

DISEÑO DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE TIERRA DE
DIATOMEAS, APROVECHANDO YACIMIENTOS GUATEMALTECOS.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Química

DISEÑO DE UNA LINEA DE PRODUCCIÓN DE TIERRA DE
DIATOMEAS, APROVECHANDO YACIMIENTOS GUATEMALTECOS

CARLA ANACELY GRACIAS ENRIQUEZ



Guatemala

1996

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Química

DISEÑO DE UNA LINEA DE PRODUCCION DE TIERRA DE
DIATOMEAS, APROVECHANDO YACIMIENTOS GUATEMALTECOS.

CARLA ANACELY GRACIAS ENRIQUEZ

Trabajo de Graduación presentado para optar
al Título de Ingeniera Química en grado de
Licenciada

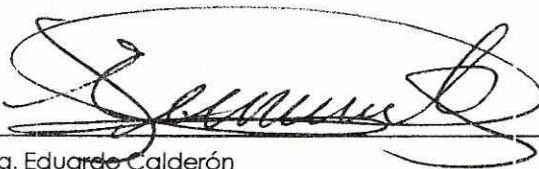
Guatemala

1996

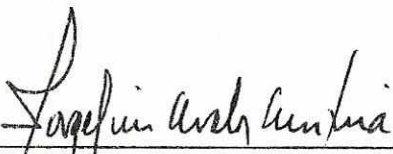
Vo.Bo. :

(f) 
Ing. Jorge Luis Avalos
Asesor

Tribunal:

(f) 
Ing. Eduardo Calderón

(f) 
Lic. Roberto de León Fajardo

(f) 
Ing. Jorge Luis Avalos

Fecha de aprobación: 11 de Julio de 1996.

A Dios,
a mis Padres, Romeo y Aldina
a mi hermana, Vivi



Agradezco a:

Licenciada, Odette de Bocaletti, por su apoyo docente

Ingeniero Químico, Jorge Luis Avalos, por su asesoría a este proyecto

Ingeniero Químico, Eduardo Calderón, por la dirección de este proyecto

Ingeniero Agrónomo, Orlando Arjona, por su ayuda en el desarrollo de este proyecto

Ingeniero Químico, Manuel Antonio Garzaro Rueda, por su orientación y ayuda en el desarrollo de este proyecto.

Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page.

RESUMEN:

Durante la realización del Trabajo de Graduación se tuvo como objetivo encontrar el proceso necesario para que la tierra de Diatomeas proveniente del Yacimiento de la Finca San Juan en el Departamento de Jutiapa, igualara las condiciones de velocidad de filtración y limpieza, presentados por los filtro-ayudas comerciales: "Flujo Rápido" (Speed Flow), "Flujo Aumentado" (Speed Plus), "Estándar" (Standard) y "Flujo Alto" (Hyflow).

Se usaron muestras de 100 grms. de diatomita proveniente del yacimiento, previamente molida y secada, para someterla a procesos de calcinación sin fundente y con Cal hidratada, Cloruro de sodio y Carbonato de sodio como fundentes, a concentraciones de 2.5, 5.0, 7.5 y 10 % en masa seca, para cada uno.

Se efectuó el mismo proceso de calcinación a dos temperaturas distintas: 1040°C y 1200°C (1900°F y 2200°F) en duplicado, luego de los cuales se sometió el producto de la calcinación a una molienda, con el fin de romper los grumos que se produjeron como consecuencia de la calcinación.

Cada muestra resultante de la calcinación, lo mismo que muestras sin calcinar, fueron usadas para filtrar 50 ml de una suspensión de Sulfato de Bario a 1000ppm, leyéndose la Transmitancia del filtrado a 420 nm, como patrón de limpieza proporcionado por el filtro-ayuda.

Para poder comparar la calidad del producto resultante de la calcinación, se realizaron corridas de velocidad de filtración y limpieza de los controles, así como de la muestra de diatomita solo molida y seca.

Con estos resultados, se obtuvo que el proceso que permite obtener un filtro-ayuda que presenta una velocidad de filtración cercana a 16 seg., velocidad presentada por los filtro-ayudas "Estándar" (Standard) y "Flujo Rápido" (Speed Flow), y con una Transmitancia de 99 %, superior a la de 98 % presentada por los filtro-ayudas comerciales, es el que incluye la calcinación de la tierra de diatomeas a 1040°C (1900°F) usando una concentración de 2.5 % en masa seca de cal hidratada.

Así mismo, se obtuvo que el proceso que da como resultado, un filtro-ayuda que presenta una velocidad de filtración cercana a 5.50 seg., velocidad presentada por los filtro-ayudas "Flujo Alto" (Hyflow) y "Flujo Aumentado" (Speed Plus), y con una Transmitancia de 98 %, igual a la presentada por los filtro-ayudas comerciales, es el que incluye la calcinación de la tierra de diatomeas a 1200°C (2200°F) usando una concentración de 5 % en masa seca de cal hidratada.

Con los datos anteriores, se diseñó una línea de proceso especificando las dimensiones del equipo principal necesario a construir, en la elaboración de filtro-ayudas con tierra de diatomeas obtenida del yacimiento de la finca San Juan ubicada en el departamento de Jutiapa, y usando como equipo limitante el horno rotatorio, que permita entregar aproximadamente 22,000 Kg. de Prod./día, o aproximadamente 900 Kg. de Prod./hr. (22 ton. métricas de Prod./día y aproximadamente 0.9 ton métricas de Prod./hora)

CONTENIDO

	Páginas
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCION	1
II. ANTECEDENTES	3
A. Filtración	4
B. La tierra de diatomeas	6
1. Tratamiento de la diatomita	8
a. Producto natural	8
b. Producto calcinado sin fundente	8
c. Producto calcinado con fundente	8
2. Aplicaciones Industriales de la diatomita	9
a. Empleo como auxiliar de Filtración	9
III. JUSTIFICACION	11
IV. OBJETIVOS	13
A. Objetivos generales	13
B. Objetivos específicos	13
V. PROBLEMA A RESOLVER	15
VI. METODOLOGIA	17
A. Obtención y Preparación de las Muestras	17
B. Materiales y reactivos necesarios	19
1. Reactivos	19
2. Equipo	19

	Páginas
VII. RESULTADOS	21
A. Resultados obtenidos en el laboratorio	21
B. Diseño del proceso y del equipo	51
1. Descripción de la Línea de Proceso de la tierra de diatomeas	51
a. Molienda	51
b. Secado y molienda fina	51
c. Limpieza	52
d. Calcinación	55
1. Calcinación	55
2. Fundentes	55
e. Molienda post-calcinación	56
f. Clasificación	56
2. Dimensionamiento del equipo nombrado en el Diagrama i	57
VIII. DISCUSION DE RESULTADOS	69
A. De la experimentación	69
1. De la experimentación para una temperatura de 1040°C (1900°F)	70
2. De la experimentación para una temperatura de 1200°C (2200°F)	72
B. De la línea de Proceso	73
IX. CONCLUSIONES	77
X. RECOMENDACIONES	79
XI. BIBLIOGRAFIA	81

	Páginas
APENDICES	83
A. Tablas y Gráficas de referencia	85
B. Cálculos	89
1. Densidad del aire	89
2. Balance del Horno	89
a. Capacidad del horno	89
b. Tiempo de paso	90
c. Potencia total requerida	90
3. Cálculo de alimentación de entrada del sistema	92
4. Balance del ciclón # 1	93
a. Sólidos en el exhaustor	94
b. Sólidos en la salida	94
c. Humedad en la alimentación	94
d. Humedad en el producto a la salida	94
e. Capacidad calorífica de los sólidos secos	94
f. Humedad absoluta del aire a la entrada	95
g. Entalpía del aire de entrada	95
h. Entalpía del aire de salida	95
i. Entalpía de alimentación del producto	95
j. Entalpía de salida del producto	95
1. Balance de Humedad	96
2. Balance de Entalpía	96

	Páginas
5. Dimensionamiento del ciclón # 1	98
a. Obtención del diámetro teórico del ciclón	98
b. Obtención de las dimensiones del ciclón	100
c. Obtención de la eficiencia del ciclón	100
d. Obtención de la caída de presión en el ciclón	104
6. Cálculo de los ciclones posterior a la calcinación	105
a. Clasificador 1	106
b. Clasificador 3	107
c. Clasificador 2	107

LISTA DE TABLAS

Tabla		Páginas
7.1	Controles: velocidades de filtración de 50 ml de Sulfato de bario a 1000ppm	22
7.2	Controles: Transmitancia del Sulfato de bario leída a 420 nm	24
7.3	Cloruro de sodio calcinado a 1040°C (1900°F): velocidades de filtración de 50 ml de Sulfato de bario a 1000 ppm	26
7.4	Cloruro de sodio calcinado a 1040°C (1900°F): Transmitancia del Sulfato de bario leída a 420 nm	28
7.5	Cal hidratada calcinado a 1040°C (1900°F): velocidades de filtración de 50 ml de Sulfato de bario a 1000ppm	30
7.6	Cal hidratada calcinado a 1040°C (1900°F): Transmitancia del Sulfato de bario leída a 420 nm	32
7.7	Carbonato de sodio calcinado a 1040°C (1900°F): velocidades de filtración de 50 ml de Sulfato de bario a 1000ppm	34
7.8	Carbonato de sodio calcinado a 1040°C (1900°F): Transmitancia del Sulfato de bario leída a 420 nm	36
7.9	Cloruro de sodio calcinado a 1200°C (2200°F): velocidades de filtración de 50 ml de Sulfato de bario a 1000ppm	38
7.10	Cloruro de sodio calcinado a 1200°C (2200°F): Transmitancia del Sulfato de bario leída a 420 nm	40
7.11	Cal hidratada calcinado a 1200°C (2200°F): velocidades de filtración de 50 de Sulfato de bario a 1000ppm	42
7.12	Cal hidratada calcinado a 1200°C (2200°F): Transmitancia del Sulfato de bario leída a 420 nm	44
7.13	Carbonato de sodio calcinado a 1200°C (2200°F): velocidades de filtración de 50 ml de Sulfato de bario a 1000ppm	46
7.14	Carbonato de sodio calcinado a 1200°C (2200°F): Transmitancia del Sulfato de bario leída a 420 nm	48
7.15	Ciclón 1: condiciones de funcionamiento y dimensiones	60

Tabla	Páginas
7.16 Ciclón 2: condiciones de funcionamiento y dimensiones	61
7.17 Ciclón 3: condiciones de funcionamiento y dimensiones	62
7.18 Ciclón 4: condiciones de funcionamiento y dimensiones	63
7.19 Ciclón 5: condiciones de funcionamiento y dimensiones	64
7.20 Clasificador 1: condiciones de funcionamiento y dimensiones	65
7.21 Clasificador 2: condiciones de funcionamiento y dimensiones	66
7.22 Clasificador 3: condiciones de funcionamiento y dimensiones	67
A.1 Distribución aproximada de las aplicaciones industriales de la tierra de diatomeas en países desarrollados	85
A.2 Composición química aproximada de la tierra de diatomeas	85
A.3 Partes por millón de Sulfato de bario en agua vs. el % de Transmitancia del Sulfato de Bario leída a 420 nm	86

LISTA DE FIGURAS

Figuras	Páginas
7.1 Línea de Proceso de la Tierra de Diatomeas	50
7.2 Dimensiones óptimas de un ciclón	59
A.1 Sistema de clasificación post-calcinación	105

LISTA DE GRAFICAS

Gráficas	Páginas
7.1 Controles: velocidades de filtración de 50 ml de Sulfato de bario a 1000ppm	23
7.2 Controles: Transmitancia del Sulfato de bario leída a 420 nm	25
7.3 Cloruro de sodio calcinado a 1040°C (1900°F): velocidades de filtración de 50 ml de Sulfato de bario a 1000 ppm	27
7.4 Cloruro de sodio calcinado a 1040°C (1900°F): Transmitancia del Sulfato de bario leída a 420 nm	29
7.5 Cal hidratada calcinado a 1040°C (1900°F): velocidades de filtración de 50 ml de Sulfato de bario a 1000ppm	31
7.6 Cal hidratada calcinado a 1040°C (1900°F): Transmitancia del Sulfato de bario leída a 420 nm	33
7.7 Carbonato de sodio calcinado a 1040°C (1900°F): velocidades de filtración de 50 ml de Sulfato de bario a 1000ppm	35
7.8 Carbonato de sodio calcinado a 1040°C (1900°F): Transmitancia del Sulfato de bario leída a 420 nm	37
7.9 Cloruro de sodio calcinado a 1200°C (2200°F): velocidades de filtración de 50 ml de Sulfato de bario a 1000ppm	39
7.10 Cloruro de sodio calcinado a 1200°C (2200°F): Transmitancia del Sulfato de bario leída a 420 nm	41
7.11 Cal hidratada calcinado a 1200°C (2200°F): velocidades de filtración de 50 de Sulfato de bario a 1000ppm	43
7.12 Cal hidratada calcinado a 1200°C (2200°F): Transmitancia del Sulfato de bario leída a 420 nm	45
7.13 Carbonato de sodio calcinado a 1200°C (2200°F): velocidades de filtración de 50 ml de Sulfato de bario a 1000ppm	47
7.14 Carbonato de sodio calcinado a 1200°C (2200°F): Transmitancia del Sulfato de bario leída a 420 nm	49
A.1 Curva de calibración 420nm de Sulfato de Bario ppm vs. % Transmitancia.	87

I. INTRODUCCION:

Filtración es la separación de partículas sólidas, a partir de una suspensión que se hace pasar a través de un medio filtrante sobre el que se depositan los sólidos.

Los problemas en la filtración son por lo general, de dos tipos: Bajos rangos de flujos y clarificación inadecuada. Si la naturaleza del sólido a filtrar es tal que forma un lecho de filtrado poroso, la dificultad de filtración es mínima. Si por lo contrario el sólido es coloidal o gelatinoso, o tiende a formar capas de filtrado no porosas, la filtración puede llegar a ser dificultosa.

Con frecuencia, la alimentación se modifica de alguna forma mediante un pre-tratamiento, a fin de aumentar la velocidad de filtración, como calentamiento, recristalización o adición de un "coadyuvante de filtración", auxiliares de filtración o "filtro-ayuda:", tales como celulosa, yeso o tierra de diatomeas.

Un filtro-ayuda es un material que sirve para obtener o mejorar la clarificación, incrementar el rango de filtrado o ambos. La tierra de diatomeas es el tipo de filtro-ayuda más ampliamente usado.

El presente trabajo, consistió en el desarrollo del diseño de una línea de proceso de tierra de diatomeas. Desde que es obtenida como materia prima "cruda" proveniente del yacimiento situado en el departamento de Jutiapa, hasta que es entregada lista para su uso, en operaciones de filtrado en la industria.

El mineral fue sometido a diferentes pruebas físicas y químicas, así como tratamientos de calcinación simple y calcinación con cuatro distintos fundentes, con el fin de obtener una idea sobre su comportamiento en operaciones a escala industrial.

II, ANTECEDENTES:

Los primeros estudios sobre tierra de diatomeas guatemalteca, fueron preparados por el Dr. Manuel Serrano (12), quien ubica algunos yacimientos de mineral en el Occidente de la República. Este trabajo versa sobre aspectos paleontológicos de la tierra de diatomeas de esos yacimientos. Trabajos no publicados sobre prospecciones de yacimientos de tierra de diatomeas, fueron realizados por el Sr. Leep Mocheim. Así mismo R.L. Miller (8), preparó una tabla con varios minerales ordenados alfabéticamente, junto con el estado de los conocimientos de la época (1,969), sobre los yacimientos y su empleo industrial. Sobre la tierra de diatomeas informa: "Ar tiguamente se explotaba cerca de la ciudad de Guatemala y se vendía como relleno para producción de pinturas y papel".

Recientemente, bajo un convenio de Asistencia Técnica suscrito entre Guatemala y la República de China, una comisión técnica de ese país, efectuó estudios sobre Minerales no Metálicos en Guatemala. Descubrieron varios yacimientos de éstos, incluyendo la tierra de diatomeas. En el informe efectuado por la misión referida (9) y en lo que se refiere a la tierra de diatomeas, se deja la inquietud de investigar y determinar la calidad de la tierra de diatomeas que contienen tales yacimientos, así como realizar pruebas para determinar el empleo industrial que se le pueda dar al mineral.

Con base en lo anterior, en 1,988 Ubaldo A. Ramírez León (11) estudiante de la carrera de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, realizó una tesis de graduación llamada "Empleo de diatomita guatemalteca como auxiliar de filtración", en la cual evaluó las características presentadas por la tierra de diatomeas, obtenida de cuatro yacimientos potenciales de explotación, los cuales eran el yacimiento de Tacajalbé situada entre 3.5 a 6.5

kilómetros al noroeste de San Cristóbal Totonicapán. El yacimiento de Las Cruces, localizado a 600 m al oeste de la carretera CA-9 al noroeste de Palencia, el yacimiento de la finca San Juan al sudoeste del yacimiento de Las Cruces y el yacimiento de Ipala localizado entre 6 y 8 Km al oeste del municipio de Ipala.

En dicha tesis, se llega a la conclusión de que los yacimientos guatemaltecos constituyen una fuente de tierra de diatomeas de alta calidad. Se presenta una pequeña variación de la misma, dependiendo del yacimiento y así mismo, da un listado del promedio de los minerales contenidos en los yacimientos, los cuales son silicio, hierro, calcio, magnesio, aluminio y trazas de azufre.

En Guatemala, se consumen cantidades considerables de tierra de diatomeas. Su empleo principal es en filtraciones de líquidos y productos industriales, entre los que se pueden citar cerveza y aceites comestibles, actuando como auxiliar de filtración. La mayor parte de este mineral es importado de los Estados Unidos y una pequeña parte de México, Alemania y otros países.

A. Filtración:

Puede ser definida como el proceso de separación de sustancias sólidas o semi-sólidas, suspendidas en líquidos, al forzar el paso del líquido a través de una membrana porosa que sirve para retener las partículas sólidas. El material colectado en la membrana porosa, es conocido como lecho filtrado. Las filtraciones industriales, van desde un sencillo colado hasta separaciones altamente complejas. El fluido puede ser un líquido o un gas y la corriente valiosa procedente de un filtro, puede ser el fluido, los sólidos o ambos productos. En algunos casos, pueden carecer de valor ambas corrientes, como es el caso de la separación de sólidos residuales de un fluido residual antes de su vertido. En la filtración industrial, el contenido de sólidos de la alimentación

puede oscilar desde las trazas, hasta tratarse de un lodo fluidizado. El fluido circula a través del medio filtrante en virtud de una diferencia de presión.

Se puede producir una filtración, ya sea por una presión sobre la corriente a filtrar y lograr una filtración más rápida o por producir un vacío debajo del lecho filtrante, de forma que se succiona el flujo a filtrar. Estos procesos son conocidos como filtrado a presión, el primero y el segundo, como un filtrado al vacío.

Los problemas en la filtración, son por lo general de dos tipos: Bajos rangos de flujos y clarificación inadecuada. En el primero, el lecho retira adecuadamente los sólidos de la corriente, pero a una velocidad muy baja, lo que constituye un problema en la industria, ya que se buscan tiempos de filtración, óptimos para obtener productividades altas en el proceso. En clarificaciones inadecuadas, una porción del sólido es arrastrada en el filtrado, independientemente del tiempo de filtración. Si la naturaleza del sólido a filtrar es tal, que forma un lecho de filtrado poroso, la dificultad de filtración es mínima. Si por lo contrario, el sólido es coloidal o gelatinoso, o tiende a formar capas de filtrado no porosas, la filtración puede llegar a detenerse.

Un filtro-ayuda es un material que sirve para obtener o mejorar la clarificación, incrementar el rango de filtrado, o ambos. Este material, también es conocido como coadyuvantes de filtración o auxiliares de filtración. La sílica diatomea es el tipo de filtro-ayuda más ampliamente usado.(7)

La función fundamental de un filtro-ayuda, es el de proveer un lecho de filtración con una estructura porosa. Esto se construye simultáneamente, con la deposición o retención de las partículas suspendidas. Las partículas del filtro-ayuda, por lo tanto, deben formar un esqueleto rígido o una estructura en forma de rejilla, que sea capaz de atrapar las partículas finas o

gelatinosas del líquido a filtrar y a la vez, dejar canales en el lecho de filtrado, a través de los cuales el líquido, ya libre de las sustancias suspendidas, pueda pasar a un rango de velocidad establecido y donde la caída de presión sea prácticamente económica.

Las partículas de un filtro-ayuda deben tener características como las de mantenerse suspendidas en el líquido, previo al paso de filtrado. Debe tener un tamaño microscópico, para proveer lechos que filtren las pequeñas partículas de coloides en suspensión.

En adición, un filtro-ayuda debe estar libre de impurezas como: sales solubles, sustancias orgánicas, materiales colorantes, cuerpos impartidores de olor o sabor, etcétera. También debe ser inerte y no reaccionar con el material a filtrar. (3)

La filtración con tierra diatomea es una operación de dos pasos. Primero, una delgada capa protectora de ayuda filtrante (la precapa) debe ser acumulada sobre la tela del filtro, haciendo circular una suspensión del material. Segundo, después de formada la precapa, otras pequeñas cantidades de filtro-ayuda deberán ser incorporadas regularmente al líquido que se está filtrando (dosificación). Mientras la filtración progresa, las tierras de diatomeas agregadas, junto con los sólidos suspendidos en el líquido, todavía no filtrado, se van depositando sobre la precapa. De este modo, una nueva superficie filtrante se forma continuamente y los diminutos esqueletos de las tierras diatomeas, siguen brindando infinitos canales microscópicos para retener las impurezas en suspensión, sin obstruir el paso del líquido limpio. (1)

B. La tierra de diatomeas:

Conocida como diatomita, sílica diatomea, kieselguhr o tierra de infusorios, es un mineral no metálico compuesto por los esqueletos y restos de esqueletos de plantas acuáticas unicelulares

microscópicas, asociadas con las algas, llamadas diátomas. Estas plantas vivieron en los lagos y océanos que cubrieron porciones de la tierra hace millones de años.

Elas tienen la habilidad única de absorber sílica, en formas solubles en agua, presentes en el ambiente natural, y de este material formar un esqueleto estructural de sílica amorfa. Con el tiempo, estos se sedimentaron, se depositaron en el fondo de lagos y océanos, hasta formar profundos lechos en esos lugares y después emergieron para formar parte de la masa terrestre.

La tierra de diatomeas, es predominantemente sílica amorfa (bióxido de silicón no cristalino). Esta puede contener pequeñas cantidades de sílica cristalina (cuarzo) y óxidos insolubles en agua. Además, puede contener calcio, magnesio, hierro, aluminio y trazas de elementos diversos, presentes en la corteza terrestre, así como agua dentro de su estructura, en composiciones que pueden variar de dos a diez por ciento de su densidad.

En general, la diatomita es de color blanco, de acuerdo a las impurezas que contenga. Sin embargo, puede variar desde un color oscuro a café claro o gris oscuro. La textura de la diatomita es harinosa, quebradiza y extraordinariamente porosa.

La diatomita es atacada por los álcalis fuertes y por el ácido fluorhídrico, pero no por los otros ácidos. Es soluble en álcalis e insoluble en ácidos.

Físicamente, los esqueletos de las tierras de diatomeas son intrincadas estructuras que tienen muchos poros de tamaños menores que el micrón y, en forma análoga a los copos de nieve, presentan una gran variedad de formas.

Estas relativamente no comprensibles estructuras, poseen diámetros de partículas entre 10 y 200 micrómetros. (4)

1. Tratamiento de la diatomita: La diatomita "cruda", es usualmente seleccionada de minas de extracción. El material recién excavado, es almacenado en pilas al aire libre, para un secado inicial. A partir de allí, existen tres procesos diferentes; para obtener productos destinados a diversos usos y que pueden ser clasificados de la siguiente manera:

a. Producto natural:

En éste, la diatomita "cruda" es molida, secada a temperaturas relativamente bajas y clasificada para remover sustancias no deseadas, como arcillas y restos de materiales orgánicos. Este producto presenta una variedad de tamaños de la partícula.

b. Producto calcinado sin fundente:

Este producto, es obtenido a partir del material natural por calcinación a altas temperaturas $1040^{\circ} - 1200^{\circ}\text{C}$ ($1900^{\circ} - 2200^{\circ}\text{F}$) en un horno rotatorio. Dependiendo de las aplicaciones, este puede ser molido de nuevo y clasificado en diferentes grados, con selectores de rangos de tamaños de partículas. Durante la calcinación, los compuestos orgánicos y los volátiles son removidos, el color cambia de un blancuzco a un dorado o rosado y algunas de las partículas de sílica amorfa, son convertidas a sílica cristalina, principalmente a la forma llamada cristobalita.

c. Producto calcinado con fundente:

Este producto, se obtiene a partir del material natural por calcinación a altas temperaturas en presencia de un fundente, que generalmente, es carbonato de sodio.

Durante la calcinación con el fundente, las diátomas se fusionan aumentando considerablemente el tamaño de la partícula, cambiando a un color blanco y con la transformación de algunas partículas de sílica amorfa a sílica cristalina. El tamaño de las partículas es controlado por una posterior molienda y separación con aire.

2. Aplicaciones Industriales de la diatomita: Las propiedades comerciales importantes de la diatomita son: la porosidad, finura de poros, capacidad de adsorción, baja densidad y baja conducción de calor, de tal forma que los productos son de múltiple aplicación industrial. Una distribución aproximada del uso industrial de la diatomita en países desarrollados, se encuentra en la Tabla 23, anexo A, página 79. (2)

a. Empleo como auxiliar de filtración:

Los filtro-ayudas o auxiliares de filtración, se usan fundamentalmente donde la clarificación de un líquido es el objetivo de importancia. Cada auxiliar, es más eficiente que cualquier otro en la operación para el cual fue diseñado.

En general, su uso se limita a dispersiones groseras o coloidales, de concentraciones menores del 5 por ciento de sólidos suspendidos, constituidos de partículas de diámetros menores de 5 micras. (6)

Las proporciones del auxiliar de filtración agregadas a las dispersiones, son relativamente pequeñas, generalmente de 0.1 a 6.0 por ciento. Los costos correspondientes, quedan en la realidad recompensados por el aumento en el rendimiento del filtro. Además, muchos de ellos pueden ser usados repetidamente, con la introducción de simples tratamientos de recuperación.

La diatomita se emplea como clarificador de: toda clase de jugos azucarados, cervezas, vinos, aceites, petróleo y casi toda clase de líquidos de los que se necesite extraer impurezas en suspensión, con ayuda de equipo de filtración. Esta aplicación de la diatomita, es una consecuencia de la elevada permeabilidad asociada a la capa de retención de materiales sólidos, entre las finas partículas que la componen, esto es las caparazones de las diatomeas. La eficiencia de filtración depende de la distribución del tamaño de partícula. La molienda bien regulada del mineral crudo que contiene diatomeas muy pequeñas, puede dar productos altamente satisfactorios. En muchos casos, las aberturas entre las diatomeas a través de las que debe pasar el líquido, son tan pequeñas que pueden retener algunas bacterias.

En la mayoría de filtraciones industriales, la diatomita se agrega al líquido no filtrado, de modo que el medio filtrante remueve tanto al auxiliar de filtración, como a los sólidos suspendidos en el líquido. En muchos otros casos se aplica una capa de auxiliar al medio filtrante, para que actúe como agente clarificador e impida que éste se obstruya. La torta filtrante formada en ambos casos, es porosa, rígida e incomprensible. Debido a su volumen, el porcentaje de diatomita usado en las filtraciones industriales, es solamente del 0.5 % del líquido a ser filtrado, aunque este valor puede variar considerablemente, según las características y requerimientos del proceso en que se emplee.

III. JUSTIFICACION:

Las operaciones de filtrado son ampliamente usadas en la industria centroamericana. Estos sistemas, difieren tanto en el proceso como en el materia filtrante. Como se mencionó en la introducción, entre la diversidad de productos filtrantes se encuentra la tierra de diatomeas. Los únicos proveedores del mismo son Los Estados Unidos, México y Alemania. Al elaborar el diseño de la línea de producción de la tierra de diatomeas en base a los yacimientos guatemaltecos de este material, situados en Jutiapa, permite que personas que estén en la disposición de llevar a cabo el proyecto, puedan desarrollarlo y transformase en los principales proveectores del área centroamericana. A la vez de lograr que Guatemala sea un productor de dicho material, se ayuda al progreso nacional, creando divisas en vez de consumirlas, así como dando lugar a más fuentes de trabajo.

THE HISTORY OF THE

Faint, illegible text block, likely bleed-through from the reverse side of the page.

IV. OBJETIVOS

A. Objetivos generales:

1. Elaborar el diseño de una línea de producción de la tierra de diatomeas proveniente de yacimientos guatemaltecos, situados en Jutiapa, para que sea fácilmente utilizable en operaciones de filtración a nivel industrial.

B. Objetivos específicos:

1. Determinar si se requiere un fundente, (tanto tipo y concentración), para la obtención de las características de flujo necesarias, durante la calcinación de la tierra de diatomeas.
2. Determinar la temperatura de calcinación óptima de la tierra de diatomeas.
3. Determinar las características de flujo obtenidas del tratamiento de la tierra de diatomeas, como medio filtrante en operaciones de filtrado.
4. Determinar y dimensionar el equipo necesario para la realización práctica, a nivel industrial, del tratamiento de la tierra de diatomeas, desde el momento que ésta entra en la planta, proveniente de los yacimientos en forma de piedras, hasta la entrega del producto obtenido al área de empaque, para su posterior distribución y consumo.

[Faint, illegible text at the top of the page]

[Faint, illegible text in the upper middle section]

[Faint, illegible text in the middle section]

[Faint, illegible text in the lower middle section]

[Faint, illegible text in the lower section]

[Faint, illegible text at the bottom of the page]

V. PROBLEMA A RESOLVER:

La diatomita "cruda" que es usualmente seleccionada de minas de extracción, no siempre cumple con los requerimientos de un coadyuvante de filtración (o medio filtrante). Existen tres procesos diferentes para obtener productos que varían sus características y que pueden ser clasificados como naturales, calcinados sin fundente y calcinados con fundente.

El problema a resolver, consiste en determinar la línea de producción de la tierra de diatomeas, dando énfasis en el proceso de calcinación, ya sea con fundente o sin fundente, que se le debe realizar a la tierra de diatomeas extraída de un yacimiento guatemalteco situado en Jutiapa, para obtener propiedades de filtrado similares a las presentadas por las marcas estadounidenses Dicalite, del tipo "Flujo Aumentado" (Speed Plus) y "Flujo Rápido" (Speed Flow), y Celite, del tipo "Flujo Alto" (Hyflow) y "Estándar" (Standart), en base a velocidad y grado de filtración.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

DEPARTMENT OF CHEMISTRY

PH.D. THESIS

BY

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

VI. METODOLOGIA:

A. Obtención y Preparación de las Muestras:

1. Del yacimiento ubicado en el departamento de Juticapa, se obtuvo la muestra en forma de bloques pequeños. Fueron pulverizados en un molino de martillos, entregando un producto que fue pasado por un ciclón húmedo. El mismo lava la muestra de impurezas como tierra arcillosa, la clasifica, retirando partículas pequeñas, ubicadas en un rango de 2 a 4 micrones.
2. El procedimiento para las muestras, previo a las pruebas, se inició secándolas en un horno eléctrico convectivo hasta obtener una masa constante. Para ello se usó una temperatura de 110°C. (230°F)
3. Después del secado, se almacenó en bolsas de poliestireno de grueso calibre, para evitar la permeabilidad de humedad al interior, y fue anudada. Cada una contenía 100 gramos de muestra.
4. Una vez que se tuvieron las muestras ya secas, en forma aparte se midieron los fundentes y fueron colocados en bolsas plásticas, debidamente rotulados. Las concentraciones usadas fueron de 2.5, 5, 7.5 y 10 % en masa de Carbonato de Sodio, Cloruro de Sodio y cal hidratada.
5. La calcinación de las muestras, se hizo de la siguiente manera:
 - a. Se tomaron dos muestra especiales de 25 gramos y se calcinaron en la mufla a 1040° - 1200°C (1900° - 2200°F) respectivamente para apreciar el grado de dilatación de la muestra, y así se obtuvo un patrón del volumen máximo a calcinar por corrida.

- b. Se usaron 3 fundentes distintos: carbonato de sodio , cloruro de sodio y cal hidratada, a determinadas concentraciones, trabajando en duplicado.
- c. Se tuvo un control, consistente en una calcinación sin fundente, de forma que se pueda tener un patrón de comparación posterior. (siempre en duplicado).
- d. Se usaron dos temperaturas de calcinación: 1040° y 1200°C (1900° y 2200°F), haciéndose la misma cantidad de pruebas (en duplicado, las cuatro concentraciones de los tres fundentes), para ambas temperaturas, por 30 minutos para cada muestra.
- e. A la salida de la mufla, la muestra se dejó enfriar en un lugar aislado del polvo, (ya no importa el contacto con la atmósfera húmeda), para después ser guardada en bolsas de poliestireno debidamente rotuladas.
6. Después de la Calcinación, se efectuó una molienda fina con un molino de martillos, con el objeto de romper los grumos producidos por la alta temperatura a la que fue sujeta la muestra.
7. Se le hicieron pruebas de turbidez y flujo, para determinar la capacidad y características filtrantes de cada muestra. Se establecieron comparaciones entre la muestra calcinada con fundente y el control de la calcinación a esa temperatura, de la muestra calcinada con la misma concentración de fundente a distintas temperatura. Esto, para obtener la respuesta a la variación en la concentración del fundente, así como del tipo del mismo. Así se obtiene una base para la obtención de características similares a las marcas comerciales Estadounidenses "Flujo Aumentado" (Speed Plus), "Flujo Rápido" (Speed Flow), "Flujo Alto" (Hyflow) y "Estándar" (Standart).

B. Materiales y reactivos necesarios:

1. Reactivos

- a. Carbonato de sodio : Grado técnico
- b. Cloruro de sodio : Grado técnico
- c. Cal hidratada marca Horcalsa

2. Equipo:

- a. 1 Balanza electrónica
- b. 1 Horno convectivo
- c. 1 Espátula pequeña
- d. 1 Espátula grande.
- e. 8 Crisoles con tapadera
- f. 1 Vidrio de reloj
- g. 2 Cápsulas de ambiente seco. (Secadoras)
- h. 2 Pinzas para crisol
- i. 2 Tablas de asbesto.
- j. 1 Mufla eléctrica.
- K. 1 Par de guantes de Asbesto
- l. Bata y lentes de laboratorio.
- m. Bolsas de poliestireno de grueso calibre.
- n. Marcadores.

1. The first part of the document is a list of names and addresses of the members of the committee. The names are listed in alphabetical order, and the addresses are given in full. The list is headed by the name of the committee, and the names of the members are followed by their respective addresses.

2. The second part of the document is a list of the names of the members of the committee, and the names of the members are listed in alphabetical order. The names are followed by their respective addresses, and the list is headed by the name of the committee.

3. The third part of the document is a list of the names of the members of the committee, and the names are listed in alphabetical order. The names are followed by their respective addresses, and the list is headed by the name of the committee.

4. The fourth part of the document is a list of the names of the members of the committee, and the names are listed in alphabetical order. The names are followed by their respective addresses, and the list is headed by the name of the committee.

5. The fifth part of the document is a list of the names of the members of the committee, and the names are listed in alphabetical order. The names are followed by their respective addresses, and the list is headed by the name of the committee.

6. The sixth part of the document is a list of the names of the members of the committee, and the names are listed in alphabetical order. The names are followed by their respective addresses, and the list is headed by the name of the committee.

7. The seventh part of the document is a list of the names of the members of the committee, and the names are listed in alphabetical order. The names are followed by their respective addresses, and the list is headed by the name of the committee.

8. The eighth part of the document is a list of the names of the members of the committee, and the names are listed in alphabetical order. The names are followed by their respective addresses, and the list is headed by the name of the committee.

9. The ninth part of the document is a list of the names of the members of the committee, and the names are listed in alphabetical order. The names are followed by their respective addresses, and the list is headed by the name of the committee.

10. The tenth part of the document is a list of the names of the members of the committee, and the names are listed in alphabetical order. The names are followed by their respective addresses, and the list is headed by the name of the committee.

VII. RESULTADOS:

Los resultados obtenidos en este trabajo están divididos en 2 partes: La primera, consistente en los resultados de la experimentación, constituidos principalmente por las gráficas de comparación de Velocidad de Filtración y Grado de limpieza proporcionada por la muestra a evaluar. Se compara contra patrones establecidos, consistentes en muestras de los productos industriales importados de uso comercial en el mercado, bajo las mismas condiciones de las muestras problema.

La segunda parte, se basa en los resultados obtenidos en la experimentación, el diseño del Proceso y el equipo usado en el mismo, desde que la tierra de diatomeas proveniente del yacimiento de San Juan localizado en Jutiapa, es molida, hasta que se entrega al área de empaque como producto final.

A. Resultados Obtenidos en el Laboratorio:

Se realizaron calcinaciones a 2 temperaturas diferentes: 1040°C y 1200°C (1,900 y 2,200 °F), con tres fundentes distintos en duplicado. De dicho proceso, se obtuvo un producto al que se evaluó la velocidad de filtración de una solución problema, consistente en una suspensión de Sulfato de Bario en agua, a una concentración de 1000 ppm. Así mismo, se tomó lectura de la Transmitancia del filtrado, a 420 nm como patrón de limpieza alcanzada por la muestra.

A continuación, se presenta una serie de gráficas acompañadas cada una por una lista. Esta indica el nombre de la muestra evaluada en relación con un número. Este número es el que aparece en las gráficas correspondientes, para un mayor orden.

Tabla 7.1

Controles: Velocidades de filtración de 50 ml de Sulfato de Bario a 1000ppm

#	Nombre de la muestra	Velocidad en seg.
1	Hyflow	5.01
2	Hyflow	5.11
3	Pura tamizada	34.96
4	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	20.13
5	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	20.77
6	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	33.07
7	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	30.85
8	Speed Flow	15.60
9	Speed Flow	15.39
10	Speed Flow	13.67
11	Speed Flow	14.71
12	Speed Plus	5.84
13	Speed Plus	5.82
14	Standart	16.95
15	Standart	17.10
16	Standart	17.07

CONTROLES

Velocidad de Filtración de 50 ml

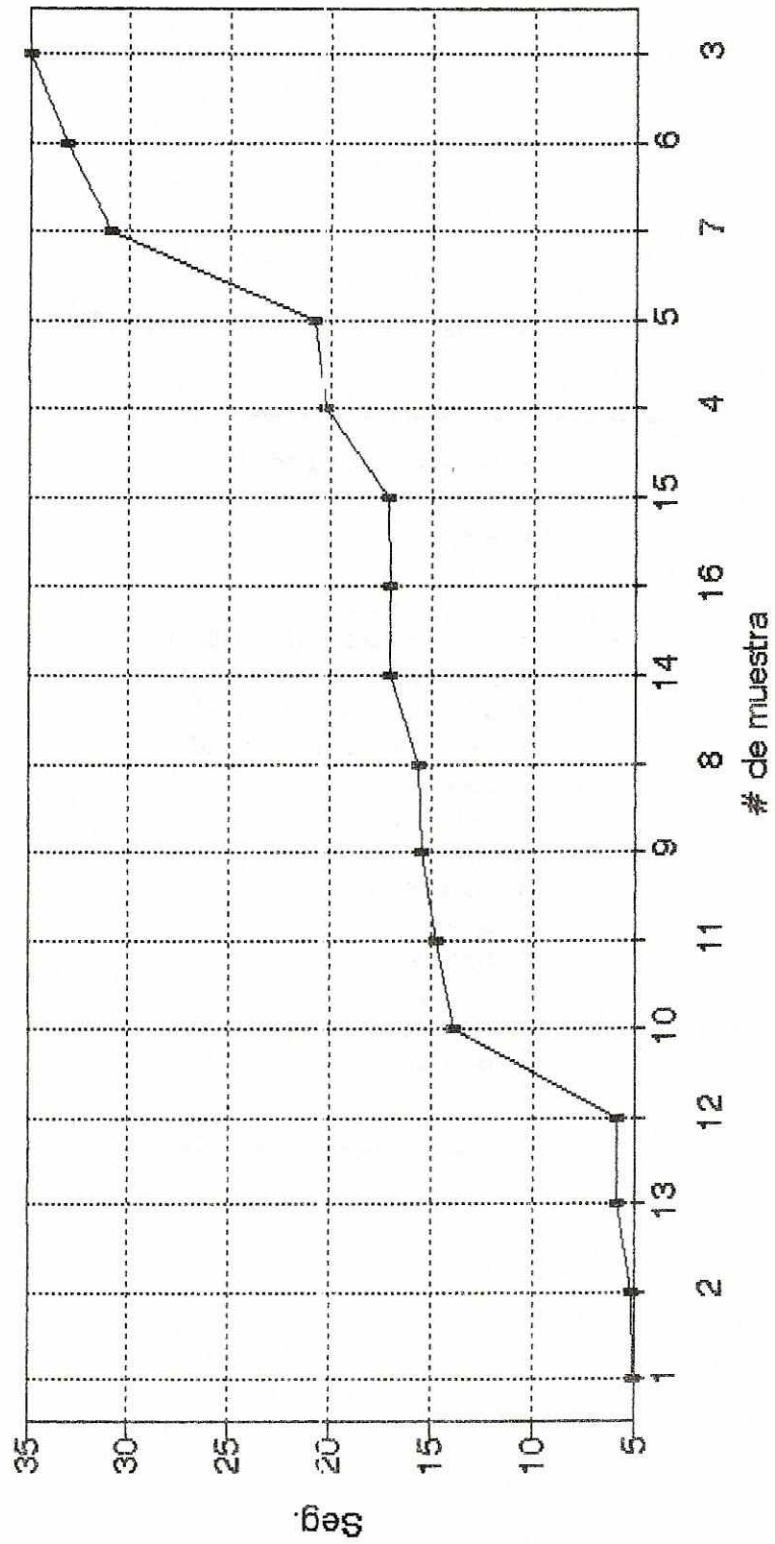


Tabla 7.2

Controles: Transmitancia del Sulfato de Bario leida a 420 nm

#	Nombre de la muestra	Transmitancia
1	Hyflow	98.0
2	Hyflow	98.0
3	Pura tamizada	98.0
4	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	98.0
5	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	98.0
6	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	99.0
7	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	99.0
8	Speed Flow	98.0
9	Speed Flow	98.0
10	Speed Flow	98.0
11	Speed Flow	98.0
12	Speed Plus	97.0
13	Speed Plus	97.0
14	Standart	98.0
15	Standart	98.0
16	Standart	98.0

CONTROLES

Transmitancia de BaSO4 a 420 nm

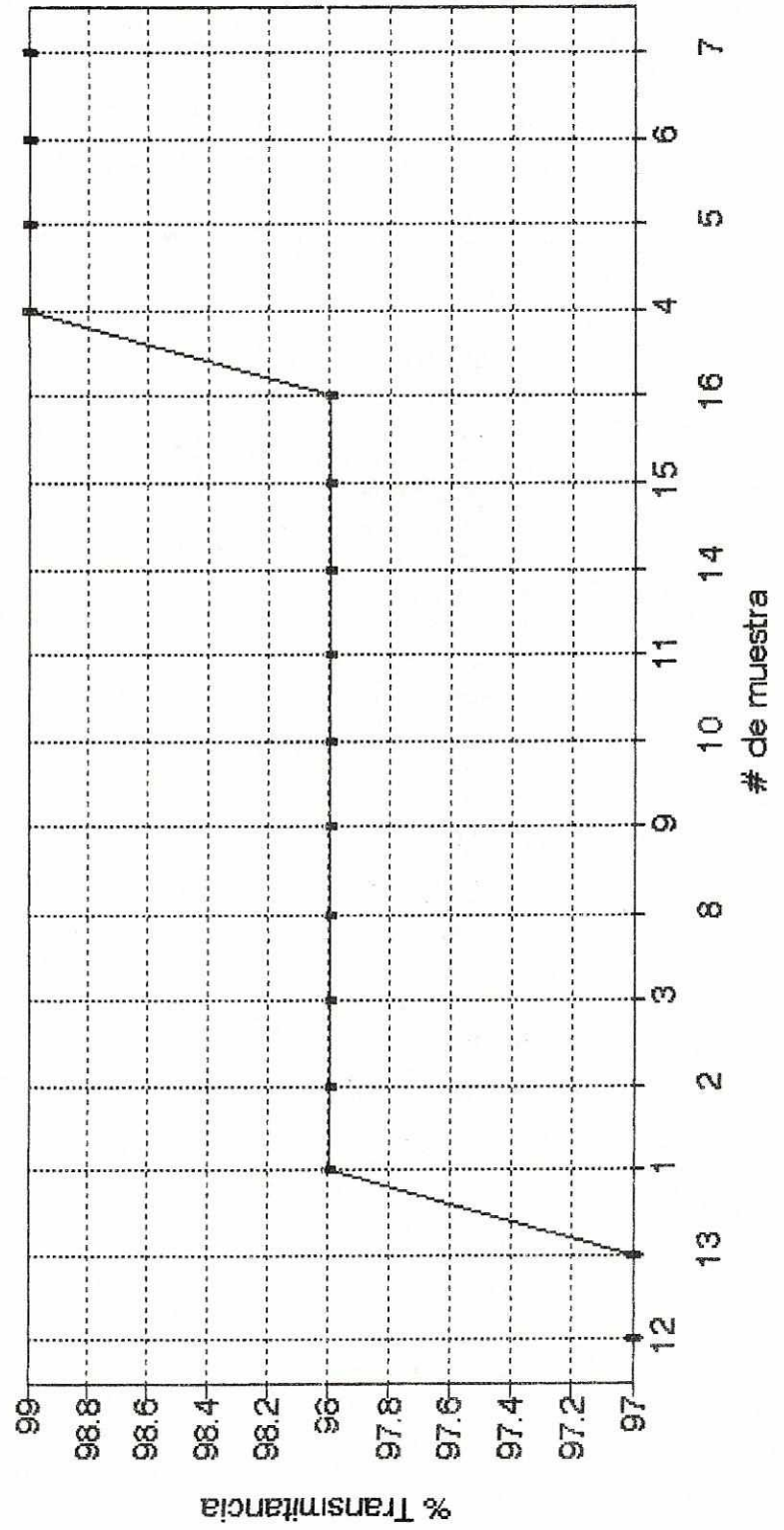


Tabla 7.3

Cloruro de sodio calcinado a 1040°C (1900°F): Velocidades de filtración de 50 ml de Sulfato de Bario a 1000ppm

#	Nombre de la muestra	Velocidad en seg.
1	Hyflow	5.01
2	Hyflow	5.11
3	Pura tamizada	34.96
4	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	20.13
5	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	20.77
6	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	33.07
7	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	30.55
8	Speed Flow	15.60
9	Speed Flow	15.39
10	Speed Flow	13.67
11	Speed Flow	14.71
12	Speed Plus	5.84
13	Speed Plus	5.82
14	Standart	16.85
15	Standart	17.10
16	Standart	17.07
17	Cl # 1 a 2.5%	12.56
18	Cl # 2 a 2.5%	11.45
19	Cl # 3 a 2.5%	14.57
20	Cl # 4 a 2.5%	14.11
21	Cl # 5 a 5.0%	7.52
22	Cl # 6 a 5.0%	8.92
23	Cl # 7 a 5.0%	8.04
24	Cl # 8 a 5.0%	7.46
25	Cl # 9 a 7.5%	6.63
26	Cl # 10 a 7.5%	7.66
27	Cl # 11 a 7.5%	6.39
28	Cl # 12 a 7.5%	6.21
29	Cl # 13 a 10.0%	7.26
30	Cl # 14 a 10.0%	7.46
31	Cl # 15 a 10.0%	8.11
32	Cl # 16 a 10.0%	7.14

NaCl a 1040°C (1900°F)

Velocidad de filtración de 50 ml

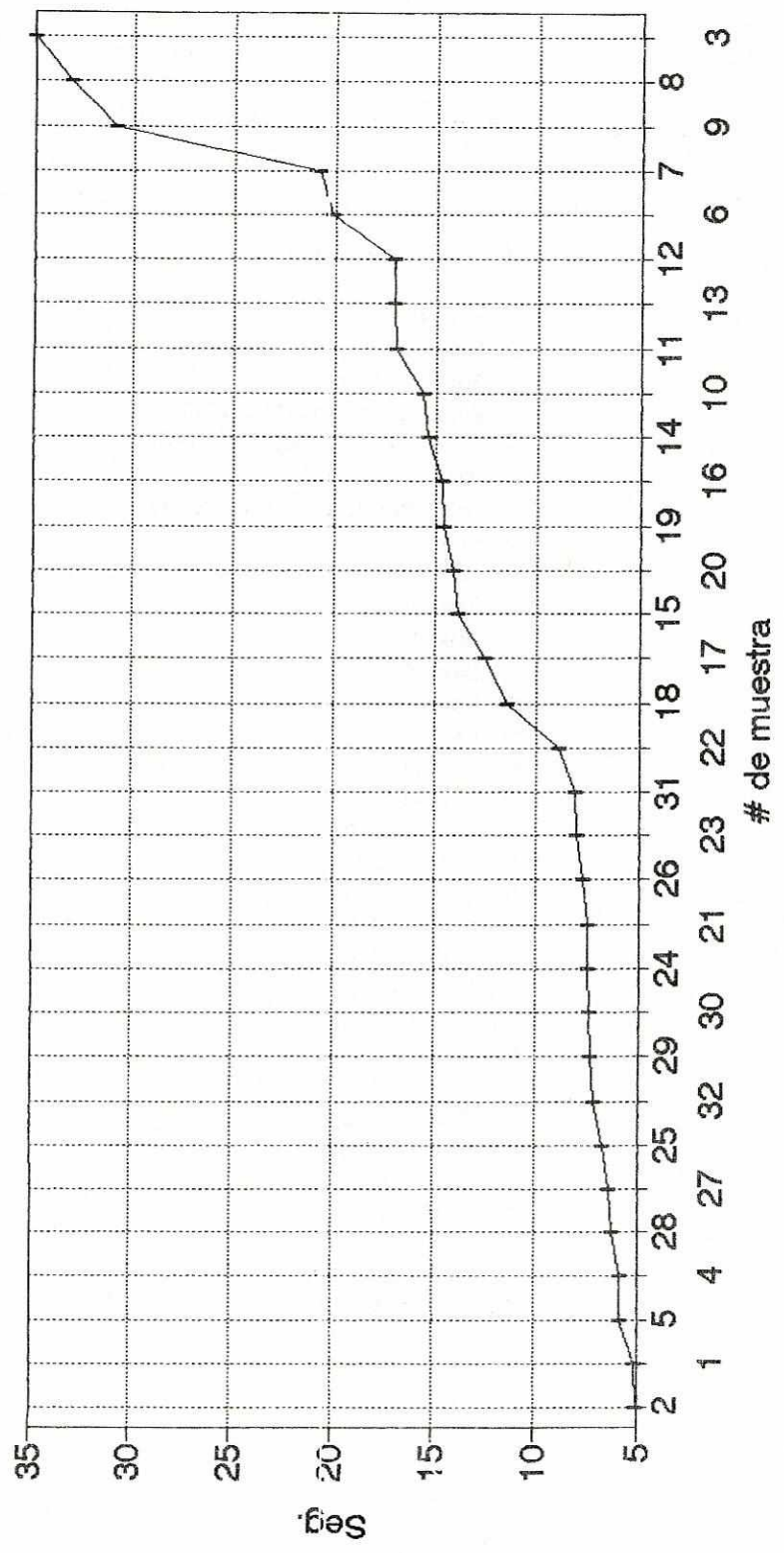


Tabla 7.4

Cloruro de sodio calcinado a 1040°C (1900°F): Transmitancia del Sulfato de Bario leida a 420 nm

#	Nombre de la muestra	Transmitancia
1	Hyflow	98.0
2	Hyflow	98.0
3	Pura tamizada	98.0
4	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	98.0
5	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	98.0
6	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	99.0
7	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	99.0
8	Speed Flow	98.0
9	Speed Flow	98.0
10	Speed Flow	98.0
11	Speed Flow	98.0
12	Speed Plus	97.0
13	Speed Plus	97.0
14	Standart	98.0
15	Standart	98.0
16	Standart	98.0
17	Cl # 1 a 2.5%	99.0
18	Cl # 2 a 2.5%	99.0
19	Cl # 3 a 2.5%	99.0
20	Cl # 4 a 2.5%	98.0
21	Cl # 5 a 5.0%	98.0
22	Cl # 6 a 5.0%	98.0
23	Cl # 7 a 5.0%	98.0
24	Cl # 8 a 5.0%	99.0
25	Cl # 9 a 7.5%	97.0
26	Cl # 10 a 7.5%	97.0
27	Cl # 11 a 7.5%	95.0
28	Cl # 12 a 7.5%	95.0
29	Cl # 13 a 10.0%	94.0
30	Cl # 14 a 10.0%	94.0
31	Cl # 15 a 10.0%	94.0
32	Cl # 16 a 10.0%	94.0

NaCl a 1040°C (1900°F)

Transmitancias de BaSO4 a 420 nm

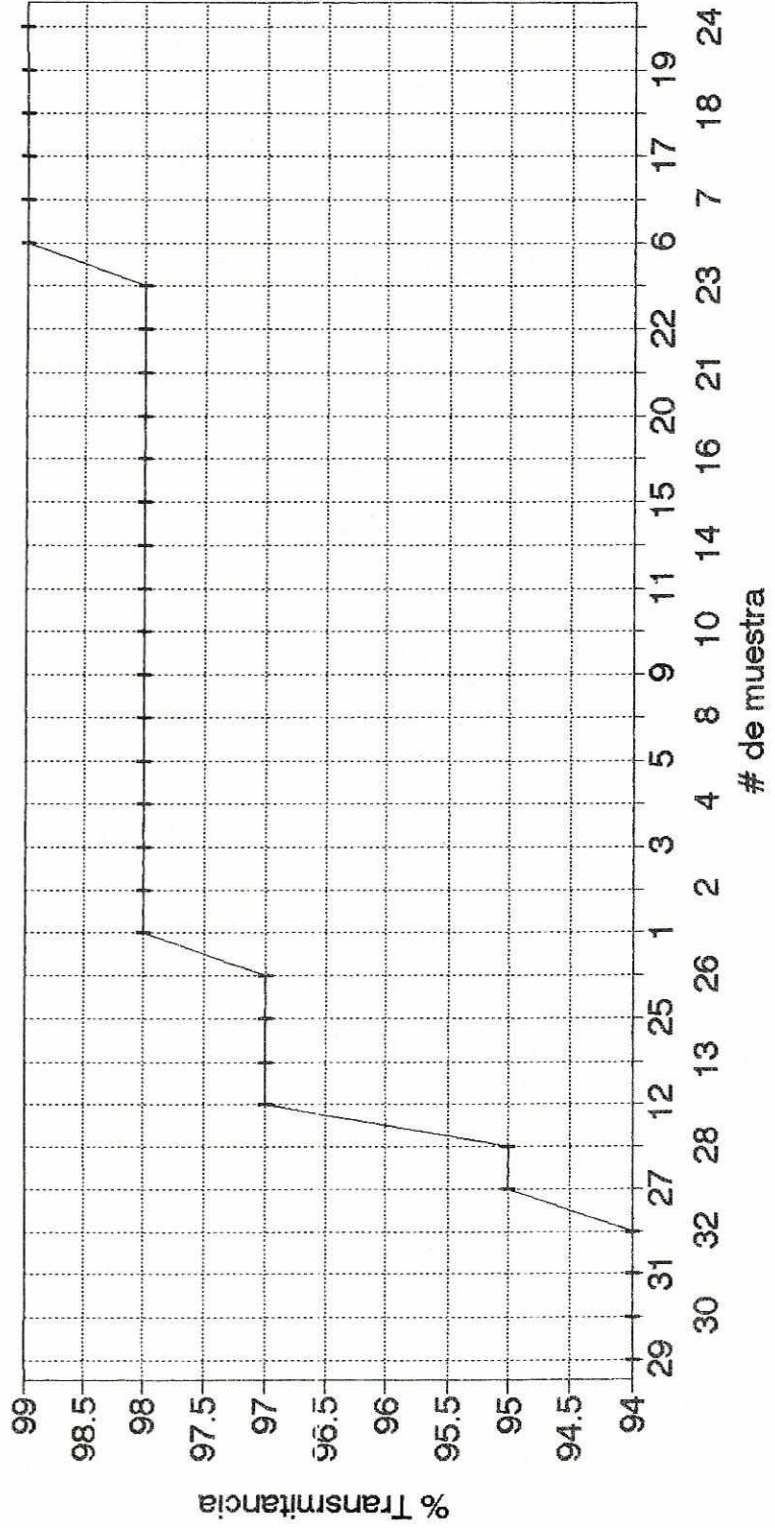


Tabla 7.5

Cal Hidratada calcinada a 1040°C (1900°F): Velocidades de filtración de 50 ml de Sulfato de Bario a 1000ppm

#	Nombre de la muestra	Velocidad en seg.
1	Hyflow	5.01
2	Hyflow	5.11
3	Pura tamizada	34.96
4	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	20.13
5	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	20.77
6	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	33.07
7	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	30.85
8	Speed Flow	15.60
9	Speed Flow	15.39
10	Speed Flow	13.87
11	Speed Flow	14.71
12	Speed Plus	5.84
13	Speed Plus	5.82
14	Standart	16.95
15	Standart	17.10
16	Standart	17.07
17	Cal # 1 a 2.5%	13.42
18	Cal # 2 a 2.5%	13.82
19	Cal # 3 a 2.5%	15.50
20	Cal # 4 a 2.5%	15.02
21	Cal # 5 a 5.0%	19.09
22	Cal # 6 a 5.0%	18.71
23	Cal # 7 a 5.0%	14.78
24	Cal # 8 a 5.0%	14.64
25	Cal # 9 a 7.5%	13.54
26	Cal # 10 a 7.5%	14.92
27	Cal # 11 a 7.5%	12.42
28	Cal # 12 a 7.5%	12.56
29	Cal # 13 a 10.0%	8.76
30	Cal # 14 a 10.0%	9.55
31	Cal # 15 a 10.0%	9.69
32	Cal # 16 a 10.0%	9.19

Cal H. a 1040°C (1900°F)

Velocidad de filtración de 50 ml

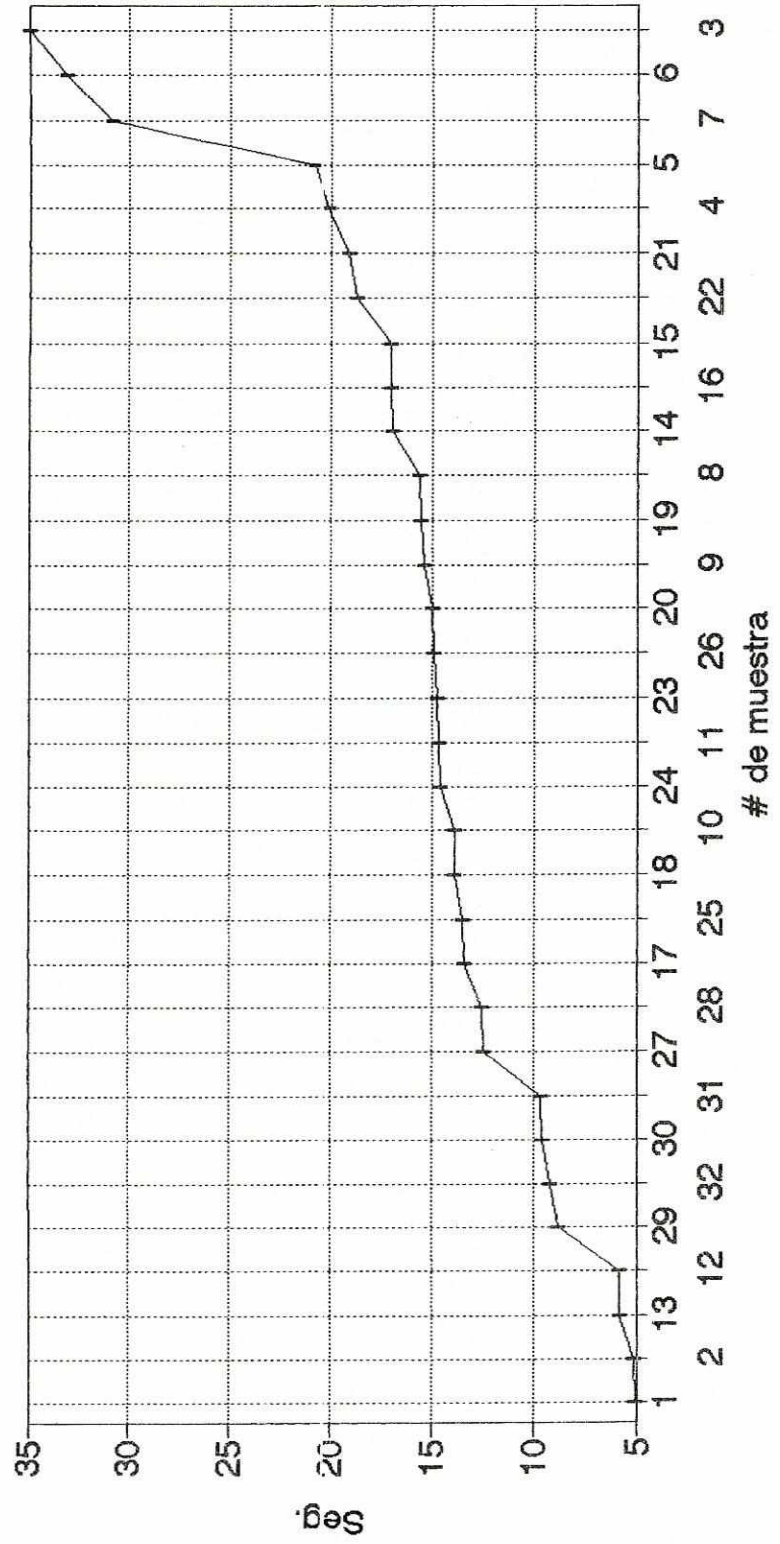


Tabla 7.6

Cal Hidratada calcinada a 1040°C (1900°F): Transmitancia del Sulfato de Bario leida a 420 nm

#	Nombre de la muestra	Transmitancia
1	Hyflow	98.0
2	Hyflow	98.0
3	Pura tamizada	98.0
4	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	98.0
5	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	98.0
6	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	99.0
7	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	99.0
8	Speed Flow	98.0
9	Speed Flow	98.0
10	Speed Flow	98.0
11	Speed Flow	98.0
12	Speed Plus	97.0
13	Speed Plus	97.0
14	Standart	98.0
15	Standart	98.0
16	Standart	98.0
17	Cal # 1 a 2.5%	99.0
18	Cal # 2 a 2.5%	99.0
19	Cal # 3 a 2.5%	99.0
20	Cal # 4 a 2.5%	99.0
21	Cal # 5 a 5.0%	99.0
22	Cal # 6 a 5.0%	99.0
23	Cal # 7 a 5.0%	99.0
24	Cal # 8 a 5.0%	99.0
25	Cal # 9 a 7.5%	99.0
26	Cal # 10 a 7.5%	99.0
27	Cal # 11 a 7.5%	99.0
28	Cal # 12 a 7.5%	99.0
29	Cal # 13 a 10.0%	99.0
30	Cal # 14 a 10.0%	99.0
31	Cal # 15 a 10.0%	99.0
32	Cal # 16 a 10.0%	99.0

CaI H. a 1040°C (1900°F)

Transmitancia de BaSO4 a 420 nm

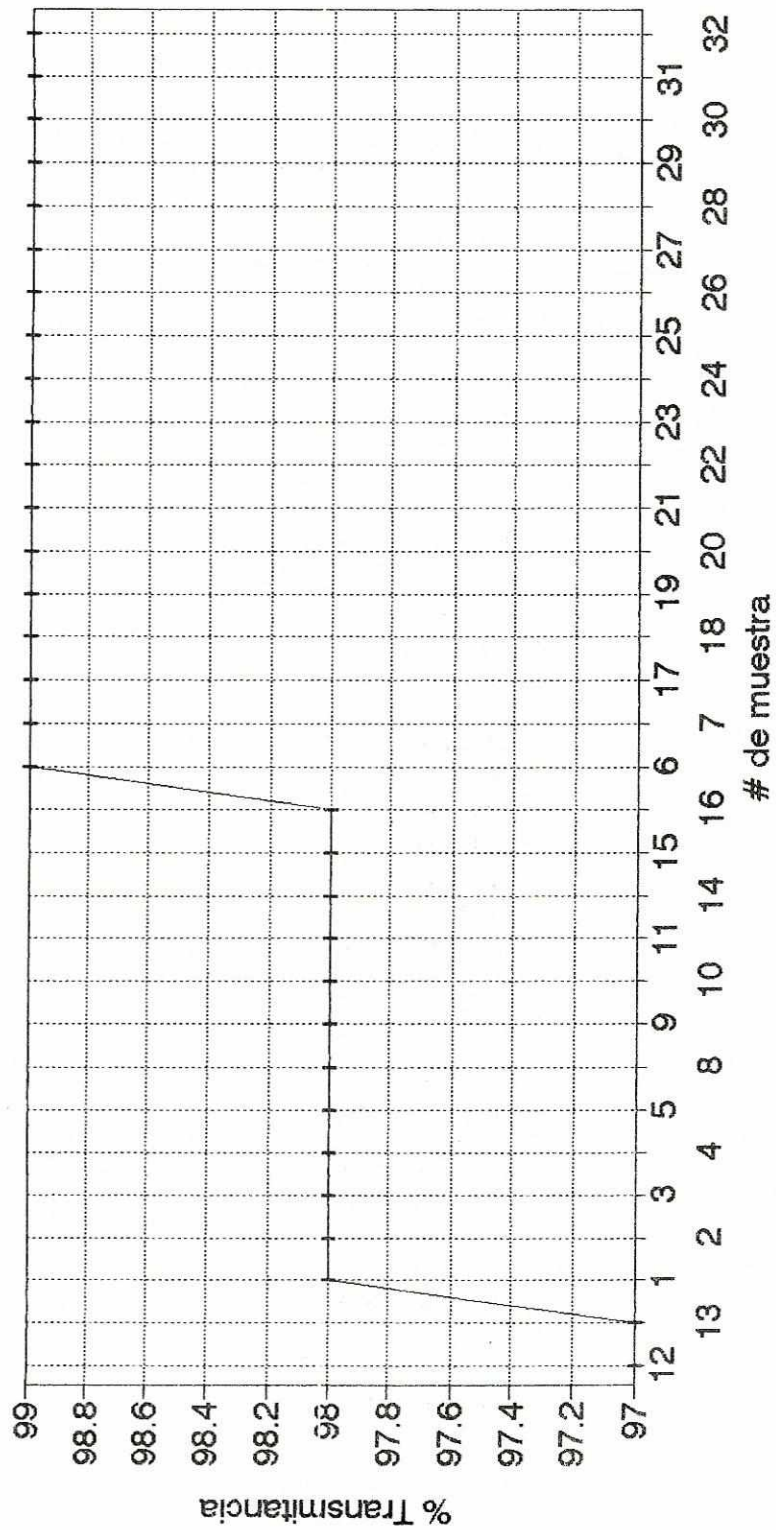


Tabla 7.7

Carbonato de Sodio calcinado a 1040°C (1900°F): Velocidad de filtración de 50 ml de Sulfato de Bario a 1000ppm

#	Nombre de la muestra	Velocidad en seg.
1	Hyflow	5.01
2	Hyflow	5.11
3	Pura tamizada	34.98
4	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	20.13
5	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	20.77
6	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	33.07
7	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	30.85
8	Speed Flow	15.60
9	Speed Flow	15.39
10	Speed Flow	13.87
11	Speed Flow	14.71
12	Speed Plus	5.84
13	Speed Plus	5.82
14	Standart	16.95
15	Standart	17.10
16	Standart	17.07
17	Soda # 1 a 2.5%	8.13
18	Soda # 2 a 2.5%	8.90
19	Soda # 3 a 2.5%	10.89
20	Soda # 4 a 2.5%	9.98
21	Soda # 5 a 5.0%	3.89
22	Soda # 6 a 5.0%	3.31
23	Soda # 7 a 5.0%	7.08
24	Soda # 8 a 5.0%	7.38
25	Soda # 9 a 7.5%	3.83
26	Soda # 10 a 7.5%	3.85
27	Soda # 11 a 7.5%	5.95
28	Soda # 12 a 7.5%	6.71
29	Soda # 13 a 10.0%	2.44
30	Soda # 14 a 10.0%	2.38
31	Soda # 15 a 10.0%	2.54
32	Soda # 16 a 10.0%	2.49

Carbonato de Sodio a 1040°C (1900°F)

Velocidad de filtración de 50 ml

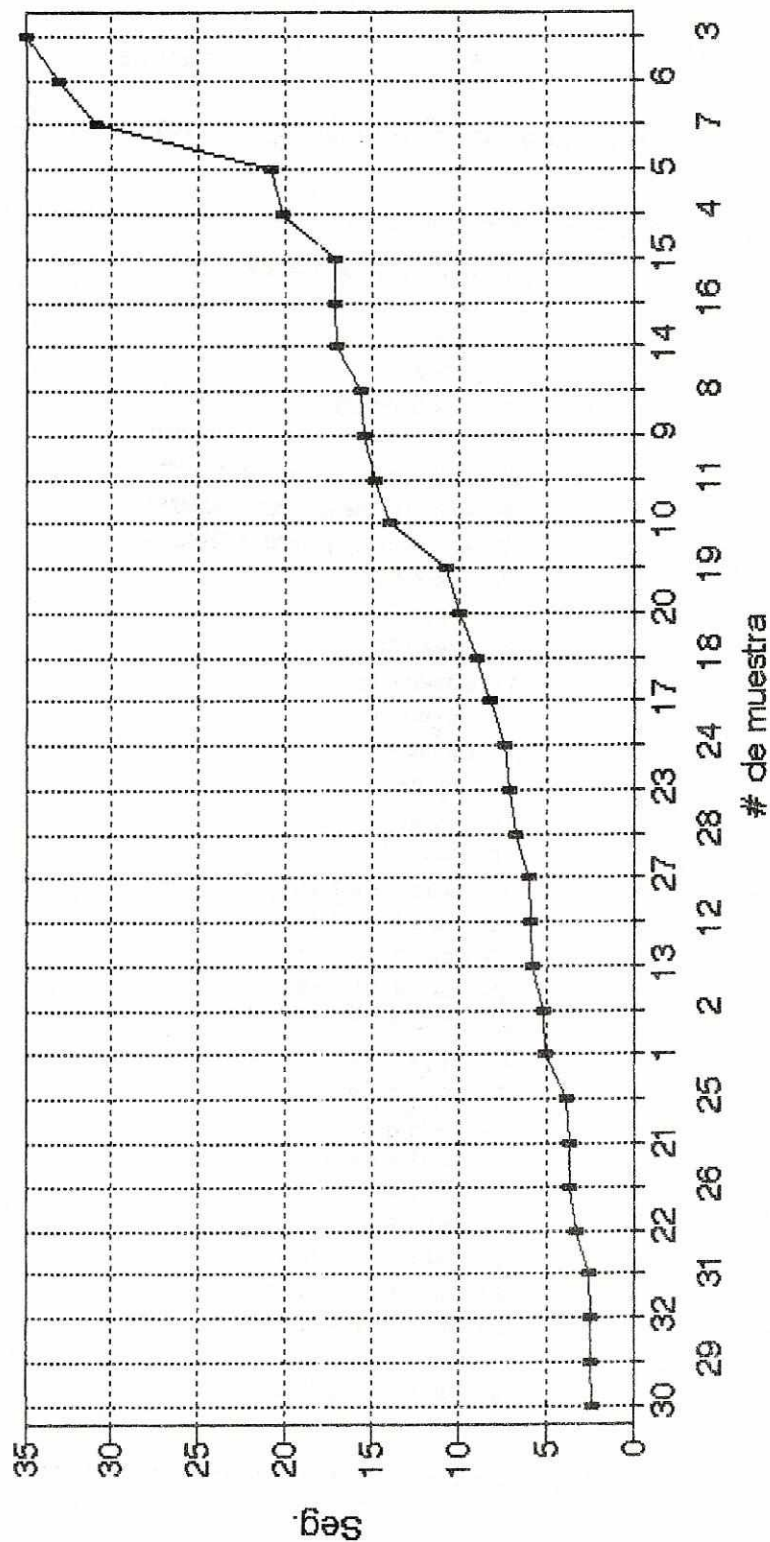


Tabla 7.8

Carbonato de Sodio calcinado a 1040°C (1900°F): Transmittancia del Sulfato de Bario leida a 420 nm

#	Nombre de la muestra	Transmittancia
1	Hyflow	98.0
2	Hyflow	98.0
3	Pura tamizada	98.0
4	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	98.0
5	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	98.0
6	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	99.0
7	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	99.0
8	Speed Flow	98.0
9	Speed Flow	98.0
10	Speed Flow	98.0
11	Speed Flow	98.0
12	Speed Plus	97.0
13	Speed Plus	97.0
14	Standart	98.0
15	Standart	98.0
16	Standart	98.0
17	Soda # 1 a 2.5%	98.0
18	Soda # 2 a 2.5%	98.0
19	Soda # 3 a 2.5%	98.0
20	Soda # 4 a 2.5%	98.0
21	Soda # 5 a 5.0%	98.0
22	Soda # 6 a 5.0%	98.0
23	Soda # 7 a 5.0%	98.0
24	Soda # 8 a 5.0%	98.0
25	Soda # 9 a 7.5%	89.0
26	Soda # 10 a 7.5%	89.0
27	Soda # 11 a 7.5%	98.0
28	Soda # 12 a 7.5%	98.0
29	Soda # 13 a 10.0%	70.0
30	Soda # 14 a 10.0%	85.0
31	Soda # 15 a 10.0%	80.0
32	Soda # 16 a 10.0%	72.0

Carbonato de Sodio a 1040°C (1900°F)

Transmitancia de BaSO4 a 420 nm

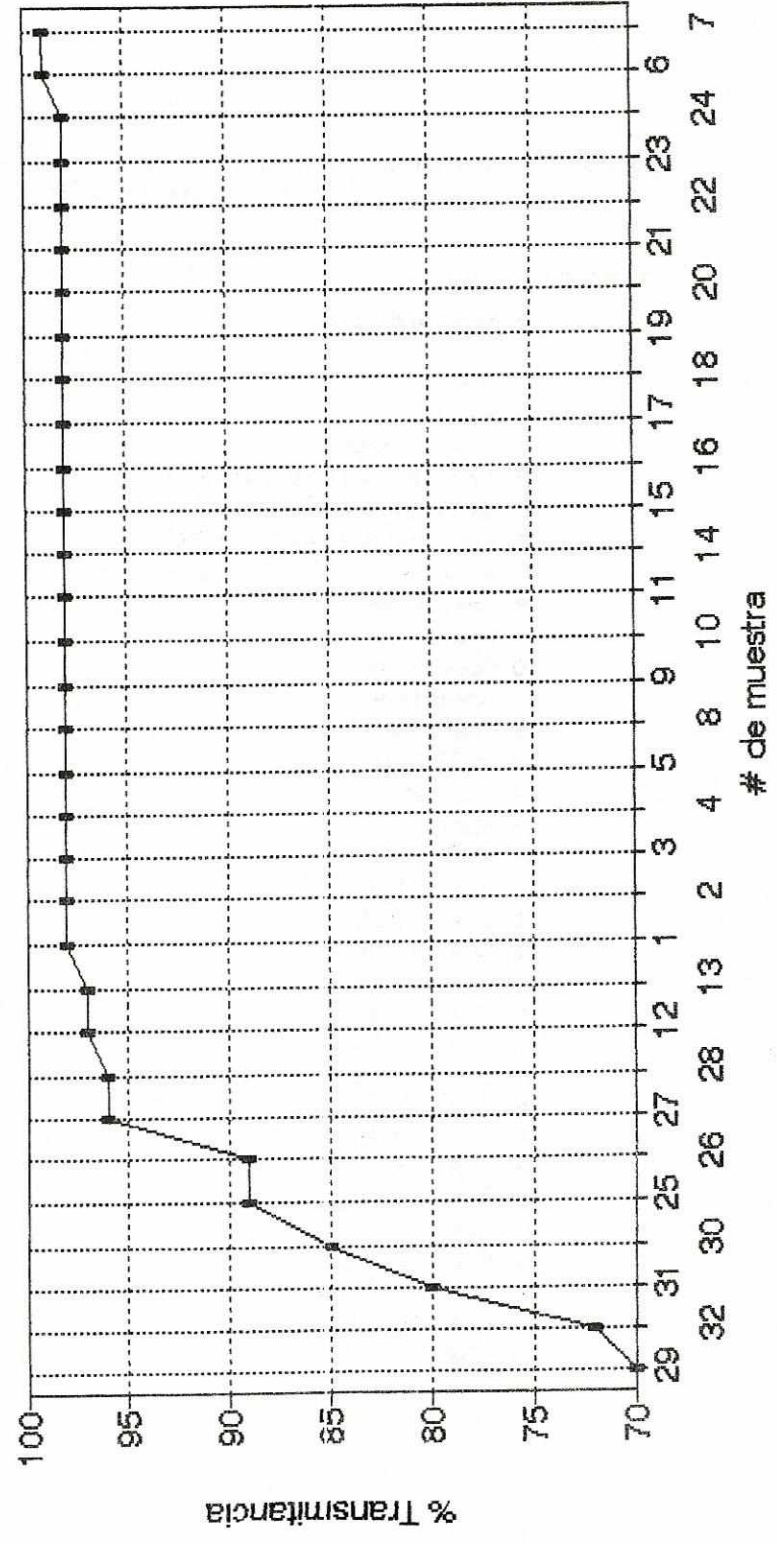


Tabla 7.9

Cloruro de sodio calcinado a 1200°C (2200°F): Velocidades de filtración de 50 ml de Sulfato de Bario a 1000ppm

#	Nombre de la muestra	Velocidad en seg
1	Hyflow	5.11
2	Hyflow	5.01
3	Pura tamizada	34.96
4	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	20.13
5	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	20.77
6	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	30.85
7	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	33.07
8	Speed Flow	14.71
9	Speed Flow	13.87
10	Speed Flow	15.39
11	Speed Flow	15.60
12	Speed Plus	5.82
13	Speed Plus	5.84
14	Standart	16.95
15	Standart	17.10
16	Standart	17.07
17	Cl # 1 a 2.5%	18.14
18	Cl # 2 a 2.5%	18.19
19	Cl # 3 a 2.5%	15.93
20	Cl # 4 a 2.5%	15.96
21	Cl # 5 a 5.0%	12.89
22	Cl # 6 a 5.0%	13.11
23	Cl # 7 a 5.0%	13.18
24	Cl # 8 a 5.0%	13.33
25	Cl # 9 a 7.5%	9.11
26	Cl # 10 a 7.5%	9.13
27	Cl # 11 a 7.5%	5.78
28	Cl # 12 a 7.5%	5.82
29	Cl # 13 a 10.0%	11.00
30	Cl # 14 a 10.0%	11.30
31	Cl # 15 a 10.0%	10.94
32	Cl # 16 a 10.0%	10.81

NaCl a 1200°C (2200°F)

Velocidad de filtración de 50 ml

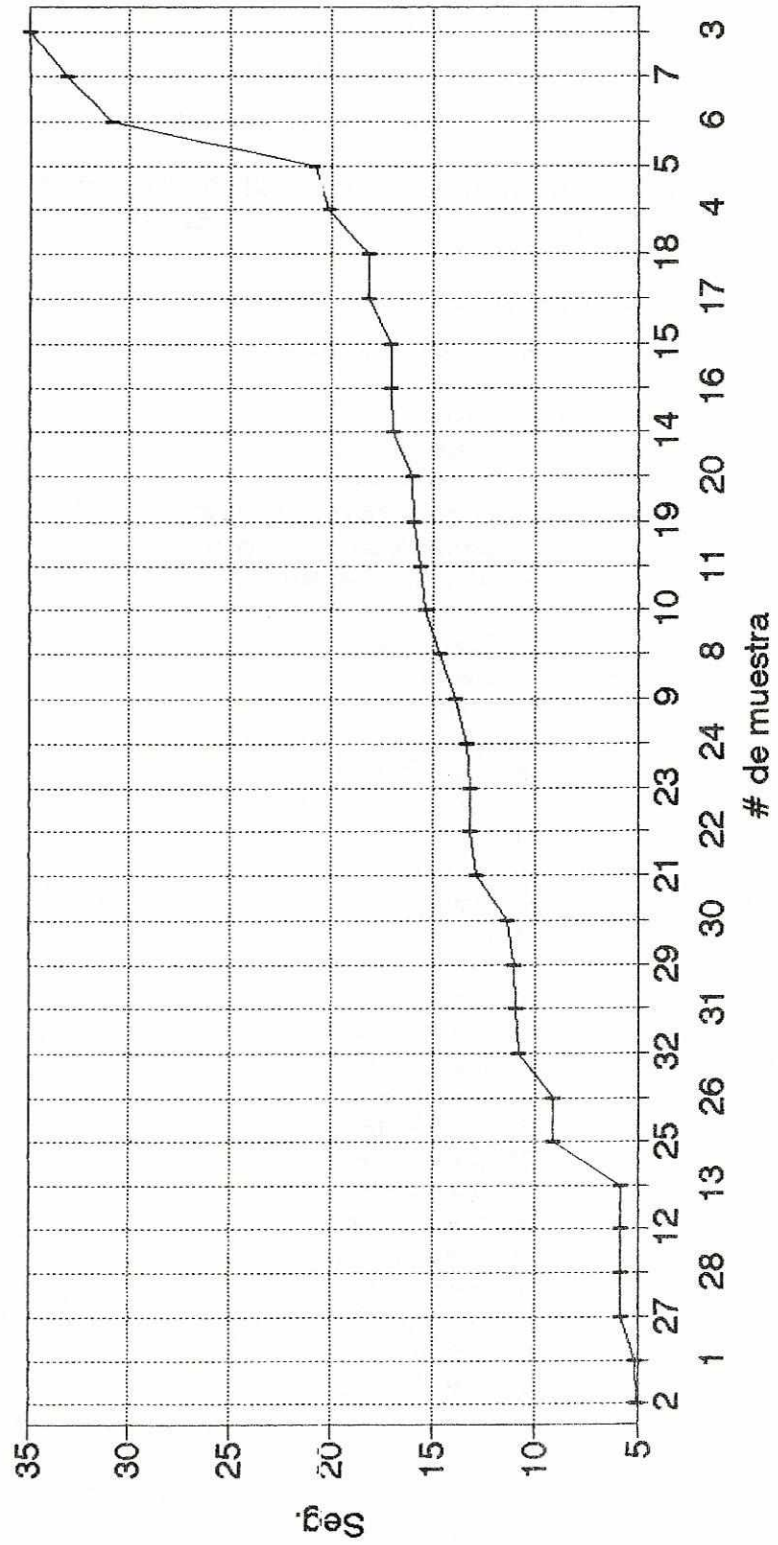


Tabla 7.10

Cloruro de sodio calcinado a 1200°C (2200°F): Transmitancia del Sulfato de Bario
leida a 420 nm

#	Nombre de la muestra	Transmitancia
1	Hyflow	98.0
2	Hyflow	98.0
3	Pura tamizada	98.0
4	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	99.0
5	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	99.0
6	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	99.0
7	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	99.0
8	Speed Flow	98.0
9	Speed Flow	98.0
10	Speed Flow	98.0
11	Speed Flow	98.0
12	Speed Plus	97.0
13	Speed Plus	97.0
14	Standart	98.0
15	Standart	98.0
16	Standart	98.0
17	Cl # 1 a 2.5%	99.0
18	Cl # 2 a 2.5%	99.0
19	Cl # 3 a 2.5%	99.0
20	Cl # 4 a 2.5%	99.0
21	Cl # 5 a 5.0%	98.0
22	Cl # 6 a 5.0%	98.0
23	Cl # 7 a 5.0%	98.0
24	Cl # 8 a 5.0%	98.0
25	Cl # 9 a 7.5%	96.0
26	Cl # 10 a 7.5%	96.0
27	Cl # 11 a 7.5%	96.0
28	Cl # 12 a 7.5%	96.0
29	Cl # 13 a 10.0%	97.0
30	Cl # 14 a 10.0%	97.0
31	Cl # 15 a 10.0%	97.0
32	Cl # 16 a 10.0%	97.0

NaCl a 1200°C (2200°F)

Transmitancias de BaSO4 a 420 nm

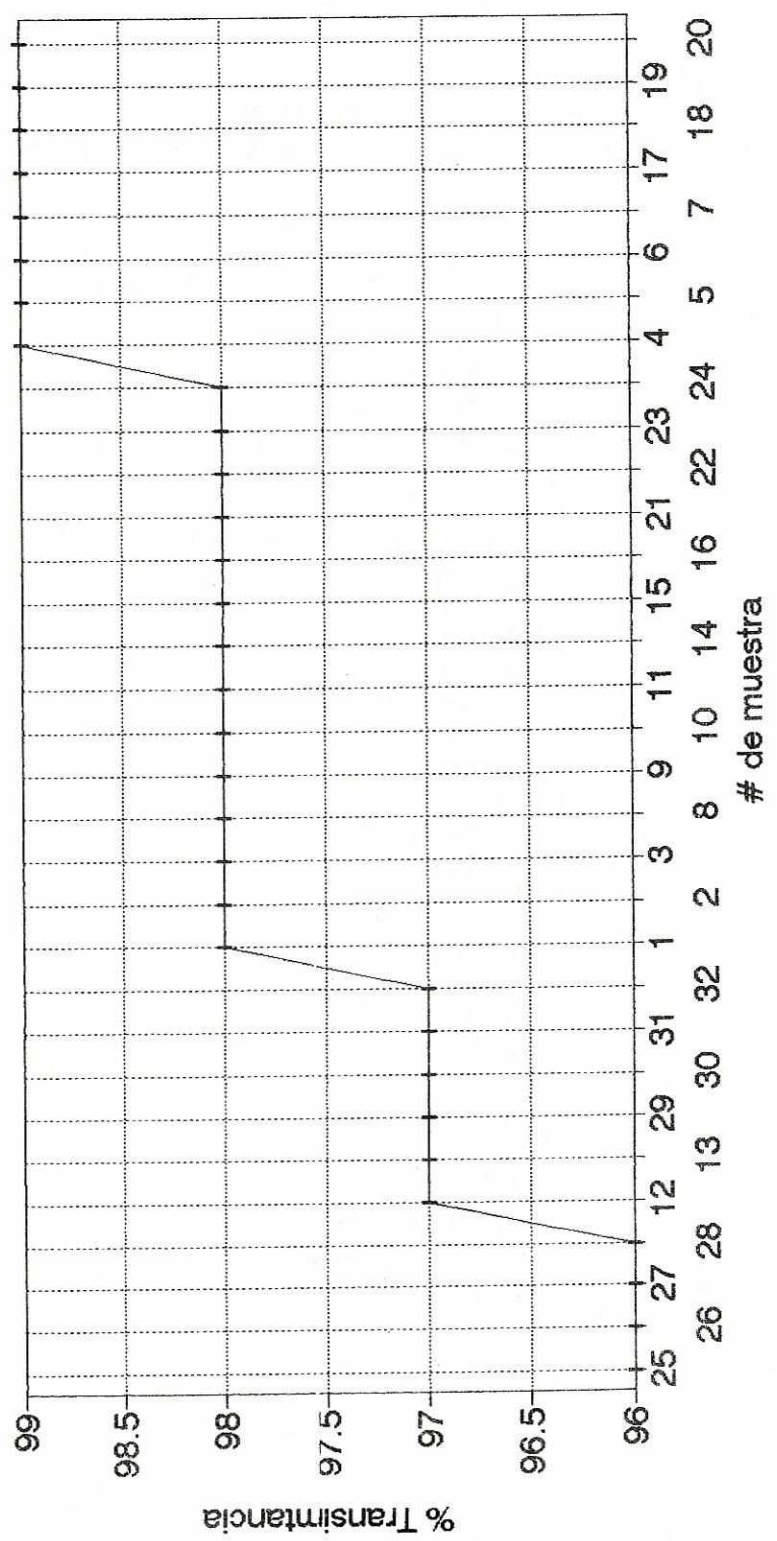


Tabla 7.11

Cal hidratada calcinada a 1200°C (2200°F): Velocidades de filtración de 50 ml de Sulfato de Bario a 1000ppm

#	Nombre de la muestra	Velocidad en seg.
1	Hyflow	5.11
2	Hyflow	5.01
3	Pura tamizada	34.96
4	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	20.13
5	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	20.77
6	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	30.85
7	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	33.07
8	Speed Flow	14.71
9	Speed Flow	13.87
10	Speed Flow	15.39
11	Speed Flow	15.60
12	Speed Plus	5.82
13	Speed Plus	5.84
14	Standart	16.95
15	Standart	17.10
16	Standart	17.07
17	Cal # 1 a 2.5%	6.19
18	Cal # 2 a 2.5%	5.99
19	Cal # 3 a 2.5%	7.35
20	Cal # 4 a 2.5%	7.48
21	Cal # 5 a 5.0%	5.39
22	Cal # 6 a 5.0%	5.64
23	Cal # 7 a 5.0%	5.49
24	Cal # 8 a 5.0%	5.56
25	Cal # 9 a 7.5%	4.14
26	Cal # 10 a 7.5%	4.12
27	Cal # 11 a 7.5%	4.21
28	Cal # 12 a 7.5%	3.92
29	Cal # 13 a 10.0%	3.24
30	Cal # 14 a 10.0%	3.15
31	Cal # 15 a 10.0%	2.89
32	Cal # 16 a 10.0%	3.02

Cal H. a 1200°C (2200°F)

Velocidad de filtración de 50 ml

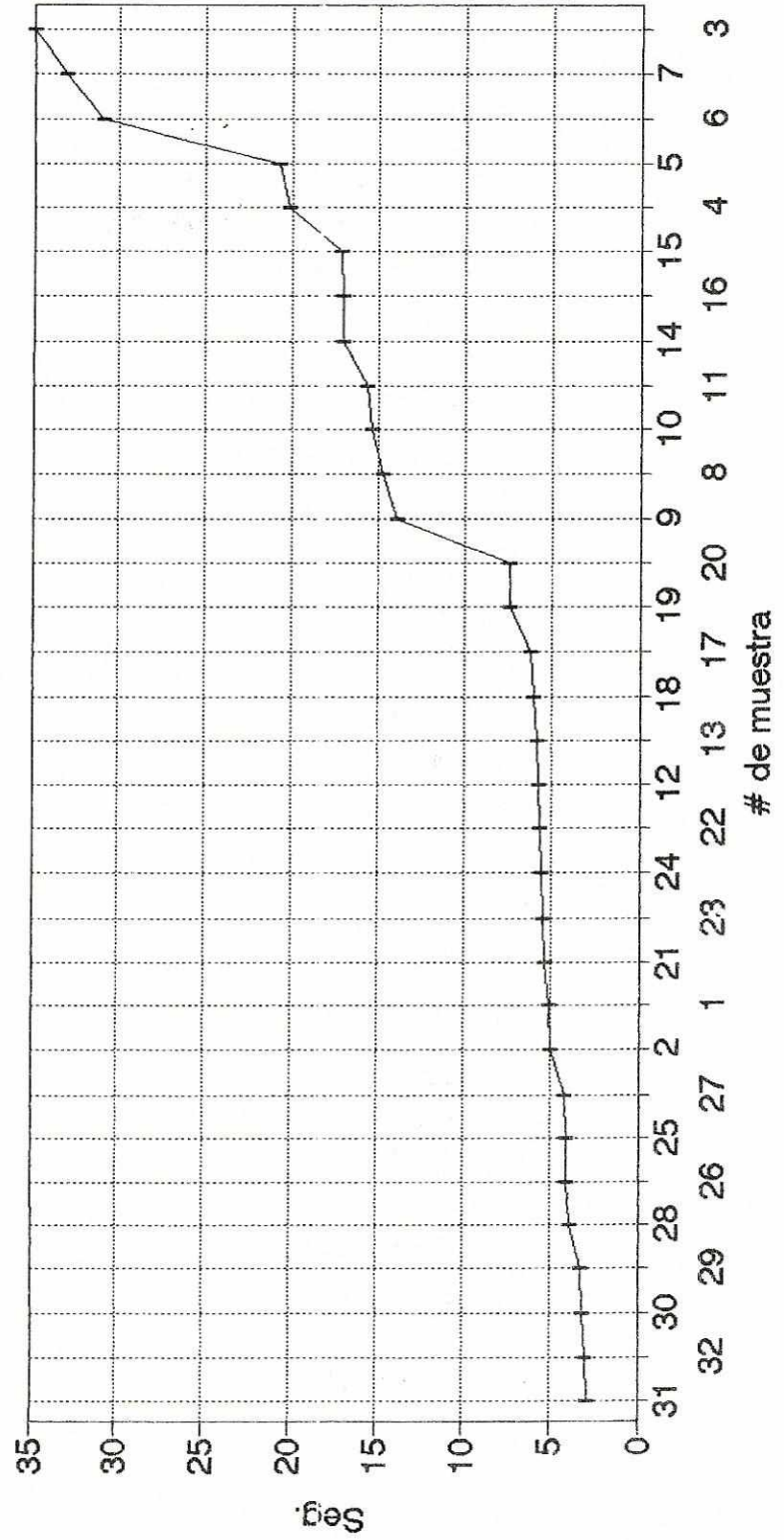


Tabla 7.12

Cal hidratada calcinada a 1200°C (2200°F): Transmitancia del Sulfato de Bario
leida a 420 nm

#	Nombre de la muestra	Transmitancia
1	Hyflow	98.0
2	Hyflow	98.0
3	Pura tamizada	98.0
4	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	99.0
5	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	99.0
6	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	99.0
7	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	99.0
8	Speed Flow	98.0
9	Speed Flow	98.0
10	Speed Flow	98.0
11	Speed Flow	98.0
12	Speed Plus	97.0
13	Speed Plus	97.0
14	Standart	98.0
15	Standart	98.0
16	Standart	98.0
17	Cal # 1 a 2.5%	99.0
18	Cal # 2 a 2.5%	99.0
19	Cal # 3 a 2.5%	99.0
20	Cal # 4 a 2.5%	99.0
21	Cal # 5 a 5.0%	98.0
22	Cal # 6 a 5.0%	98.0
23	Cal # 7 a 5.0%	98.0
24	Cal # 8 a 5.0%	98.0
25	Cal # 9 a 7.5%	97.0
26	Cal # 10 a 7.5%	97.0
27	Cal # 11 a 7.5%	97.0
28	Cal # 12 a 7.5%	97.0
29	Cal # 13 a 10.0%	82.0
30	Cal # 14 a 10.0%	82.0
31	Cal # 15 a 10.0%	82.0
32	Cal # 16 a 10.0%	82.0

CaI H. a 1200°C (2200°F)

Transmitancias de BaSO4 a 420 nm

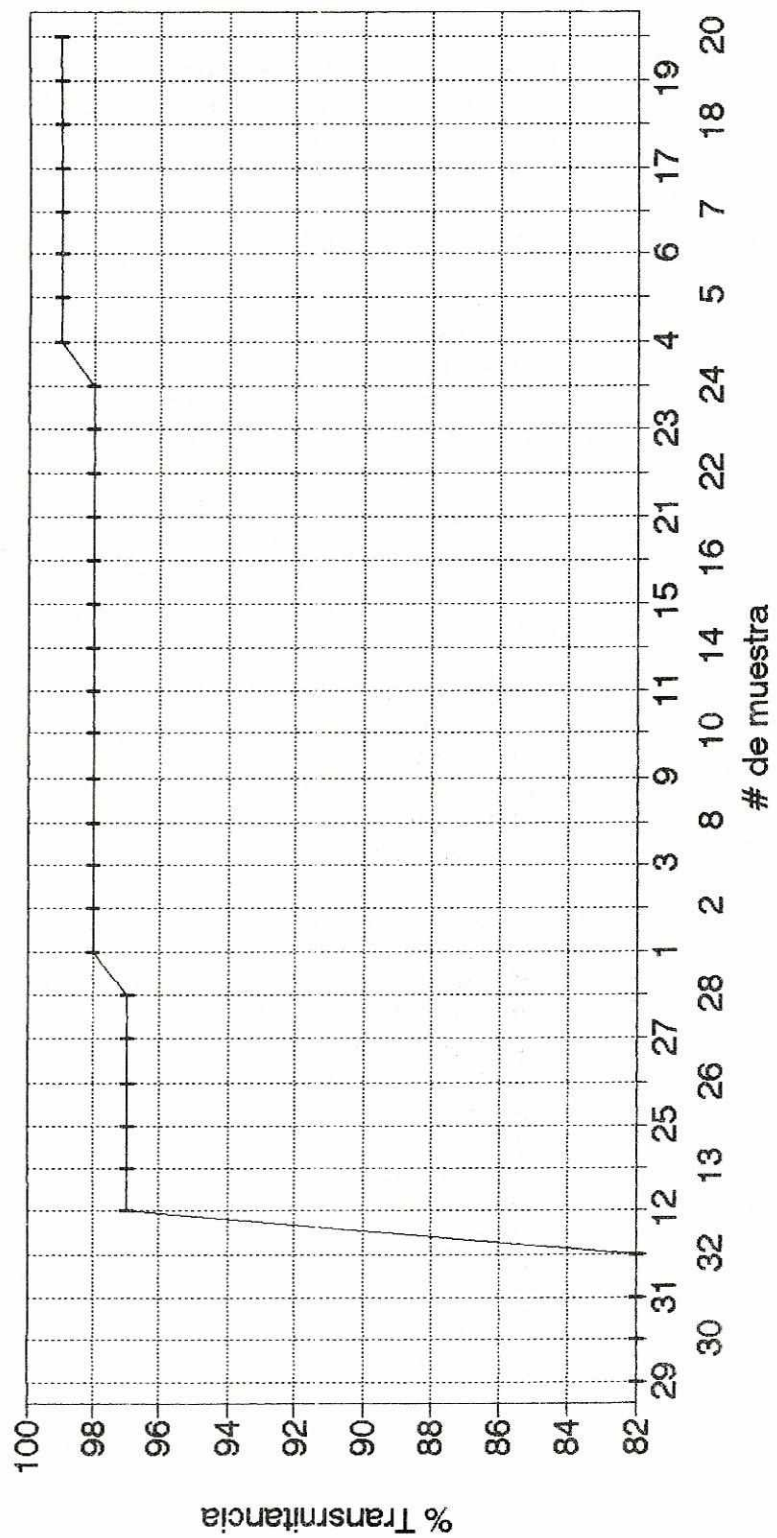


Tabla 7.13

Carbonato de Sodio calcinado a 1200 C (2200 F): Velocidades de filtracion de 50 ml de Sulfato de Bario a 1000ppm

#	Nombre de la muestra	Velocidad en seg.
1	Hyflow	5.11
2	Hyflow	5.01
3	Pura tamizada	34.96
4	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	20.13
5	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	20.77
6	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	30.85
7	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	33.07
8	Speed Flow	14.71
9	Speed Flow	13.87
10	Speed Flow	15.39
11	Speed Flow	15.60
12	Speed Plus	5.82
13	Speed Plus	5.84
14	Standart	16.95
15	Standart	17.10
16	Standart	17.07
17	Soda # 1 a 2.5%	10.36
18	Soda # 2 a 2.5%	9.71
19	Soda # 3 a 2.5%	10.38
20	Soda # 4 a 2.5%	10.68
21	Soda # 5 a 5.0%	5.75
22	Soda # 6 a 5.0%	5.79
23	Soda # 7 a 5.0%	5.60
24	Soda # 8 a 5.0%	5.68
25	Soda # 9 a 7.5%	4.60
26	Soda # 10 a 7.5%	4.56
27	Soda # 11 a 7.5%	3.47
28	Soda # 12 a 7.5%	3.62
29	Soda # 13 a 10.0%	6.21
30	Soda # 14 a 10.0%	6.21
31	Soda # 15 a 10.0%	4.90
32	Soda # 16 a 10.0%	5.01

Carbonato de Sodio a 1200°C (2200°F)

Velocidad de filtración de 50 ml

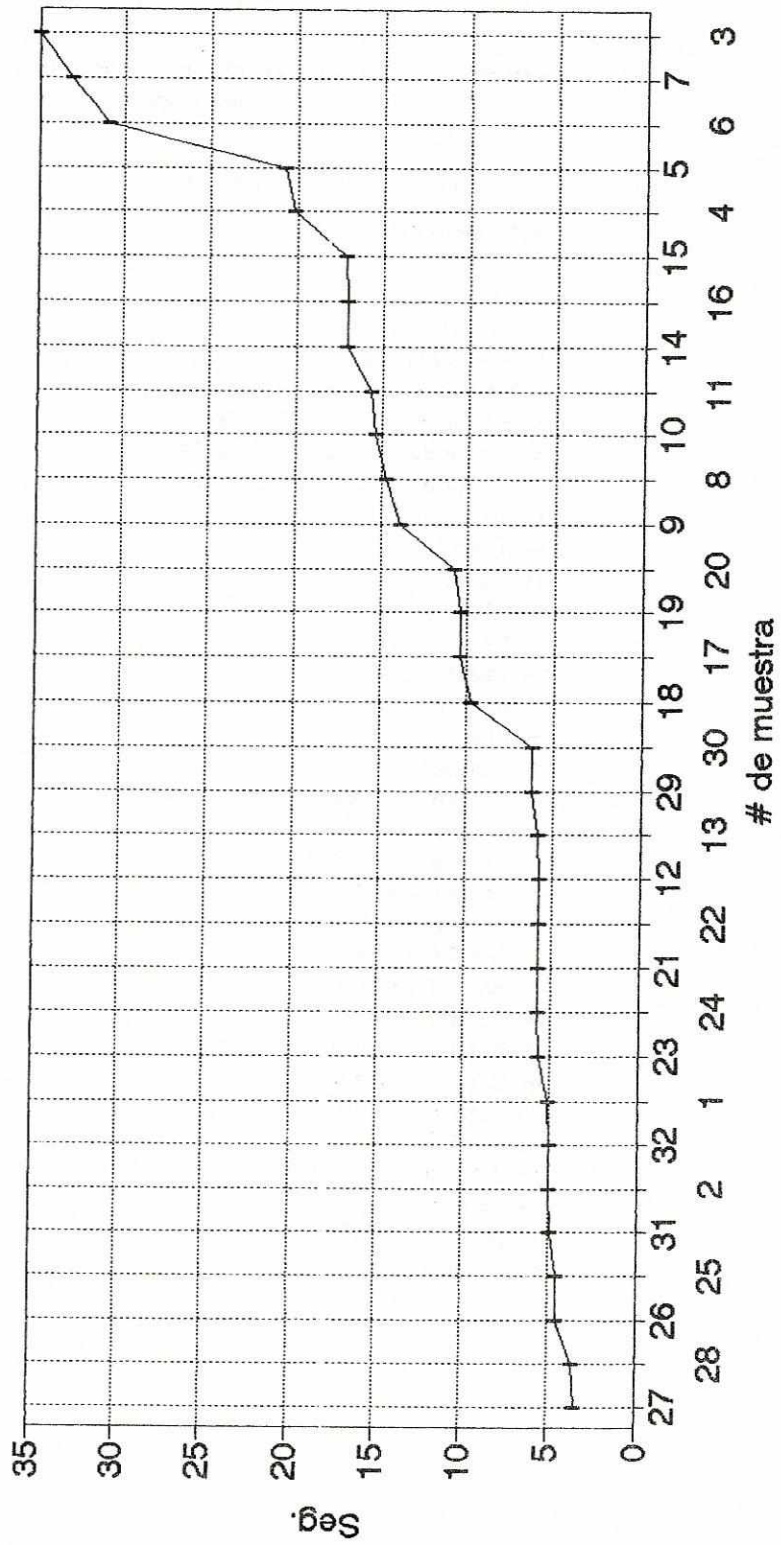


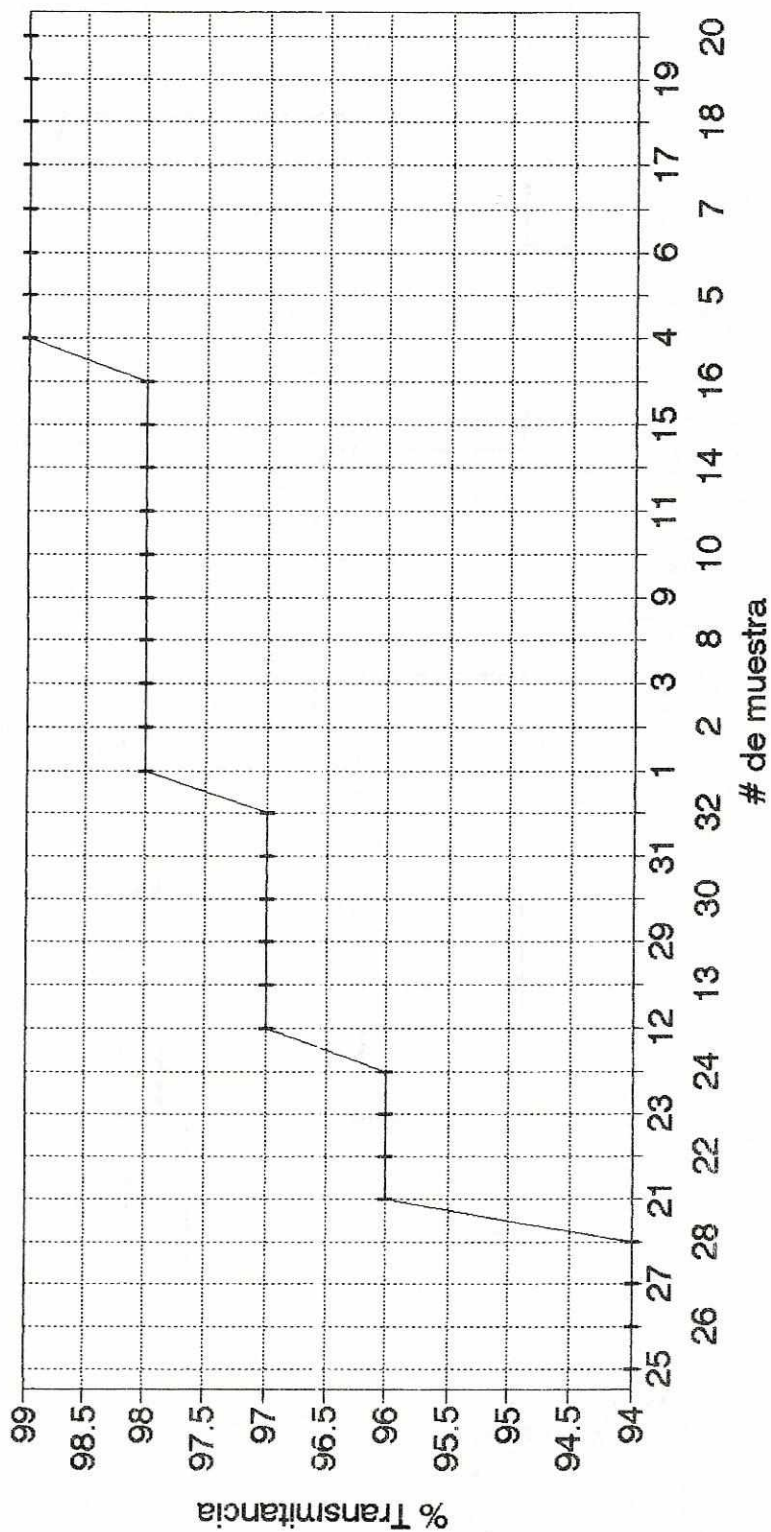
Tabla 7.14

Carbonato de Sodio calcinado a 1200°C (2200°F): Transmitancias del Sulfato de Bario
leida a 420 nm

#	Nombre de la muestra	Transmitancias
1	Hyflow	98.0
2	Hyflow	98.0
3	Pura tamizada	98.0
4	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	99.0
5	Sin fundente a 1040°C (1900°F)	99.0
6	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	99.0
7	Sin fundente a 1200°C (2200°F)	99.0
8	Speed Flow	98.0
9	Speed Flow	98.0
10	Speed Flow	98.0
11	Speed Flow	98.0
12	Speed Plus	97.0
13	Speed Plus	97.0
14	Standart	98.0
15	Standart	98.0
16	Standart	98.0
17	Soda # 1 a 2.5%	99.0
18	Soda # 2 a 2.5%	99.0
19	Soda # 3 a 2.5%	99.0
20	Soda # 4 a 2.5%	99.0
21	Soda # 5 a 5.0%	96.0
22	Soda # 6 a 5.0%	96.0
23	Soda # 7 a 5.0%	96.0
24	Soda # 8 a 5.0%	96.0
25	Soda # 9 a 7.5%	94.0
26	Soda # 10 a 7.5%	94.0
27	Soda # 11 a 7.5%	94.0
28	Soda # 12 a 7.5%	94.0
29	Soda # 13 a 10.0%	97.0
30	Soda # 14 a 10.0%	97.0
31	Soda # 15 a 10.0%	97.0
32	Soda # 16 a 10.0%	97.0

Carbonato de Sodio a 1200°C (2200°F)

Transmitancias de BaSO4 a 420 nm



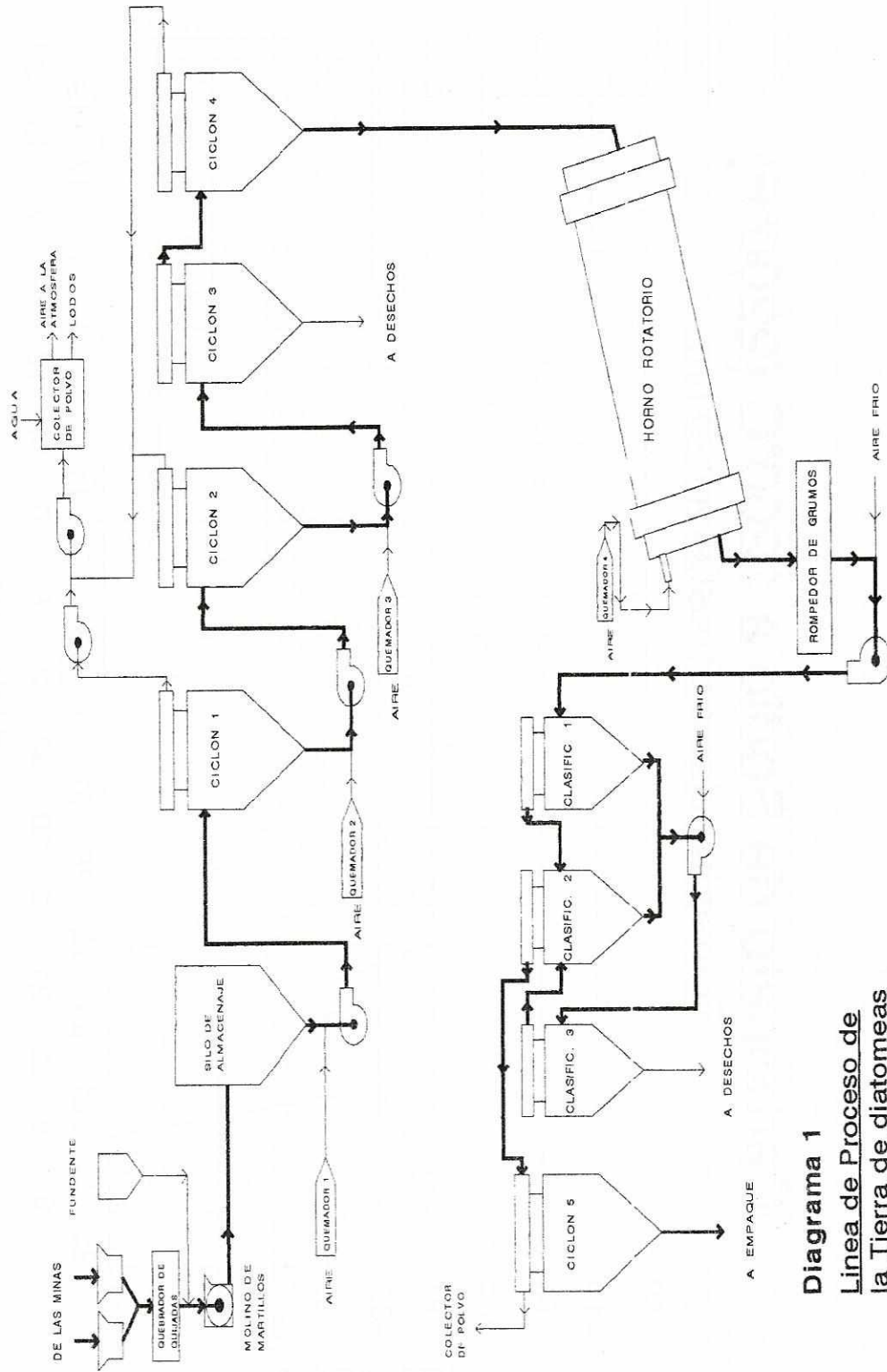


Diagrama 1
Linea de Proceso de
la Tierra de diatomeas

B. Diseño del Proceso y del Equipo:

1. Descripción de la Línea de Proceso de la tierra de diatomeas: Explicación del Proceso

obtenido en base a la experimentación, y que está representado en el diagrama 1, en la página anterior.

a. Molienda:

El material proveniente de las minas, es entregado por camiones a silos de almacenado. La descarga de éste es a un transportador de bandas de hule que lleva el material hasta un molino de martillos. El producto del molino, es movido por un transportador de bandas de hule a un silo de almacenado, con paredes que en la descarga, están inclinadas 60° con respecto a la horizontal. El fondo es rectangular con vibradores instalados para evitar formaciones de arco en el material. Lo que lo entregan a un transportador de bandas de hule que termina en la descarga al canal que incluye el primer paso de secado (Quemador 1). Un magneto situado en la descarga del silo de almacenado, remueve cualquier partícula de hierro presente.

b. Secado y molienda fina:

La tierra de diatomeas proveniente del molino, se traslada a un sistema de secado instantáneo de dos etapas, que a su vez remueve las sustancias extrañas, previa la calcinación y clasificación final. Dicho equipo incluye ciclones y separadores, quemadores de aire y un colector húmedo para la remoción de polvo fino de la corriente de aire, antes de su descarga a la atmósfera.

El calor del primer paso en el circuito de secado, es proporcionado por el Quemador 1, un calentador de aire de fuego directo y con temperaturas de descarga en

rangos desde 260°C a 649°C (500°F a 1200°F).

La tierra de diatomeas cruda, proveniente del silo, es alimentada a una corriente de aire caliente y pasa a través del soplador.

Mientras este soplador provee aire para el movimiento de la tierra de diatomeas a través del sistema, también proporciona una molienda al material. Es deseable separar los fósiles individuales, de otros, sin romperlos al grado de polvo fino. Para ello, se usa un soplador centrífugo. El hecho de que el soplador (así como los que serán usados a lo largo del proceso) estén localizados después de los quemadores, permite situación de seguridad al mantener la temperatura controlada introduciendo aire frío.

Del soplador, los gases calientes y la tierra de diatomeas parcialmente molida, pasan a través de un ducto que provee suficiente tiempo y turbulencia, para completar la transferencia de calor entre los sólidos y los gases provenientes del soplador del primer ciclón. La temperatura del sólido que entra al ducto, esta entre 177°C y 260°C (350° y 500°F), y las temperaturas de escape, están en un rango de 57°-71°C (135°-160°F).

c. Limpieza:

La tierra de diatomeas parcialmente seca, pasa del soplador a un sistema de trampa y separación de material extraño, como piedras y arcilla, presentes en la tierra de diatomeas cruda, que esta constituido por un sistema de sepcradores y ciclones. El ciclón 1 está diseñado para que con una operación eficiente, deseche de un 2 a un 4% de la alimentación y descargue de un 96 a un 98% de la misma.

El desecho muy fino, pasa con los gases de combustión por medio de sopladores, a una trampa húmeda, de donde se mandan los lodos a tanques de tratamiento y lagunas de asentamiento.

Dos bombas mueven las corrientes cargadas de polvo fino a los colectores de polvo. Allí se añade agua para mojar las aspas del ventilador, el cual la dispersa en pequeñas gotitas que removerán partículas de polvo en el colector, atrapándolas y llevándolas al fondo del mismo, donde son recuperadas en forma de lodos, mientras que el aire descarga la atmósfera.

La descarga del Ciclón 1 contiene aún, aproximadamente, el 50% de la humedad original. El calor para la remoción de ésta es proporcionado por el Quemador 2. La máxima temperatura de operación del mismo es de 927°C (1700°F).

Los gases combinados junto con la descarga del Ciclón 1, pasan a través del soplador, donde el producto presenta una segunda molienda fina. Este soplador centrífugo, es de construcción similar a la del soplador anterior, con capacidad de manejo de temperaturas de 204° a 371°C (400°F a 700°F).

El Ciclón 2 colecta la tierra de diatomeas seca, ya que provee el tiempo, el aire y el calor necesarios para terminar de retirar la humedad que haya quedado del proceso en el Ciclón 1, complementando el proceso de secado. De la alimentación original, aproximadamente un 1% es desechado en la corriente de aire.

Siguiendo del Ciclón 2, la tierra de diatomeas seca, pero con impurezas, pasa a través

de un sistema consistente en un tercer ciclón de baja eficiencia, aproximadamente 6%, donde son removidas raíces, arena y demás impurezas, tanto para evitar la pérdida de la tierra de diatomeas, por fusión con estas impurezas, como por ahorro en el consumo de productos de carbonato de sodio, usados para fundentes.

El Ciclón 3 clasifica la alimentación en un desecho grueso y en un producto fino. La tierra de diatomeas seca proveniente del Ciclón 2 es suspendida en una corriente de aire, mantenida en un rango de temperaturas de 121° a 232°C (250° a 450°F). Una corriente relativamente pura de tierra diatomacea proveniente del exhaustor, se obtiene como alimentación para el Ciclón 4. La corriente de sólidos gruesos, es pasada a un sistema colector de desechos.

Para mantener la temperatura en el sistema a partir del Ciclón 3, se proporciona calor por medio de un tercer quemador (el Quemador 3). Esta es una unidad de fuego directo, muy similar al Quemador 2, que produce una descarga de gas a una temperatura de 1427°C (2600°F).

En este punto, la tierra de diatomeas ha sido procesada suficientemente para dar propiedades similares a las requeridas para utilizarla como filtro.

La tierra purificada del Ciclón 3 es colectada por medio del Ciclón 4, que tiene una eficiencia del 99% aproximadamente. En este punto el material tiene una densidad aireada de 96 a 159 Kg/m³ (6 a 10 libras/pie³). Hay que compararlo con las aprox. 350 Kg/m³ (22 libras/pie³) del inicio, que entran al molino).

Este producto pasa a una temperatura entre los 121°C y los 204°C (250°F y los 400°F) a un silo previo a la alimentación del horno, o a un desvío del horno si se desea un material no calcinado.

d. Calcinación:

1. Calcinación: Para la obtención del material calcinado, la corriente de sólidos proveniente del Ciclón 4 pasa a un Horno Rotatorio, por medio de un transportador de tornillo. El horno rotatorio es de 1.8 m (6 pies) de diámetro por 18 m (60 pies) de largo y es similar a los usados en la calcinación del Cemento Portland. La inclinación del horno, es de 0.042 m por metro de largo (1/2 Pulg. por pie de largo) y rota a 1 r.p.m. con el fin de mantener el tiempo de residencia del material en aproximadamente 30 minutos por carga. El flujo de material dentro del horno, es en contracorriente al flujo del gas. La temperatura de alimentación, está entre 149° y 204°C (300°F y 400°F); la máxima temperatura de descarga es de 1200°C (2200°F).

La calcinación, da como resultados, cambios en las propiedades de filtración de los productos de la tierra de diatomeas. Las impurezas inorgánicas que no fueron removidas en el sistema de ciclones, se convierten en compuestos fundidos, Por ejemplo: silicato de aluminio. Estas son removidas posteriormente en un sistema final de trampas. Las impurezas orgánicas, son removidas por la combustión.

2. Fundentes: En algunos productos, la efectividad de la calcinación es incrementada por la adición de un fundente, como una sal de álcali a un rango de 3 al 10% de la alimentación de la tierra de diatomeas antes de la calcinación. Puede aplicarse el mismo, en seco, desde el inicio del proceso en la molienda.

Preferentemente, se añade el fundente en concentraciones del 5% aprox. (% en masa), aunque se tiene un rango general del 2 - 20%.

Soda cáustica y cloruro de sodio han sido usados como agentes fundentes en algunas industrias. Otras, añaden carbonato de sodio, que se obtiene a un costo menor y es más fácil de manejar. En el proceso necesario para la tierra de diatomeas extraída del yacimiento de Jutiapa, se obtienen los resultados requeridos, usando una concentración del 2.5 % de cal hidratada (Marca Horcalsa), con base seca, calcinando a 1040°C (1900°F) y con 5.0 % de cal hidratada (Marca Horcalsa), con base seca, calcinando a 1200°C (2200°F).

Otros fundentes posibles son el Cloruro de sodio (NaCl), Silicato de sodio, etc. (15)

e. Molienda post-calcinación:

La fusión de partículas finas cercana al centro de la línea del horno, da como resultado, la formación de terrones con diámetros superiores a 0.45 m (1.5 pies). Los que son rotos por un "Triturador de terrones" o "Delumper". La descarga de este "De-lumper" se hace a un sistema neumático para el movimiento y transporte del producto, el cual se realiza usando aire a temperatura ambiente, con objeto de enfriar el producto proveniente del horno.

El producto resultante está listo para una molienda y clasificación.

f. Clasificación:

Después de secada y calcinada, la tierra de diatomeas es pasada a una sección de

molienda final y clasificación. Un soplador, similar a los anteriores, es usado para una molienda al material seco. La descarga del "soplador-molino" pasa al Clasificador 1, cuya función es la de separar las partes del material grueso, donde aproximadamente del 60 al 70 % de la alimentación, se mantiene suspendida en la corriente del gas y es alimentada por el Clasificador 2. Este clasificador separa material grueso consistente en un 8 a un 13% de la alimentación original. La descarga gruesa de los Clasificadores 1 y 2 es recogida por otro "soplador-molino" que alimenta a un tercer separador. Esta unidad o Clasificador 3, divide el producto remolido en una corriente de tierra de diatomeas pura, que es recirculada al Clasificador 2 y la descarga gruesa (5 al 10% de la alimentación) que es descartada como desecho.

Después de pasar a través del Clasificador 2, una segunda vez, la tierra de diatomeas es alimentada al Ciclón 5, donde el producto sólido es separado de la corriente de gas, con una eficiencia de aproximadamente el 99.5% de la alimentación.

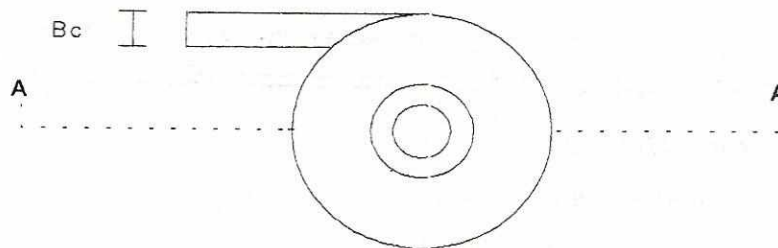
La descarga cae a un transportador de tornillo que alimenta a un elevador, el cual vacía en una o dos tolvas de acero galvanizado. (14)

A partir de esta sección, se empaca el producto en bolsas, para su posterior distribución.

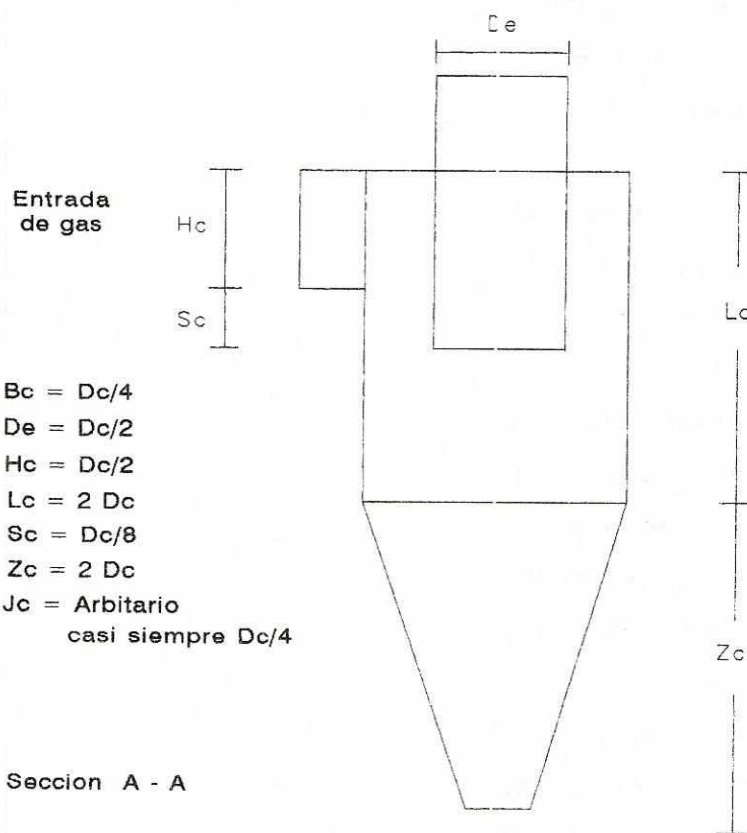
2. Dimensionamiento del equipo nombrado en el Diagrama 1: En esta sección, se indican las dimensiones necesarias del equipo a construir para el manejo de un flujo de material desde que es entregado por el molino, hasta que es enviado a tolvas de almacenaje, previo el empaque final.

El flujo del material, se calculó en base a la capacidad del horno rotatorio, como equipo limitante. Un ejemplo de cálculos de estos procedimientos de dimensionamiento, se encuentra en el Anexo B, a partir de la página 82. Los procesos son análogos para cada equipo, por lo cual solo se incluye un ejemplo representativo para cada caso.

El Esquema 1 a continuación, detalla las dimensiones del ciclón, para identificar los mismos en las tablas posteriores.



Salida de gas

Entrada
de gas

Hc

Sc

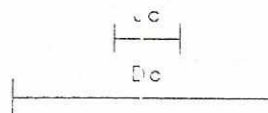
Lc

Zc

- $B_c = D_c/4$
 $D_e = D_c/2$
 $H_c = D_c/2$
 $L_c = 2 D_c$
 $S_c = D_c/8$
 $Z_c = 2 D_c$
 $J_c = \text{Arbitrario}$
 casi siempre $D_c/4$

Seccion A - A

Salida de polvo

**Esquema 1**

Dimensiones optimas
de un ciclón

Tabla 7.15

Ciclón 1: condiciones de funcionamiento y dimensiones

Temperatura de entrada del flujo	204°C
Humedad de entrada del sólido	20 %
Humedad de salida del sólido	10 %
Flujo de aire a la entrada	867.00 Kg./h
Flujo de tierra a la entrada	1373.04 Kg./h
Flujo de sólidos en el aire de salida	47.33 Kg./h
Flujo de sólidos gruesos	1188.40 Kg./h
Humedad evaporada	137.30 Kg./h
Velocidad de entrada del Sólido	15.27 m/s
Diámetro medio de partícula	177 μm ($58 * 10^{-5}$ ft)
Presión atmosférica	680 mm Hg
Dimensiones en Metros:	
Diámetro del ciclón (Dc)	= 0.7482
Alto de entrada (Hc)	= 0.3741
Ancho de entrada (Bc)	= 0.1871
Diámetro de salida (De)	= 0.3741
Alto del ciclón (Lc)	= 1.4965
Alto del cono (Zc)	= 1.4965
Altura total (H = Lc + Zc)	= 2.9929
Diámetro de salida del sólido (Jc)	= 0.1871
Largo de la salida a partir de Hc (Sc)	= 0.0935
Largo total de la salida (S = Hc + Sc)	= 0.4677
Eficiencia obtenida	96.17 %
Caída de Presión	1.16 Pulg. agua

Tabla 7.16

Ciclón 2: condiciones de funcionamiento y dimensiones

Temperatura de entrada del flujo	204°C
Humedad de entrada del sólido	10%
Humedad de salida del sólido	0%
Flujo de aire a la entrada	714.19 Kg./h
Flujo de tierra a la entrada	1188.40 Kg./h
Flujo de sólidos en el aire de salida	3.39 Kg./h
Flujo de sólidos gruesos	1066.18 Kg./h
Humedad evaporada	118.84 Kg./h
Velocidad de entrada del Sólido	15.27 m/s
Diámetro medio de partícula	177 μm ($58 * 10^{-5}$ ft)
Presión atmosférica	680 mm Hg

Dimensiones en Metros:

Diámetro del ciclón (Dc)	= 0.3970
Alto de entrada (Hc)	= 0.1985
Ancho de entrada (Bc)	= 0.0993
Diámetro de salida (De)	= 0.1985
Alto del ciclón (Lc)	= 0.7940
Alto del cono (Zc)	= 0.7940
Altura total (H = Lc + Zc)	= 1.5881
Diámetro de salida del sólido (Jc)	= 0.0993
Largo de la salida a partir de Hc (Sc)	= 0.0496
Largo total de la salida (S = Hc + Sc)	= 0.2481

Eficiencia obtenida	99.68 %
Caída de Presión	1.16 Pulg. agua

Tabla 7.17

Ciclón 3: condiciones de funcionamiento y dimensiones

Temperatura de entrada del flujo	371°C
Humedad de entrada del sólido	0 %
Humedad de salida del sólido	0 %
Flujo de aire a la entrada	681.00 Kg./h
Flujo de tierra a la entrada	1066.18 Kg./h
Flujo de sólidos en el aire de salida	995.56 Kg./h
Flujo de sólidos gruesos	70.62 Kg./h
Humedad evaporada	0.00 lbs/h
Velocidad de entrada del Sólido	15.27 m/s
Diámetro medio de partícula	177 μm ($58 * 10^{-5}$ ft)
Presión atmosférica	680 mm Hg
Dimensiones en Metros:	
Diámetro del ciclón (Dc)	= 1.2216
Alto de entrada (Hc)	= 0.9162
Ancho de entrada (Bc)	= 0.6108
Diámetro de salida (De)	= 1.0417
Alto del ciclón (Lc)	= 2.4432
Alto del cono (Zc)	= 2.4432
Altura total (H = Lc + Zc)	= 4.8864
Diámetro de salida del sólido (Jc)	= 0.3054
Largo de la salida a partir de Hc (Sc)	= 0.1527
Largo total de la salida (S = Hc + Sc)	= 1.0689
Eficiencia obtenida	6.62 %
Caída de Presión	0.89 Pulg. agua

Tabla 7.18

Ciclón 4: condiciones de funcionamiento y dimensiones

Temperatura de entrada del flujo	260°C
Humedad de entrada del sólido	0 %
Humedad de salida del sólido	0 %
Flujo de aire a la entrada	681.00 Kg./h
Flujo de tierra a la entrada	995.56 Kg./h
Flujo de sólidos en el aire de salida	3.55 Kg./h
Flujo de sólidos gruesos	992.01 Kg./h
Humedad evaporada	0.00 Kg./h
Velocidad de entrada del Sólido	15.27 m/s
Diámetro medio de partícula	177 μm ($58 * 10^{-5}$ ft)
Presión atmosférica	680 mm Hg

Dimensiones en Metros:

Diámetro del ciclón (Dc)	= 0.4123
Alto de entrada (Hc)	= 0.2061
Ancho de entrada (Bc)	= 0.1031
Diámetro de salida (De)	= 0.2061
Alto del ciclón (Lc)	= 0.8246
Alto del cono (Zc)	= 0.8246
Altura total (H = Lc + Zc)	= 1.6492
Diámetro de salida del sólido (Jc)	= 0.1031
Largo de la salida a partir de Hc (Sc)	= 0.0485
Largo total de la salida (S = Hc + Sc)	= 0.2546

Eficiencia obtenida	99.64 %
Caída de Presión	0.99 Pulg. agua

Tabla 7.19

Ciclón 5: condiciones de funcionamiento y dimensiones

Temperatura de entrada del flujo	25°C
Humedad de entrada del sólido	0 %
Humedad de salida del sólido	0 %
Flujo de aire a la entrada	1135.00 Kg./h
Flujo de tierra a la entrada	973.34 Kg./h
Flujo de sólidos en el aire de salida	3.35 Kg./h
Flujo de sólidos gruesos	969.99 Kg./h
Humedad evaporada	0.00 Kg./h
Velocidad de entrada del Sólido	15.27 m/s
Diámetro medio de partícula	250 μm ($82 * 10^{-5}$ ft)
Presión atmosférica	680 mm Hg
Dimensiones en Metros:	
Diámetro del ciclón (Dc)	= 0.3665
Alto de entrada (Hc)	= 0.1832
Ancho de entrada (Bc)	= 0.0916
Diámetro de salida (De)	= 0.1832
Alto del ciclón (Lc)	= 0.7330
Alto del cono (Zc)	= 0.7330
Altura total (H = Lc + Zc)	= 1.4659
Diámetro de salida del sólido (Jc)	= 0.0916
Largo de la salida a partir de Hc (Sc)	= 0.0458
Largo total de la salida (S = Hc + Sc)	= 0.2291
Eficiencia obtenida	99.66 %
Caída de Presión	1.86 Pulg. agua

Tabla 7.20

Clasificador 1: condiciones de funcionamiento y dimensiones

Temperatura de entrada del flujo	149°C
Humedad de entrada del sólido	0 %
Humedad de salida del sólido	0 %
Flujo de aire a la entrada	681.00 Kg./h
Flujo de tierra a la entrada	998.80 Kg./h
Flujo de sólidos en el aire de salida	598.66 Kg./h
Flujo de sólidos gruesos	400.14 Kg./h
Humedad evaporada	0.00 Kg./h
Velocidad de entrada del Sólido	15.27 m/s
Diámetro medio de partícula	250 μm ($82 * 10^{-5}$ ft)
Presión atmosférica	680 mm Hg
Dimensiones en Metros:	
Diámetro del ciclón (Dc)	= 0.4276
Alto de entrada (Hc)	= 0.4276
Ancho de entrada (Bc)	= 0.3634
Diámetro de salida (De)	= 0.3625
Alto del ciclón (Lc)	= 0.8551
Alto del cono (Zc)	= 0.8551
Altura total (H = Lc + Zc)	= 1.7102
Diámetro de salida del sólido (Jc)	= 0.1069
Largo de la salida a partir de Hc (Sc)	= 0.0534
Largo total de la salida (S = Hc + Sc)	= 0.4810
Eficiencia obtenida	40.06 %
Caída de Presión	3.11 Pulg. agua

Tabla 7.21

Clasificador 2: condiciones de funcionamiento y dimensiones

Temperatura de entrada del flujo	38°C
Humedad de entrada del sólido	0 %
Humedad de salida del sólido	0 %
Flujo de aire a la entrada	1135.00 Kg./h
Flujo de tierra a la entrada	1081.54 Kg./h
Flujo de sólidos en el aire de salida	973.35 Kg./h
Flujo de sólidos gruesos	108.19 Kg./h
Humedad evaporada	0.00 Kg./h
Velocidad de entrada del Sólido	15.27 m/s
Diámetro medio de partícula	250 μm ($82 * 10^{-5}$ ft)
Presión atmosférica	680 mm Hg
Dimensiones en Metros:	
Diámetro del ciclón (Dc)	= 0.9162
Alto de entrada (Hc)	= 1.6919
Ancho de entrada (Bc)	= 0.4520
Diámetro de salida (De)	= 0.7635
Alto del ciclón (Lc)	= 1.8324
Alto del cono (Zc)	= 2.3119
Altura total (H = Lc + Zc)	= 4.1443
Diámetro de salida del sólido (Jc)	= 0.2291
Largo de la salida a partir de Hc (Sc)	= 0.1145
Largo total de la salida (S = Hc + Sc)	= 1.8064
Eficiencia obtenida	10.00 %
Caída de Presión	4.68 Pulg. agua

Tabla 7.22

Clasificador 3: condiciones de funcionamiento y dimensiones

Temperatura de entrada del flujo	25°C
Humedad de entrada del sólido	0 %
Humedad de salida del sólido	0 %
Flujo de aire a la entrada	454.00 Kg./h
Flujo de tierra a la entrada	508.29 Kg./h
Flujo de sólidos en el aire de salida	483.50 Kg./h
Flujo de sólidos gruesos	24.80 Kg./h
Humedad evaporada	0.00 Kg./h
Velocidad de entrada del Sólido	15.27 m/s
Diámetro medio de partícula	250 μm ($82 * 10^{-5}$ ft)
Presión atmosférica	680 mm Hg
Dimensiones en Metros:	
Diámetro del ciclón (Dc)	= 1.2216
Alto de entrada (Hc)	= 2.3821
Ancho de entrada (Bc)	= 0.5803
Diámetro de salida (De)	= 1.0652
Alto del ciclón (Lc)	= 2.4432
Alto del cono (Zc)	= 2.1378
Altura total (H = Lc + Zc)	= 4.5810
Diámetro de salida del sólido (Jc)	= 0.3808
Largo de la salida a partir de Hc (Sc)	= 0.1527
Largo total de la salida (S = Hc + Sc)	= 2.5348
Eficiencia obtenida	4.88 %
Caída de Presión	4.54 Pulg. agua

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

VIII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS:

A. De la experimentación:

Para las pruebas de filtración se usó una solución problema de Sulfato de Bario a 1000 partes por millón, debido a que el filtro-ayuda es usado para remover partículas de sólidos en suspensión como las del Sulfato de Bario en agua. A la vez, esta solución es estable, lo que indica que su composición no varía significativamente con el tiempo. Esto permite la preparación de un único batch de solución, pudiéndose evaluar las todas las muestras con el mismo.

Otra ventaja del Sulfato de Bario es que presenta un máximo a 420 nm de longitud de onda en su espectro, lo que permite la lectura, de su Transmitancia, en un rango visible.

En las Tablas 1 y 2, se tienen los datos correspondientes a la velocidad de Filtración y Transmitancia del filtrado, de las pruebas realizadas a los Filtro-ayudas comerciales, así como a la tierra de diatomeas molida y sin procesar ("Pura Tamizada"), tanto calcinada a 1040°C (1900°F) como a 1200°C (2200°F). Estos datos son los utilizados como base de comparación para las muestras analizadas posteriormente, donde se buscó una igualdad de resultados entre las muestras y los controles.

Como se observa en estas Tablas y sus correspondientes gráficas, las velocidades de los controles, varían de aproximadamente 5 segundos para el control llamado "Flujo Alto" (Hyflow), hasta de aproximadamente 17 segundos para el control llamado "Estándar" (Standart). En las Transmitancia, los resultados buscados son superiores o iguales que el 98% de Transmitancia.

Al comparar éstos resultados con los obtenidos para la muestra de tierra de diatomeas que no

ha sido sometida a calcinación, se pudo observar que si bien presentaba un porcentaje de Transmitancia del 98%, la velocidad de filtración de 50 ml de solución problema estándar era de aproximadamente 35 segundos. Esto apoya el hecho de necesitar una unidad de calcinación de la tierra en la línea de proceso de la misma. Las temperaturas de calcinación fueron escogidas en base a los rangos de temperaturas presentados en las patentes consultadas. (13 y 15)

Al evaluar la tierra de diatomeas calcinada sin fundente a 1040°C y 1200°C (1900°F y 2200°F), se observan valores de Transmitancia del 98 y 99%, pero velocidades de filtración, siempre de 50 ml de solución problema estándar, superiores a los 20 segundos. Lo que indica que si bien, la calcinación disminuyó el tiempo de filtrado, se requiere un fundente durante la misma.

Se obtuvo información de los fundentes, en concentraciones entre el 2 y el 12% en masa, usados comúnmente en la producción de filtro-ayudas de tierra de diatomeas. Estos fundentes, son usados en diversas concentraciones, dependiendo del producto que se desee obtener, por lo que se realizaron pruebas de calcinación a 1040°C y 1200°C (1900°F y 2200°F), con concentraciones del 2.5, 5.0, 7.5 y 10.0% en masa de fundente, respecto de la tierra de diatomeas. (13 y 15)

Los resultados de estas experimentaciones, son presentados desde la Tabla 3 hasta la Tabla 14, con sus respectivas gráficas. En dichas tablas, los resultados son obtenidos de acuerdo al fundente y a la temperatura de calcinación, y fueron incluidos los valores encontrados en las Tablas 1 y 2, correspondientes a los controles, para permitir una mayor facilidad de visualización, al momento de comparar los resultados de las muestras del fundente con los controles.

1. De la experimentación para una temperatura de 1040°C (1900°F):

De las Tablas 3 y 4 con sus gráficas, en donde se presentan los resultados del uso de Cloruro de Sodio (NaCl) como fundente calcinado, a una temperatura de 1040°C (1900°F), se puede observar que se alcanzan velocidades hasta de aproximadamente 6 segundos. Pero al evaluar la Transmitancia del filtrado, se obtienen valores del 94, 95 y 96 %, lo que indica que si bien se pudo alcanzar la velocidad requerida, el filtro-ayuda obtenido como producto bajo ese proceso, no presenta la limpieza requerida.

Al igual que en las Tablas 3 y 4, las Tablas 5 y 6 muestran los resultados para la cal hidratada, donde se puede observar que sí se obtuvieron valores de velocidades de filtración cercanas al rango de 17 segundos, valor de comparación del "Flujo Alto" (Hyflow), y de 15 segundos que es el valor correspondiente al filtro-ayuda llamado "Flujo Rápido" (Speed Flow). Al comparar los valores de Transmitancia para dichas muestras, se obtienen valores del 99%.

Esto indica que si se usa como fundente cal hidratada, por calcinación de tierra de diatomeas a 1040°C (1900°F), en concentraciones de 2.5 % en masa, se puede obtener como producto un filtro-ayuda con una capacidad de filtración igual a las marcas comerciales, que presentan una mayor limpieza.

Analizando los resultados presentes para el Carbonato de Sodio en las Tablas 7 y 8, se observan velocidades de filtración inclusive menores a 5 segundos, pero al comparar la Transmitancia, los valores se encuentran por debajo del 98%.

En los resultados del Carbonato de Sodio, se encuentran valores en los que, por ejemplo, las velocidades varían de 7 a 3 segundos para la misma concentración de fundente. Esto da a entender que el fundente puede presentar problemas de inestabilidad, ya que los cambios son

drásticos, y no es sólo con una muestra, por lo que no se debe a un error en la experimentación.

2. De la experimentación para una temperatura de 1200°C (2200°F): De la experimentación a 1040°C (1900°F), se obtuvo el proceso para fabricar un filtro - ayuda que presenta una velocidad de filtración entre 15 y 17 segundos, con una limpieza superior a la presentada por las marcas comerciales, que presentan esa velocidad de flujo.

En el análisis de los resultados a 1200°C (2200°F), se observó que el cloruro de sodio a 2.5%, permitía alcanzar una velocidad de filtración de aproximadamente 17 segundos y una Transmitancia del 99%, como se puede observar en las Tablas 9 y 10. Pero se debe hacer notar que no se alcanzan velocidades de filtración de 5 segundos, que es la otra parte del proceso.

A su vez, en las Tablas 11 y 12, se puede observar que las velocidades de filtración para las muestras calcinadas con cal hidratada como fundente al 5%, presentan valores entre 5.39 y 5.64 segundos, con Transmitancia del 98%, condiciones que asemejan con bastante exactitud los valores de 5.01 y 5.11 segundos de velocidad y 98% de Transmitancia del Control "Flujo Alto" (Hyflow), y los 5.82 y 5.84 segundos y 98% de Transmitancia del Control "Flujo Aumentado" (Speed Plus).

Al evaluar el Carbonato de Sodio como fundente, se observan rangos de velocidades desde 3.47 hasta 10.68 segundos, pero Transmitancias, desde el 94%, lo que descarta a éste fundente para el proceso necesario.

Con base en lo anterior, se puede usar un sólo fundente: la cal hidratada, ya que al usarse un solo fundente en el proceso, evita problemas de contaminación del material en el horno, y evita que éste

tenga que ser sometido a una limpieza, para lo cual se requeriría apagarlo y encenderlo al momento de querer cambiar el producto a obtener, lo que no es práctico, no sólo por la pérdida de combustible en el calentamiento del horno, sino porque a su vez el refractario del horno no resistiría tales cambios.

B. De la línea de Proceso:

El hacer que la tierra de diatomeas ingrese al Ciclón 1 en una corriente de aire caliente, permite que dicho material sea secado al mismo tiempo que clasificacio. En el Ciclón 1, Tabla 15, se usa una eficiencia del 96.17 % para que el material fino, que es menor a $177 \mu\text{m}$ sea retirado en el 3.83% de la alimentación, que es desechada por el exhaustor, debido a que éste material al momento de ser usado en la industria, sólo reduce el tiempo de filtración y su aporte en la limpieza no es necesario.

Esta clasificación se hace en este punto, porque el material que se seca antes, es el que menor superficie presenta, y por ende es más pequeño, permitiendo que el material húmedo que es más grueso, se mantenga dentro del sistema y el fino que es el que ya se ha secado, salga con la corriente de aire, a un colector de polvo.

Dicho colector de polvo, limpia el flujo de aire proveniente del sistema de clasificación y secado, de los sólidos finos que son enviados posteriormente como lodos a una laguna de asentamiento, mientras que el líquido proveniente del mismo, debe ser tratado, ya que el pH disminuye por la presencia de gases corrosivos del secado.

El Ciclón 2 presenta una eficiencia del 99.68%, Tabla 16, ya que su función, es completar la sección de secado del material, y recolectarlo para ser trasladado en corrientes neumáticas al sistema de

eliminación del material grueso en la corriente.

El Ciclón 3, Tabla 17, está diseñado para que el material contenido en la corriente se mantenga en suspensión con ésta, y sólo el material grueso, o muy superior a $177 \mu\text{m}$, sea descartado en el 6.62 % de la alimentación que cae en ésta unidad. El objetivo de que sea una baja eficiencia, se basa en el tamaño mayor que presentan las impurezas, comparándolas con la tierra de diatomeas.

La alta temperatura de entrada al Ciclón 3, 371°C (700°F), es necesaria para obtener una baja eficiencia, ya que esto, permite un aumento en la viscosidad del aire, factor que ayuda a disminuir la eficiencia del ciclón, y evita así las dimensiones grandes al momento de diseñar la unidad, debido a que la eficiencia de un ciclón disminuye conforme aumentan sus dimensiones, basado en las fórmulas y dimensionamientos para ciclones de Koch (5).

El Ciclón 4, Tabla 18, que es el que recibe el flujo de aire y material proveniente del Ciclón 3, posee una eficiencia del 99.64%, ya que ésta unidad tiene como objetivo el recuperar el sólido de la corriente de gas, para su posterior alimentación al horno.

Los cálculos de balance de masa y energía, se hacen tomando el horno rotatorio como equipo de capacidad limitante, usando las dimensiones del mismo y el tiempo de residencia del material dentro del horno, para determinar su capacidad.

Posterior a la calcinación, el material es descargado a un "friturador de Grumos" o "Delumper", ya que por la temperatura y el fundente, el material tiende a formar grumos, con una consistencia parecida a la de las "espumillas". Esta unidad tiene como objetivo primordial el romper los

aglomeramientos de material, para permitir su paso a una corriente de aire frío, proveniente de un soplador y con objeto de bajar la temperatura del material, que lleva la corriente del mismo hasta un sistema de clasificación, consistente básicamente en ciclones de baja eficiencia, descartado el material grueso.

Para el diseño del sistema de clasificadores, se tomará un flujo de entrada del material, proveniente del horno, de 1000 Kg./hr (1 ton. métrica/hr), para tener un sobre-dimensionamiento que permita un margen de seguridad en el diseño del equipo.

Con lo anterior, el Clasificador 1, Tabla 20, presenta una eficiencia del 40.06%, donde el 59.94 % del material, es resuspendido y alimentado al Clasificador 2, Tabla 21.

Esta unidad presenta una eficiencia del 10.00%, donde el 90.00% del material es alimentado al Ciclón 5, Tabla 19, mientras que el 10.00% de alimentación que el Clasificador 2 "bota", es unido al 40.06% del material proveniente del Clasificador 1, que es alimentado por un soplador a un Clasificador 3, Tabla 22.

El paso por este soplador, permite que el material sufra una molienda fina, de la cual el material muy grueso, es desechado en el 4.88% de la alimentación que el Clasificador 3 "bota" y que es enviado a desechos del sistema, mientras que el 95.12% de la alimentación, es recirculado al Clasificador 2, lo que permite que el material que es entregado por el Clasificador 2 al ciclón 5, sea de un tamaño relativamente uniforme y no mayor a los 250 μm .

El Ciclón 5 es una unidad de alta eficiencia, 99.66%, cuyo objetivo es retirar el sólido de la corriente de aire, y permitir su descarga a la sección de empaque, como producto terminado.

Esto puede hacerse, ya que la calcinación a diferente temperatura entrega los distintos productos requeridos, y no se usa la calcinación a la misma temperatura para obtener dos productos distintos, que requerirán de una clasificación más específica.

IX. CONCLUSIONES:

De las pruebas realizadas, descritas y discutidas anteriormente, se deducen las conclusiones siguiente:

- A. Para la producción de un filtro-ayuda que iguale las condiciones de velocidad de filtración y limpieza de los filtro - ayudas comerciales, usando tierra de diatomeas proveniente de la finca San Juan, en el departamento de Jutiapa, se requiere una línea de producción que incluya una fase de calcinación, y ésta debe de ser con fundente.

- B. Para la producción de un filtro-ayuda que iguale las condiciones de velocidad de filtración y limpieza de los filtro-ayudas comerciales "Flujo Rápido" (Speed Flow) y "Estándar" (Standart), usando tierra de diatomeas proveniente de la finca San Juan, en el departamento de Jutiapa, se requiere una calcinación a 1040°C (1900°F) por 30 minutos usando cal hidratada (Marca Horcalsa) en concentraciones de 2.5 % en masa seca, como fundente.

- C. Para la producción de un filtro-ayuda que iguale las condiciones de velocidad de filtración y limpieza de los filtro - ayudas comerciales "Flujo Aumentacio" (Speed Plus) y "Flujo Alto" (Hyflow), usando tierra de diatomeas proveniente de la finca San Juan, en el departamento de Jutiapa, se requiere una calcinación a 1200°C (2200°F) por 30 minutos usando cal hidratada (Marca Horcalsa) en concentraciones de 5.0 % en masa seca, como fundente.

- D. El uso del fundente Carbonato de sodio en la producción de filtro-ayudas que igualen las condiciones de velocidad de filtración y limpieza de los filtro-ayudas comerciales, usando tierra de diatomeas proveniente de la finca San Juan, en el departamer to de Jutiapa, no es adecuado ya que da resultados inestables en la calcinación.

E. El uso del fundente Cloruro de sodio en concentraciones del 2.5% en masa en la producción de un filtro -ayuda, con una temperatura de calcinación de 1200°C (2200°F), usando tierra de diatomeas proveniente de la finca San Juan, en el departamento de Jutiapa, permite que se igualen las condiciones de velocidad de flujo y limpieza del filtro-ayuda comercial "Estándar" (Standart).

F. Para la Línea de producción de Tierra de Diatomeas son necesarios: 2 ciclones "secadores-clasificadores" para un tamaño de partícula de 177 μm y un a temperatura de 204°C y un tercer ciclón que elimina partículas de diámetros mayores a 177 μm , previo al área de calcinado. Posterior a la etapa de calcinación, se necesitan tres clasificadores, con un tamaño de partícula de 250 μm , para molienda y un quinto ciclón que recupera los sólidos de la corriente.

X. RECOMENDACIONES:

- A. Realizar investigaciones sobre el aprovechamiento industrial de calor, en la línea de proceso. Este puede ser utilizado en recirculación, permitiendo un ahorro en energía.
- B. La evaluación económica sobre el montaje de una planta de procesamiento de tierra de diatomeas para ser usada como filtro-ayuda en la industria.
- C. Hacer estudios comparativos de velocidades de filtración y limpieza de la tierra de diatomeas, con base en otras marcas comerciales de filtro-ayudas.
- D. Hacer estudios para el empleo de la tierra de diatomeas en otras aplicaciones industriales, que a su vez permitan el aprovechamiento de yacimientos guatemaltecos.

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice. This ensures transparency and allows for easy verification of the data.

In the second section, the author outlines the various methods used to collect and analyze the data. This includes both primary and secondary data collection techniques. The primary data was gathered through direct observation and interviews, while secondary data was obtained from existing reports and databases.

The third part of the document details the statistical analysis performed on the collected data. It describes the use of descriptive statistics to summarize the data and inferential statistics to test hypotheses. The results of these analyses are presented in a clear and concise manner, highlighting the key findings of the study.

Finally, the document concludes with a summary of the findings and their implications. It discusses the limitations of the study and suggests areas for future research. The author expresses confidence in the reliability of the data and the validity of the conclusions drawn.

I. BIBLIOGRAFÍA:

1. Almeria, Celite[®] como filtro-ayuda y carga funcional panfleto de información al consumidor y cliente. 1994
2. Bureau of Mines Mineral facts and problems Bulletin 671 Pg. 271-277 United States Department of the Interior. 1980
3. Cummins, A.B. Clarifying efficiency of diatomaceous filter aids I.E.C. 34:403-411 1942
4. Kadey, F. Diatomite, Industrial Minerals and Rocks pp. 605-635 Ed. AIME, 3a ed. 1975 New York.
5. Koch, Wolfgang y William Licht, New design approach boosts cyclone efficiency 1977 Chemical Engineering 7 Nov. de 1977 pp. 83-88
6. Lefond, Stanley J, et al, Industrial Mineral and rocks The society of Mining Engineers, 1983 Edt. Board. 5a ed. Pg. 677-701 New York.
7. McCabe, W., J. Smith. Operaciones básicas de Ingeniería química McGraw-Hill, 2a edición, México.
8. Miller, R.L. Minerales industriales en Guatemala Informe Dirección General de Minería, Guatemala 1961
9. Mining Technical Mission of Republic of China A report on the study of non-metallic minerales in Guatemala Energy and Mining Research/service Organization Industrial Technology Research Institute. Report No. 290, Pg. 65-73 Taiwan 1986
10. Perry, Robert H. Perry's Chemical Engineers' Handbook McGraw Hill, 6a edición, 1984 Malasia
11. Ramírez León, Ubaldo A. Empleo de Diatomita Guatemalteca como auxiliar de filtración trabajo de Graduación, Imprenta Universitaria de Guatemala, Guatemala. 1988
12. Serrano, Manuel Descubrimiento de nuevos yacimientos de diatomita en el occidente de la República de Guatemala Impreso No. 659, Imprenta Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. 1960
13. U.S. Patent # 1,966,362: McKinley Stockton, Method of calcining diatomaceous earth. 1934 10 Julio.
14. U.S. Patent # 1,986,300: McKinley Stockton, Method and apparatus for introducing comminuted material into a fluid stream. 01 enero 1935
15. U.S. Patent # 3,013,981: Raymond G. Riede, Calcination of diatomaceous earth. 1961

The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that every entry should be supported by a valid receipt or invoice to ensure transparency and accountability.

In the second section, the author outlines the various methods used to collect and analyze data. This includes both primary and secondary research techniques, as well as the use of statistical software to process large datasets.

The third section provides a detailed overview of the findings from the study. It highlights key trends and patterns observed in the data, along with potential reasons for these observations.

Finally, the document concludes with a series of recommendations for future research and practical applications. It suggests areas where further investigation is needed and offers insights into how the findings can be used to improve organizational performance.

APENDICES

APENDICE A

Tablas y Gráficas de Referencia

Tabla A.1

Distribución aproximada de las aplicaciones industriales de la tierra de diatomeas en países desarrollados

- Auxiliar de filtración	70 %
- Material de Relleno	20 %
- Material Aislante	5 %
- Otros usos	5 %

Bureau of Mines, 1980. (2)

Tabla A.2

Composición química aproximada de la tierra de diatomeas

- Sílica (SiO ₂)	91.20 %
- Alúmina (Al ₂ O ₃)	3.20 %
- Oxido de Hierro (Fe ₂ O ₃)	0.70 %
- Oxido de Titanio (TiO ₂)	0.16 %
- Fosfatos (P ₂ O ₅)	0.05 %
- Oxido de Calcio (CaO)	0.19 %
- Magnesio (MgO)	0.42 %
- Sodio (Na ₂ O)	0.13 %
- Potasio (K ₂ O)	0.24 %
- Pérdidas por calcinación	3.71 %
- Total	100.00 %

Frederic Kadey, 1975. (4)

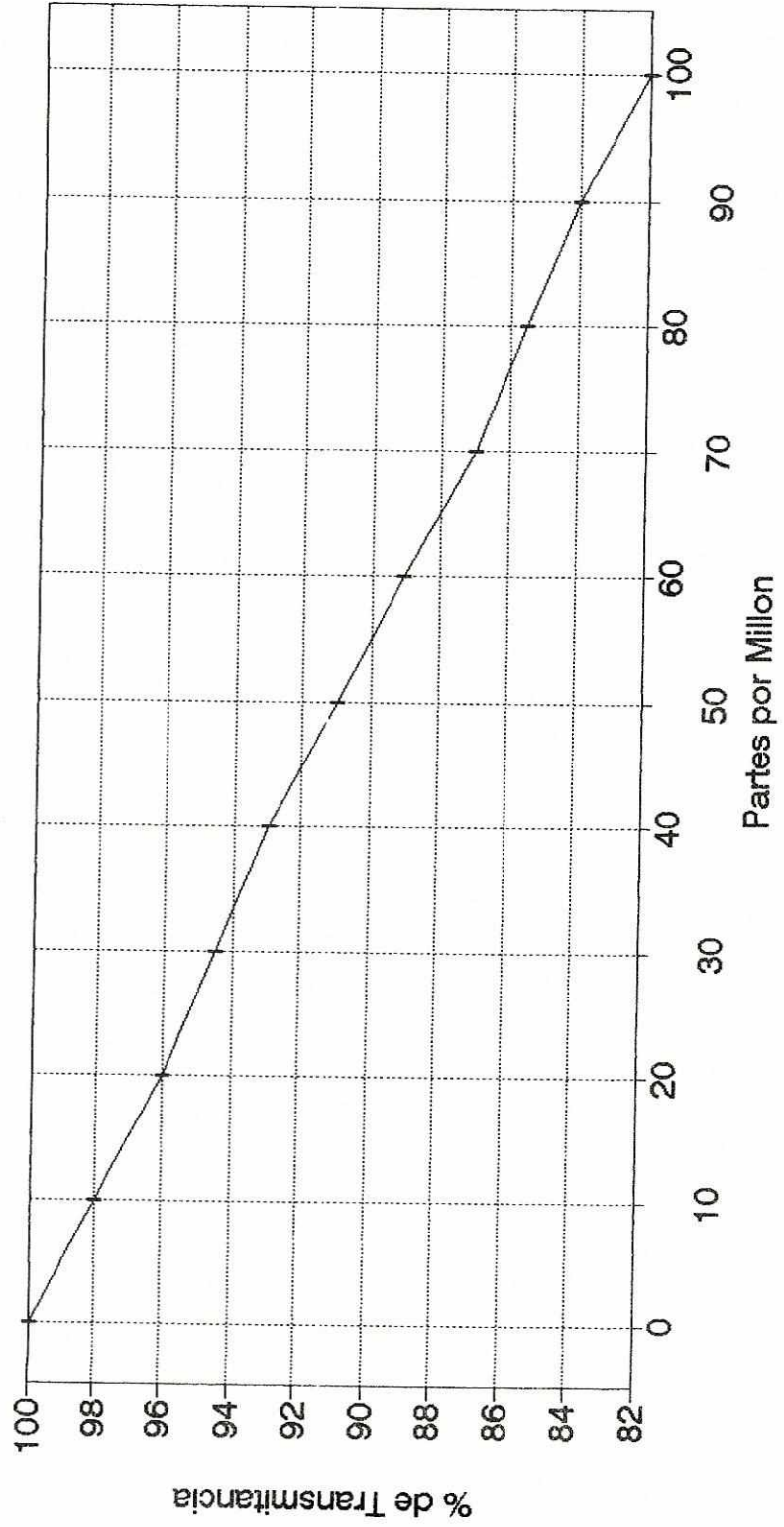
Tabla A.3

Partes por millon de Sulfato de Bario en agua vrs. % de Transmitancia del
Sulfato de Bario leida a 420 nm

Partes por millon	Transmitancia
0	100.00
10	98.00
20	96.00
30	94.50
40	93.00
50	91.00
60	89.00
70	87.00
80	85.50
90	84.00
100	82.00

Curva de Calibración a 420 nm

BaSO₄ (ppm) vrs. % Transmitancia



The first part of the paper discusses the importance of the study and the objectives of the research. It then proceeds to a literature review, followed by a description of the methodology used in the study. The results of the study are presented in the next section, and the paper concludes with a discussion of the findings and their implications.

The author would like to thank the following people for their assistance and support during the course of this study:

APENDICE B

Cálculos:

1. Densidad del aire: (proceso análogo para otras temperaturas)

de $PV = nRT$

se obtiene $PV = (g/PM)RT$

====> $\delta = (g/V) = P(PM)/RT$

bajo las siguientes condiciones:

$$T = 400^{\circ}\text{F} \approx 204.4^{\circ}\text{C}$$

$$P = 680 \text{ mm Hg}$$

$$PM \text{ aire} = 29 \text{ g/mol}$$

$$R = 8.314 \text{ J/K mol}$$

$$\delta = \frac{(680 \text{ mm Hg}) \cdot (29 \text{ g/mol})}{(204.4 + 273.15 \text{ K}) \cdot (8.314 \text{ J/K mol})} \quad \left[\frac{1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa}}{760 \text{ mm Hg}} \right]$$

$$= 661.97 \text{ g/m}^3 \quad \left[\frac{1 \text{ Kg.}}{1000 \text{ g}} \cdot \frac{2.200 \text{ lb}}{1 \text{ Kg.}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3}{35.288 \text{ ft}^3} \right]$$

$$= 0.0413 \text{ lb/ft}^3$$

2. Balance del Horno:

a. Capacidad del horno: De la Fórmula 20-57 del Manual del Ingeniero Químico, versión en español

$$\text{Ton. métrica/día} = (0.001)kLD^2$$

De datos de la literatura, se obtiene un valor $k = 1$, como valor promedio, y dado que las dimensiones del horno son L (largo) = 60 ft y D (diámetro) = 6 ft, la capacidad del horno es de

$$\begin{aligned}
 \text{Ton. métrica/día} &= (0.001) * 1 * 60 * 6^2 \\
 &= 21.6 \text{ Ton. métrica. de producto/día} \\
 &= 21,600 \text{ Kg. Prod. día}
 \end{aligned}$$

De lo anterior, se obtiene

$$\begin{aligned}
 21,600 \text{ Kg./día} * (1 \text{ día/} 24 \text{ horas}) &= 900 \text{ Kg./hr} \\
 &= 0.9 \text{ Ton. met./hr}
 \end{aligned}$$

Si se toma un rango de seguridad del 9%, se puede decir que el horno trabaja = 981 Kg./hr. (.981 ton. métrica/hr)

b. Tiempo de paso: De la Fórmula 20-58 del Manual del Ingeniero Químico, versión en español:

$$\Theta = 0.19 L / (NSD)$$

$$\begin{aligned}
 \text{Donde } L &= \text{longitud del horno} = 60 \text{ ft. (18.324 m)} \\
 N &= \# \text{ de revoluciones por minuto} = 1 \text{ r.p.m.} \\
 S &= \text{inclinación del horno} \\
 &= 0.5''/\text{ft} = 0.05 \text{ ft/ft de largo} \\
 D &= \text{diámetro del horno} = 6 \text{ ft. (1.83 m)} \\
 \Theta &= 0.19 * 60 / (1 * .05 * 6) \\
 &= 38.0 \text{ min.}
 \end{aligned}$$

Nota: se recomienda cambiar la velocidad del horno a 1 r.p.m. para mantener el tiempo de retención cercano a los 30 minutos.

c. Potencia total requerida: De la Fórmula 20-59 del Manual del Ingeniero Químico, versión en español

$$\text{b.h.p.} = N [18.85 y (\text{seno } B) w + 0.1925 D' W + 0.33 W] * * 10^{-5}$$

Donde $N = \#$ de revoluciones por minuto = 1 r.p.m.

$B =$ ángulo de reposo del material fluidizado = 20°

$D' =$ diámetro del anillo de asiento = 7.2 ft

$w =$ peso del producto/carga el lb.

Si entra \approx 1 ton. métrica/hr entonces entran 38 min. * (2200 lb/60 min.)

$$= 1393.3 \text{ lb/carga}$$

$y =$ dist. centro horno-centro grav. producto

Volumen de producción = masa * densidad

$$= 1393.3 \text{ lb/carga} * 1 \text{ ft}^3/8 \text{ lb}$$

$$= 174.1625 \frac{\text{ft}^3}{\text{carga}} * 0.02848 \frac{\text{m}^3}{\text{ft}^3}$$

$$= 4.960 \text{ m}^3/\text{carga}$$

área transversal del prod. = vol./largo horno

$$= 4.960/(18.324)$$

$$= 0.271$$

de la Tabla 1.19b del Perry, se obtiene que para un área de 0.271 la relación (altura del lecho de sólido en el horno/diámetro del horno) = h/D

$$= 0.378$$

con ello se obtiene el valor de $h = 0.378 D$

$$= 0.378 * 6 \text{ ft}$$

$$= 2.268 \text{ ft}$$

$$\begin{aligned}
 \text{con este valor } y &= \text{Radio Horno} - 0.5h \\
 &= 3 - 0.5 * 2.268 \\
 &= 1.866 \text{ ft}
 \end{aligned}$$

W = Peso del equipo + material

Con el peso del equipo, como dato proporcionado por el Ing. Jorge Luis Avalos, en base al horno que ya se posee, y que es aproximadamente de 133,583.03 lbs

$$\begin{aligned}
 &= 133,583.03 + w \\
 &= 133,583.03 + 1393.01 \\
 &= 134976.04 \text{ lbs.}
 \end{aligned}$$

Sustituyendo los valores obtenidos en la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned}
 \text{b.h.p.} &= N [18.85 y (\text{seno } B) w + 0.1925 D' W + 0.33 W] * 10^{-5} \\
 &= 1 * [18.85 * 1.866 * \text{sen } 20 * 1393.01 + 0.1925 * 7.2 * 134976.04 + 0.33 * 134976.04] * 10^{-5} \\
 &= 2.484
 \end{aligned}$$

considerando un factor del 25 % como seguridad, se obtiene un valor de b.h.p. = 3.105 h.p de motor, por lo que se puede utilizar un motor de 3.5 h.p. de potencia.

3. Cálculo de la alimentación a la entrada del sistema:

De la alimentación al horno, se tiene 1000 Kg./hr (aprox. 1 ton. métrica/hr), por lo que siendo el horno el equipo de capacidad limitante, se necesita calcular la cantidad de material a alimentar al sistema previo al horno, pero como ya se tienen las eficiencias que presentan estos equipos, se conoce la cantidad del material que es extraída como

desecho, por lo tanto:

$$\begin{aligned}
 \text{Alim. total} &= \text{Alim. horno} * (1 + \% \text{ Alim. Exhausto del sistema}) \\
 &= \text{Alim. horno} * (1 + (1 - \sum \text{Efic ciclón previo horno})) \\
 &= 981 \text{ Kg.} * (1 + 0.0383 + 0.0032 + 0.06624 + 0.0044) \\
 &= 981 \text{ Kg.} * (1.11214) \\
 &= 1091 \text{ Kg. Sólidos secos/hr (1.091 ton métricas/hr)}
 \end{aligned}$$

En la entrada, el material lleva 20% de humedad, por lo que la alimentación húmeda es de

$$\begin{aligned}
 1091 * (1 + 0.2) &= 1309.2 \text{ Kg. Sol. Húmedos/h} \\
 &= 1.3092 \text{ Ton. Métricas Sol.Hum/h}
 \end{aligned}$$

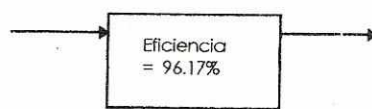
A la alimentación en base húmeda, se le añade un 5% de fundente, por lo que la alimentación al sistema es de

$$\begin{aligned}
 1309.2 * (1 + .05) &= 1374.8 \text{ Kg./hr} \\
 &= 1.3748 \text{ ton. métrica.Sol/h (3024.31 lb/h)}
 \end{aligned}$$

4. Balance del Ciclón # 1: (en base al secado producido dentro del mismo.)

Aire:
 $H_1 = 0.0125$ lbs.agua
 $T = 1200^\circ\text{F}$
 $G_a = ?$

Sólidos:
 20% humedad
 $T = 77^\circ\text{F}$
 $M_{s1} = 3024.31 \text{ lb/h}$



Sólidos:
 10% humedad
 $T = 135^\circ\text{F}$
 $M_{s2} = 2617.634 \text{ lb/h}$

Aire:
 $H_2 = ?$
 $T = 160^\circ\text{F}$
 $G_a = ?$

Sólidos:
 10% humedad
 $T = 135^\circ\text{C}$
 104.24 lb/h

Nota: se usa una eficiencia de 96.17%, dado que la eficiencia que se necesita en el proceso, es del 96%, y por cálculos posteriores, se obtuvo un dimensionamiento del ciclón que presentaba una eficiencia del 96.17%, por lo cual se trabaja con esta eficiencia para la demostración y comparación del análisis final del ciclón.

a. sólidos en el exhaustor:

$$(3024.31 - 10\% \text{ humedad}) * (1 - .9617) = 104.24 \text{ lb/h}$$

b. sólidos en la salida: (M_{s2})

$$(3024.31 - 10\% \text{ humedad}) * (.9617) = 2617.634 \text{ lb/h}$$

c. Humedad en la alimentación: (W_{s1})

$$20 \text{ lbs. agua} / 80 \text{ lbs. Sol.seco} = 0.25 \text{ lbs/lbs S.S.}$$

d. Humedad en el producto a la salida: (W_{s2})

$$10 \text{ lbs. agua} / 90 \text{ lbs. Sol.seco} = 0.11 \text{ lbs/lbs S.S.}$$

e. Capacidad calorífica de los sólidos secos: (C_p) Del Perry, se obtiene que el valor de C_p para la Sílica (SiO_2) es de 0.3, y como una composición aproximada de la tierra de diatomeas que se encuentra en la Tabla 24, anexo A, página 79, muestra que la tierra de diatomeas está compuesta en un 91.2% de Sílica se usará este valor como el C_p de la misma.

f. Humedad absoluta del aire a la entrada: (H_1) obtenido a partir de cartas Psicrométricas

$$H_1 = 0.0125 \text{ lb/lb aire seco}$$

g. Entalpía del aire de entrada: (Q_{a1})

de acuerdo con $Q_a = C_p(\Delta T) + H\lambda$

$$Q_{a1} = [0.24 + 0.45 * 0.0125] * (1200 - 32) + [0.0125 * 1075.2]$$

$$Q_{a1} = 300.33 \text{ Btu/lb}$$

h. Entalpía del aire de salida: (Q_{a2})

$$Q_{a2} = [0.24 + 0.45 * H_2] * (160 - 32) + (H_2 * 1075.2)$$

$$Q_{a2} = 30.72 + 1132.8 H_2 \text{ Btu/lb}$$

i. Entalpía de alimentación del producto:

de acuerdo con $Q_s = C_p(\Delta T) + (W s_1)C_{p H_2O}(\Delta T)$

$$Q_{s1} = 0.3 * (77 - 32) + 0.25 * 1 * (77 - 32)$$

$$Q_{s1} = 24.75 \text{ Btu/lb}$$

j. Entalpía de salida del producto:

$$Q_{s2} = 0.3 * (135 - 32) + 0.11 * 1 * (135 - 32)$$

$$Q_{s2} = 42.23 \text{ Btu/lb}$$

1. Balance de Humedad:

$$\begin{aligned} \text{Base: Sólidos secos por hora (Mss)} &= 3024.31 - 20\% \text{ humedad} \\ &= 2419.448 \text{ lb/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Humedad que entra en Alim.} &= 2419.448 * W_{s1} \\ &= 604.862 \text{ lb/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Humedad que sale el Prod.} &= 2419.448 * W_{s2} \\ &= 266.139 \text{ lb/h} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Humedad evaporada} &= 2419.448 * (W_{s1} - W_{s2}) \\ &= 338.7227 \text{ lb/h} \end{aligned}$$

Si no hay acumulación en el sistema:

Hum. absorbida por el aire = Hum. perdida de la alimentación

$$\begin{aligned} M_{ss} (W_{s1} - W_{s2}) &= G_a (H_2 - H_1) \\ 338.7227 &= G_a (H_2 - 0.0125) \quad (A) \end{aligned}$$

2. Balance de Entalpía:

- Entalpía de entrada: (Q_1)

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= Q_{a1} * G_a + M_{ss} * Q_{s1} \\
 &= 300.33 * G_a + 2419.448 * 24.75 \\
 &= 300.33 * G_a + 59881.34 \text{ Btu/h}
 \end{aligned}$$

- Entalpía de Pérdidas: (Qp) si un 15% de la Entalpía de entrada, queda

$$Q_p = 45.0495 * G_a + 8982.2 \text{ Btu/hr}$$

- Entalpía de salida: (Q₂)

$$\begin{aligned}
 Q_2 &= M_{ss} * Q_{s2} + G_a * Q_{a2} + Q_p \\
 &= 2914.448 * 42.23 + G_a(30.72 + 1132.8 H_2) + Q_p \\
 &= 123077.139 + 30.72 G_a + 1132.8 G_a H_2 + (45.0459 G_a + 8982.2) \\
 &= 132059.339 + 75.7695 G_a + 1132.8 G_a H_2 \text{ Btu/h}
 \end{aligned}$$

- Balance:

$$\begin{aligned}
 \text{Entalpía de entrada} &= \text{Entalpía de salida} \\
 300.33 * G_a + 59881.34 &= 132059.339 + 75.7695 G_a + 1132.8 G_a H_2
 \end{aligned}$$

Ordenando la ecuación anterior, queda:

$$224.5605 G_a + 1132.8 G_a H_2 = 72177.999 \quad (B)$$

- Resolviendo: Se presenta un sistema de 2 ecuaciones con 2 incógnitas, siendo las ecuaciones:

$$(A) \quad 338.7227 = G_a (H_2 - 0.0125)$$

$$(B) \quad 224.5605 G_a + 1132.8 G_a H_2 = 72177.999$$

Despejando de (A) y (B) se tiene:

$$G_a = 1909.694 \text{ lb de aire/h}$$

$$= 868.04 \text{ Kg. aire/hr}$$

$$H_2 = 0.1647 \text{ lb agua/libras de aire seco.}$$

5. Dimensionamiento del Ciclón # 1:

a. obtención del diámetro teórico del ciclón: (Dc) Con el flujo de entrada al ciclón y la velocidad de entrada al mismo, puede obtenerse el área de entrada del flujo al ciclón:

$$\text{Flujo} = \frac{1909.694 \text{ lb}}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ hr}}{3600 \text{ seg.}} \cdot \frac{0.3054 \text{ m}^3}{0.0413 \text{ lb}}$$

$$= 0.3659 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Para tener una caída de presión dentro del ciclón, menor a las 2" de agua, se escogerá una velocidad de entrada de 15.27 m/seg. (50 ft/seg.)

$$\begin{aligned} \text{Area} &= \text{flujo/vel.entrada} \\ &= 0.3659/15.27 \\ &= 0.02396 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

En la página 20-84 del manual del Ingeniero Químico, se encuentra un esquema en el que se muestra una relación óptima de las medidas del ciclón, respecto del diámetro del mismo que se detalla en el Esquema 1, en la pagina 57:

De dicho esquema se obtiene que:

$$\begin{aligned} \text{área de entrada} &= (\text{ancho de entrada}) * (\text{alto de entrada}) \\ &= (\text{Diam. ciclón}/4) * (\text{Diam. ciclón}/2) \\ &= (\text{Diam. ciclón})^2/8 \end{aligned}$$

De donde se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{Diam. Ciclón} &= \sqrt[2]{(8 * \text{Area de entrada})} \\ &= \sqrt[2]{(8 * 0.02396)} \\ &= 0.4378 \text{ m} \\ &= 1.439 \text{ ft.} \end{aligned}$$

b. obtención de las dimensiones del ciclón: De la página 20-84 del manual del Ingeniero Químico, se obtienen las siguientes relaciones:

		fts	mts
Alto de entrada (Hc)	= Dc/2	= 0.7195	= 0.2197
ancho de entrada (Bc)	= Dc/4	= 0.3598	= 0.1099
diámetro de salida (De)	= Dc/2	= 0.7195	= 0.2197
alto del ciclón (Lc)	= 2Dc	= 2.8782	= 0.8790
alto del cono (Zc)	= 2Dc	= 2.8782	= 0.8790
altura total (H = Lc + Zc)	= 4Dc	= 5.7564	= 1.7580
diam. salida sólido (Jc)	= Dc/4	= 0.3598	= 0.1099
largo sal.a partir de Hc (Sc)	= Dc/8	= 0.1799	= 0.0549
largo de salida (S = Hc + Sc)	= 5Dc/8	= 0.8994	= 0.2747

c. Obtención de la eficiencia del ciclón: En base al Artículo "New design approach boosts cyclone efficiency" por W. Koch y W.Licht (5):

1. cálculo de Largo Natural: (l)

de la fórmula 15, pag. 87: $l = 2.3D_e (D_c^2/ab)^{1/3}$. donde las dimensiones están en ft, por lo que sustituyendo valores

$$\begin{aligned}
 l &= 2.3 (0.7195) (1.439^2/0.7195 \cdot 0.3598)^{1/3} \\
 &= 3.3097 \text{ ft} \\
 &= 1.0108 \text{ m}
 \end{aligned}$$

2. cálculo del diámetro central donde cambia el vórtice: de la fórmula 16a, pag 87:

$$d = D_c - (D_c - J_c)[(S + I - L_c)/(H - L_c)]$$

donde las dimensiones están en ft, por lo que sustituyendo valores obtenemos:

$$\begin{aligned} d &= 0.9398 \text{ ft} \\ &= 0.2870 \text{ m} \end{aligned}$$

3. cálculo del volumen, bajo el ducto de salicá: de la fórmula 17, pag.87:

$$V_h = [(H-L_c)/3](\pi D_c^2/4) * (1 + B/D_c + B^2/D_c^2) + (L_c-S)(\pi D_c^2/4) - (\pi D_e^2/4)(H-S)$$

donde las dimensiones están en ft, por lo que sustituyendo valores obtenemos:

$$V_h = 3.2911 \text{ ft}^3$$

4. cálculo de la constante K_c: de la fórmula 18 de la pag. 87,

$$K_c = (2V_s + V_h)/(2D_c^3)$$

$$\text{donde } V_s = [\pi(S - H_c/2)(D_c^2 - D_e^2)]/4$$

y con las dimensiones en el sistema inglés, se obtiene el siguiente resultado:

$$V_s = 0.6582 \text{ ft}^3$$

el cual evaluado en K_c , junto con los otros valores, da como resultado

$$K_c = 0.7731$$

5. cálculo de las constantes K_a y K_b : de la pág. 83 se obtiene que $K_a = H_c/D_c = 0.5$

$$K_b = B_c/D_c = 0.25$$

6. Obtención del valor de configuración del ciclón: (G) de la pag. 81, la fórmula 3 indica:

$$\begin{aligned} G &= 8K_c/(K_a^2 K_b^2) \\ &= 395.8403 \end{aligned}$$

7. Obtención del exponente del Vortex: (n) de la pag. 82 se obtiene:

$$n = 1 - \left[1 - \frac{(12D_c)^{0.14}}{2.5} \right] \left[\frac{T + 460}{530} \right]^{0.3}$$

donde T está en °F. Evaluando

$$n = 0.5329$$

8. obtención del tiempo de relajación: (τ) de la fórmula 2, pag. 81,

$$\tau = \Phi_p (dp)^2 / (18\mu)$$

donde:

De la Ref. 4 :

$$\Phi_p = \text{densidad de la partícula,} = 8 \text{ lbm/ft}^3$$

$$dp = \text{tamaño de la partícula,} = 0.00058 \text{ ft}$$

Y del Perry Pág. 3-140:

$$\mu^* = \text{viscosidad del fluido a } 400^\circ\text{F} = 1.75 * 10^{-5} \text{ lbm/ft-s}$$

con los valores anteriores se obtiene

$$\tau = 0.008545$$

9. obtención de la Eficiencia del ciclón: de la fórmula 1, de la pag. 81, se obtiene:

$$\text{Efic.} = 1 - \exp \left[-2 \left[\frac{G\tau Q}{Dc^3} (n+1) \right]^{0.5/(n+1)} \right]$$

10. Obtención de las dimensiones "reales": Como el sistema necesita de eficiencias preestablecidas para la clasificación y limpieza de la tierra de

diatomeas, se hace un proceso iterativo del dimensionamiento del ciclón, hasta que se obtenga la eficiencia deseada. Para ello, se toma en cuenta que la eficiencia de un ciclón, aumenta si se aumenta la densidad de la partícula, la velocidad de entrada y la altura del cuerpo del ciclón, mientras que disminuye la eficiencia, si se aumenta la viscosidad del fluido, el diámetro del ciclón, diámetro de salida y ancho de entrada.

d. Obtención de la caída de presión en el ciclón: (análoga para todos los ciclones del sistema) En base al Artículo "New design approach boosts cyclone efficiency" por W. Koch y W.Licht (5):

Se obtiene de primero el valor del número de cabezas de la velocidad de entrada, en base a la fórmula 14, pag. 85, y usando un valor de la constante $K = 7.5$, según lo presenta la bibliografía:

$$N_H = K * H_c * B_c / D_e^2$$

Sustituyendo valores y evaluando, se obtiene

$$N_H = 3.75$$

y con la fórmula 14a, de la pag. 86:

$$\Delta P = 0.003 \Phi_f * \text{vel.ent.}^2 N_H$$

donde:

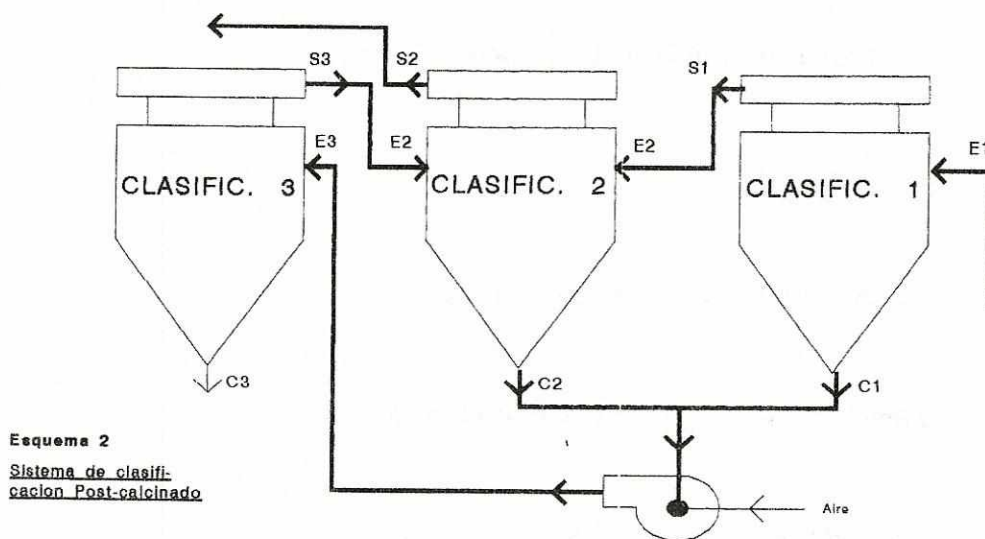
Φ_f = densidad del fluido a 400°F = 0.04132 lbm/ft-s

Vel.ent. = velocidad de entrada = 50 ft/s

evaluando:

▲ P = 1.1621 Pulg. agua

6. Cálculo de los ciclones posterior a la calcinación: El esquema de los clasificadores del producto, posterior al horno de calcinado es:



tomando como base, lo mismo que en los ciclones 3 y 4, 681 Kg./hr (1500 lb/hr), ya que es el flujo de aire aproximado que se necesita para mover el material y evitar una saturación de agua del mismo en el secado, y que puede ser usada como flujo teórico en el sistema posterior.

El horno entrega, de una corriente inicial de 992.01 Kg./h (2185.041 lb/h) de alimentación, un flujo de 932.49 Kg./h (2053.94 lb/h) de producto, ya que presenta un 6% de pérdidas del producto por calcinación.

Para diseñar el equipo posterior a la calcinación, se usará un flujo de producto de 1000 Kg./h (1 ton. métrica/hr = 2200 lbs/hr) por seguridad.

Con base en lo anterior se obtiene el siguiente análisis:

a. Clasificador 1:

$T \approx 148^{\circ}\text{C}$ (300°F) y Eficiencia = 40.062%

Alimentación E1 = 1000 Kg./h tierra + 681 Kg./h aire

Flujo que "cae" C1 = 0.40062 * E1
= 400.62 Kg./h tierra

$$\begin{aligned} \text{Flujo Exhausto } S1 &= (1 - 0.40062) * E1 \\ &= 599.38 \text{ Kg./h tierra} + 68 \text{ Kg./h aire} \end{aligned}$$

b. Clasificador 3:

$$T \approx 25^\circ\text{C} (77^\circ\text{F}) \quad \text{y} \quad \text{Eficiencia} = 4.8786\%$$

Alimentación (sea el material que "cae" del clasificador 2 un valor K)

$$\begin{aligned} E3 &= C1 + C2 + \text{aire3} \\ &= (400.62 + K) \text{ Kg./h tierra} + 454.54 \text{ Kg./h aire} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Flujo que "cae"} \quad C3 &= 0.048786 * E3 \\ &= (0.05 K + 20.0310) \text{ Kg./h tierra} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Flujo Exhausto } S3 &= (1 - 0.048786) * E3 \\ &= (0.951 K + 380.59) \text{ Kg./h tierra} + 681 \text{ Kg./h aire} \end{aligned}$$

c. Clasificador 2:

$$T \approx 38^\circ\text{C} (100^\circ\text{F}) \quad \text{y} \quad \text{Eficiencia} = 10.0037\%$$

$$\begin{aligned} \text{Alimentación } E2 &= S1 + S3 + \text{aire1} + \text{aire3} \\ &= (599.38 + (0.95K + 380.59)) \text{ Kg./h tierra} + (681 + 454.54) \text{ Kg./h} \\ &\quad \text{aire} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Flujo que "cae"} \quad C2 &= 0.10004 * E2 \\ &= 0.10004(380.59 + 0.95 K + 599.38) \text{ Kg./h tierra} \end{aligned}$$

Del clasificador 3, se sabe que $C2 = K$, entonces:

$$K = (38.059 + 0.0951K + 59.938)$$

Despejando queda $K = 108.284 \text{ Kg./h}$ por lo que $C2 = 108.284 \text{ Kg./h}$ de producto.

$$\begin{aligned} \text{Flujo Exhausto} \quad S2 &= (1 - 0.10003) * E2 \\ &= 0.9*(979.67 + 0.95*108.284) \text{ Kg./h tierra} + 1135.54 \text{ Kg./h aire} \\ &= 974.546 \text{ lb/h tierra} + 1135.54 \text{ Kg./h aire} \end{aligned}$$

Sustituyendo el valor de K en el clasificador 3, queda:

$$\begin{aligned} E3 &= 508.90 \text{ Kg./h (1119.593 lb/h) tierra} + 454.54 \text{ Kg./h (1000 lb/h) aire} \\ C3 &= 24.83 \text{ Kg./h (54.6204 lb/h) tierra} \\ S3 &= 483.46 \text{ Kg./h (1063.614 lb/h) tierra} + 454.54 \text{ Kg./h (1000 lb/h) aire} \end{aligned}$$