flamómetro.
- Colocar la palanca de combustible "fuel" en la posición de encendido "on".
- Presionar el botón de ignición.
- Seleccionar el filtro según el metal a determinar.
- Esperar 15 minutos.
- Introducir la manguera succionadora en el blanco y ajustar a cero la aguja con la perilla de blanco "blank"
- Introducir la manguera succionadora en la solución de 0.05 ppm y ajustar la aguja con las perillas de ajuste grueso "coarse" y de ajuste fino "fine" al 100 %.
- Tomar las lecturas de las otras soluciones de 0.025 ppm. y 0.0125 ppm. sin mover las perillas.
- Hacer lo mismo que en el paso con las muestras problema.
- Trazar la gráfica de % vs concentración y leer directamente de ella la concentración en ppm. (Manual del flamómetro Cornic 400)

Nota : el procedimiento es el mismo para sodio y potasio.

Cálculos.

$$\% \text{ SODIO} = \text{Lectura de gráfica} \left| \frac{\mu\text{g}}{\text{ml.}} \right| \left| \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1 \mu\text{g}} \right| \left| \frac{\text{Aforo 2}}{\text{Alicuota 2}} \right| \left| \frac{\text{Aforo 1}}{\text{Peso M}} \right|$$

$$\% \text{ SODIO} = \text{Lectura de gráfica} \left| \frac{\mu\text{g}}{\text{ml.}} \right| * 0.004$$

$$\% \text{ POTASIO} = \text{Lectura de gráfica} \left| \frac{\mu\text{g}}{\text{ml.}} \right| \left| \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1 \mu\text{g}} \right| \left| \frac{\text{Aforo 2}}{\text{Alicuota 2}} \right| \left| \frac{\text{Aforo 1}}{\text{Peso M}} \right|$$

$$\% \text{ POTASIO} = \text{Lectura de gráfica} \left| \frac{\mu\text{g}}{\text{ml.}} \right| * 0.004$$

3.2.9 . Técnicas para preparar soluciones patrón de Cu, Cd, Pb, Cr, Se, Ca, Fe, Al Y Ag.

Materiales, aparatos y reactivos.

-Espectrofotómetro de absorción atómica marca Bekman con todos sus aditamentos y conexiones.

-1 Tanque de acetileno comercial.

-1 Tanque de óxido nítrico.

-1 Vaso de precipitado de 250 ml.

-1 Pipeta automática de 100  $\mu$ l.

- 1 Pipeta automática de 1000  $\mu$ l.
- 1 Solución de lantano al 10% (10 g de óxido de lantano (LaO) en 100 ml de agua desionizada).
- Mínimo 3 lt de agua desionizada.
- 1 Matraz aforado de 100 ml
- 4 Matraces aforados de 10 ml
- 500 ml de un blanco preparado como en la técnica 3.2.6 pero sin muestra.
- Preparar las soluciones patrón de acuerdo a las siguientes técnicas:

#### 3.2.9.1 Solución patrón de calcio para 500 ppm.

- A 1.249 g de  $\text{CaCO}_3$  (seco a 105 °C) se adiciona 50 ml de agua desionizada.
- Adicionar gota a gota aproximadamente 10 ml. de ácido clorhídrico para ayudar a la disolución completa.
- Aforar a 1 lt.con agua desionizada.

#### 3.2.9.2 Solución patrón de plata para 500 ppm.

- Disolver 0.787 gr. de  $\text{AgNO}_3$  en 50 ml de agua desionizada.
- Aforar a 1 lt.con  $\text{HNO}_3$  al 1%
- Almacenar la solución en una botella de vidrio ambar.

3.2.9.3 Solución patrón de aluminio para 1000 ppm.

- Disolver 1g de alambre de aluminio en una cantidad mínima de ácido clorhídrico 1:1.
- Adicionar una pequeña gota de mercurio como catalizador.
- Diluir a un litro.
- Filtrar la solución para eliminar el mercurio.

3.2.9.4 Solución patrón de cobre para 1000 ppm.

- Disolver 1.000 g de cobre en un volumen mínimo de  $\text{HNO}_3$  1:1.
- Aforar a un litro con ácido nítrico al 1% .

3.2.9.5 Solución patrón de cadmio para 1000 ppm.

- Disolver 1.000 g de metal cadmio en un volumen mínimo de HCl 1:1.
- Aforar a un litro con HCl al 1%.

3.2.9.6 Solución patrón de plomo para 1000 ppm.

-Disolver 1.598 g de  $Pb(NO_3)_2$  en un volumen mínimo de  $HNO_3$  al 1%.

-Aforar a un litro con  $HNO_3$  al 1%.

3.2.9.7 Solución patrón de cromo para 1000 ppm.

-Disolver 3.735 g de  $K_2CrO_4$  en un litro de agua desionizada.

3.2.9.8 Solución patrón de selenio para 1000 ppm.

-Disolver 1 g de selenio metálico en un volumen mínimo de  $HNO_3$  concentrado.

-Evaporar hasta sequedad completa.

-Adicionar 2 ml de agua.

-Evaporar hasta sequedad completa.

-Repetir ésta secuencia 2 o 3 veces.

-Disolver en HCl al 10%.

-Aforar a un litro con HCl al 10%.

3.2.9.9 Solución patrón de hierro para 1000 ppm.

-Disolver 1.000 g de hierro en 50 ml de  $\text{HNO}_3$  1:1.

-Aforar a un litro con  $\text{HNO}_3$  al 1%.

TABLA 3.1 CALIBRACION E INTERVALO DE TRABAJO "RANGO".

METAL	CALIBRACION		INTERVALO	
	PATRON $\mu\text{g/ml}$	ABSORBANCIA $\mu\text{g/ml}$	MAXIMO $\mu\text{g/ml}$	MINIMO $\mu\text{g/ml}$
Ca	4.0	0.20	5.0	0.08
Ag	4.0	0.3	4.0	0.06
Al	50.0	0.22	50.0	1.0
Cu	5.0	0.25	5.0	0.09
Cd	2.0	0.35	2.0	0.025
Pb	20.0	0.15	20.0	0.5
Cr	2.0	0.1	5.0	0.1
Se	20.0	0.17	50.0	0.5
Fe	5.0	0.18	5.0	0.12

Folleto del Espectrofotometro Perkin Elmer 560

TABLA 3.2 ESPECIFICACIONES PARA LA CALIBRACION  
DEL ESPECTROFOTOMETRO.

METAL	LONGITUD	ABERTURA	TIPO DE FLAMA
	(NM)	(SLIT)	
Ca	423	0.7	AIRE-ACETILENO
Ag	328	0.7	AIRE-ACETILENO
Al	309	0.7	OXIDO. NIT-ACET
Cu	325	0.7	AIRE-ACETILENO
Cd	229	0.7	AIRE-ACETILENO
Pb	283	0.7	AIRE-ACETILENO
Cr	358	0.7	AIRE-ACETILENO
Se	196	2.0	AIRE-ACETILENO
Fe	248	0.2	AIRE-ACETILENO

Folleto del Espectrofotometro Perkin Elmer 560

Procedimiento.

Este procedimiento es valido para todos los metales a menos que se especifique algo distinto.

- Preparar el patrón de calibración a la concentración indicada en la tabla 3.1.
- Encender el regulador y la caja de gases del espectrofotómetro.
- Fijar la lámpara específica del elemento a determinar su compartimiento.

- Revisar que todas las perillas del espectrofotómetro estén a la izquierda ("Lamp", "Gain", "Signal", "Mode", "Recorder", "BKGD", "Corr").
- La palanca de combustible "Fuel" se debe encontrar hacia abajo.
- La perilla seleccionadora de óxido nitroso y aire debe estar en la posición de apagado "off".
- Encender el espectrofotómetro girando la palanca de encendido "power" a la posición de encendido "on".
- Leer la longitud de onda del elemento a determinar de acuerdo a la tabla 3.2.
- Ajustar la longitud de onda con el botón de ajuste grueso.
- Ajustar la abertura espectral "slit" de acuerdo a la tabla 3.2.
- Leer la energía de la lámpara en la etiqueta de ésta indicada de forma continua.
- Con el botón de "Lamp" dar la energía necesaria a la lámpara teniendo sumo cuidado de no exceder de ésta energía ya que la lámpara podría sufrir una sobrecarga y dañarse.
- Esperar 5 minutos a que se estabilice la lámpara.
- Con la perilla de "Signal" pasar de la posición de "Lamp" a "Set-up".
- Con la perilla de "Gain" llevar la aguja más o menos a la mitad de la escala.



- Con la perilla de "Fine" ajustar la longitud de onda hasta obtener la máxima energía, esto se logra cuando la aguja llega a un valor máximo en la escala, a pesar de que al darle vuelta a la perilla a la derecha o a la izquierda no se obtiene otro máximo.
- En caso de que la aguja regrese bruscamente, volver a llevar ésta a la mitad con la perilla de "Gain" (ganancia).
- Para ajustar la posición de la lámpara girar los botones del sujetador de la lámpara hasta obtener la mayor energía en la escala.
- Reajustar con la perilla de "Gain".
- Revisar que el haz de luz pase exactamente encima de la línea del quemador.
- Colocar la perilla de la posición de "Set up" a la de Absorbancia.
- Colocar la manguera de succión en el vaso de precipitado con el blanco .
- En la caja de gases poner la perilla en la posición de "Air".
- Abrir la llave del gas o gases que se vayan a utilizar de acuerdo a la Tabla 3.2.
- Colocar la perilla de "Fuel" hacia arriba y la de aire- $N_2O$  en el gas a utilizar.
- Presionar el botón de encendido (ignición).

- Presionar el botón de AZ y esperar a que la lectura en la pantalla indique 0.000.
- Cambiar la manguera succionadora a la solución patrón para calibrar.
- Seleccionar el valor de absorbancia para dicho patrón de acuerdo a la tabla 3.1.
- presionar 2 veces la tecla Si
- Esperar hasta que en la pantalla se visualice el valor seleccionado de absorbancia.
- Programar el espectrofotómetro de acuerdo al número de lecturas y frecuencia que se deseen para cada muestra.
- Retirar la solución patrón y comenzar a hacer la lectura de las muestras.
- Si alguna de las muestras sobrepasa el límite superior de trabajo de la Tabla 3.1, se debe hacerse una dilución de ésta, y si queda por debajo reportar como no detectable (N.D).
- Una vez terminadas las lecturas apagar el gas.
- Girar la perilla de gases a la posición de apagado "off".
- Regresar todas a la perillas izquierda.
- Apagar el espectrofotómetro.
- Apagar la caja de gases.
- Apagar el regulador.

(Manual del Espectrofotómetro Perkin Elmer 560), (APHA 1985).

## CAPITULO IV

### TABLA DE RESULTADOS Y GRAFICAS

En este capítulo, se presentan los datos en tablas y gráficas de los resultados obtenidos para cada uno de los parámetros determinados en las 31 muestras.

En las tablas se encuentran todos los resultados condensados de cada una de las caracterizaciones. Los datos se dan en "porcentaje en peso". Al final de cada columna se encuentran los parámetros estadísticos (media y desviación estandar).

Los datos se graficaron de dos formas :

- a) Número de muestra contra el valor del parámetro.
- b) El valor medio de un intervalo contra la frecuencia que aparece.

TABLA 4.1 RESULTADOS DE LOS PORCENTAJES DE HUMEDAD, INORGANICOS

EFICIENCIA DE COMBUSTION Y EL CALOR DE COMBUSTION  
ANALIZADOS EN LAS MUESTRAS DE RESIDUOS SOLIDOS DE PAPEL

(MUESTRAS POR DUPLICADO PARA HUMEDAD)

No. DE MUESTRA	% HUMEDAD	% INORGANICOS *	% INORGANICOS *	EFICIENCIA DE COMBUSTION %	CALOR DE COMBUSTION (CAL/G)
1	66.144	59.081		91.468	1659.801
1	65.970		54.040		
2	68.230	58.571		89.608	1614.292
2	67.942		52.484		
3	67.706	53.711		89.407	1799.533
3	67.323		48.022		
4	72.412	49.230		93.895	1904.311
4	72.333		46.224		
5	75.401	54.870		94.740	1869.923
5	75.651		51.984		
6	70.535	54.967		94.516	1964.733
6	71.525		51.952		
7	70.282	53.309		98.788	1900.270
7	70.123		52.662		
8	66.328	57.863		95.613	1835.054
8	66.054		55.324		
9	67.416	54.051		95.257	1896.377
9	68.093		51.488		
10	68.350	53.551		99.508	1871.024
10	68.132		53.288		
11	69.041	55.687		97.021	1299.107
11	69.681		54.028		
12	73.008	58.246		81.012	1759.805
12	72.829		47.186		
13	63.939	58.512		98.489	1448.763
13	82.330		57.628		
14	71.264	56.777		92.943	1887.741
14	70.370		52.771		

NOTA: \* INORGANICOS OBTENIDOS POR CALCINACION EN LA MUPLA

\* INORGANICOS OBTENIDOS POR COMBUSTION EN EL CALORIMETRO

TABLA 4.1 CONTINUACION

No. DE MUESTRA	% HUMEDAD	% INORGANICOS *	% INORGANICOS *	EFICIENCIA DE COMBUSTION %	CALOR DE COMBUSTION (CAL/G)
15	70.174	55.267		97.850	1791.326
15	70.278		54.079		
16	70.811	56.931		97.753	1698.285
16	70.359		55.652		
17	67.010	49.648		95.838	1972.580
17	67.402		47.582		
18	69.297	49.636		96.587	1808.042
18	68.792		47.942		
19	68.257	50.135		97.110	2001.666
19	68.123		48.686		
20	69.486	56.581		92.456	1837.055
20	65.163		52.312		
21	67.833	57.453		90.952	1466.375
21	68.822		52.254		
22	64.948	54.752		98.462	1686.387
22	65.047		53.910		
23	66.181	53.903		100.277	1780.849
23	70.505		54.052		
24	66.319	53.406		95.670	1659.893
24	65.880		51.094		
25	66.891	54.122		90.738	1722.769
25	66.734		49.109		
26	66.356	57.795		90.722	1576.526
26	66.911		52.433		
27	66.051	60.539		88.975	1508.642
27	65.695		53.865		
28	68.405	61.498		90.831	1621.113
28	68.496		55.860		
29	70.303	59.251		87.609	1700.789
29	69.887		51.909		
30	68.675	57.600		91.916	1711.447
30	68.897		52.944		
31	70.377	55.574		94.470	1705.713
31	70.722		52.501		

ME DIA 67.833 55.565 52.105 93.886 1740.651

DESVIACION 2.476 5.255 2.801 5.547 160.362  
NORMAL DE MUESTRA

NOTA: \* INORGANICOS OBTENIDOS POR CALCINACION EN LA MUFLA  
\* INORGANICOS OBTENIDOS POR COMBUSTION EN EL CALORIMETRO

EN EL DIA QUE SE REALIZO LA CALORIMETRIA EL AMBIENTE  
ERA MUY HUMEDO POR LO QUE ES POSIBLE QUE LA MUESTRA ABSORBIERA  
HUMEDAD

**TABLA 4.2 RESULTADOS DE LA CONCENTRACION DE FOSFORO Y POTASIO  
 EN LAS CENIZAS DE LOS RESIDUOS SOLIDOS, AZUFRE PRESENTE  
 EN LOS GASES DE COMBUSTION.**

No. DE MUESTRA	PESO DE MUESTRA	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CONCENTRACION
		% AZUFRE (1)	% AZUFRE (2)	PROMEDIO	% FOSFORO	% SELENIO
		1E+1	1E+1	1E+1	1E+1	1E+1
1	0.9987	1.4439	1.4577	1.4508	0.0343	0.1440
2	0.9942	0.2487	0.2487	0.2487	0.0551	0.1440
3	0.9908	0.9149	0.8733	0.8941	0.0514	0.2760
4	1.0025	1.5344	1.8358	1.6851	0.0476	0.0960
5	0.9905	1.0815	1.4559	1.2687	0.0542	0.2320
6	0.9911	1.6352	1.8430	1.7391	0.0551	0.2880
7	0.9878	0.7508	0.8620	0.8064	0.0551	0.3920
8	1.0001	0.8926	2.1560	1.5243	0.0532	0.1920
9	0.9948	0.9326	0.9940	0.9733	0.0542	0.2040
10	1.1055	1.1802	1.0684	1.1243	0.0381	0.4320
11	1.0180	1.3626	1.5245	1.4436	0.0220	0.3600
12	1.0022	1.4800	0.9730	1.2265	0.0173	0.3440
13	1.0108	0.4076	0.6250	0.5163	0.0286	0.1920
14	1.0070	1.2002	0.9138	1.0570	0.0249	0.1160
15	1.0235	1.6505	0.9259	1.2882	0.0296	0.3840
16	1.0059	1.1059	0.8329	0.9694	0.0532	0.3520
17	0.9945	1.9886	0.9253	1.4570	0.0646	0.2560
18	1.0012	0.9328	0.7270	0.8289	0.0636	0.3720
19	0.9933	0.1659	0.7052	0.4335	0.0372	0.4320
20	1.0120	0.2850	0.3528	0.3189	0.0505	0.2280
21	1.0070	0.7092	0.6546	0.6819	0.0343	0.3240
22	0.9757	0.4445	0.4223	0.4434	0.0220	0.3760
23	1.0020	0.7950	0.4523	0.6236	0.0400	0.2800
24	1.0105	0.7067	0.6660	0.6864	0.0381	0.2400
25	1.0161	1.2976	0.5947	0.9461	0.0532	0.6360
26	0.9988	0.1238	0.6188	0.3713	0.0428	0.2640
27	0.9949	0.4832	0.4279	0.4555	0.0495	0.2360
28	0.9941	1.3263	0.4283	0.8773	0.0381	0.2360
29	1.0738	0.5883	0.6521	0.6203	0.0457	0.1560
30	1.0090	0.0000	0.4900	0.2450	0.0381	0.1840
31	0.9958	0.8827	0.9930	0.9379	0.0542	0.0960

**MEDIA** 0.9223 0.8936 0.9079 0.0428 0.2730

**DESVIACION NORMAL DE LA MUESTRA** 0.5141 0.4793 0.4392 0.0129 0.1201

TABLA 4.3 RESULTADOS DE LAS CONCENTRACIONES DE  
 POTASIO, SODIO, CALCIO, CROMO, HIERRO

No. DE MUESTRA	CONCENTRACION % POTASIO 1E+1	CONCENTRACION % SODIO 1E+1	CONCENTRACION % CALCIO 1E+1	CONCENTRACION % CROMO 1E+1	CONCENTRACION % HIERRO 1E+1
1	0.0054	0.0025	8.0	0.048	1.392
2	0.0020	0.0015	35.2	0.104	1.920
3	0.0019	0.0017	31.2	0.088	1.840
4	0.0023	0.0017	10.4	0.116	2.320
5	0.0025	0.0018	25.6	0.080	1.440
6	0.0019	0.0017	36.0	0.068	2.120
7	0.0029	0.0013	16.8	0.072	2.640
8	0.0029	0.0013	12.8	0.076	2.240
9	0.0040	0.0046	23.2	0.056	2.160
10	0.0025	0.0015	14.4	0.076	2.160
11	0.0021	0.0013	20.0	0.080	1.280
12	0.0048	0.0012	17.6	0.064	2.000
13	0.0031	0.0015	20.0	0.124	2.800
14	0.0027	0.0012	20.8	0.088	2.720
15	0.0029	0.0011	12.8	0.076	2.320
16	0.0027	0.0021	16.0	0.084	1.840
17	0.0025	0.0020	36.8	0.084	1.200
18	0.0021	0.0020	34.4	0.064	1.040
19	0.0021	0.0018	30.4	0.076	1.760
20	0.0023	0.0017	28.0	0.084	1.760
21	0.0017	0.0019	39.2	0.080	2.154
22	0.0021	0.0015	38.4	0.108	2.108
23	0.0021	0.0013	30.4	0.108	2.180
24	0.0019	0.0019	0.8	0.092	1.980
25	0.0017	0.0017	37.6	0.084	2.076
26	0.0017	0.0013	31.2	0.088	2.128
27	0.0019	0.0016	38.4	0.072	2.900
28	0.0013	0.0018	37.6	0.100	2.128
29	0.0015	0.0018	51.2	0.108	2.160
30	0.0015	0.0013	32.8	0.092	2.120
31	0.0017	0.0033	31.2	0.112	1.952

ME DIA	0.0024	0.0018	26.4	0.086	1.998
DESVIACION	0.0009	0.0007	11.7	0.018	0.414

TABLA 4.4 RESULTADOS DE LA CONCENTRACION DE

CORRE, PLOMO, ALUMINIO, PLATA, CADMIO.

No. DE MUESTRA	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CONCENTRACION	CONCENTRACION
	% CORRE	% PLOMO	% ALUMINIO	% PLATA	% CADMIO
	1E+1	1E+1	1E+1	1E+1	1E+1
1	0.000	0.08	1.176	N.D.	N.D.
2	0.592	0.16	1.904	N.D.	N.D.
3	0.192	0.12	1.968	N.D.	N.D.
4	0.212	0.00	2.564	N.D.	N.D.
5	0.244	0.08	1.972	N.D.	N.D.
6	0.444	0.00	1.892	N.D.	N.D.
7	0.204	0.08	2.032	N.D.	N.D.
8	0.708	0.08	2.296	N.D.	N.D.
9	0.212	0.08	2.444	N.D.	N.D.
10	0.260	0.20	2.496	N.D.	N.D.
11	0.160	0.12	2.288	N.D.	N.D.
12	0.956	0.24	2.228	N.D.	N.D.
13	0.500	0.16	3.388	N.D.	N.D.
14	0.074	0.12	2.352	N.D.	N.D.
15	0.340	0.08	2.240	N.D.	N.D.
16	0.396	0.08	2.204	N.D.	N.D.
17	0.428	0.12	1.820	N.D.	N.D.
18	0.376	0.16	1.828	N.D.	N.D.
19	0.400	0.08	1.568	N.D.	N.D.
20	0.404	0.08	1.640	N.D.	N.D.
21	0.360	0.16	1.352	N.D.	N.D.
22	0.468	0.24	1.200	N.D.	N.D.
23	0.216	0.08	1.344	N.D.	N.D.
24	0.216	0.12	0.000	N.D.	N.D.
25	0.200	0.08	1.296	N.D.	N.D.
26	0.180	0.00	1.160	N.D.	N.D.
27	0.320	0.08	1.112	N.D.	N.D.
28	0.356	0.12	1.476	N.D.	N.D.
29	0.620	0.24	1.148	N.D.	N.D.
30	0.296	0.00	1.440	N.D.	N.D.
31	0.256	0.08	1.068	N.D.	N.D.

MEDIA 0.335 0.107 1.771

DESVIACION NORMAL DE LA MUESTRA 0.186 0.07 0.639

N.D.: NO DETECTABLE



TABLA 4.3 RESULTADOS DE LAS DENSIDADES DE LAS MUESTRAS HUMEDAS  
 SECAS, CENIZAS DE MUFLA Y CENIZAS DEL CALORIMETRO

No.	PESO DE LA MUESTRA HUMEDA (G)	PESO DE LA MUESTRA SECA (G)	VOLUMEN INTERIOR DEL VASO (ML)	VOLUMEN DEL CILINDRO SECO (MUESTRA) (ML)	DENSIDAD DE LA MUESTRA HUMEDA (G/ML)	DENSIDAD DE LA MUESTRA SECA (G/ML)
28	69.1734	29.8595	59	24.44	1.172	0.853
29	78.9909	21.2101	58	22.78	1.224	0.931
27	72.7203	25.1283	59	26.86	1.239	0.936
31	72.6537	21.8221	63	26.86	1.153	0.812
30	65.8771	29.7499	54	23.12	1.220	0.897
19	70.7412	22.5004	52	28.95	1.360	0.777
18	68.786	21.5826	58	27.57	1.186	0.783
12	69.1952	22.835	58	27.57	1.192	0.799

MEDIA 1.218 0.849

DESVIACION NORMAL 0.068 0.070  
 DE LA MUESTRA

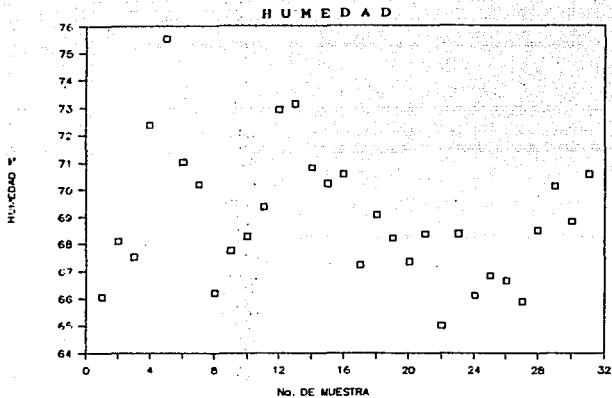
DENSIDAD  
 DE CENIZAS

MUFLA  
 (G/ML)

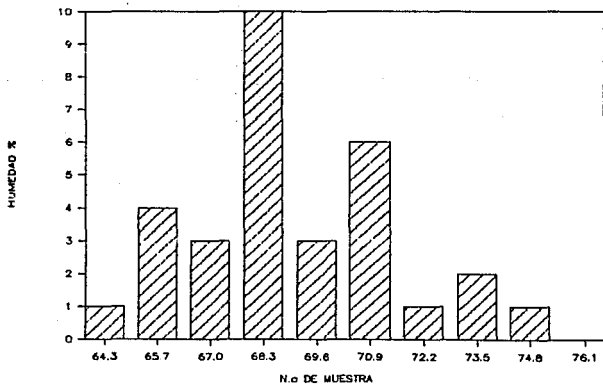
0.473  
 0.451

MEDIA 0.462

DESVIACION NORM 0.022  
 DE LA MUESTRA

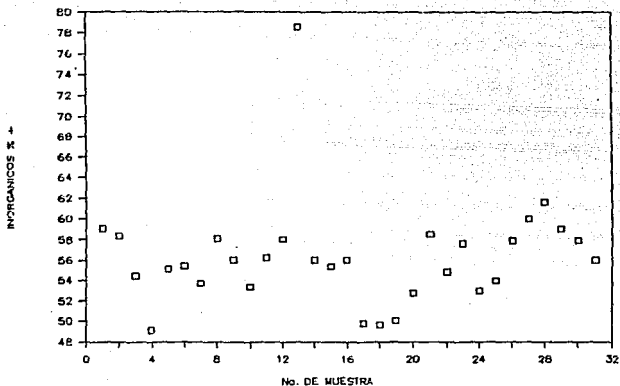


GRAFICA 4.1 (a) % DE HUMEDAD.

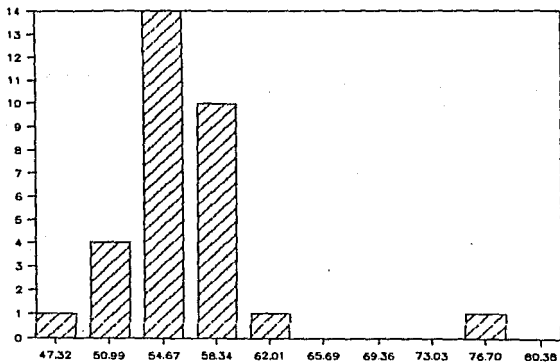


GRAFICA 4.1 (b) DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL % DE HUMEDAD.

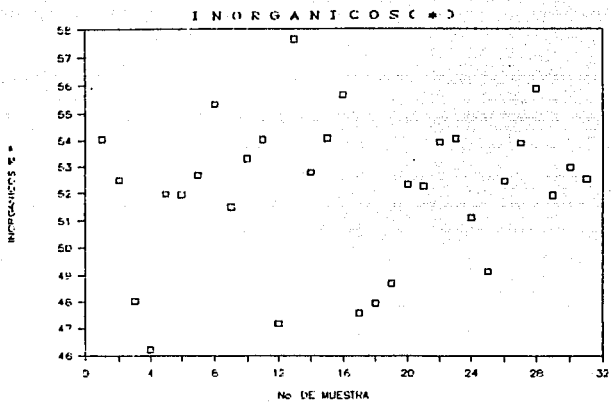
I N O R G A N I C O S ( + )



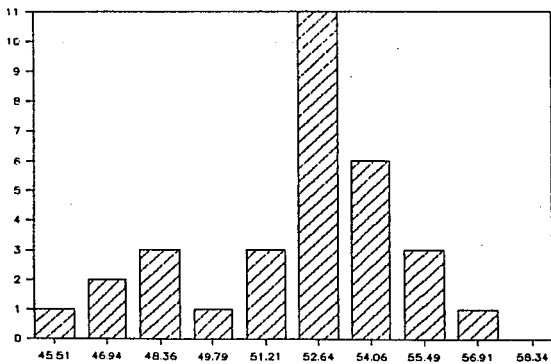
GRAFICA 4.2 (a) % DE INORGANICOS ( + ).



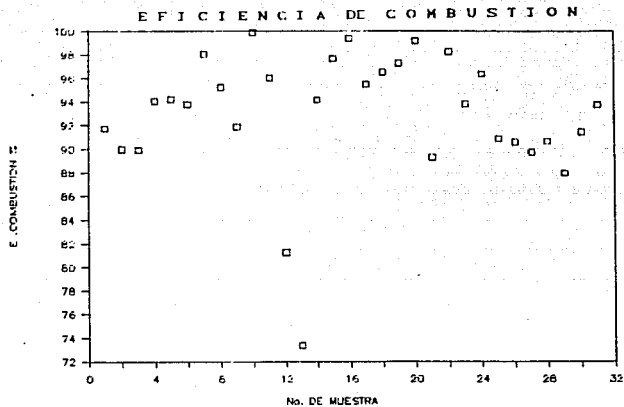
GRAFICA 4.2 (b) DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL % DE INORGANICOS.



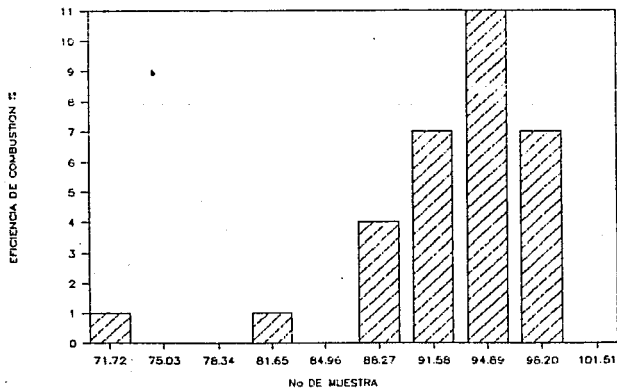
GRAFICA 4.3 (a) % DE INORGANICOS ( \* ).



GRAFICA 4.3 (b) DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL % DE INORGANICOS.



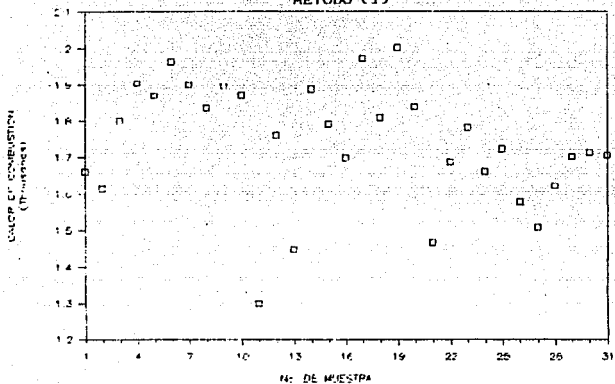
GRAFICA 4.4 (a) :: EFICIENCIA DE COMBUSTION



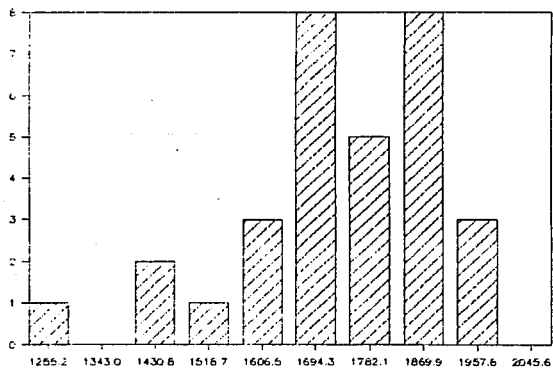
GRAFICA 4.4 (b) DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS  
DEL :: EFICIENCIA DE COMBUSTION

# CALOR DE COMBUSTION

METODO (1)

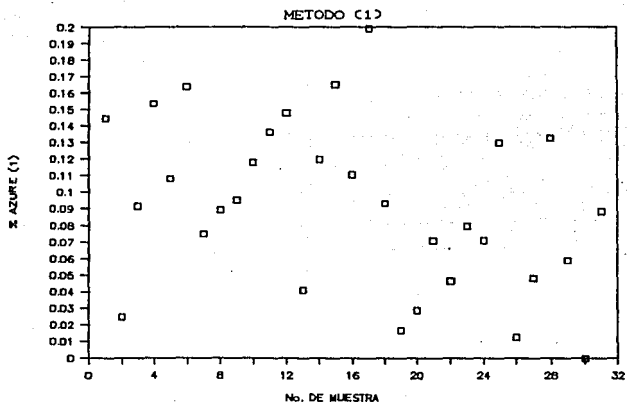


GRAFICA 4.5 (a) % DE CALOR COMBUSTION

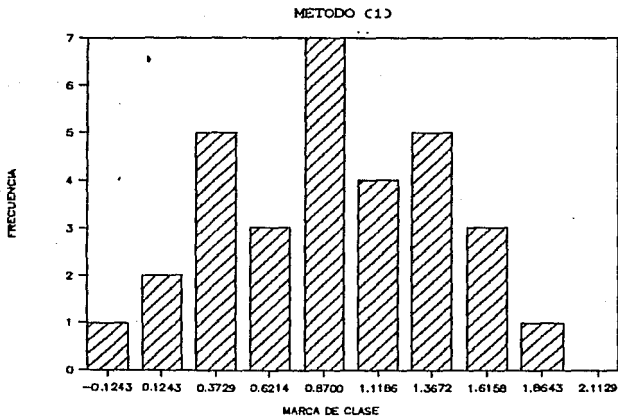


GRAFICA 4.5 (b) DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL CALOR DE COMBUSTION

AZUFRE EN LOS GASES DE COMBUSTION

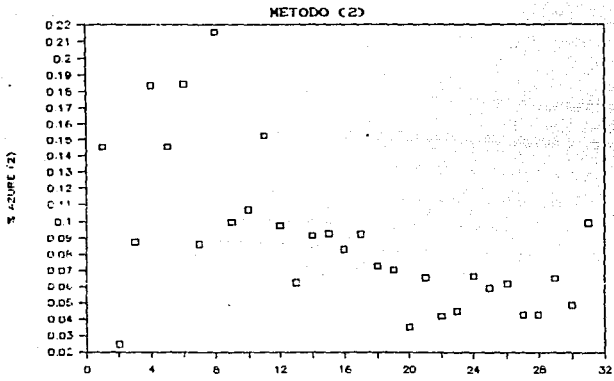


GRAFICA 4.6 (a) % AZUFRE EN LOS GASES DE COMBUSTION



GRAFICA 4.6 (b) DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL % AZUFRE EN  
LOS GASES DE COMBUSTION METODO (1)

AZUFRE EN LOS GASES DE COMBUSTION



GRAFICA 4.7 (a) % AZUFRE EN LOS GASES DE COMBUSTION

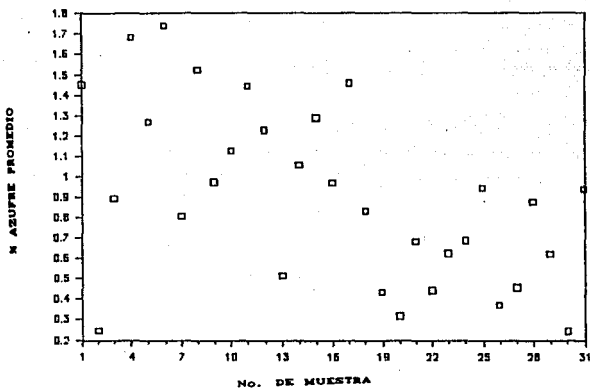
METODO (2)



GRAFICA 4.7 (b) DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL % AZUFRE EN  
LOS GASES DE COMBUSTION METODO (2)

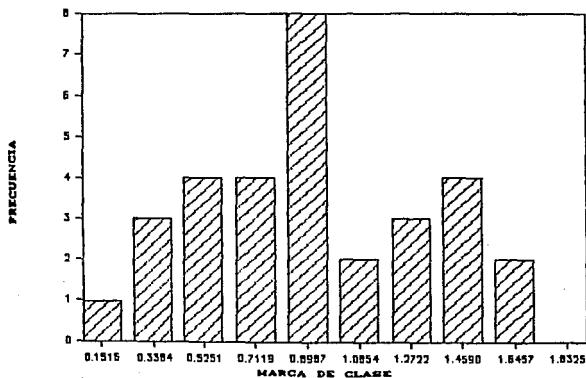


**AZUFRE EN LOS GASES DE COMBUSTION  
PROMEDIO**



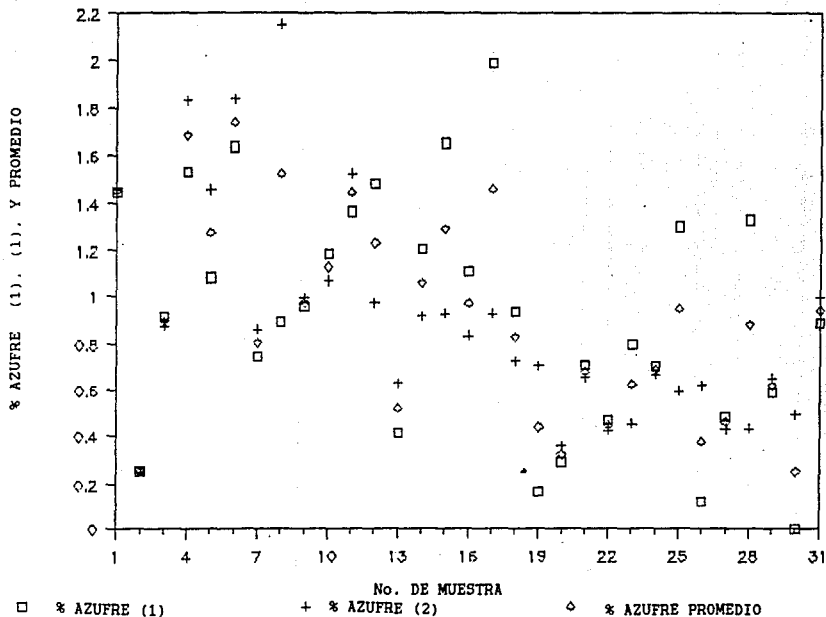
**GRAFICA 4.8 (a) % AZUFRE EN LOS GASES DE COMBUSTION**

**PROMEDIO**

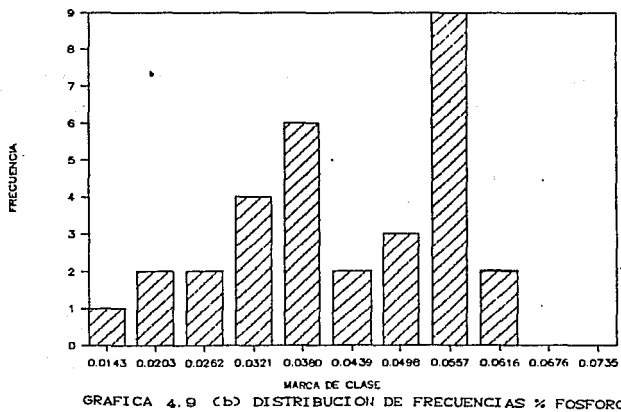
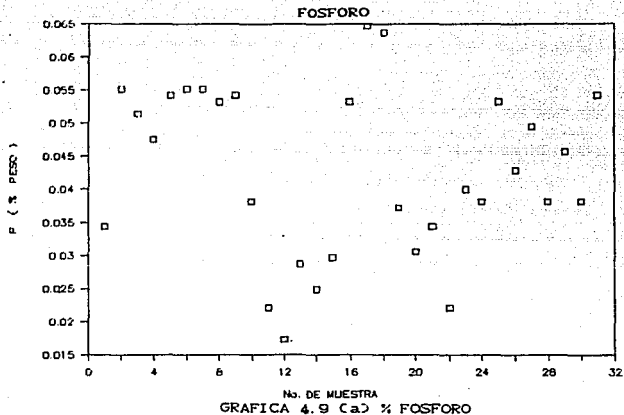


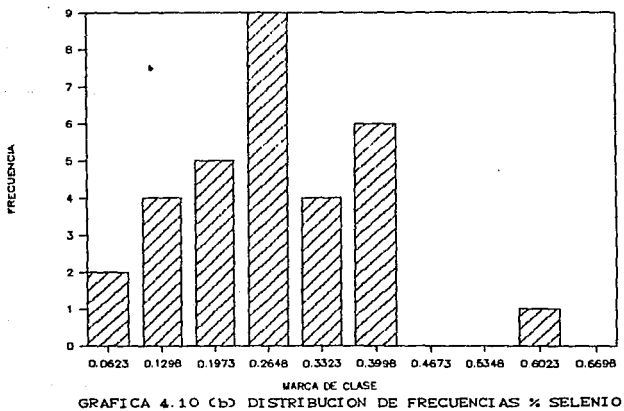
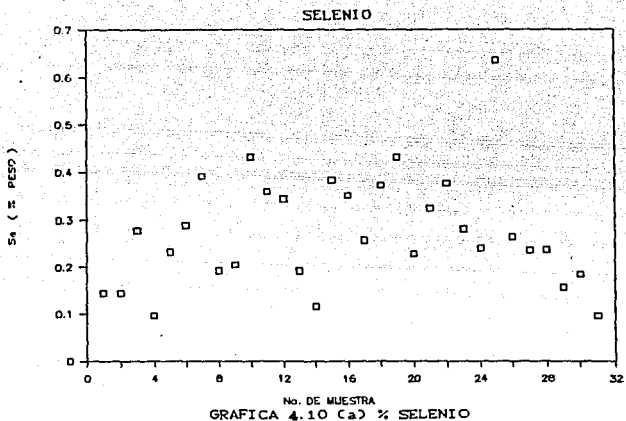
**GRAFICA 4.8 (b) DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS DEL % AZUFRE EN  
LOS GASES DE COMBUSTION PROMEDIO**

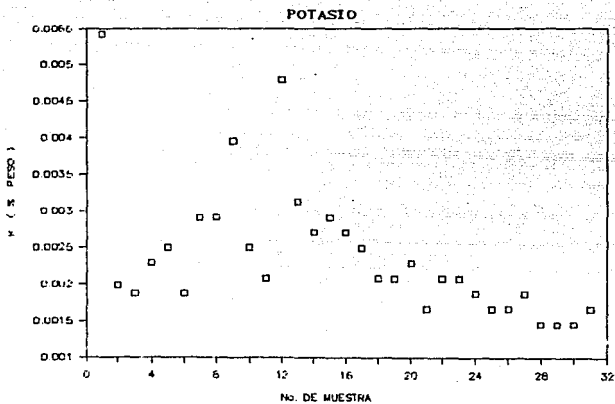
AZUFRE EN LOS GASES DE COMBUSTION



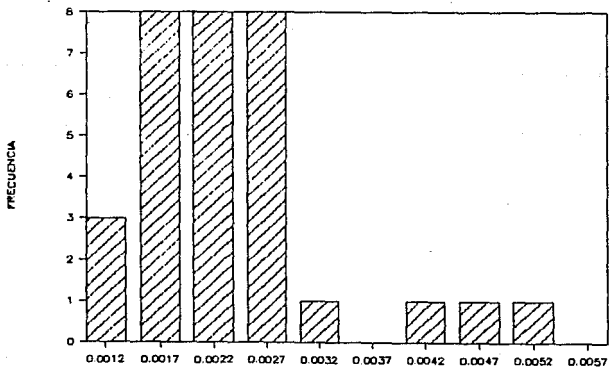
GRAFICA 4.8 (c) AZUFRE EN LOS GASES DE COMBUSTION



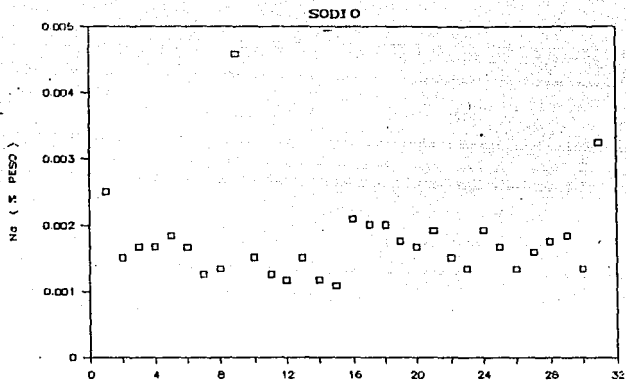




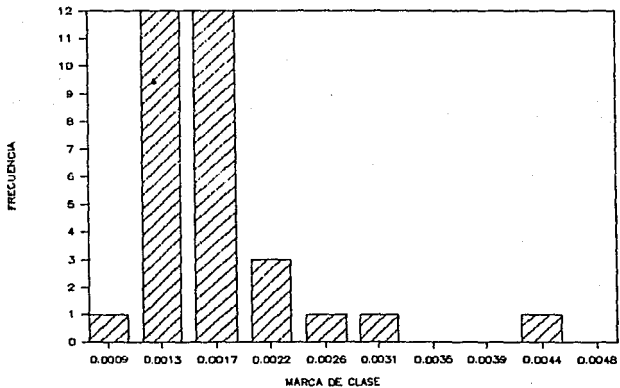
No. DE MUESTRA  
**GRAFICA 4.11 (a) % POTASIO**



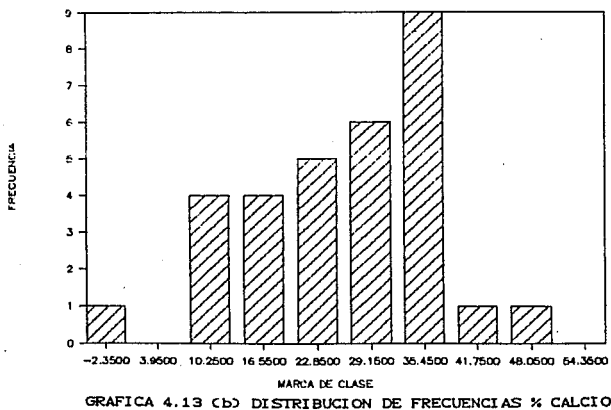
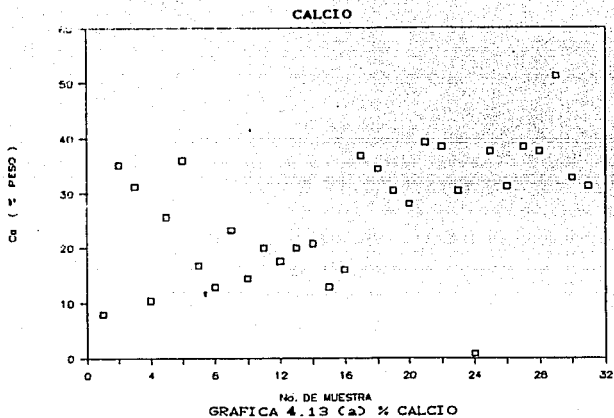
MARCA DE CLASE  
**GRAFICA 4.11 (b) DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS % POTASIO**

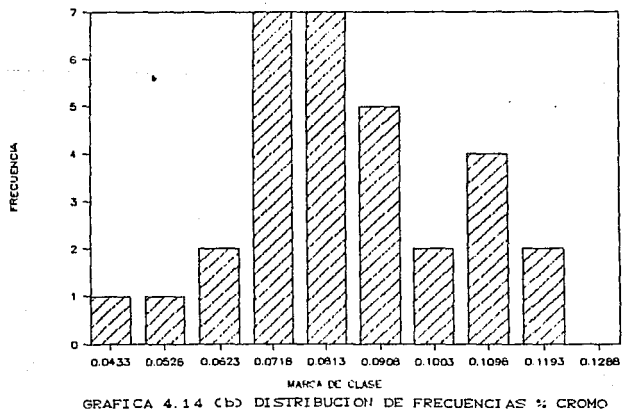
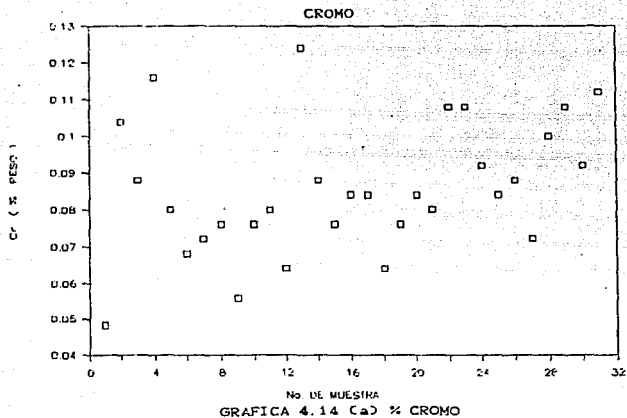


GRAFICA 4.12 (a) % SODIO

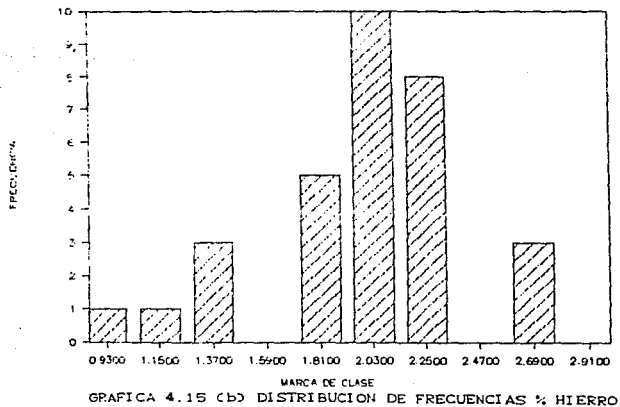
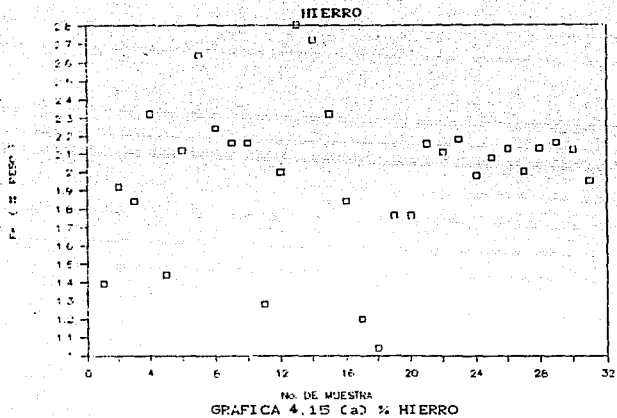


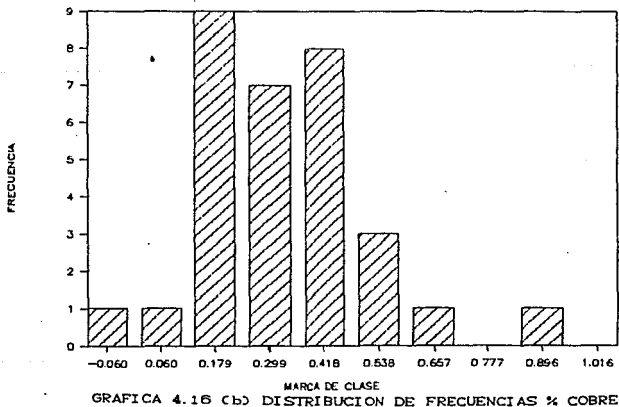
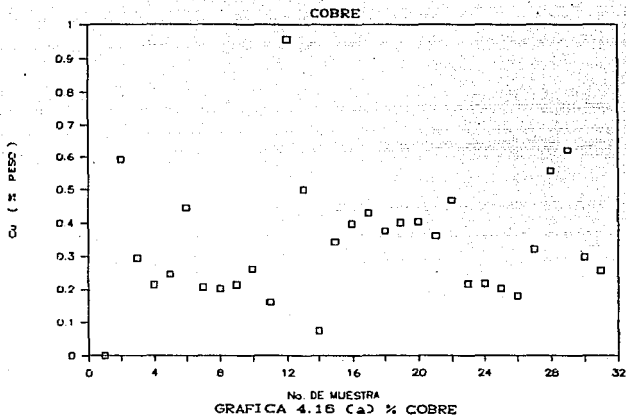
GRAFICA 4.12 (b) DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS % SODIO

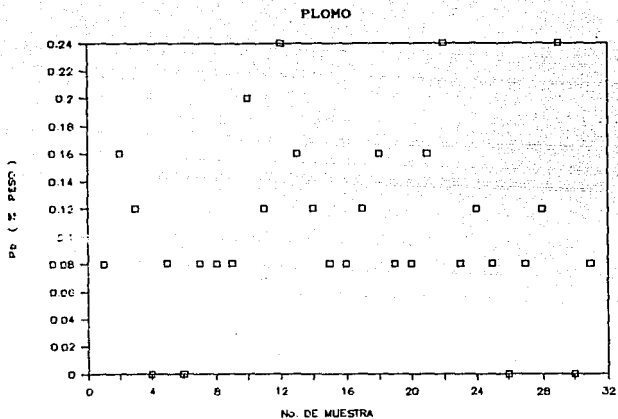




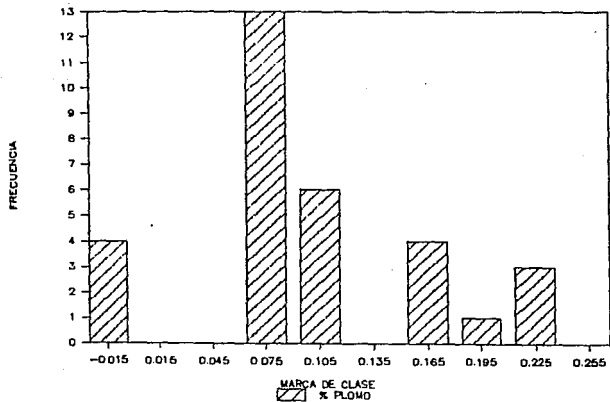




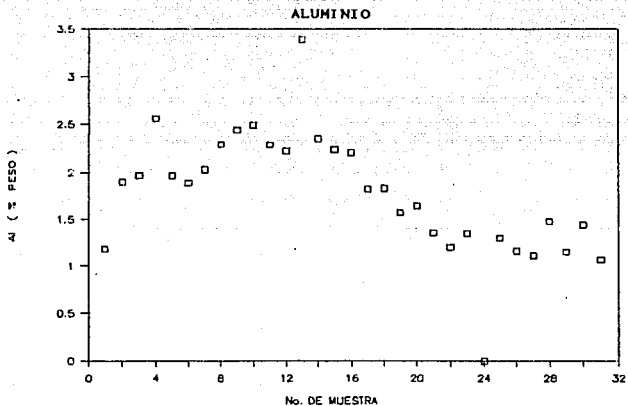




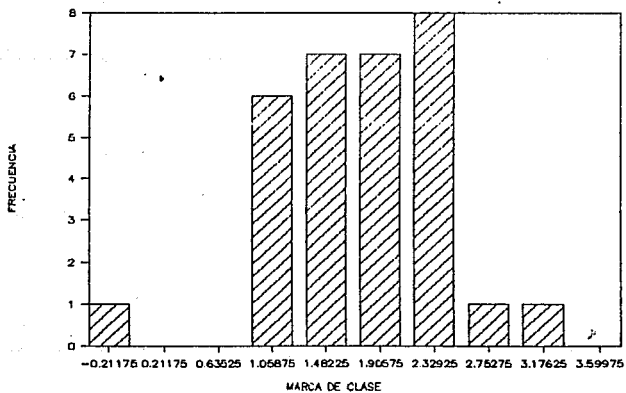
GRAFICA 4.17 Ca) % PLOMO



GRAFICA 4.17 cb) DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS % PLOMO

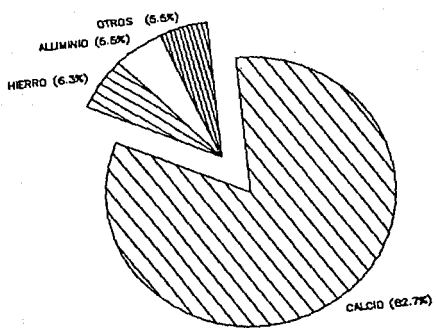


**GRAFICA 4.18 Ca) % ALUMINIO**



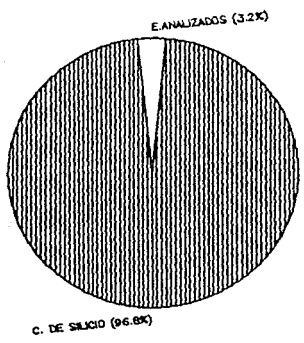
**GRAFICA 4.18 Cb) DISTRIBUCION DE FRECUENCIAS % ALUMINIO**

% RELATIVO DE LOS ELEMENTOS ANALIZADOS



GRAFICA 4.19 (a)

% DE ELEMENTOS EN LA MUESTRA SECA



GRAFICA 4.19 (b)

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

## CAPITULO V

### EVALUACION DE RESULTADOS

#### 5.1 PARAMETROS

##### 5.1.1 HUMEDAD.

De la gráfica 4.1 (a) se puede ver que el 96.7% de los resultados del porcentaje de humedad, fluctúan entre (73% y 85%), existiendo solo un valor que se sale de éste intervalo. el valor medio de estos datos es 69.01%, su desviación normal es de 2.43%, de tal forma, que se puede eliminar el valor que se sale de éste intervalo. También se puede observar que conforme se avanza el periodo de muestreo, el porcentaje de humedad tiene algunos máximos y otros mínimos. Los máximos, se ubican en las muestras 4, 12, y 31, los mínimos en la muestra 8, y 22. En la gráfica 4.1 (b) se aprecia que la distribución de frecuencias no es normal, ni tampoco se asemeja a alguna de las distribuciones teóricas comunes, aunque se nota una tendencia a

disminuir en los extremos de la distribución, se observa que el 64.45% de los valores se encuentran dentro del intervalo de  $(\bar{x} \pm \sigma)$  y el 93.55% en el intervalo  $(\bar{x} \pm 2\sigma)$ , donde  $\bar{x}$  es el valor medio y  $\sigma$  es la desviación normal, obtenida mediante la fórmula:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad \text{y} \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

( Paul G. H. et al 1983)

donde :

n : es el número de datos, en éste caso n = 31

estos valores son muy cercanos a los teóricos 68% y 95% respectivamente para una distribución normal.

### 5.1.2 INORGANICOS (+).

En la gráfica 4.2 (a) se observa que el 96.7% de los datos quedan en el intervalo de 48.2% a 82.5% de inorgánicos (+), quedando solo la muestra 13 fuera de éste intervalo, es de notar una serie de crestas y valles, sus crestas corresponden a las muestras 1, 12, 21 y 28 mientras que sus  
 Nota: (+) corresponde a inorgánicos de la multa técnica B. 2

valles se localizan en las muestras 4, 18 y 24. La media de estos valores es 56.31%, con una desviación normal de 5.17%. En la gráfica 4.2 (b) la distribución de frecuencias se asemeja más al tipo de distribución normal ligeramente sesgado a la izquierda exceptuando claro la muestra 13. En estos datos el 83.87% de los datos se encuentra entre  $(\bar{x} \pm \sigma)$  y el 100% en el intervalo  $(\bar{x} \pm 2\sigma)$ . El primero de estos valores es un 18% más grande que el valor teórico para una distribución normal, mientras que el segundo valor se encuentra muy cercano al valor teórico de 95% para una distribución normal.

#### 5.1.3 INORGANICOS (\*).

De la gráfica 4.3 (a) se aprecia que el 100% de los datos se encuentran entre 46.22% y 57.62% de inorgánicos (\*), sin que ningún dato se salga de este intervalo, esto es debido a que en la gráfica los datos están muy disperso, apenas percibiéndose la concentración de ellos en la parte central de ésta. El valor medio de estos datos es 52.11% y una desviación normal de 2.75%, de estos datos el 64.51% cae entre  $(\bar{x} \pm \sigma)$  y el 93.55% en el intervalo  $(\bar{x} \pm 2\sigma)$ . Estos valores están acordes con los valores teóricos de una distribución normal. En la gráfica 4.3 (b) se observa que la distribución de frecuencias es algo parecida a la curva normal

Nota: (\*) corresponde a inorgánicos de la técnica calorimétrica con clave B. 5.1



exceptuando por el cuarto intervalo donde existe un decremento de la frecuencia en lugar de un aumento además, el valor medio de estos datos cae dentro del intervalo donde la frecuencia es mayor.

#### 5.1.4 EFICIENCIA DE COMBUSTION.

El 90.32% de los valores para la eficiencia de combustión fluctúan entre 87.61% y 99.51%, saliendo de estos 3 valores, tal como lo muestra la gráfica 4.4 (a), uno de estos valores es mayor del 100%, el cual se a descartado debido a que éste valor físicamente no da ninguna información, exceptuando el hecho de que muy posiblemente el día de que se efectuó la calorimetría había un alto contenido de humedad en el ambiente, por lo que la muestra y el crisol absorbieron humedad en la última pesada. El valor medio de estos datos es 92.90% y su desviación normal es 5.46%. De estos datos el 80.64% de ellos se encuentran entre el intervalo de  $(\bar{x} \pm \sigma)$  y el 100% en el intervalo  $(\bar{x} \pm 2\sigma)$ , aproximándose estos valores a los predichos por una distribución normal. En la distribución de frecuencias de la gráfica 4.4 (b), se observa una tendencia a una distribución normal pero sesgada a la derecha y sin valores en el segundo, tercer y cuarto intervalo.

### 5.1.5 CALOR DE COMBUSTION.

Los valores del calor de combustión se encuentran entre 1576 cal/g y 2001 cal/g, quedando fuera 4 datos por lo que se puede decir 87% de ellos se encuentran en éste intervalo, tal y como se muestra la gráfica 4.5 (a). El valor medio de estos datos es 1740 cal/g con una desviación normal de 165.6 cal/g, dentro de éste punto es importante señalar que si se considera el calor de combustión por gramo de sustancias orgánicas quemadas sería de 3632 cal/g, muy parecido al valor teórico para la celulosa de 3587 cal/g obtenido a partir de la fórmula de Dulong (Perry H. R. 1987), resultando un error con respecto al valor teórico de 2.64% valor el cual es bastante aceptable para un trabajo experimental, aunque hay que tener bastante cuidado al tomar éste porcentaje de error como válido, ya que se debe de tomar en cuenta que en la fabricación del papel, la celulosa trae consigo muchas otras impurezas de origen orgánico que pueden alterar éste valor.

De estos datos el 83.9% se encuentra entre en el intervalo de  $(\bar{x} \pm \sigma)$  y el 96.7% en el intervalo  $(\bar{x} - 2\sigma)$  siendo los dos mayores que los predichos teóricamente por una distribución normal, Esta discrepancia se explica al observar la gráfica 4.5 (b) donde se muestra una distribución de frecuencias, donde la mayor parte de los datos se agrupa alrededor del séptimo

intervalo. esta distribución es una distribución sesgada a la derecha dejando solo el segundo intervalo sin ningún dato.

#### 5.1.6 AZUFRE EN LOS GASES DE COMBUSTION.

El azufre en los gases de combustión se realizó por dos métodos. Debido a que la cantidad de sulfato de bario ( $BaSO_4$ ) era muy pequeña y existía la posibilidad de que el crisol absorbiera humedad y afectara el valor de % de azufre. El primer método es como se indica en la técnica 3.2.5.2. El segundo método es una continuación de esta técnica, con la variante de que se eliminan los residuos del sulfato de bario ( $BaSO_4$ ) del crisol. Se pesa nuevamente el crisol (PESO A'), el cálculo del % de azufre se determina con la siguiente ecuación.

$$\% \text{ AZUFRE} = \frac{(\text{PESO } Ba - \text{PESO } A')}{\text{PESO } M} * 13.734$$

Primero se tratara cada gráfica por separado para después analizarlas conjuntamente.

#### 5.1.7 AZUFRE EN LOS GASES DE COMBUSTION METODO (1).

El azufre (1) se encuentra distribuido de una manera completamente aleatoria como se observa en la gráfica 4.6 (a), por lo que no se puede establecer un intervalo definido. El valor medio de estos datos es 0.092% con una desviación normal de 0.051%. de estos el 61.30% se encuentran entre ( $\bar{x} \pm \sigma$ ) y el 96.77% en el intervalo ( $\bar{x} \pm 2\sigma$ ), el primero de estos valores es un poco menor y el segundo está bastante cercano a los valores teóricos de una distribución normal. Este efecto se distingue en la gráfica 4.6 (b) donde se observa que la

distribución de frecuencia es parecida a la distribución normal teórica de no ser por los intervalos cuarto y sexto.

#### 5.1.8 AZUFRE EN LOS GASES DE COMBUSTION METODO (2).

El segundo método se presenta en la gráfica 4.7 (a), donde se observa que los datos tienden a concentrarse en el intervalo de 0.0035% a 0.011%, en el cual se concentran el 77.4% de ellos. La media de estos datos es 0.089% y su desviación normal es de 0.047%, de éstos el 74.19% se encuentran en el intervalo  $(\bar{x} \pm \sigma)$  y el 93.55% en el intervalo  $(\bar{x} \pm 2\sigma)$ , el primero de estos valores es más alto, mientras que el segundo es muy parecido a una distribución normal. En la gráfica 4.7 (b) se observa una distribución de frecuencias sesgada a la izquierda, en el que el sexto y el último intervalo tienen una frecuencia de cero.

#### 5.1.8.1 Evaluación conjunta de los dos metodos de azufre en los gases de combustión.

Debido a la falta de un modelo que describa en forma conveniente las distribuciones de azufre (1), azufre (2) y tomando en cuenta que los valores de  $(\bar{x} \pm \sigma)$ ,  $(\bar{x} \pm 2\sigma)$  son parecidos a

los de una distribución normal, según ( Paul G. H. et al 1983)  
 "si  $n > 25$  la distribución de  $x$  pareciera normal,  
 independientemente de la distribución que se elija para  $x$  por  
 lo que se asume que "la distribución de frecuencias para los dos  
 métodos es normal y la desviación normal de la muestra es igual  
 a la desviación normal de la población".

Una vez hecha esta suposición, se procede a realizar una prueba  
 de hipótesis de la diferencia de dos medias de la siguiente  
 forma :

$$H_0: \bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0$$

$$H_1: \bar{x}_1 - \bar{x}_2 \neq 0$$

donde la desviación normal de las medias es :

$$\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n} + \frac{\sigma_2^2}{n}}$$

Se elige un nivel de seguridad del 95%, esto es un nivel de  
 significancia  $\alpha = 0.05$  para las dos colas de la curva. Esto  
 significa, que la región crítica consiste en aquella parte del  
 eje horizontal que se encuentra alejada de 0 a más de  $2 \sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$

$$\sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = 0.2306\%$$

de donde

$$2 \sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2} = 0.4613\%$$

y

$$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0.0148\%$$

$$\bar{x}_1 - \bar{x}_2 < 2 \sigma_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$$

por lo tanto se acepta la hipótesis

$$H_0: \bar{x}_1 - \bar{x}_2 = 0$$

es decir, la diferencia de las dos medias no es significativa y por lo tanto no existe una diferencia desde el punto de vista estadístico entre las dos medias.



Debido a lo cual, se decidió realizar un promedio de ambos valores, azufre (1) y azufre (2), resultando la gráfica 4.8 (a) en esta se observa una gran cantidad de datos dispersos, siendo su media 0.09079% y la desviación normal de 0.04392% la cual es menor que las dos anteriores. De tal forma que el intervalo de confianza disminuye, por lo tanto, la exactitud del resultado se incrementa. El 64.51% de las muestras están dentro de  $(\bar{x} \pm \sigma)$  y el 100% entre  $(\bar{x} \pm 2\sigma)$ .

La gráfica 4.8 (b), muestra una distribución de frecuencias de tipo central.

Para concluir, en éste análisis se construyó la gráfica 4.8 (c), en la cual se detecta que el 45 % de los datos de azufre (1) y azufre (2), coinciden con el valor de azufre promedio.

#### 5.1.9 FOSFORO.

Los resultados de los análisis de fósforo se aprecian en gráfica 4.9 (a), donde los primeros datos tienen un valor de 0.0054%, empezando a decaer en la muestra 10 hasta un mínimo en la muestra 12. Posteriormente aumenta paulatinamente hasta el valor inicial.

La media de estos datos es 0.0043% con una desviación normal de 0.013%, el 74.2% de ellos se encuentra entre  $(\bar{x} \pm \sigma)$  y el 100% están entre  $(\bar{x} \pm 2\sigma)$ , estos últimos dos valores son mayores a los de una distribución normal. La distribución de frecuencias para el fósforo se encuentra en la gráfica 4.9 (b), con una distribución sesgada a la derecha.

#### 5.1.10 SELENIO.

Los datos para la concentración del selenio en las cenizas de los residuos sólidos están en la gráfica 4.10 (a), en la cual se puede identificar que, los valores de éste elemento están entre 0.096% y 0.043%, siendo solo la muestra 25 la que se encuentra fuera de estos valores. El valor medio de la concentración de selenio es 0.027%, con una desviación normal de 0.012%. El 71% de ellos se encuentran entre el  $(\bar{x} \pm \sigma)$  y el 96.8% entre  $(\bar{x} \pm 2\sigma)$ , estos valores son mayores de los estimados para una



distribución normal. La gráfica 4.10 (b) da una idea de la distribución de frecuencias de estos, donde la mayor frecuencia se encuentra en el intervalo que contiene a la media y pocos de ellos están del lado derecho, por lo que la distribución es sesgada a la izquierda.

#### 5.1.11 POTASIO.

El intervalo en el cual se encuentran la mayoría de los datos de potasio es de 0.00015% a 0.0031%, tal como se presenta en la gráfica 4.11 (a), siendo tres los datos que no están en él. La media de estos datos es 0.00024% y su desviación normal es de 0.000092%. El 90.32% de los datos están entre  $(\bar{x} \pm \sigma)$  y el 93.55% entre  $(\bar{x} \pm 2\sigma)$ , estos valores están por encima de los valores teóricos para una curva normal. En la gráfica 4.11 (b) se observa como la mayoría de los datos se aglomeran alrededor de la media, siendo solo tres valores los que se alejan hacia el lado derecho, la gráfica muestra una distribución sesgada a la izquierda.

#### 5.1.12 SODIO.

En la gráfica 4.12 (a), se aprecia como los valores de sodio se agrupan alrededor de la media, la cual tiene un valor

de 0.00018% con una desviación normal de 0.000068%, el 93.54% de los valores se encuentran entre 0.0011% y 0.0025%, el porcentaje de los valores que está dentro del intervalo de  $( \bar{x} \pm \sigma )$  es 90.32% y el 93.55% entre  $( \bar{x} \pm 2\sigma )$ .

Esta concentración de los datos se aprecia mejor en la gráfica 4.12 (b) en la cual se observa como se aglomeran los datos alrededor del intervalo donde se encuentra la media, siendo ésta una gráfica sesgada a la izquierda, este tipo de distribución no es parecida a una distribución normal.

#### 5.1.13 CALCIO.

Los datos de calcio se resumen en la gráfica 4.12 (a), en donde se observa que hasta la muestra 10, están dispersos completamente y a partir de ésta muestra, su valor aumenta a un máximo de 3.84%. La media es de 2.64% con una desviación normal de la muestra de 1.15%. El 67.74% de las muestras se encuentran en el intervalo  $( \bar{x} \pm \sigma )$  y el 93.55% de los datos están entre  $( \bar{x} \pm 2\sigma )$ . El primero de estos valores es ligeramente superior mientras que el segundo es un poco menor que el esperado, para una curva normal.

La distribución de frecuencia de calcio se encuentra en la gráfica 4.13 (b), en donde se observa que la mayor parte de los datos se encuentran de la marca de clase 3.54% a la izquierda, estando solo dos valores a la derecha de esta, siendo una distribución sesgada a la derecha. Al igual que las gráficas anteriores ésta distribución no es parecida a una distribución normal.

#### 5.1.14 CROMO.

Analizando el porcentaje en peso de cromo en las cenizas (gráfica 4.14 (a)), se aprecia que los datos se encuentran entre los valores de 0.0048% y 0.0124%, cayendo la mayor parte de estos por debajo del valor medio de 0.0086% con una desviación normal de 0.0018%. El 67.74% de los valores se encuentran entre el intervalo  $(\bar{x} \pm \sigma)$  y el 93.54% en  $(\bar{x} \pm 2\sigma)$ , estos valores son cercanos a los valores predichos por una curva normal.

En distribución de frecuencias de la gráfica 4.14 (b), se observa una ligera tendencia a una curva normal (a excepción de 1 séptimo intervalo), siendo una distribución sesgada hacia la derecha.

#### 5.1.15 HIERRO.

En la distribución de frecuencias de la gráfica 4.1 (a), se encuentran dispersos hasta la muestra veinte, a partir de la cual, comienzan a concentrarse alrededor del valor 2.08%. La media de estos datos es 0.2% y su desviación normal de 0.041%. El 74.19% de los datos se encuentran entre  $(\bar{x} \pm \sigma)$  y el 96.77% entre  $(\bar{x} - 2\sigma, \bar{x} + 2\sigma)$ , estos valores son mayores que los esperados teóricamente.

Una buena idea de esto, lo da la gráfica 4.15 (b), donde se observa como la mayor parte de los valores se concentran alrededor del intervalo donde se encuentra la media, por sus características ésta es una distribución sesgada a la derecha.

#### 5.1.16 COBRE.

El 96.77% de los datos de cobre se encuentran entre 0.0074% y 0.0620%, como lo muestra la gráfica 4.16 (a), donde estos datos se encuentran dispersos alrededor de su media 0.034% y su desviación normal de 0.019%. De estos datos, el 83.84% se encuentran entre  $(\bar{x} - \sigma)$  y el 96.77% entre  $(\bar{x} \pm 2\sigma)$ . El primer valor es mayor comparado con el valor de 68% para una distribución normal. En la gráfica 4.16 (b) se aprecia

como una gran cantidad de muestras se encuentran alrededor de intervalo donde se ubica la media. en esta misma gráfica podemos ver como solo un valor cae fuera de los límites de  $(\bar{x} \pm 2\sigma)$ . Por la forma de la gráfica, esta es sesgada a la izquierda.

#### 5.1.17 PLOMO.

Los datos de plomo que se ven en la gráfica 4.17 (a) se agrupan en una forma muy significativa, pareciendo que adquieren valores discretos, como son 0.08%, 0.012%, 0.016% y 0.024% siendo solo la muestra diez0 la que tiene un valor de 0.020%, al analizar estos datos, se puede identificar facilmente que la variación entre estos es de 0.004%, aunque esta observación no es demasiado significativa, debido al número de datos que contiene cada una de las cantidades mencionadas, pero si da lugar para poderrealizar ciertas suposiciones: que las revistas que se maneja en la fábrica no sea tan variado, y que cada tipo de estas se fabrica solo con una concentración especifica de plomo. También es de obervarse que 4 de los datos cayeron en los limites de N.D.(no detectable), por lo que es posible que algun tipo de revista casi no contenga plomo. El valor medio de estos datos es 0.011%, con una desviación normal 0.0066%, siendo 74.19% de estos datos los que están dentro del intervalo  $(\bar{x} \pm \sigma)$  y el 90.32% entre  $(\bar{x} \pm 2\sigma)$ .

En la gráfica 4.17 (b) se aprecia los intervalos los contienen la mayoría de los datos.

#### 5.1.18 ALUMINIO.

En la gráfica 4.18 (a) se observa como durante el transcurso del muestreo, los valores de aluminio comienzan a ascender a partir de 0.1904%, hasta un valor máximo de 0.249% para luego descender a un valor de 0.01068% . El valor medio de éstos es 0.18%, con una desviación normal de 0.064%. El 77.42% de ellos se encuentran dentro del intervalo de  $( \bar{x} \pm \sigma )$  y el 93.55% entre  $( \bar{x} \pm 2\sigma )$ , estos datos son mayores que los teóricos para una distribución normal.

En la gráfica 4.18 (b) se tiene una gran cantidad de datos que se encuentran alrededor del intervalo donde ésta la media.

De esta tabla 5.1 se deduce que la cantidad de orgánicos es 44.35% así como también se observa que la media de la eficiencia de combustión estuvo por arriba del 90%, por lo que el valor del calor de combustión se puede tomar como confiable.

A partir de estos datos también se puede cuantificar la reducción de volumen y peso de los residuos en sus tres estados ( muestra húmeda, muestra seca y cenizas ). Si se toma en cuenta 1 Kg. de muestra húmeda su volumen será:

$$VH = \frac{\text{PESO MUESTRA HUMEDA}}{\rho H}$$

Donde :

VH es el volumen de la muestra húmeda

$\rho H$  es la densidad de la muestra

$$VH = \frac{1 \text{ Kg.}}{1.218 \text{ Kg/Lts.}} = 0.821 \text{ Lts.}$$

Secando la muestra

$$\text{PESO VS} = \text{PESO DE LA MUESTRA HUMEDA} * (1 - X_{\text{HUMEDAD}})$$

Donde :

" X " representa la reacción de humedad

" PESO VS " el peso de la muestra seca.

$$\text{PESO VS} = 1 \text{ Kg.} * (1 - 0.6783) = 0.3217 \text{ Kg.}$$

El volumen de la muestra seca "VS" sera:

$$\text{VS} = \frac{\text{PESO VS}}{0.849 \text{ Kg./Lts.}} = \frac{0.3217 \text{ Kg.}}{0.849 \text{ Kg./Lts.}} = 0.3789 \text{ Lts.}$$

Incinerando los residuos

$$\text{PESO DE CENIZAS} = \text{PESO VS} * X_{\text{INORGANICOS}}$$

$$\text{PESO DE CENIZAS} = 0.3217 \text{ Kg.} * 0.5556$$

$$\text{PESO DE CENIZAS} = 0.1787 \text{ Kg.}$$

Volúmen de cenizas " VC "

$$\text{VC} = \frac{\text{PESO DE CENIZAS}}{0.462 \text{ Kg./Lts.}}$$

$$\text{VC} = \frac{0.1787 \text{ Kg.}}{0.462 \text{ Kg.}} = 0.3868 \text{ Lts.}$$



Después de la evaluación se aprecia que :

1) El peso de la muestra seca disminuye en un 67.83% con respecto a la muestra húmeda.

2) El volúmen de la muestra seca se reduce en 44.21% en relación a la muestra húmeda.

3) El peso de las cenizas varía en 82.13% en relación a la muestra húmeda y en 14.3% con respecto a la muestra seca.

4) El volúmen de las cenizas disminuye en un 44.21 con respecto a la muestra húmeda y aumenta 0.79% con respecto a la muestra seca.

Esto da una clara idea de lo que sucede con el volúmen y el peso de la muestra húmeda al aplicarle diferentes procesos físicos. Así mismo, proporciona datos valiosos para la elaboración de cualquier proyecto.

En los parámetros analizados se observa que la mayoría de los elementos se encuentran en cantidades mínimas. El calcio representa el 2.64% de la muestra. En total los elementos de la tabla 5.1 no representan arriba del 3.2% de las cenizas de

las muestras. Por lo que surge una interrogante sobre el otro 97.36% de la muestra.

Lo anterior se puede explicar debido a que en la industria litográfica se utiliza muy comunmente un material llamado caólin, el cual como lo indican los conceptos del anexo A, tiene una gran cantidaad de óxidos de silicio, los que son casi inertes a cualquier reactivo quimico. La suposición anterior parece bastante razonable ya que al realizar la digestión de las cenizas siempre se encontró una papilla blanca insoluble en los diferntes ácidos utilizados aun en caliente.

De tal forma que finalmente la composición de la muestra se presenta en la grafica plasma en la gráfica 4.19 (b)

En las distribuciones de frecuencia del capitulo IV se aprecia que los parámetros no se ajustan a una curva normal, debido muy posiblemente a la naturaleza del proceso de la fabricación de papel, ya que la fibra secundaria varía tanto en calidad como en cantidad de acuerdo al papel que se va a producir. Pero a pesar de esto se puede decir que el proceso está bajo control ya que los parámetros estadísticos ( $\bar{x} \pm \sigma$ ) y ( $\bar{x} \pm 2\sigma$ ), los datos experimentales concuerdan bastante bien con con los datos teóricos estando dentro del 68% y 95% de los límites de confianza respectivamente.

## 5.2 GLOBALIZACION

Los datos del capitulo IV se encuentran resumidos en la tabla 5.1.

TABLA 5.1  
VALORES PROMEDIO Y DESVIACION ESTANDAR DE LOS  
PARAMETROS ANALIZADOS

PARAMETRO	MEDIA ( $\bar{X}$ )	DESVIACION ESTANDAR ( $\sigma$ )	$\bar{X} \pm 2\sigma$
N HUMEDAD	67.833	2.476	(72.785, 62.881)
N INORGANICOS+	55.565	5.255	(66.075, 45.055)
N INORGANICOS*	52.105	2.801	(57.707, 46.503)
N EFICIENCIA DE COMBUSTION	98.886	5.547	(104.980, 82.792)
N CALOR DE COMBUSTION	1740.651	168.862	(2077.975, 1403.927)
N AZUFRE (1)	0.09229	0.05141	(0.19506, -0.01000)
N AZUFRE (2)	0.08986	0.04798	(0.18521, -0.00650)
N AZUFRE PROMEDIO	0.09079	0.04892	(0.17865, 0.00295)
N FOSFORO	0.00428	0.00129	(0.00687, 0.00169)
N SELENIO	0.02790	0.01201	(0.05188, 0.00328)
N POTASIO	0.00024	0.00009	(0.00043, 0.00005)
N SODIO	0.00018	0.00007	(0.00031, -0.00003)
N CALCIO	2.64	1.17	(4.98088, -0.86442)
N CROMO	0.0086	0.0018	(0.01219, 0.00491)
N NIERRO	0.1998	0.0414	(0.28265, 0.11696)
N COBRE	0.0335	0.0186	(0.07060, -0.00868)
N PLOMO	0.0107	0.0070	(0.02388, 0.00241)
N ALUMINIO	0.1771	0.0689	(0.30480, 0.04928)
% PLATA	N. D.	-----	-----
% CADMIO	N. D.	-----	-----
DENSIDAD DE LA MUESTRA HUMEDA	1.218	0.068	(1.354, 1.082)
DENSIDAD DE LA MUESTRA SECA	0.849	0.070	(1.084, 0.709)
DENSIDAD DE CENIZAS	0.462	0.022	(0.506, 0.418)

NOTA : N. D. NO DETECTABLE.

(1) : De acuerdo a la tecnica 3.2.5.2

(2) : De acuerdo al punto 3.1.6

Otro punto importante de analizar, es el comportamiento de los valores de los residuos con respecto a otros materiales de naturaleza similar. En la tabla 5.2 se muestra el análisis de diferentes residuos encontrados en la literatura.

TABLA 5.2 ANALISIS DE DIFERENTES RESIDUOS

TIPO DE DESECHOS	PODER CALORIFICO BTU/LB	PORCENTAJE DE VOLATILES SECA	COMPOSICION DE		
			HUMEDAD	CENIZAS	AZUFRE
PAPEL *	7572	84.6	10.2	6.0	0.2
MADERA	8613	84.9	20.0	1.0	0.05
TRAPOS	7562	93.6	10.0	2.0	0.18
BAURA	8484	58.3	72.0	16.0	0.52
LODOS * PRIMARIOS	7889	72.5	97.67	27.5	>1%
LODOS * SECUNDARIOS	7029.9	73.0	99.21	27.0	>1%
RESIDUO **	3132	43.69	69.01	56.31	0.09

\*. # LOS DATOS DE VOLATILES, CENIZAS Y AZUFRE SON EN BASE SECA

# RESIDUOS EN ESTUDIO

En la tabla 5.2 se observa que el poder calorífico de los residuos en estudio es mucho más bajo que otros tipos de desechos. Aunque por otra también es importante remarcar que los residuos ocupan también el valor más bajo en cuanto al % de orgánicos dentro de ellos, lo que explica en gran medida su bajo poder calorífico.

La humedad del residuo es un factor que se debe de considerar si se quiere aplicar un proceso térmico. El residuo en estudio, tiene mayor humedad que el papel, la madera y los trapos, pero su porcentaje de agua es inferior al que contiene la basura y los lodos primarios y secundarios procedentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales municipales.

## CAPITULO VI

### DISPOSICION Y TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS SOLIDOS ESTUDIADOS

#### 6.1 METODOS DE DISPOSICION SUGERIDOS

A continuación se presentan una serie de alternativas de disposición de los residuos sólidos generados en la industria papelera de fibras secundarias.

La agencia de protección ambiental de Estados Unidos de America (U.S.E.P.A), considera como tecnología de disposición de residuos a los tratamientos biológicos (composteo), de solidificación, de estabilización, fisicoquímicos y tratamientos térmicos. (USEPA 1991)

##### 6.1.1 Tratamientos biológicos

Aplicando los anteriores criterios a los residuos de estudio, se puede decir que el primer tratamiento es el que se practica

actualmente en la disposición de estos, siendo este tratamiento cuestionable ya que " Excavaciones realizadas recientemente en antiguos tiraderos han confirmado que la mayoría de los materiales biodegradables no se descomponen. La falta de oxígeno y de humedad les hace sufrir una especie de proceso de "momificación". Se ha encontrado en tiraderos que se hablan clausurado decadas antes, periódicos y manhoñas que estaban prácticamente en el mismo estado que cuando se tiraron a la basura" (Folleto Tetra Pak, 1991).

El composteo acelerado se lleva a cabo en reactores fermentadores, el cual es muy útil para materiales cuyo porcentaje de inorgánicos es bajo, ya que su producto puede ser utilizado como abono para la agricultura. En el caso de los residuos estudiados, este metodo puede no ser tan eficaz debido a que la cantidad de inorgánicos (55.57%) hacen que la aplicación de este subproducto de la industria papelera en la agricultura sea poco recomendada y solo sea apto en suelos con características especiales y con dosificaciones perfectamente estudiadas (Trejo, 1987).

## 6.2 INCINERACION Y RECUPERACION DE ENERGIA

Dentro de los procesos térmicos se tiene la incineración. "La incineración puede hacerse con o sin recuperación de calor. Este proceso permite reducir el volumen de los desechos tratados a la decima parte" (World Bank Tech. Paper No. 93). Esta afirmación no

se aplica a los residuos en estudio, debido a la naturaleza de los compuestos inorgánicos, los cuales, ocupan un volumen mayor que la muestra húmeda, aunque agregándoles un poco de agua se puede reducir el volumen sustancialmente.

Es posible la incineración de los residuos sólidos, sin que éstos provoquen problemas ambientales por la presencia de óxidos de azufre, ya que estos son menores del 1%, por otra parte se cuenta con el valor del calor de combustión de 1740 cal/gr para fines de diseño y evaluación de proyecto.

Uno de los "problemas" que traería ésta opción es la disposición de las cenizas, para las cuales se propondría considerar a su composición principalmente de óxidos de silicio, éstas podrían utilizarse como una capa en un relleno sanitario.

Otras posibles aplicaciones de las cenizas sería utilizarlas para la producción de cerámica en el lugar donde se generan lo que crearía una fuente local de empleo.

Una alternativa más, es la mencionada por la agencia de protección ambiental de Estados Unidos de América (U.S.E.P.A.) es el reciclado, la cual es aplicable si se piensa en que el caolín, (las cenizas) pudiese venderse a la industria litográfica donde se utiliza en la producción de revistas, lo que generaría una

\* no se realizaron pruebas de este tipo son solo datos que se observaron en una prueba.



ganancia en la empresa y el problema dejaría de ser un costo, esto siempre y cuando el valor del residuo así lo permita.

La incineración con recuperación de energía como se observa en el anexo A (A.2), es razonable ya que el calor que desprende la materia seca es mayor que la energía necesaria para deshidratarlos. Pero no hay que olvidar que estos cálculos son teóricos y no toman en cuenta eficiencias de combustión. Es importante tomar en cuenta al evaluar esa opción que: El costo de inversión de una instalación de secado e incineración depende estrechamente de la cantidad de agua a evaporar. Por lo tanto, los costos de construcción y explotación propios de la planta de incineración será función de la calidad de la deshidratación previa de los lodos" (Béchaux J. 1973).

### 6.3 RECICLADO

El reciclado como ya se mencionó anteriormente es una de las soluciones al problema de los residuos procedentes de la incineración, pero con esta alternativa hay que tomar en cuenta que el equipo es caro, y posiblemente el valor agregado del producto generado no sea suficiente como para hacer costosa esta operación.

Lo ideal sería poder ver a este material no como un desecho, sino verlo desde un enfoque comercial, esto es, pensar que el residuo es una materia prima con posibilidades de usarse en la fabricación de nuevos productos y que presenta una cualidad

económica muy ventajosa, ya que el costo de su obtención es muy bajo, dando como resultado que sus productos sean competitivos en el mercado.

Para analizar en que productos es posible convertir ésta materia prima es necesario considerar algunas de sus ventajas y desventajas:

1.- De acuerdo a los lineamientos de la U.S.E.P.A. y los elementos analizados, el material no se considera un residuo peligroso, lo cual evita el aplicar procesos de purificación al material

2.- El alcance de este estudio no llegó hasta pruebas de resistencia del material, por lo que solo se puede hablar de algunas observaciones realizadas de acuerdo a un método parecido a la técnica para determinar el porcentaje de humedad. En este caso, el sólido se humedeció más y se le dió forma de una "esfera" y de un cilindro, en las cuales se observó (de manera cualitativa solamente) que el material es muy resistente a los impactos y a la fractura.

3.- La determinación para detectar coliformes resultó positiva, aunque no hubo suficientes datos para hacer un analisis estadístico y dar una prueba contundente de la existencia de estos microorganismos, pero si da la iniciativa para realizar un estudio

bacteriológico, o al menos al diseñar un proceso, tomar en cuenta un método de desinfección. El proceso propuesto se puede realizar en la corriente que llega al tanque de flotación. Por otro lado si el residuo va a estar expuesto a temperaturas altas verificar que estas destruyan a los microorganismos. Se debe de hacer esta consideración si el material va a estar en contacto con alimentos.

4.- Con base en ésta información, se proponen algunos de los múltiples productos en los que es posible aplicar los residuos sólidos generados en los efluentes de una fábrica de papel. Los residuos se pueden utilizar para fabricar:

- a) Materiales de empaque y/o construcción.
- b) Combinar el residuo con algún otro material o sustancia con el objeto de darle las características necesarias para un uso en particular.

Como por ejemplo la combinación de material con una resina con lo cual sería posible hacer plafones, materiales sustitutos de la madera, incluso del plástico.

## CAPITULO VII

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1 CONCLUSIONES

Se analizó y destacó la importancia de la industria del papel , en particular el sector que utiliza fibras secundarias como materia prima.

Asi como también, se realizo una investigación acerca de la evolución de los diferentes medios pictográficos utilizados por la humanidad para la preservación de su acervo cultural.

Mediante pruebas físicas y químicas, se caracterizaron a los residuos sólidos provenientes de una fábrica elaboradora de papel que utiliza fibras secundarias como materia prima.

Con respecto a los parámetros caracterizados, se realizó un análisis estadístico completo para cada uno de ellos.

Con base a los resultados obtenidos en la caracterización de los residuos sólidos, generados en las fábricas que producen papel "tissue", se propusieron algunas posibles aplicaciones de ellos.

## 7.2 RECOMENDACIONES

El presente estudio trajo como consecuencia una serie de ideas las cuales tienen que ser analizadas y estudiadas más a fondo, siendo cada una de éstas el origen de un nuevo estudio, para lo cual a continuación se dan algunas recomendaciones.

Apoyar e impulsar a las industrias así como a los proyectos que traten de reciclar los residuos de los efluentes de un proceso, o algún otro material considerado "desperdicio", como es el caso de las industrias que producen papel y cartón a partir de las fibras secundarias, ya que además de generar nuevas fuentes de trabajo e ingresos para el país, abaten las necesidades de árboles para la industria papelería.

Buscar fuentes alternas para la generación de papel, como lo son las fibras secundarias, el uso del henequén, trapos viejos, etc.

Realizar pruebas de secado en los residuos sólidos de las fábricas de papel, considerando la forma en capas y ciertas geometrías en particular.

Desarrollar pruebas de resistencia del material en diversas figuras geométricas, así como combinandolo con otros materiales y/o substancias (resinas polimeros u otros).

Realizar pruebas bacteriológicas y en caso positivo se deberán tomar las medidas necesarias para la desinfección del material, antes de utilizarlo para empacar alimentos.

Evaluar la factibilidad del uso de las cenizas como materia prima para la fabricación de cerámica, realizando pruebas en el laboratorio.

Proponer algunas otras aplicaciones factibles y evaluarlas considerando que:

" el problema no es el residuo, el problema es utilizar el material en forma inteligente".

## ANEXO A

### A.1 EL CAOLIN

Caolín m. (voz China). Arcilla blanca muy pura con que se fabrica la porcelana: el caolín resulta de la alteración del feldespato de los granitos (Del Toro M. et al 1966).

Caolín m. Silicato de alúmina hidratado; es una arcilla blanca de gran poder refractario, muy dura : Sirve para hacer porcelana, lisura y lustre al papel y otros usos medicinales (Raluy A. P. 1978).

Caolín: Silicato de alúmina hidratado que procede de la descomposición del granito y el gneis; se presenta en forma de una arcilla de color blanco -parduzco amarillento- grisáceo. Mezclado con cantidades de cuarzo y yeso pulverizado, se usa como materia prima para la fabricación de la porcelana. Hay considerables yacimientos en Alemania (Sajonia y Baviera).

Francia (Limoges) e Inglaterra (Cornwall). (Enciclopedia Cumbre 1973)

Caolín : Arcilla, arcilla de China, terra alba, arcilla de porcelana, piedra arsenica arcilla blanca, caolinita, barro

Fuentes de Contaminación	}	Arcillas naturales
		Cerámica
		Enlucido de Paredes
		Productos farmaceuticos
		Papel
		Goma
		pinturas
Cosmeticos		

Fuente : ( E.R. Piunkett, M.D. 1974).

Silicio : Este elemento, que no se encuentra libre en la naturaleza, sino combinando con el 25% de los materiales de la corteza terrestre, es después del oxígeno, el más abundante. Los principales minerales en cuya composición entra, son la sílice (cuarzo, arena, etc.) y los silicatos ( arcillas, micas, feldespatos, etc.).



Silicatos. Los silicatos son sales de los ácidos silícicos que se derivan del ácido ortosilícico, del metasilícico o, más frecuentemente de los ácidos polisilícicos. Constituyen minerales abundantes en la litosfera y forman gran número de rocas (García P. R. 1988).

Silicatos. Si se funden carbonatos de metales alcalinos con sílice ( $1330^{\circ}$ ) se desprende  $\text{CO}_2$  y se obtiene una mezcla compleja de silicatos alcalinos. Si las mezclas son ricas en Alkali, los productos son solubles en agua, pero si el contenido de Alkali es bajo llegan a ser bastante insolubles. Es probable que estos últimos contengan aniones muy grandes, poliméricos.

La mayor parte de nuestro conocimiento de la estructura y de los silicatos proviene del estudio de los numerosos silicatos naturales (y de algunos sintéticos) de los metales pesados. En estas estructuras, la unidad estructural básica es el tetraedro de  $\text{SiO}_4$ . Estos tetraedros se presentan en forma individual, o comparten átomos de oxígeno, o forman pequeños grupos cíclicos, también forman cadenas infinitas o láminas infinitas. (Wilkinson)

## A.2 INCINERACION

Balance de energía para secar los residuos sólidos que salen de la prensa :

Datos

$$C_p = 1 \text{ Cal/gr } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_{\text{H}_2\text{O}} = 539 \text{ Cal/gr}$$

$$\text{Poder calorífico} = 1740 \text{ Cal/gr}$$

Realizando las siguientes suposiciones :

La temperatura de los residuos sólidos ( $T_f$ ) será considerada de  $15^\circ\text{C}$ .

La muestra seca no cede ni gana calor.

La combustión se lleva a cabo al 100%

Si se quema 1 Kg. de muestra húmeda la cual contiene 678.33 gr de agua con 321.67 gr de muestra seca y se lleva a sequedad total. Las ecuaciones se reducen a la siguiente forma :

Balance de energía para retirar el agua.

$$Q_s = M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot C_{P_{\text{H}_2\text{O}}} \cdot (100 - T_f)$$

Donde :

$Q_s$  = calor sensible para calentar el agua desde  $T_f$  hasta  $100^\circ\text{C}$ .

$M_{H_2O}$  = es la masa de agua

$$Q_s = 678.33 \text{ gr} * (1 \text{ Cal/gr } ^\circ\text{C}) * (100 - 15)^\circ\text{C}$$

$$Q_s = 57.658.05 \text{ Cal.}$$

$$Q_L = \lambda_{H_2O} * M_{H_2O}$$

Donde :

$Q_L$  = calor necesario para evaporar el agua del residuo.

y

$\lambda_{H_2O}$  = es el calor latente de vaporización a 1 atm y  $100^\circ\text{C}$ .

$$Q_L = 539 \text{ Cal/gr} * 678.33 \text{ gr.}$$

$$Q_L = 365.619.87 \text{ Cal}$$

El calor total para evaporar toda el agua es :

$$Q_T = Q_L + Q_s$$

$$Q_T = 423.277.92 \text{ Cal.}$$

El calor que pueden generar los residuos al quemarse se determina de acuerdo a la siguiente ecuación:

$$Q_{com} = Hg \cdot M_s$$

Donde :

$Q_{com}$  = calor de combustión generado.

Hg = poder calorífico del residuo.

$M_s$  = fracción de la muestra seca.

$$Q_{com} = 1740 \text{ Cal/gr} \cdot 321.67 \text{ gr}$$

$$Q_{com} = 559,705.8 \text{ Cal.}$$

De los datos anteriores se deduce que el calor generado por el residuo es mayor que el calor necesario para evaporar el agua que contiene (136,427.88 Calorías) en un 33.23%.

## BIBLIOGRAFIA

APHA, AWWA y WPCP. (1985) Standar Methods for Examination of Waator and Wasterwater 16<sup>a</sup> ED. 152, 157, 160, 221, 230, 411 P.

Castillo C.L. y Lucero B. (1990) VII Congreso de la Sociedad Mexicana de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, A.C. "La Ingenieria Ambiental y la Salud" Oaxaca, Oaxaca. "Determinaación Preeliminar del Poder Calorífico en Lodos Primarios y Secundarios. 6 P.

Castillo C. L. y Fernandez V. G. (1991) Primer Congreso Nacional, los Residuos Solidos y Peligrosos ( Recurso o Desperdicio ? "Caracterización de los Residuos sólidos generados en una Fábrica de papel reciclado". (1-26) P.

Cotton y Wilkinso (1981), Quimica Inorganica Avanzada, Editorial Limusa México 496p.

C. Early Libby (1979). Ciencia y Tecnología Sobre Pulpa y Papel. Editorial Continental, Mexico D.F. 461-483 p.

Díaz A. M<sup>a</sup> G. (1986). Determinación de metales pesados en partículas totales suspendidas (TSP) y de fracciones en la atmósfera de la zona de Tacuba. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas IPN. 51-64 p.

E.P.A. 40 CFR Ch.I (7 de Enero del 90) "Concentración Máxima de Contaminantes por sus Características Tóxicas Límites Reglamentados 46 p. Parte 261.24

E.R Plun Kett, M.D (1974). Manual de toxicología industrial. Editorial Urmo. 70-71 p.

Fernandez-Villagomez G. (1989). Manual del Laboratorio de Química del agua. 3<sup>a</sup> Reimpresión 150 P.

Facultad de química . (1987). "Práctica de la Determinación del Calor de Combustión". Depto. de Físicoquímica, 5 P.

Folleto del Espectrofotómetro Perkin Elmer 560 con Dispositivo de Flama ( Aire Acetileno con dispositivo de flama óxido nítrico-acetileno, con dispositivo de horno de grafito)

Folleto del Spectronic 20 CAT 33.713172

Béchaux J. (1973). Manual Técnico del Agua. Société Degremont.  
Francia 471 p.

Johan Marcks V.W (1991) "Seminario sueco sobre el  
medioambiente: Política ambiental basada en los  
incentivos economicos" Folleto de tetrapark.

Lasky L.B. (1980). "Desperdicios de papel y cartón ". ATCP  
XX, 187-193 P.

Manual del Flamometro Cornic 400.

Nelson J.R. Et al. (1974). "La contaminación, la industria  
del papel y el reciclaje, una perspectiva para esta  
decada. ATCP XIV, 187-193 P.

Orozco D.F. (1983). Análisis químico cuantitativo. 18-23  
48-61 P. 124. 146-148 p.

Paul G.H. et al (1983). Estadística Basica para Negocios y  
Economia. Editorial CECSA . 239-269 P.

Parr instrument company (1984) (E.U.A.) Parr operating  
instruction, Moline, I11. The company.1V, (7 FOLLETOS).

Parr instrument company (1970) .( E.U.A.) Oxigen Bomb  
Calorimetry & Combustion Methods. Moline, Ill The  
Company. (Technical Manual No. 130). 56 p.

Rebollar C.L. et al. (1990) . "Camara nacional de las  
industrias de la celulosa y del papel". Memoria  
estadística. 2-56 P.

Riva P.V. et al. (1973). "El amatl-su fabricación". México  
atravez de los siglos I 802-803 P.

Trejo V.R. (1987). "La disposición de desechos solidos  
urbanos". Ciencia y desarrollo 79-89 P.

USEPA (1991). Abstracts Proceduring: Third Forum on Inovative  
Hazardeus Waste Treatment Techonologies Domestic  
International. Agencia de Protección Ambiental De  
Estados Unidos de NorteamericA Abril 15-17 p.

World Bank Technical Paper N° 93 (1989). The Safe Disposal of  
Hazardous Wastes. Editado por Balstones R., J.E. SMYH  
J.R. T D Wilson. Estudio Conjunto del Banco Mundial De  
La Salud Y el Programa Ambiental del las Naciones Unidas  
vol. I. PP 19-32 y vol 11 PP 333-335.