

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS



RECONSTRUCCION Y OPERACION DE UN FILTRO
PRENSA PARA LA DETERMINACION DE LAS
CONSTANTES DE FILTRACION

TESIS
QUE EN OPCION AL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
PRESENTA
RUBEN RICARDO LOZANO MONTEMAYOR

MONTERREY, N.L. AGOSTO DE 1967

T

TP156

.F5

L6

C.1



1080078165

RUBEN RICARDO LOZANO M

R 65.1

N O M B R E

FECHA

UNIVERSIDAD DE NUEVO LEON

Facultad de Ciencias Químicas

BIBLIOTECA

RUBEN LOZANO MONTEMAYOR

*Encuadernación El Modero
Diego de Montemayar 904 Nto. y Arceaga*

U N I V E R S I D A D D E N U E V O L E O N
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS

RECONSTRUCCION Y OPERACION DE UN FILTRO
PRENSA PARA LA DETERMINACION DE LAS - -
CONSTANTES DE FILTRACION

TESIS PROFESIONAL QUE PRESENTA
RUBEN RICARDO LOZANO MONTEMAYOR
EN OPCION AL TITULO DE

INGENIERO QUIMICO

MONTERREY, N. L.

AGOSTO DE 1967

T P 156
T F 56
L 6



DEDICO ESTE TRABAJO
A MIS PADRES,

SR. RUBEN LOZANO MARTINEZ
SRA. ADELA MONTEMAYOR DE LOZANO

A MIS MAESTROS

A YOLANDA

SUPERVISOR DE ESTA TESIS:
SR. ING. FRANCISCO V. CHAPA

ASESORES

SR. ING. RICARDO SALGADO
SR. ING. ARTURO MALUY F.

CONTENIDO

NOMENCLATURA

SUMARIO

INTRODUCCION

A.- OBJETIVO

B.- GENERALIDADES

C.- CLASIFICACIÓN DE FILTROS

D.- DESCRIPCIÓN DE LOS FILTROS

E.- SELECCIÓN DE FILTROS Y MEDIOS FILTRANTES

F.- TEORÍA

G.- DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE CICLOS OPTIMO

EQUIPO EXPERIMENTAL

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

DATOS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES

A.- TABLAS DE DATOS

B.- DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

RESUMEN

BIBLIOGRAFIA

NOMENCLATURA

- ΔP_c = CAÍDA DE PRESIÓN A TRAVÉS DE LA TORTA (KG./CM².)
- μ = VISCOSIDAD DE LA SUSPENSIÓN
- v = VELOCIDAD DEL FLUÍDO
- L = ESPESOR DE LA TORTA
- F_f = FACTOR DEL FACTOR DE FRICCIÓN
- g_c = FACTOR DE CONVERSIÓN DE MASA A FUERZA
- D_p = DIÁMETRO PROMEDIO DE LAS PARTÍCULAS
- Fr = FACTOR DEL REYNOLDS
- K_e = PERMEABILIDAD DE LA TORTA
- A = AREA DE FILTRACIÓN (CM²)
- θ = TIEMPO (MIN.)
- V = VOLUMEN (LTS.)
- x = FRACCIÓN MASA DE SÓLIDOS EN LA SUSPENSIÓN
- X = POROSIDAD DE LA TORTA
- β_s = DENSIDAD DE LOS SÓLIDOS
- C_v = CONSTANTE DE FILTRACIÓN EN FUNCIÓN DE VOL. FILTRADO
- C_L = CONSTANTE DE FILTRACIÓN EN FUNCIÓN DE ESPESOR DE TORTA
- R = RELACIÓN DE SÓLIDOS SECOS A FILTRADO
- α = RESISTENCIA ESPECÍFICA DE LA TORTA
- ΔP_T = CAÍDA DE PRESIÓN A TRAVÉS DE LA TORTA, FILTRO Y -- ACCESORIOS
- L_e = ESPESOR EQUIVALENTE DE TORTA
- V_e = VOLÚMEN EQUIVALENTE (LTS.)

- C = CONSTANTE PARA UNA SUSPENSIÓN DADA (TORTAS COMPRESIBLES)
- G = CONSTANTE PARA UNA TORTA DADA DEL TIPO COMPRESIBLE
- A = CONSTANTE PARA UNA TORTA DADA DEL TIPO COMPRESIBLE
- B = CONSTANTE PARA UNA TORTA DADA DEL TIPO COMPRESIBLE
- Θ_T = TIEMPO TOTAL DE "N" CICLOS DE FILTRACIÓN
- Θ_F = TIEMPO DE FILTRACIÓN EN Θ_T
- Θ_L = TIEMPO DE LAVADO EN Θ_T
- Θ_D = TIEMPO DE DESCARGA EN Θ_T
- C = CAPACIDAD DEL FILTRO
- n = NÚMERO DE CICLOS DE FILTRACIÓN
- k = RELACIÓN DE VOLÚMEN DE LAVADO A VOLÚMEN DE FILTRADO
- ρ_L = DENSIDAD DEL LÍQUIDO

SUMARIO

EN EL PRIMER CAPÍTULO DE ESTE TRABAJO SE DÁ UNA BREVE INTRODUCCIÓN AL TEMA DE FILTRACIÓN DESPUÉS DE LO CUAL SE HACE MENCIÓN AL OBJETIVO PRINCIPAL DE LA TESIS, EN SEGUIDA SE TRATA SOBRE LAS GENERALIDADES DE FILTRACIÓN, SE MENCIONAN LOS DIFERENTES TIPOS DE FILTROS Y SE HACE UNA DESCRIPCIÓN BREVE DE LOS PRINCIPALES. SE CONSIGNAN UNAS TABLAS QUE SIRVEN COMO REFERENCIA GENERAL PARA LA SELECCIÓN DEL EQUIPO DE FILTRACIÓN ASÍ COMO DE LOS MEDIOS FILTRANTES. EN LAS DOS ÚLTIMAS SECCIONES DEL CAPÍTULO DE INTRODUCCIÓN SE TRATA BREVEMENTE DE LA TEORÍA DE FILTRACIÓN, DE LA DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES Y DE LA FORMA DE DETERMINAR EL NÚMERO ÓPTIMO DE CICLOS DE FILTRACIÓN (CAPACIDAD MÁXIMA).

EN EL SEGUNDO CAPÍTULO SE HACE UNA DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO Y EN EL TERCERO SE EXPLICA DETALLADAMENTE EL MÉTODO PRÁCTICO DE OPERACIÓN EMPLEADO EN LAS EXPERIENCIAS DE ESTE TRABAJO.

SE PRESENTAN LOS DATOS OBTENIDOS EN LA PRÁCTICA Y LA FORMA EN QUE SE CALCULARON LAS CONSTANTES, DISCUTIÉNDOSE POSTERIORMENTE LOS RESULTADOS, SE DAN SUGERENCIAS PARA EL EMPLEO DEL FILTRO EN LA DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES DE DIVERSOS MATERIALES.

POR ÚLTIMO SE HACE UN RESUMEN BREVE DEL TRABAJO PRÁCTICO DESARROLLADO.

INTRODUCCION

LA SEPARACIÓN DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN UN LÍQUIDO ES UNA IMPORTANTE FASE DE LOS PROCESOS INDUSTRIALES EN CASI TODOS LOS CAMPOS DE PRODUCCIÓN DE MATERIALES, EL PROBLEMA QUE IMPLICA ESTA SEPARACIÓN PUEDE SER RESUELTO POR DIFERENTES TIPOS DE OPERACIONES DEPENDIENDO DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS SÓLIDOS Y DE LA PROPORCIÓN EN QUE SE ENCUENTRAN EN LA MEZCLA, SIN EMBARGO, LA MÁS UTILIZADA EN UN AMPLIO RANGO DE CONDICIONES ES LA FILTRACION POR LO CUAL SE LE CONSIDERA COMO LA MÁS IMPORTANTE DENTRO DE LAS OPERACIONES PARA SEPARAR SÓLIDOS DE LÍQUIDOS.

UNA CARACTERÍSTICA DE ESTE CAMPO ES QUE LOS -- APARATOS HAN SIDO DESARROLLADOS CASI ÍNTEGRAMENTE DESDE -- EL PUNTO DE VISTA DE CONSIDERACIONES PRÁCTICAS Y SIN RELACIÓN ALGUNA CON LA TEORÍA.

CONSECUENTEMENTE EXISTE UNA AMPLIA VARIEDAD DE APARATOS USADOS PARA FILTRACIÓN DICTADOS TODOS ELLOS POR LAS CONSIDERACIONES MECÁNICAS ESPECÍFICAS DE LAS DIFERENTES INDUSTRIAS DONDE LOS FILTROS HAN SIDO USADOS.

A.- OBJETIVO.

EL OBJETIVO DE ESTE TRABAJO VA ENCAMINADO A ESTABLECER UN MÉTODO PRÁCTICO DE OPERACIÓN CON EL FILTRO --

PRENSA QUE EXISTE EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA DE LA -
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS DE LA U.N.L. CON EL FIN DE
PODER OBTENER RESULTADOS REPRODUCIBLES Y DE ESTA MANERA -
PUEDA SER USADO POR EL ALUMNADO PARA DETERMINAR LAS CONS-
TANTES DE FILTRACIÓN DE DIVERSOS MATERIALES. PARA LOGRAR
LO ANTERIOR FUÉ NECESARIO HACER LA RECONSTRUCCIÓN Y RE- -
ACONDICIONAMIENTO DEL APARATO; DESPUÉS DE VARIAS PRUEBAS
CON SUSPENSIONES DE ALMIDÓN EN AGUA PARA VERIFICAR SU FUN-
CIONAMIENTO, SE ESTABLECIÓ EL MÉTODO DE OPERACIÓN.

SE REALIZARON VARIAS PRUEBAS CON SUSPENSIONES
DE ALMIDÓN EN AGUA CON CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS DE 2, 4,
6, Y 8% EN PESO Y CAÍDAS DE PRESIÓN DE 0.4, 0.6 Y 0.8 - -
Kg/cm².

B.- GENERALIDADES

DEFINICIÓN DE FILTRACIÓN.

FILTRACIÓN ES LA PARTE DE LA INGENIERÍA QUÍMICA
QUE TRATA DE LA SEPARACIÓN MECÁNICA DE LOS COMPONENTES DE
UNA MEZCLA HETEROGÉNEA "FLUÍDO PARTICULAS SÓLIDAS", ME- -
DIANTE EL USO DE UN MEDIO FILTRANTE QUE PERMITE EL PASO -
DEL FLUÍDO PERO RETIENE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS.

FILTROS

UN FILTRO ESTÁ FORMADO ESENCIALMENTE POR UN ME-
DIO FILTRANTE, UN SISTEMA DE ALIMENTACIÓN Y DESCARGA Y UN

EQUIPO ADECUADO PARA IMPULSAR LA MEZCLA HETEROGENEA "FLUÍDO - PARTÍCULAS SÓLIDAS" (QUE SE DENOMINARÁ EN ADELANTE - "SUSPENSIÓN") A TRAVÉS DEL MEDIO FILTRANTE.

CLASIFICACIÓN DE LOS FILTROS.

DE ACUERDO A LA TEORÍA DE FILTRACIÓN BASADA EN LA FUERZA DE EMPUJE NECESARIA PARA HACER FLUÍR LA SUSPENSIÓN A TRAVÉS DE UNA RESISTENCIA PUEDE HACERSE LA SIGUIENTE CLASIFICACIÓN:

- A).- FILTROS POR GRAVEDAD.- EN ESTE TIPO DE FILTROS LA FUERZA DE EMPUJE ES LA QUE PROPORCIONAN LA FUERZA DE GRAVEDAD Y LA COLUMNA HIDROSTÁTICA SOBRE EL MEDIO FILTRANTE.
- B).- FILTROS A PRESIÓN.- EN ESTE CASO LA FUERZA DE EMPUJE ES PROPORCIONADA POR UNA BOMBA QUE ALIMENTA LA SUSPENSIÓN A UN RECIPIENTE O CONDUCTO CERRADO CUYA ÚNICA SALIDA ES A TRAVÉS DEL MEDIO FILTRANTE.
- C).- FILTROS A VACÍO.- COMO EN EL CASO DE LOS FILTROS POR GRAVEDAD TAMBIÉN SE UTILIZA LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA PARA FORZAR LA SUSPENSIÓN A TRAVÉS DEL MEDIO FILTRANTE, PERO SE AUMENTA LA DIFERENCIA DE PRESIÓN PRODUCIENDO UN VACÍO EN EL INTERIOR DEL APARATO.

D).- FILTROS CENTRÍFUGOS.- SON APARATOS EN QUE SE UTILIZA FUERZA CENTRÍFUGA PARA LA SEPARACIÓN DE SÓLIDOS Y LÍQUIDOS. SON ESENCIALMENTE UN PERFECCIONAMIENTO DE LOS FILTROS POR GRAVEDAD SOLO QUE EN LUGAR DE QUE LA FUERZA IMPULSORA ESTÉ LIMITADA A LA GRAVEDAD ESTA FUERZA SE AUMENTA ENORMEMENTE POR MEDIO DE FUERZA CENTRÍFUGA.

SEGÚN SU FUNCIONAMIENTO LOS FILTROS PUEDEN SER:

A).- FILTROS INTERMITENTES.- (FILTROS PRENSA, -
FILTROS DE HOJAS)

B).- FILTROS CONTINUOS.- (FILTROS ROTATORIOS A VACÍO). ESTOS ÚLTIMOS PUEDEN SUBCLASIFICARSE EN DOS CASOS.

1.- LA CONCENTRACIÓN DE LOS SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN ES MUY PEQUEÑA Y LA RESISTENCIA DEL FILTRO VARÍA MUY POCO CON RESPECTO AL TIEMPO, DEBIDO A QUE LA VARIACIÓN DE LA VELOCIDAD DE FILTRACIÓN ES MUY PEQUEÑA, SE CONSIDERA UN PROCESO CONTINUO AUNQUE ESTRICTAMENTE HABLANDO ES UN PROCESO INTERMITENTE.

2.- LA CONCENTRACIÓN DE LOS SÓLIDOS ES MUY ALTA. EL PROCESO SE LLEVA A CABO EN FORMA CONTINUA MEDIANTE LA ELIMINACIÓN CONSTANTE DE LA TORTA A MEDIDA QUE SE FORMA, LOS FILTROS CONTINUOS SON ROTATORIOS Y GENERALMENTE SON FILTROS A VACÍO.

CLASIFICACIÓN DE LOS MEDIOS FILTRANTES.

LOS MEDIOS FILTRANTES QUE SE UTILIZAN EN LOS --
FILTROS PUEDEN CLASIFICARSE COMO SIGUE:

- A).- MEDIO FILTRANTE FORMADO POR SÓLIDOS DE GRANO --
FINO COMO SE UTILIZA EN LOS FILTROS GRAVITACIO-
NALES.
- B).- MEDIO FILTRANTE RÍGIDO (PORCELANA POROSA).
- C).- MEDIO FILTRANTE FORMADO POR UNA TELA (ALGODÓN,
LONA, LANA, PLÁSTICOS, FIBRA DE VIDRIO).
- D).- MEDIO FILTRANTE FORMADO POR UNA PLACA METÁLICA
CON PERFORACIONES.

D.- DESCRIPCIÓN DE LOS FILTROS

FILTROS POR GRAVEDAD.

ESTOS FILTROS (FIG. No. 1) CONSISTEN ESENCIAL--
MENTE DE UN RECIPIENTE QUE CONTIENE VARIAS CAPAS DE MATE-
RIALES SÓLIDOS COMO GRAVA O ARENA, LAS CUALES VAN VARIAN-
DO DESDE GRAVA GRUESA EN LA PARTE INFERIOR HASTA ARENA FI
NA EN LA PARTE SUPERIOR.

ESTE TIPO DE FILTROS ES MUY ÚTIL PRINCIPALMEN-
TE CUANDO SE TIENEN QUE SEPARAR CANTIDADES RELATIVAMENTE
PEQUEÑAS DE SÓLIDOS O CUANDO SE TIENE QUE MANEJAR GRANDES
CANTIDADES DE LÍQUIDO A COSTO MÍNIMO.

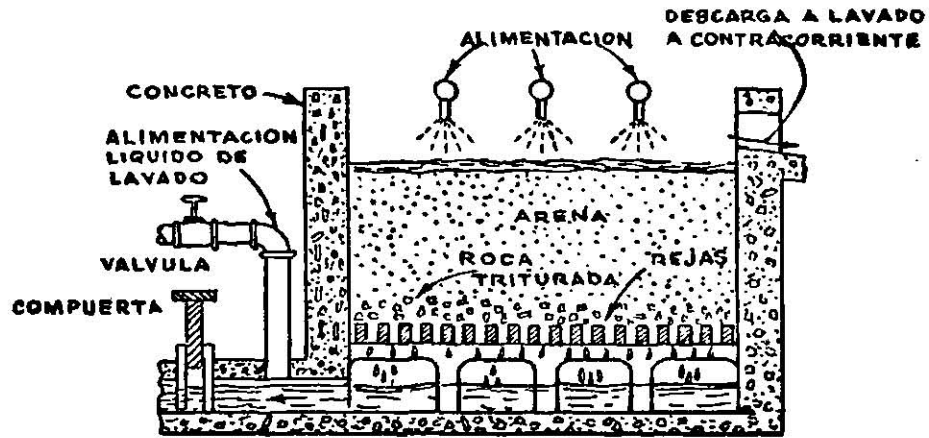


Fig. No. 1 FILTRO DE ARENA GRAVITACIONAL.

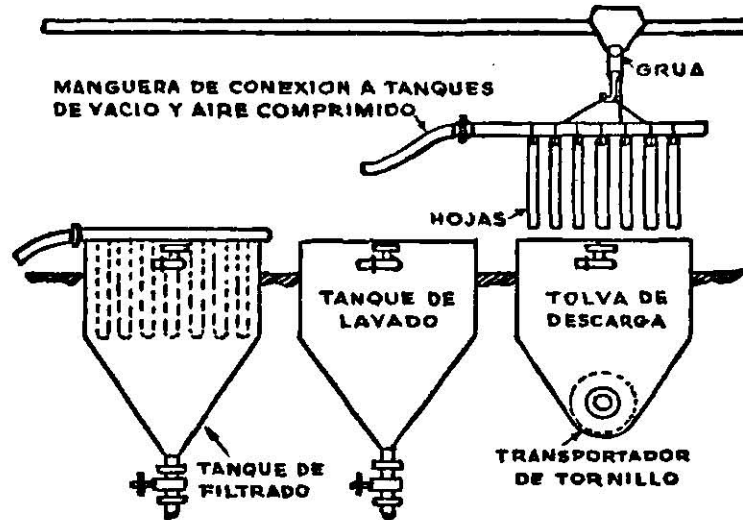


Fig. No. 2 FILTRO DE HOJAS .

PARA LA OPERACIÓN DE ESTOS FILTROS EL LÍQUIDO - QUE VA A SER FILTRADO SE INTRODUCE POR LA PARTE SUPERIOR DEL RECIPIENTE Y EL FILTRADO SE RECOGE POR LA PARTE INFERIOR DESPUÉS DE HABER PASADO POR LAS DIFERENTES CAPAS GRAVA Y ARENA.

CUANDO LOS SÓLIDOS HAN OBSTRUÍDO LA ARENA A TAL GRADO QUE SE RETARDA EL FLUJO ÉSTOS PUEDEN SER ELIMINADOS POR UN LAVADO A CONTRA CORRIENTE. LOS PRECIPITADOS GELATINOSOS O AQUELLOS QUE POR ALGUNA RAZÓN CUBRAN LA ARENA A TAL GRADO QUE NO PUEDAN SER REMOVIDOS, NO PODRÁN SER FILTRADOS EN ESTE EQUIPO.

UN EJEMPLO DE APLICACIÓN INDUSTRIAL DE ESTE TIPO DE FILTROS SE ENCUENTRA EN LAS FÁBRICAS DE PAPEL, LAS CUALES REQUIEREN GRANDES CANTIDADES DE AGUA LIMPIA Y EN CUYO CASO EL USO DE FILTROS DE ARENA GRAVITACIONALES ES LA FORMA MÁS PRÁCTICA DE OBTENERLA.

FILTROS POR VACÍO.

EN ESTE TIPO DE FILTROS LA FUERZA DE EMPUJE ES AUMENTADA POR LA SUCCIÓN QUE SE HACE A LA SALIDA DEL APARATO, ESTOS FILTROS PUEDEN CLASIFICARSE EN FILTROS INTERMITENTES (FILTRO DE HOJAS A VACÍO) Y FILTROS CONTINUOS -- (FILTROS ROTATORIOS).

FILTROS DE HOJAS.

ESTE TIPO DE FILTRO (FIG.No.2) ES EL MÁS ADECUADO PARA EL MANEJO DE GRANDES CANTIDADES DE SUSPENSIÓN Y OBTENER UN LAVADO EFICIENTE CON UNA PEQUEÑA CANTIDAD DE LÍQUIDO ^{DE} LAVADO (COSA QUE NO PUEDE DECIRSE DE LOS FILTROS PRENSA).

LA CONSTRUCCIÓN DE LAS HOJAS CONSISTE DE UN NÚCLEO QUE PUEDE SER CIRCULAR O RECTANGULAR EL CUAL ESTÁ FORMADO POR UNA MALLA DE ALAMBRE GRUESO, SOBRE ÉSTA VA UNA MALLA TAMBIÉN DE ALAMBRE MÁS FINA QUE LA PRIMERA PERO NO LO SUFICIENTE PARA SERVIR DE MEDIO FILTRANTE, TODO ESTO SOBRE UN MARCO CON PERFIL "U" QUE SIRVE PARA CERRAR LAS ORILLAS, EN ESTE MARCO VA COLOCADO UN NIPLE QUE SE UTILIZA PARA EXTRAER EL FILTRADO Y SOPORTAR LAS HOJAS, TODO ESTE CONJUNTO ES CUBIERTO CON UN SACO DE LONA DEJANDO SOLAMENTE LIBRE EL EXTREMO DEL NIPLE EN EL CUAL SE ASEGURA LA LONA POR MEDIO DE UNA ABRAZADERA.

UN EJEMPLO DE ESTE TIPO DE FILTROS ES EL FILTRO MOORE CONSIDERADO COMO EL PRIMER FILTRO DE HOJAS Y DISEÑADO PARA LA FILTRACIÓN DE LODOS OBTENIDOS EN EL PROCESO DE CIANURACIÓN PARA LA RECUPERACIÓN DE ORO Y PLATA. GENERALMENTE LAS HOJAS SON RECTANGULARES LLEGANDO A MEDIR HASTA 3 POR 5 METROS, UN GRUPO DE ESTAS HOJAS QUE A VECES LLEGA A ESTAR FORMADO POR 100 DE ELLAS, SE ENCUENTRA SUSPENDIDO

DE UNA ARMAZÓN Y TODAS LAS CONEXIONES DE DESCARGA VAN A --
DAR A UN COLECTOR MÚLTIPLE, A TODO ESTE CONJUNTO SE LE --
LLAMA CANASTA Y ES MANEJADO POR MEDIO DE UNA GRÚA VIAJE--
RA.

EN OPERACIÓN SE BOMBEA LA SUSPENSIÓN QUE VA A --
SER FILTRADA AL PRIMERO DE UNA SERIE DE TANQUES RECTANGU-
LARES, POR MEDIO DE LA GRÚA SE INTRODUCE LA CANASTA EN EL
TANQUE Y SE APLICA LA SUCCIÓN A LAS HOJAS CONECTANDO EL --
MÚLTIPLE A LA FUENTE DE VACÍO POR MEDIO DE UNA MANGUERA.

CUANDO SE HA FORMADO UN CAKE DEL ESPESOR DESEA-
DO TODO EL CONJUNTO CANASTA Y CAKE SÉ LEVANTA Y SACA DEL
TANQUE SIN INTERRUMPIR LA SUCCIÓN, SE BAJA EN EL SIGUIEN-
TE TANQUE QUE CONTIENE LA SOLUCIÓN DEL LAVADO, SI SE QUIER
RE PUEDE HABER UNO O MÁS LAVADOS TENIENDO CADA VEZ QUE PAA
SAR LA CANASTA DE UN TANQUE AL OTRO SIGUIENDO EL PROCEDI-
MIENTO ANTES DESCRITO, FINALMENTE LA CANASTA SE TRANSPOR-
TA A UN TANQUE VACÍO DONDE SE DESCONECTA EL VACÍO Y SE --
APLICA AIRE COMPRIMIDO AL INTERIOR DE LAS HOJAS (POR ME--
DIO DEL MISMO COLECTOR MÚLTIPLE ANTES EMPLEADO PARA APLI-
CAR EL VACÍO). SE DESPRENDE EL CAKE Y CAE EN EL TANQUE --
DESPUÉS DE LO CUAL SE LAVAN LAS HOJAS CON AGUA UTILIZANDO
UNA MANGUERA QUEDANDO LISTAS PARA INICIAR OTRO CICLO DE --
FILTRADO.

POR MUCHO TIEMPO EL FILTRO MOORE FUÉ CONSIDERA-

DO OBSOLETO, PERO EN AÑOS RECIENTES SE HA ENCONTRADO QUE ES EL MÉTODO MÁS BARATO PARA MANEJAR GRANDES CANTIDADES - TANTO DE SOLUCIÓN COMO DE SÓLIDOS.

FILTROS ROTATORIOS.

LOS FILTROS ROTATORIOS A VACÍO SON USADOS CUANDO SE REQUIEREN OPERACIONES CONTINUAS, PARTICULARMENTE EN OPERACIONES EN GRAN ESCALA.

EXISTEN VARIAS FORMAS DE FILTROS ROTATORIOS A VACÍO PERO AQUÍ SE DESCRIBEN SOLAMENTE LOS PRINCIPALES: - EL FILTRO DE TAMBOR ROTATORIO Y EL DE DISCOS.

FILTRO DE TAMBOR ROTATORIO.

ESTE FILTRO (FIG. No.3) CONSISTE DE UN TAMBOR GIRATORIO QUE SIRVE DE MARCO PARA EL MEDIO FILTRANTE, ESTE TAMBOR SE ENCUENTRA PARCIALMENTE SUMERGIDO EN LA SUSPENSION QUE SE QUIERE FILTRAR.

EL INTERIOR DEL TAMBOR SE ENCUENTRA DIVIDIDO EN SEGMENTOS, CADA UNO DE LOS CUALES ESTÁ CONECTADO A UNA VÁLVULA ROTATORIA A TRAVÉS DE LA CUAL SE APLICA EL VACÍO, SE ELIMINA EL FILTRADO Y EL LÍQUIDO DE LAVADO Y EN ALGUNOS CASOS SE INYECTA AIRE COMPRIMIDO.

SE APLICA VACÍO AL INTERIOR DEL TAMBOR EN EL SECTOR SUMERGIDO EN SUSPENSION CAUSANDO LA DEPOSITACION

DE LOS SÓLIDOS EN LA SUPERFICIE DEL MEDIO FILTRANTE, CONFORME EL TAMBOR GIRA, LA TORTA SE VA HACIENDO MÁS GRUESA Y CUANDO ÉSTA ESTÁ COMPLETAMENTE FORMADA PASA A LA SECCIÓN DE LAVADO DONDE ES ROCIADA CON LÍQUIDO DE LAVADO POR MEDIO DE UNA SERIE DE BOQUILLAS MONTADAS EN UNOS TUBOS LLAMADOS CABEZALES DE LAVADO, DESPUÉS DE SER LAVADA LA TORTA GENERALMENTE SE APLANA POR MEDIO DE UN RODILLO CON EL FIN DE AUMENTAR SU DENSIDAD Y DISMINUIR EL CONTENIDO DE HUMEDAD, DESPUÉS DE ESTO PASA POR UNA SECCIÓN DONDE SE APLICA AIRE COMPRIMIDO DENTRO DEL TAMBOR CON EL OBJETO DE DESPEGARLA DEL MEDIO FILTRANTE Y FACILITAR ASÍ SU ELIMINACIÓN (REMOCIÓN) CON LA AYUDA DE UNA CUCHILLA O RASCADOR.

LOS FILTROS CONTINUOS DE ESTE TIPO PROPORCIONAN UNA ALTA VELOCIDAD DE FILTRACIÓN Y UN EXCELENTE LAVADO.

EXISTE UN FILTRO DE TAMBOR GIRATORIO MODIFICADO PARA TENER EL MEDIO FILTRANTE DENTRO DE LA PERIFERIA EL CUAL ES APROPIADO PARA LODOS QUE SE ASIENTAN RÁPIDAMENTE Y QUE NO REQUIEREN LAVADO MUY EFICIENTE.

LA DIFICULTAD DE MANTENER ESTOS LODOS EN SUSPENSIÓN HACEN AL FILTRO NORMAL MENOS SATISFACTORIO.

OTRA VARIANTE DEL FILTRO DE TAMBOR ROTATORIO ORIGINAL ES UNO QUE TIENE LA ALIMENTACIÓN POR LA PARTE SUPERIOR E INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE LA ALIMENTACIÓN SE EN-

CUENTRA LA SECCIÓN DE LAVADO, TODO EL CONJUNTO RODEADO -- POR UNA CUBIERTA POR DONDE CIRCULA AIRE CALIENTE CON EL -- PROPÓSITO DE SECAR EL CAKE, LA DESCARGA DEL MISMO SE REA- LIZA POR LA PARTE INFERIOR DE LA CUBIERTA CONTANDO EL TAM- BOR CON DOS CUCHILLAS O RASCADORES PARA SEPARAR EL CAKE - DEL MEDIO FILTRANTE.

ESTE TIPO DE FILTRO CON ALIMENTACIÓN EN LA PAR- TE SUPERIOR ES ADECUADO PARA EL MANEJO DE SÓLIDOS QUE SE ASIENTAN RÁPIDAMENTE Y TIENEN ADEMÁS LA VENTAJA DE PROPOR- CIONAR EL PRODUCTO SECO, SIN EMBARGO NO SON TAN FLEXIBLES Y SIMPLES DE OPERAR COMO EL ORIGINAL TAMBOR ROTATORIO.

FILTRO ROTATORIO DE DISCOS.

ESTE TIPO DE FILTRO (FIG. NO.4) OPERA CON EL -- MISMO PRINCIPIO DEL TAMBOR ROTATORIO PERO EL ÁREA FILTRAN- TE ESTÁ FORMADA POR DISCOS EN LUGAR DE LA CIRCUNFERENCIA DE UN TAMBOR.

LOS SECTORES DE LOS DISCOS PUEDEN SER COMBINA-- DOS INDEPENDIENTEMENTE AÚN MIENTRAS EL FILTRO ESTÁ EN OPE- RACIÓN. DIVIDIENDO LOS COMPARTIMIENTOS PARA LA SUSPEN- -- SIÓN PARA LOS DIFERENTES DISCOS PONIENDO SEPARADORES EN - EL TANQUE PODRÁN SER FILTRADOS DOS O MÁS PRODUCTOS SIMUL- TANEAMENTE Y SEPARADAMENTE EN EL MISMO FILTRO SUPONIENDO QUE LOS FILTRADOS PUEDEN SER MEZCLADOS.

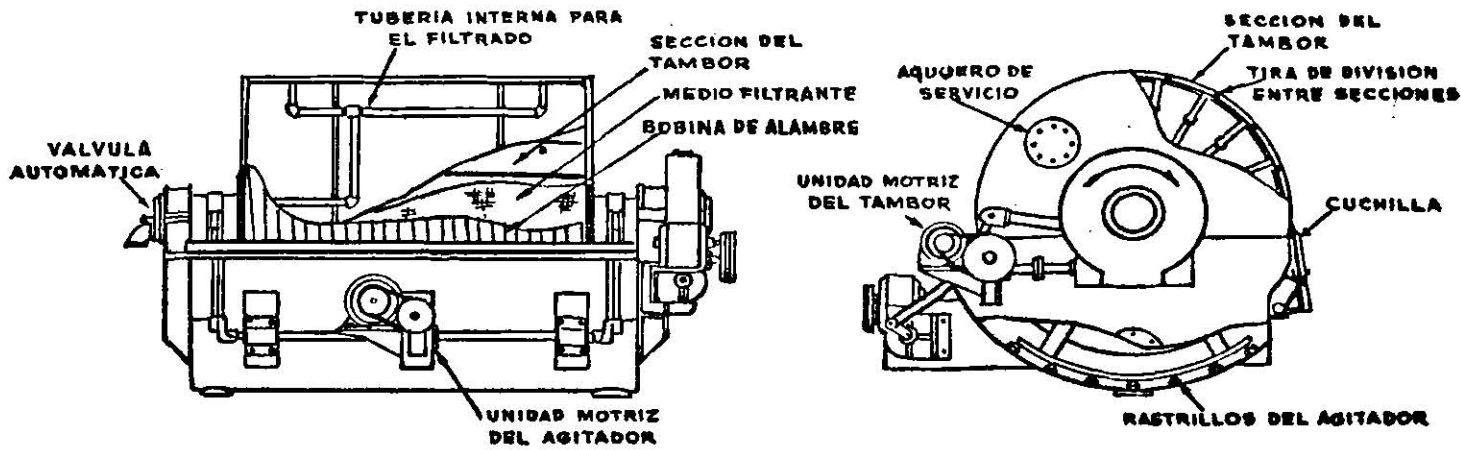
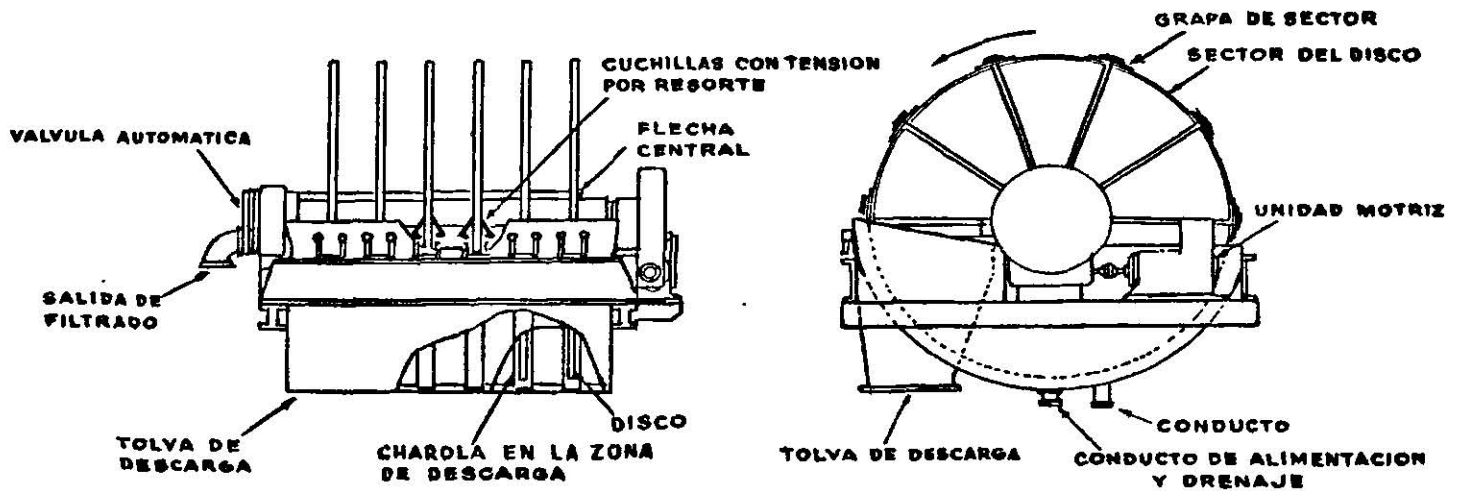


Fig. No. 3 FILTRO DE TAMBOR ROTATORIO.



Fog. No. 4 FILTRO ROTATORIO DE DISCOS.

SI LOS FILTRADOS DEBEN MANTENERSE SEPARADOS SOLAMENTE DOS PRODUCTOS DIFERENTES PUEDEN SER MANEJADOS YA QUE EXISTEN SOLO 2 VÁLVULAS, UNA A CADA EXTREMO DE LA FLECHA DEL FILTRO.

FILTROS A PRESIÓN

FILTRO CONTINUO A PRESIÓN.

LOS FILTROS CONTINUOS A PRESIÓN GENERALMENTE SE HACEN PONIENDO UN FILTRO CONTINUO A VACÍO DENTRO DE UN RECIPIENTE A PRESIÓN.

EL COSTO EXTRA DE LAS UNIDADES A PRESIÓN COMPARADO CON EL EQUIVALENTE A VACÍO, PUEDE SER JUSTIFICADO POR UNA CAPACIDAD POR UNIDAD DE ÁREA MÁS ALTA O POR REQUERIMIENTOS TALES COMO MANTENER UN LÍQUIDO A TEMPERATURA -- MÁS ALTA QUE LA DE SU PUNTO DE EBULLICIÓN NORMAL.

LA FORMA MÁS CONVENIENTE DE MANEJAR LA TORTA ES REDISOLVERLA Y VACIARLA A OTRO RECIPIENTE A LA MISMA PRESIÓN. SI LA TORTA DEBE RECUPERARSE SECA SERÁN NECESARIOS MECANISMOS DE DESCARGA MÁS COMPLICADOS.

ESTOS FILTROS ESTÁN DISEÑADOS PARA PRESIONES EN EL RANGO DE 30-40 PSIG. LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO SON MÁS ELEVADOS QUE LOS DE LOS FILTROS A VACÍO.

FILTRO DE ARENA A PRESIÓN.

ES BÁSICAMENTE UN FILTRO POR GRAVEDAD SOLO QUE SE ENCUENTRA EN UN RECIPIENTE CERRADO (FIG. NO.5) Y LA SUSPENSIÓN PASA A TRAVÉS DEL MEDIO FILTRANTE IMPULSADA POR LA PRESIÓN QUE IMPARTE UNA BOMBA.

FILTRO DE PRENSA DE MARCOS Y PLACAS.

EXISTE UNA GRAN VARIEDAD DE FILTROS PRENSA EMPLEANDO MARCOS Y PLACAS. EL MÁS SIMPLE DE TODOS ELLOS ES EL QUE TIENE UN CONDUCTO PARA INTRODUCIR LA SUSPENSIÓN Y UNO PARA EXTRAER EL FILTRADO EN CADA UNO DE LOS MARCOS Y LAS PLACAS. OTROS MÁS COMPLICADOS TIENEN ADEMÁS CONDUCTOS SEPARADOS PARA EL FILTRADO Y EL LÍQUIDO DE LAVADO. LOS CONDUCTOS PUEDEN ESTAR EN LAS ESQUINAS, EN EL CENTRO, O EN CUALQUIER LUGAR INTERMEDIO.

LOS MARCOS Y LAS PLACAS SE ENSAMBLAN ALTERNADAMENTE CON MEDIOS FILTRANTE EN CADA LADO DE LAS PLACAS Y TODO EL CONJUNTO ES PRENSADO POR MEDIO DE FUERZA MECÁNICA APLICADA UTILIZANDO UN TORNILLO O HIDRÁULICAMENTE. (FIG. No. 6).

LA ALIMENTACIÓN DE LA SUSPENSIÓN SE HACE A TRAVÉS DEL CONDUCTO FORMADO POR LAS PERFORACIONES DE MARCOS Y PLACAS EN UNA DE LAS ESQUINAS SUPERIORES.

CADA MARCO TIENE UNA PERFORACIÓN QUE PERMITE LA

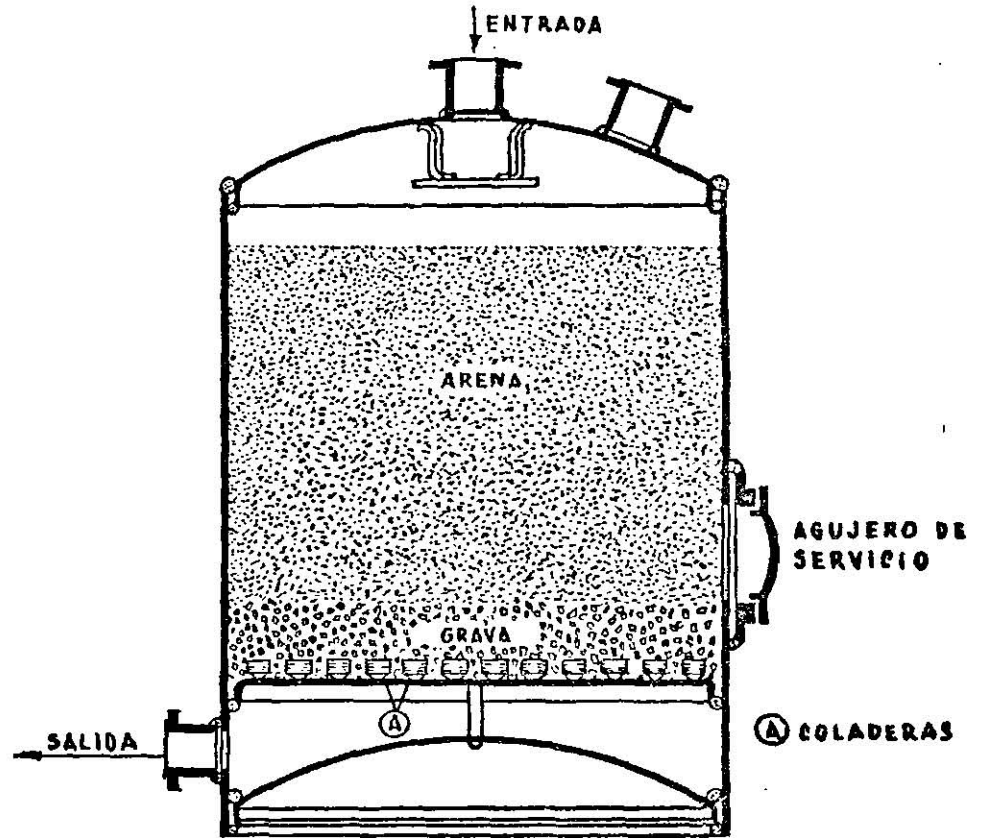


Fig. No.5 FILTRO DE ARENA A PRESION.

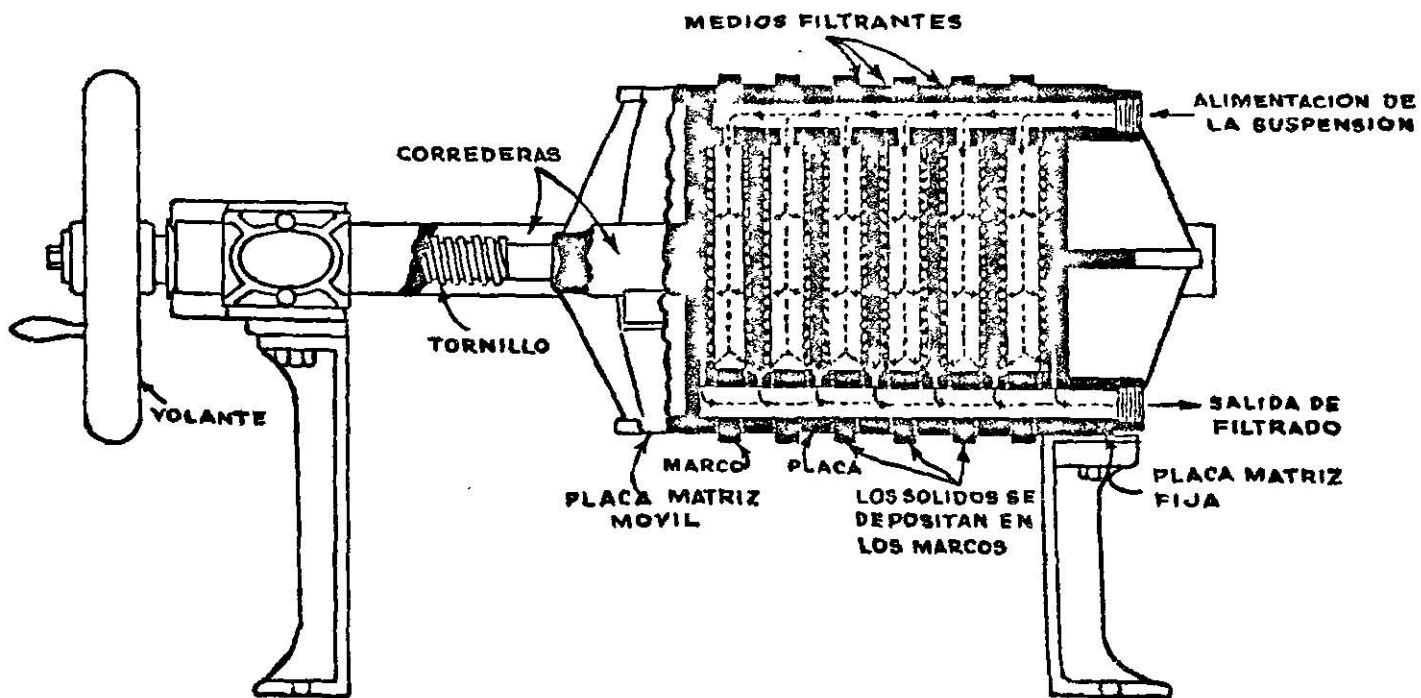


Fig. No.6 FILTRO PRENSA.

ENTRADA A LA SUSPENSIÓN DEL CONDUCTO PRINCIPAL AL ESPACIO ENTRE PLACAS. LA PRESIÓN CONQUE SE ALIMENTA LA SUSPENSIÓN A LA PRENSA, HACE QUE EL FILTRADO PASE A TRAVÉS DE LOS MEDIOS FILTRANTES QUE SE ENCUENTRAN A CADA LADO DE LAS PLACAS Y LUEGO SIGA POR LOS CANALES ENTRE MEDIO FILTRANTE Y PLACA HASTA EL ORIFICIO QUE COMUNICA CON EL CONDUCTO DE DESCARGA DE FILTRADO POR PERFORACIONES DE MARCOS Y PLACAS EN UNA DE LAS ESQUINAS INFERIORES.

AUNQUE TAMBIÉN EXISTEN PLACAS CON DESCARGA INDIVIDUAL A TRAVÉS DE UNA VÁLVULA LA CUAL PUEDE CERRARSE EN CASO DE QUE EL FILTRADO EMPIECE A SALIR TURBIO.

LOS SÓLIDOS DE LA SUSPENSIÓN SE ACUMULAN SOBRE LOS MEDIOS FILTRANTES EN LOS LADOS OPUESTOS A LAS PLACAS. DESPUÉS DE UN TIEMPO SOLO UNA PEQUEÑA PARTE DEL ESPACIO ENTRE LAS PLACAS QUEDA DISPONIBLE PARA LA SUSPENSIÓN POR LO QUE TIENE QUE INTERRUMPIRSE LA ALIMENTACIÓN.

SI LA TORTA NECESITA SER LAVADA SE ALIMENTA LÍQUIDO DE LAVADO A TRAVÉS DEL CONDUCTO DE ENTRADA DE LA SUSPENSIÓN, EN LA MISMA FORMA QUE ÉSTA ENTRA A LA TORTA, APROXIMADAMENTE POR EL CENTRO DEL MARCO Y PASA A TRAVÉS DE ÉSTE HASTA LAS PLACAS QUE SE ENCUENTRAN A CADA LADO.

DESPUÉS QUE SE HA LAVADO LA TORTA SE INTERRUMPE EL FLUJO DE LÍQUIDO, SE AFLOJAN LOS MARCOS Y PLACAS Y SE

PROCEDE A DESCARGAR LA TORTA EN RECIPIENTES ADECUADOS QUE GENERALMENTE SE COLOCAN ABAJO DE LA UNIDAD.

DESPUÉS DE COMPLETAR LA OPERACIÓN DE DESCARGA - SE VUELVEN A ENSAMBLAR MARCOS Y PLACAS Y EL CICLO DE FILTRACIÓN VUELVE A EMPEZAR.

CUANDO EL LÍQUIDO DE LAVADO QUE FLUYE A TRAVÉS DE LA TORTA SIGUE EL MISMO CAMINO QUE EL FILTRADO, EL PROCESO SE CONOCE COMO LAVADO SIMPLE. EXISTE OTRO SISTEMA - DE LAVADO QUE REQUIERE DE DOS DIFERENTES TIPOS DE PLACAS UTILIZANDO UNA DE ELLAS PARA ALIMENTAR EL LÍQUIDO DE LAVADO QUE DESPUÉS DE PASAR A TRAVÉS DE LA TORTA SALDRÁ POR - UN CONDUCTO ABIERTO EN LA PLACA SIGUIENTE.

ESTE SISTEMA PUEDE UTILIZARSE EN FILTROS DE DESCARGA CERRADA HACIENDO UN TERCER CONDUCTO EN LAS PLACAS Y SI SE REQUIERE SEPARAR EL FILTRADO DEL LÍQUIDO DE LAVADO PUEDE LOGRARSE POR MEDIO DE UN CONDUCTO ADICIONAL.

EL FILTRO PRENSA HA SIDO EL MÁS CONOCIDO Y QUIZÁ EL MÁS AMPLIAMENTE USADO DE TODOS LOS FILTROS INTERMITENTES A PRESIÓN.

Ocupa el menor espacio por unidad de área filtrante que cualquier otro filtro.

También es el más barato por unidad de área y -

ADEMÁS TIENE LA VENTAJA DE QUE PUEDE SER CONSTRUÍDO DE CA
SI CUALQUIER MATERIAL.

ES UNA UNIDAD MUY VERSATIL YA QUE PUEDE UTILI--
ZARSE PARA FILTRAR SUSTANCIAS DE MUY DIFERENTES CARACTE--
RÍSTICAS.

A ALTAS PRESIONES, PUEDE MANEJAR SOLUCIONES MUY
VISCOSAS SATISFACTORIAMENTE. SIN EMBARGO LOS COSTOS DE -
MANO DE OBRA PARA DESCARGA Y LIMPIEZA SON RELATIVAMENTE -
ALTOS. CUANDO SE MANEJAN LÍQUIDOS TÓXICOS O VOLÁTILES EL
PRINCIPAL PROBLEMA ES EL SELLADO.

RECIENTEMENTE SE HA MODIFICADO EL FILTRO PRENSA
PARA HACERLO MÁS AUTOMÁTICO (FIG. No. 7). LAS PLACAS Y -
LOS MARCOS SE HAN COMBINADO PARA ELIMINAR LA UNIÓN ENTRE -
LAS DOS FAVORECIENDO EL SELLADO. ADEMÁS EL MEDIO FILTRANU
TE SE HA FIJADO EN UNA RANURA INTERIOR POR LO QUE YA NO -
ES NECESARIO QUE SALGA FUERA DEL FILTRO.

LAS SUPERFICIES DE CONTACTO ENTRE PLACAS HAN SI
DO PROVISTAS DE UN EMPAQUE PERIFERICO EN UNA RANURA MAQUI
NADA EN LA PLACA.

SE HAN HECHO PLACAS MÁS GRANDES QUE SON MANEJA-
DAS MECÁNICAMENTE HACIENDO POSIBLE LA OPERACIÓN DE DESCARU
GA CON UN SOLO HOMBRE Y CON MÁS RAPIDÉZ YA QUE LAS TORTAS
DE ALGUNOS MATERIALES PUEDEN SER DESCARGADAS SIMPLEMENTE
INYECTANDO AIRE CÓMPRIMIDO.

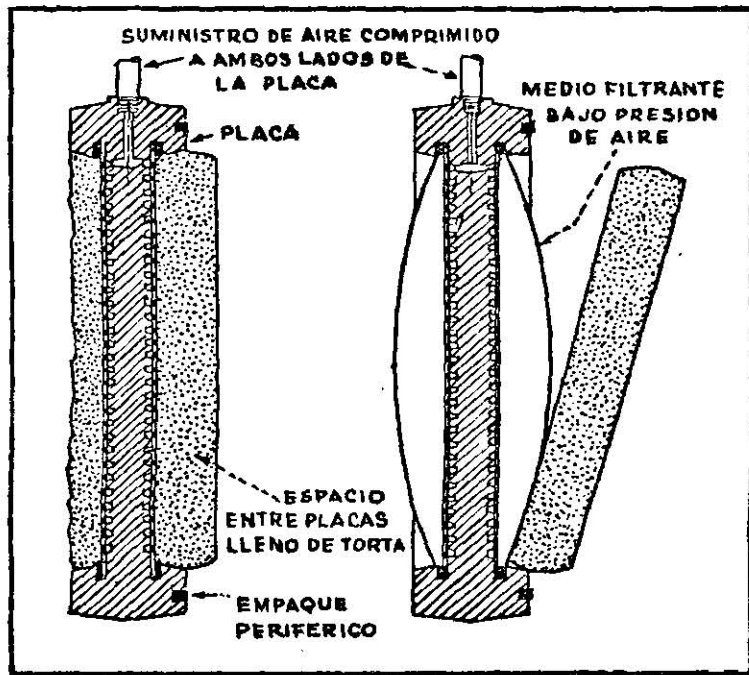


Fig. No. 7 PLACA DE UN FILTRO PRENSA SEMIAUTOMATICO.

E.- SELECCIÓN DE FILTROS

LOS PROBLEMAS DE FILTRACIÓN QUE SE ENCUENTRAN - EN LA INDUSTRIA INCLUYEN EVALUAR TANTO EL EQUIPO COMO LOS PROCEDIMIENTOS DE OPERACIÓN.

PARA LA SELECCIÓN DEL EQUIPO ADECUADO ES NECESARIO CONSIDERAR VARIOS FACTORES, TALES COMO:

VOLUMEN DE PRODUCCIÓN

RESULTADOS REQUERIDOS

TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS

CONCENTRACIÓN DE LOS SÓLIDOS EN LA SUSPENSIÓN

PROCESO SUBSECUENTE DEL FILTRADO Y O DE LA TORTA

VALORES RELATIVOS DE SÓLIDOS Y LÍQUIDOS

FACILIDAD PARA LLEVAR A CABO LA FILTRACIÓN, ETC.

UNA VEZ SELECCIONADO EL EQUIPO SE ESTABLECERÁN LAS VARIABLES DE OPERACIÓN:

DURACIÓN DEL CICLO DE TRABAJO

MECANISMO DE BOMBEO

CANTIDAD DE PRECUBIERTO (PRECOAT)

TIPO Y CONDICIONES DE LAVADO

TIPO Y CONDICIONES DE SECADO

EMPLEO DE PRESIÓN O VACÍO

MÉTODO DE REMOCIÓN DE LA TORTA, ETC.

DEBE CONSIDERARSE LA POSIBILIDAD DE PRE-ACONDICIONAR LA SUSPENSIÓN ALIMENTADA AL FILTRO POR MEDIO DE --CONCENTRACIÓN, FLOCULACIÓN, CRECIMIENTO DE CRISTALES, COAGULACIÓN, ETC.

DE LOS FACTORES ANTES MENCIONADOS NO PUEDE DECIRSE CUAL ES EL DE MAYOR IMPORTANCIA HASTA NO CONOCER EL PROBLEMA EN PARTICULAR, SIN EMBARGO PUEDEN DARSE UNAS --GUÍAS GENERALES QUE AYUDAN EN LA SELECCIÓN PRELIMINAR.

LAS CARACTERÍSTICAS DE FORMACIÓN DE LA TORTA INDICAN SI PUEDE UTILIZARSE FILTRACIÓN CONTINUA: POR EJEMP--PLO: SI NO SE PUEDE FORMAR UNA TORTA DE 3MM. CON VACÍO EN MENOS DE 5 MINUTOS LA FILTRACIÓN CONTINUA NO ES PRÁCTICA.

EL VOLÚMEN DE PRODUCCIÓN A MENUDO INDICA CUANDO DEBE ESCOGERSE UN FILTRO CONTINUO, YA QUE PARA NIVELES DE PRODUCCIÓN ALTOS ES PREFERIBLE DEBIDO A QUE REQUIERE POCA MANO DE OBRA.

LAS CONDICIONES DEL PROCESO A VECES LIMITAN --GRANDEMENTE LA SELECCIÓN DE UN FILTRO. POR EJEMPLO LOS --MATERIALES TÓXICOS, EXPLOSIVOS O VOLÁTILES REQUIEREN DE --UN FILTRO CONTINUO SELLADO O DE UN FILTRO INTERMITENTE --TAMBIÉN SELLADO.

LA RESISTENCIA QUÍMICA Y LOS REQUERIMIENTOS DE TEMPERATURA PUEDEN LIMITAR LA SELECCIÓN DEL MEDIO FILTRANTE

TE Y ESTO A SU VEZ TIENE GRAN INFLUENCIA EN LA SELECCIÓN DEL TIPO DE FILTRO.

EL PROCESO POR SÍ MISMO YA SEA CONTINUO O INTERMITENTE INFLUYE EN LA SELECCIÓN DEL EQUIPO AUNQUE GENERALMENTE SE CONSIDERA MÁS IMPORTANTE EL FACTOR VOLUMEN DE PRODUCCIÓN.

LOS RESULTADOS QUE SE DESEAN OBTENER JUEGAN UN PAPEL IMPORTANTE AL DECIDIR QUÉ UNIDAD ESPECÍFICA ES LA MEJOR. SI SE CONCLUYE QUE LO INDICADO ES FILTRACIÓN CONTINUA DEBEN TOMARSE EN CUENTA LOS REQUERIMIENTOS DE LAVADO DE LA TORTA, ASÍ COMO EL GRADO DE SEPARACIÓN ENTRE LIQUIDO DE LAVADO Y FILTRADO. SIMULTÁNEAMENTE SI LA SELECCIÓN SE INCLINA POR OPERACIÓN INTERMITENTE LOS MEDIOS DISPONIBLES PARA DESCARGA DE LA TORTA ASÍ COMO LOS REQUERIMIENTOS DE LAVADO DEBERÁN TOMARSE EN CUENTA.

LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN INFLUYEN EN LA SELECCIÓN DEL FILTRO DEBIDO A QUE AFECTAN GRANDEMENTE EL PRECIO DE COMPRA, EL CUAL DEPENDE TANTO DE LAS DIFICULTADES DE FABRICACIÓN DEL EQUIPO COMO DEL MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN. ASÍ POR EJEMPLO ALGUNAS OPERACIONES QUE SE REALIZAN EN FILTROS CONTINUOS PODRÍAN LLEVARSE A CABO MÁS ECONÓMICAMENTE EN FILTROS INTERMITENTES DE DISEÑO SIMPLE Y DE FÁCIL FABRICACIÓN.

EN AÑOS RECIENTES, LOS PLÁSTICOS HAN HECHO POSIBLE LA FABRICACIÓN ECONÓMICA DE FILTROS PARA SERVICIO CON MATERIALES MUY CORROSIVOS.

ESTO ES PARTICULARMENTE ÚTIL SI LA TEMPERATURA Y LA PRESIÓN NO SON EXCESIVAMENTE ALTOS.

GENERALMENTE ES NECESARIO ESPECIFICAR DETALLADAMENTE LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN CON EL FIN DE EVITAR DIFICULTADES DE OPERACIÓN Y ALTOS COSTOS DE MANTENIMIENTO.

LAS SUSPENSIONES SEGÚN SUS CARACTERÍSTICAS SE HAN DIVIDIDO EN CINCO CATEGORÍAS LAS CUALES INCLUYEN LA MAYORÍA DE LOS MATERIALES ENCONTRADOS NORMALMENTE; LA EXCEPCIÓN MÁS NOTABLE LA CONSTITUYEN LAS SUSPENSIONES DE MATERIALES FIBROSOS COMO PULPA DE PAPEL, LAS CUALES FORMAN TORTAS GRUESAS RÁPIDAMENTE DEBIDO A QUE ESTÁN MUY DILUIDAS. SIN EMBARGO DEBEN SER CALIFICADAS COMO DEL TIPO DE FILTRACIÓN RÁPIDA PORQUE SU VELOCIDAD DE FILTRACIÓN ES TAL QUE SON MANEJADAS MÁS APROPIADAMENTE EN EQUIPO DE FILTRACIÓN RÁPIDA.

A).- SUSPENSIONES DE FILTRACIÓN RÁPIDA.

ESTE TIPO DE SUSPENSIONES SE ENCUENTRA MUY A MENUDO EN EL PROCESO DE MINERALES O COMO PRODUCTO DE LOS CRISTALIZADORES. SON SUSPENSIONES QUE FORMAN UNA TORTA GRUESA, DE VARIOS CENTÍMETROS

EN UNOS CUANTOS SEGUNDOS, SE DECANTAN RÁPIDAMENTE POR LO QUE A MENUDO Y CUANDO EL VOLUMEN DE PRODUCCIÓN LO AMERITA SE UTILIZAN OTROS MÉTODOS DE SEPARACIÓN TALES COMO SEDIMENTACIÓN, COLADO, ETC.

B).- SUSPENSIONES DE FILTRACIÓN MEDIA.

ESTE TIPO DE SUSPENSIÓN FORMA TORTAS DE 1 A 5 CENTÍMETROS CON VACÍO EN UN TIEMPO APROXIMADO DE UN MINUTO. GENERALMENTE ES FÁCIL MANTENER HOMOGÉNEA LA SUSPENSIÓN CON UNA AGITACIÓN LIGERA.

C).- SUSPENSIONES DE FILTRACIÓN LENTA.

SON AQUELLAS QUE SE FILTRAN A LA VELOCIDAD MÍNIMA DENTRO DEL RANGO ECONÓMICO PARA FILTROS CONTINUOS, FORMAN UNA TORTA DE 3 MM EN CINCO MINUTOS CON VACÍO. SE MANTIENEN HOMOGÉNEAS FÁCILMENTE CON LIGERA AGITACIÓN.

GENERALMENTE LA CONCENTRACIÓN DE LOS SÓLIDOS ES BAJA (1 A 10%). LAS TORTAS POR SER MUY DELGADAS SON DIFÍCILES DE DESCARGAR.

D).- SUSPENSIONES DILUÍDAS.

LAS SUSPENSIONES DILUÍDAS SON AQUELLAS QUE CONTIENEN UNA BUENA CANTIDAD DE SÓLIDOS PERO NO EN

LA CANTIDAD SUFICIENTE PARA FORMAR UNA TORTA --
CON LA RAPIDEZ NECESARIA PARA SER MANEJADA EN --
UN FILTRO CONTINUO. RARAMENTE SE PRESENTAN PRO-
BLEMAS DE SEDIMENTACIÓN. ALGUNAS VECES LA SEPA-
RACIÓN POR CENTRIFUGACIÓN PUEDE SER MÁS CONVE--
NIENTE PARA ESTE TIPO DE SUSPENSIONES,

E).- SUSPENSIONES MUY DILUÍDAS.

LA CONCENTRACIÓN DE LOS SÓLIDOS EN ESTA CATEGO-
RÍA GENERALMENTE ES MENOR DE 0.1%. PROPIAMENTE
DICHO MÁS QUE UNA FILTRACIÓN DONDE SE PRODUCE --
UNA TORTA, SE TRATA DE UNA CLARIFICACIÓN.

INCLUYE SEPARACIÓN DE PARTÍCULAS DE 5 MICRONES
O MÁS DE LÍQUIDOS MUY VISCOSOS, HASTA LA SEPA--
RACIÓN DE PARTÍCULAS MUY FINAS (MENORES DE 5 MI-
CRONES). ALGUNAS VECES CON SUSPENSIONES DE MUY
ALTA VISCOSIDAD SON RECOMENDABLES LOS FILTROS --
DE CARTUCHO.

LA ANTERIOR CLASIFICACIÓN PUEDE UTILIZARSE JUN-
TO CON LA TABLA (No. 1) COMO GUÍA GENERAL PARA LA SELEC--
CIÓN DE FILTROS.

T A B L A No.1. GUIA PARA SELECCION DE FILTROS

CARACTERÍSTICAS DE LA SUSPENSION	FILTRACION RAPIDA	FILTRACION MEDIA	FILTRACION LENTA	DILUIDAS	MUY DILUIDAS
FORMACION DE LA TORTA	PULG/SEG.	PULG/MIN.	0.05 A 0.25 PULG./MIN. LENTA	0.05 PULG./MIN. < 5% LENTA	NO SE FORMA < 0.1%
CONCENTRACION APROX. DE SÓLIDOS	> 20% MUY RÁPIDA	10 - 20 % RÁPIDA	1 - 10 % LENTA		
VELOCIDAD DE ASENTAMIENTO					
VELOCIDAD DE FILTRACION EN LA HOJA DE PRUEBA.					
(LB/HR/PIE ²) (SÓLIDOS)	> 500	50 - 500	5 - 50	< 5	
VELOCIDAD DE FILTRACION (GAL/MIN/PIE ²) (FILTRADO)	> 5	0.2 - 5	0.01 - 0.02	0.01 - 2	0.01 - 2
FILTROS APLICABLES					
CONTINUO DE TAMBOR A VACÍO					
CONTINUO DE VARIOS COMPARTIMIENTOS					
CONTINUO DE COMPARTIM. SIMPLE					
DORRICO					
DE TOLVAS					
DE ALIMENTACION POR LA PARTE SUPERIOR					
DE DESCARGA POR GUSANO					
DE CHAROLAS INCLINABLES					
DE BANDA					
CONTINUO DE DISCOS A VACÍO					
CONTINUO CON PRECUBIERTO A VACÍO					
CONT. CON PRECUBIERTO A PRESION					
INTERMITENTE DE HOJAS A VACÍO					
INTERMITENTES "NUTSCHE"					
FILTROS A PRESION INTERMITENTES					
DE MARCOS Y PLACAS					
DE HOJAS VERTICALES					
DE ELEMENTOS TUBULARES					
DE PLACAS HORIZONTALES					
DE CARTUCHO					
CENTRÍFUGAS					
DE MALLAS METÁLICAS					

SELECCIÓN DEL MEDIO FILTRANTE

EN FORMA SIMILAR A LA SELECCIÓN DEL TIPO DE FILTRO A UTILIZAR, LA SELECCIÓN DEL MEDIO FILTRANTE NO PUEDE HACERSE SIN CONSIDERAR LOS VARIOS FACTORES DEL CASO ESPECÍFICO DE QUE SE TRATE.

LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA SUSPENSIÓN PUEDE SER ALGUNAS VECES EL FACTOR DETERMINANTE EN LA SELECCIÓN MIENTRAS QUE OTRAS VECES PUEDE SERLO EL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS Y LAS CARACTERÍSTICAS DE LA TORTA.

AUNQUE NO ES POSIBLE HACER UNA LISTA MAESTRA PARA DETERMINAR EL MEDIO FILTRANTE ÓPTIMO LAS TABLAS NOS. (2), (3) Y (4) PUEDEN UTILIZARSE FAVORABLEMENTE EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS.

TABLA No. 2.- PROPIEDADES QUE DEBEN TENER LOS MEDIOS FILTRANTES PARA VARIOS TIPOS DE FILTROS.

TIPO DE FILTRO	PROPIEDADES REQUERIDAS
PRENSA DE MARCOS Y PLACAS	BUENAS PROPIEDADES DE SELLADO Y ESTABILIDAD DIMENSIONAL.
TAMBOR ROTATORIO	RESISTENCIA A LA TENSION Y A LA ABRASION.
CENTRIFUGO	FACILIDAD PARA ADAPTARSE A LA FORMA DE LA CANASTA Y RESISTENCIA A LA TENSION.
HORIZONTAL	RIGIDEZ Y RESISTENCIA A LA ABRASION.
DE HOJAS A PRESION O VACIO	ESTABILIDAD DIMENSIONAL Y FACILIDAD PARA HACER COSTURAS EN LA TELA.

TABLA No. 3.- PROPIEDADES DE LAS FIBRAS

	TEMP. MÁX. DE TRABAJO	ESFUERZO A LA TENSION EN HÚMEDO (1)	RESISTENCIA A LOS ÁCIDOS	RESISTENCIA A LOS ALCALIS	PRECIO REL. AL ALGODÓN.	FORMA DE HILADO. (2)
ALGODÓN	210 F	3.3 - 6.4	MUY BUENA	MUY BUENA	1.0	S
POLIESTER (DACRÓN)	310 F	6.0 - 8.2	MUY BUENA	BUENA	2.7	F - S
DYNEL	200 F	3.0 - 0.0	EXCELENTE	EXCELENTE	3.2	S
VIDRIO (SPUN)	750 F	3.0 - 4.6	EXCELENTE	BUENA	6.0	S
VIDRIO (FILAMENTO CONTINUO)						
NYLON	550 F	3.9 - 4.7	EXCELENTE	BUENA	2.2	F
ACRÍLICO (ORLON)	250 F	2.1 - 8.0	BUENA	EXCELENTE	2.5	F - S - M
POLIETILENO	300 F	1.8 - 2.1	EXCELENTE	BUENA	2.7	S
POLIPROPILENO	165 F	1.0 - 3.0	EXCELENTE	EXCELENTE	2.0	M
SARAN	175 F	3.5 - 9.0	EXCELENTE	EXCELENTE	1.75	F - S - M
TEFLÓN	160 F	1.2 - 2.3	EXCELENTE	EXCELENTE	2.5	F - M
CLORURO DE POLIVINILO	475 F	1.9 - 0.0	EXCELENTE	EXCELENTE	25.0	F - M
LANA (WOOL)	165 F	1.0 - 3.0	BUENA	EXCELENTE	2.7	F
RAYÓN Y ACETATO	210 F	0.76 - 1.6	MUY BUENA	BUENA	3.7	S
	210 F	1.9 - 3.9	MALA	BUENA	1.0	F - S

1).- ESFUERZO A LA TENSION DE UN ESPECIMEN HÚMEDO, EXPRESADO EN GRs/DENIER.

2).- F (MULTIFILAMENTO). HILADO HECHO AL TORCER DOS O MÁS MONOFILAMENTOS CONTINUOS, TIENE GRAN RESISTENCIA A LA TENSION Y PERMITE UNA FÁCIL DESCARGA DE LA TORTA, S (STAPLE). SPUN- STAPLE HILADO QUE SE HACE TORCIENDO FIBRAS CORTAS YA SEA SINTÉTICAS O NATURALES, TIENE LAS MEJORES PROPIEDADES DE RETENCIÓN Y DE SELLADO. M (MONOFILAMENTO). FIBRA -- SINTÉTICA HECHA DE UN FILAMENTO CONTINUO.

TABLA No. 4.- COMO EL TEJIDO Y EL HILADO AFECTAN LA SELECCION DE MEDIOS FILTRANTES.

	VELOCIDAD DE FILTRACION	RETENCIÓN DE PARTÍCULAS	DESCARGA DE LA TORTA	HUMEDAD EN LA TORTA	RESISTENCIA A LA OBTURACION	PROPIEDADES SELLANTES
T E J I D O:						
LISO O SENCILLO	-	+	-	-	-	-
CRUZADO	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
SATINADO	+	-	+	+	+	+
H I L A D O:						
MONOFILAMENTO	+	-	+	+	+	-
MULTIFILAMENTO	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2
SPUN STAPLE	-	+	-	-	-	+

CLAVE DE LA TABLA.- + (MÁS EFICIENTE), 1/2 (EFICIENCIA MEDIA), - (MENOS EFICIENTE).

EN SÍNTESIS:

LA PRÁCTICA COMÚN EN LA INDUSTRIA AL SELECCIONAR FILTROS Y MEDIOS FILTRANTES ESTÁ BASADA EN EXPERIENCIAS PREVIAS O EN LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO POR MEDIO DE PEQUEÑAS UNIDADES DE PRUEBA.

F.- TEORÍA DE LA FILTRACIÓN.

LA TEORÍA DE LA FILTRACIÓN ES UN CAMPO DONDE HA HABIDO UN GRAN DESARROLLO MATEMÁTICO, PERO LA APLICACIÓN DE ESTA TEORÍA A PROBLEMAS PRÁCTICOS ES TODAVÍA INCOMPLETA, ESTO ES DEBIDO EN PARTE A QUE ES MUY DIFÍCIL DEFINIR EL TAMAÑO, FORMA Y PROPIEDADES DE LAS PARTÍCULAS QUE VAN A SER FILTRADAS, PERO TAMBIÉN DEBIDO A QUE AUNQUE ESA DEFINICIÓN FUERA POSIBLE, HAY MUCHA VARIACIÓN DE ESTAS CARACTERÍSTICAS AUNQUE SE TRATE DE UN PROCESO MUY CUIDADOSAMENTE CONTROLADO.

ECUACIÓN GENERAL.

COMO SE DIJO ANTES LA FILTRACIÓN SE LLEVA A CABO ESENCIALMENTE IMPULSANDO UNA SUSPENSIÓN A TRAVÉS DE UN MEDIO FILTRANTE QUE DEJA PASAR EL LÍQUIDO, PERO QUE RETIENE LAS PARTÍCULAS SÓLIDAS, AUNQUE EN REALIDAD ESTO SUCEDE SOLAMENTE AL INICIAR LA OPERACIÓN, CUANDO TODAVÍA NO HAY NINGUNA TORTA DEPOSITADA, CONFORME PASA EL TIEMPO Y SE VA FORMANDO LA TORTA, ÉSTA MISMA ACTÚA COMO MEDIO FILTRANTE

YA QUE AL IRSE DEPOSITANDO LAS PARTÍCULAS FORMAN UNA SERIE DE CONDUCTOS CAPILARES DE UN DIÁMETRO PROMEDIO DEFINIDO, POR LOS CUALES FLUYE EL LÍQUIDO FILTRADO.

POR LA RESISTENCIA QUE OFRECEN ESTOS CONDUCTOS AL PASO DEL FLUÍDO SE HACE NECESARIO CREAR UNA CAÍDA DE PRESIÓN EN EL LÍQUIDO PARA QUE LA OPERACIÓN PUEDA LLEVARSE A CABO.

POR OTRA PARTE CONSIDERANDO EL DIÁMETRO DE LOS CONDUCTOS CAPILARES EN LA TORTA PODEMOS ASUMIR QUE EL FLUJO A TRAVÉS DE ÉSTOS, NUNCA PODRÁ SER TURBULENTO.

DE ESTA CONSIDERACIÓN SURGIÓ LA APLICACIÓN DE LA ECUACIÓN DE POISEVILLE MODIFICADA PARA FLUJO DE FLUIDOS A TRAVÉS DE CAMAS POROSAS, LA CUAL INCLUYE DOS FACTORES DE CORRECCIÓN FR (FACTOR DEL REYNOLDS) Y FF (FACTOR DE FRICCIÓN), AMBOS EN FUNCIÓN DE LAS VARIABLES ENCONTRADAS EN CAMAS POROSAS TALES COMO POROSIDAD DE LA CAMA, DIÁMETRO DE LAS PARTÍCULAS, ESFERICIDAD DE LAS PARTÍCULAS, ORIENTACIÓN Y RUGOSIDAD.

DE ESTA FORMA LA ECUACIÓN DE POISEVILLE MODIFICADA ES LA SIGUIENTE:

$$-\Delta P_c = \frac{32 \mu v L F_p}{g_c D_p^2 F_R} \quad \therefore \quad v = \frac{(-\Delta P_c)}{\mu L} \left(\frac{g_c D_p^2 F_R}{32 F_p} \right) \quad (1), (2).$$

SI DEFINIMOS LA PERMEABILIDAD K_E COMO:

$$K_E = \frac{g_c D_p^2 F_R}{32 F_F} \quad (3)$$

SUSTITUYENDO K_E EN LA ECUACIÓN (2):

$$v = \frac{(-\Delta P_c)}{\mu L} K_E \quad (4)$$

LA VELOCIDAD DE FILTRACIÓN ESTÁ DEFINIDA COMO SIGUE:

$$\frac{dV}{d\theta} = vA \quad \therefore \quad v = \frac{1}{A} \frac{dV}{d\theta} \quad (5) \quad (6)$$

IGUALANDO LAS ECUACIONES (4) Y (6)

$$v = \frac{(-\Delta P_c)}{\mu L} K_E = \frac{1}{A} \cdot \frac{dV}{d\theta} \quad (7)$$

CON EL OBJETO DE EXPRESAR LA CAPACIDAD DE FILTRACIÓN (COMO EL VOLUMEN DE FILTRADO O COMO ESPESOR DE LA TORTA), EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE FILTRACIÓN, ES NECESARIO RELACIONAR LAS VARIABLES L Y V LO CUAL SE LOGRA HACIENDO UN BALANCE DE SÓLIDOS EN LA SUSPENSIÓN Y EN LA TORTA:

MASA DE SÓLIDOS EN LA TORTA = MASA DE SÓLIDOS EN LA SUSPENSIÓN

x = FRACCIÓN MASA DE SÓLIDOS EN LA MEZCLA

$(1 - x)$ = FRACCIÓN MASA DE LÍQUIDO EN LA MEZCLA

$$LA(1-x)\rho_s = (V\rho_L + LAX\rho_L) \left(\frac{x}{1-x}\right) \quad (8)$$

$$LA(1-x)\rho_s = \frac{V\rho_L x}{(1-x)} + \frac{LAX\rho_L x}{(1-x)} \quad (9)$$

$$V = \frac{(1-x)}{\rho_L x} \left[LA(1-x)\rho_s - \frac{LAX\rho_L x}{(1-x)} \right] \therefore \quad (10)$$

$$V = AL \left[\frac{(1-x)(1-x)\rho_s}{\rho_L x} - \frac{X\rho_L x}{\rho_L x} \right]$$

$$V = \frac{(1-x)(1-x)\rho_s - x\rho_L x}{\rho_L x} \quad (11)$$

$$L = \frac{V}{A} \frac{\rho_L x}{\rho_s(1-x)(1-x) - x\rho_L x} \quad (12)$$

SUSTITUYENDO LA ECUACIÓN (12) EN (7) SE TIENE:

$$\frac{dV}{d\theta} = \frac{A(-\Delta P_c) K_e}{M \frac{V}{A} \left(\frac{\rho_L x}{\rho_s(1-x)(1-x) - x\rho_L x} \right)} \quad (13)$$

SIMPLIFICANDO:

$$\frac{dV}{d\theta} = \frac{A^2(-\Delta P_c)}{V} \cdot \frac{K_e [\rho_s(1-x)(1-x) - x\rho_L x]}{M\rho_L x} \quad (14)$$

DE LA ECUACIÓN ANTERIOR LAS VARIABLES QUE PUEDEN CONTROLARSE DIRECTAMENTE AL TRABAJAR EL FILTRO SON EL VOLUMEN DE FILTRADO V Y EL TIEMPO DE FILTRACIÓN, DEL RESTO DE LOS TÉRMINOS LA POROSIDAD X ESTÁ SUJETA A VARIACIO-

NES POR LO QUE SE LE HA COMBINADO PARA DEFINIR EL TÉRMI-
NO Cv:

$$C_v = \frac{\mu \rho_L x}{2 K_E [\rho_S (1-x)(1-x) - \rho_L x x]} \quad (15)$$

QUE SUSTITUÍDO EN LA ECUACIÓN (14) NOS DA:

$$\frac{dV}{d\theta} = \frac{(-\Delta P_c) A^2}{2 C_v V} \quad (16)$$

SI SE QUIERE PUEDE SUGERIRSE UN PROCEDIMIENTO SIMILAR PA-
RA OBTENER ECUACIONES QUE RELACIONEN EL ESPESOR DE LA TOL-
TA EN VEZ DEL VOLUMEN DE FILTRADO, DIFERENCIANDO LA ECUA-
CIÓN (11)

$$dV = \frac{A(1-x)(1-x)\rho_S - x\rho_L x}{\rho_L x} \cdot dL \quad (17)$$

SUSTITUYENDO EN LA ECUACIÓN (7)

$$\frac{(-\Delta P_c)}{\mu L} K_E = \frac{(1-x)(1-x)\rho_S - x\rho_L x}{\rho_L x} \left(\frac{dL}{d\theta} \right) \quad (18)$$

$$\frac{dL}{d\theta} = \frac{(-\Delta P_c)}{L} \cdot \frac{K_E \rho_L x}{\mu [(1-x)(1-x)\rho_S - x\rho_L x]} \quad (19)$$

NES POR LO QUE SE LE HA COMBINADO PARA DEFINIR EL TÉRMI-
NO CV:

$$C_v = \frac{\mu \rho_L x}{2 K_E [\rho_s (1-x)(1-x) - \rho_L x X]} \quad (15)$$

QUE SUSTITUIDO EN LA ECUACIÓN (14) NOS DA:

$$\frac{dV}{d\theta} = \frac{(-\Delta P_c) A^2}{2 C_v V} \quad (16)$$

SI SE QUIERE PUEDE SUGERIRSE UN PROCEDIMIENTO SIMILAR PA-
RA OBTENER ECUACIONES QUE RELACIONEN EL ESPESOR DE LA TU-
TA EN VEZ DEL VOLUMEN DE FILTRADO, DIFERENCIANDO LA ECUA-
CIÓN (11)

$$dV = \frac{A(1-x)(1-x)\rho_s - x\rho_L X}{\rho_L x} \cdot dL \quad (17)$$

SUSTITUYENDO EN LA ECUACIÓN (7)

$$\frac{(-\Delta P_c)}{\mu L} K_E = \frac{(1-x)(1-x)\rho_s - x\rho_L X}{\rho_L x} \left(\frac{dL}{d\theta} \right) \quad (18)$$

$$\frac{dL}{d\theta} = \frac{(-\Delta P_c)}{L} \cdot \frac{K_E \rho_L x}{\mu [(1-x)(1-x)\rho_s - x\rho_L X]} \quad (19)$$

SI DEFINIMOS COMO:

$$C_L = \frac{\mu}{2} \left[\frac{(1-x)(1-X)P_s - x\rho_L X}{K_E \rho_L X} \right] \quad (20)$$

SUSTITUYENDO C_L EN LA ECUACIÓN (19)

$$\frac{dL}{d\theta} = \frac{(-\Delta P_c)}{2C_L L} \quad (21)$$

TORTAS NO COMPRESIBLES

SI LA CAÍDA DE PRESIÓN A TRAVÉS DE LA TORTA SE MANTIENE CONSTANTE PODEMOS DECIR QUE LA POROSIDAD X TAMBIÉN Y POR CONSIGUIENTE C_V Y C_L SON CONSTANTES.

CON ESTAS CONSIDERACIONES, INTEGRANDO LA ECUACIÓN (16):

$$\theta = \frac{C_V V^2}{A^2 (-\Delta P_c)} \quad (22)$$

O SI SE DESEA PUEDE INTEGRARSE LA ECUACIÓN (21)

$$\theta = \frac{L^2 C_L}{(-\Delta P_c)} \quad (23)$$

TEÓRICAMENTE LAS CONSTANTES C_V Y C_L PUEDEN SER CALCULADAS A PARTIR DE LAS PROPIEDADES DE LA SUSPENSIÓN Y DE LA TORTA, PERO EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS SE DESCONOCEN LA PERMEABILIDAD DE LA TORTA (K_E), LA POROSIDAD (X) Y TAMAÑO -

DE LAS PARTÍCULAS QUE FORMAN LA TORTA (D_p), POR LO QUE SE HA DESARROLLADO UN MÉTODO QUE PERMITE UTILIZAR LOS DATOS DE OPERACIÓN DE UN FILTRO PARA UNA SUSPENSIÓN DETERMINADA Y CON ELLOS CALCULAR C_v Y C_L , ESTE MÉTODO SE BASA EN EL CONCEPTO DE QUE LA VELOCIDAD DE FILTRACIÓN ES DIRECTAMENTE PROPORCIONAL A LA FUERZA IMPULSORA E INVERSAMENTE PROPORCIONAL A LA RESISTENCIA AL FLUJO, DE DONDE:

$$\frac{dV}{d\theta} \propto \frac{\text{FUERZA IMPULSORA}}{\text{RESISTENCIA}}$$

DESPEJANDO L DEL BALANCE DE SÓLIDOS EN LA TORTA: (8)

$$L = \frac{V \rho_L R}{(1-X) A \rho_s} \quad (24)$$

SIENDO "R" LA RELACIÓN DE SÓLIDOS SECOS A FILTRADO = $\frac{x}{1-x}$

SUSTITUYENDO L EN (7)

$$\frac{dV}{d\theta} = \frac{A^2 (-\Delta P_c) K_E \rho_s (1-X)}{v_M \rho_L R} \quad (25)$$

SI SE DEFINE LA CONDUCTANCIA ESPECÍFICA DE LA TORTA COMO $K_E \rho_s (1-X)$ LA CUAL SE MANTIENE CONSTANTE DURANTE LA FILTRACIÓN EXCEPTO EN LOS CASOS EN QUE VARÍA LA POROSIDAD, SE PUEDE DEFINIR TAMBIÉN LA RESISTENCIA ESPECÍFICA

COMO:

$$\alpha = \frac{1}{K_E \rho_s (1-X)} \quad (26)$$

SUSTITUYENDO EN LA ECUACIÓN (25)

$$\frac{dV}{d\theta} = \frac{A^2(-\Delta P_c)}{v \alpha R \rho_L \mu} = \frac{(-\Delta P_c)}{\frac{v \alpha R \rho_L \mu}{A^2}} = \frac{\text{FUERZA IMPULSORA}}{\text{RESISTENCIA}} \quad (27)$$

IGUALANDO LAS ECUACIONES (27 Y (16)

$$\frac{dV}{d\theta} = \frac{A^2(-\Delta P_c)}{2 C_v V} = \frac{(-\Delta P_c) A^2}{v \alpha R \rho_L \mu} \quad (28)$$

DESPEJANDO C_v :

$$C_v = \frac{\alpha R \rho_L \mu}{2}$$

EN TODAS LAS ECUACIONES ANTERIORES SE HA UTILIZADO $(-\Delta P_c)$ QUE REPRESENTA LA CAÍDA A TRAVÉS DE LA TORTA, PERO EN UN FILTRO EN OPERACIÓN ES MUY DIFÍCIL E IMPRÁCTICO MEDIR LA CAÍDA DE PRESIÓN A TRAVÉS DE LA TORTA POR LO QUE SE UTILIZA LA CAÍDA DE PRESIÓN ENTRE LA ENTRADA DE LA SUSPENSIÓN AL FILTRO Y LA SALIDA DEL FILTRADO, ES DECIR SE INCLUYE LA CAUSADA POR MEDIO FILTRANTE, CONEXIONES, ACCESORIOS, CONDUCTOS, ETC. ADEMÁS DE LA CAÍDA DE PRESIÓN A TRAVÉS DE LA TORTA Y SE REPRESENTA COMO $(-\Delta P_f)$

LA RESISTENCIA ADICIONAL CAUSADA POR MEDIO FILTRANTE, CONEXIONES, ETC. PUEDE EXPRESARSE EN TÉRMINOS DE UN ESPESOR DE TORTA EQUIVALENTE (L_E) O DEL VOLUMEN DE FILTRADO EQUIVALENTE (V_E) QUE FORMARÁ UNA TORTA DE ESPESOR EQUIVALENTE (L_E):

$$\text{RESISTENCIA ADICIONAL} = \frac{V_E \alpha R \rho_L \mu}{A^2}$$

$$\text{O BIEN} = \frac{2C_V V_E}{A^2}$$

LA ECUACIÓN (27) PUEDE SER MODIFICADA COMO SIGUE:

$$\frac{dV}{d\theta} = \frac{A^2 (-\Delta P_C)}{\alpha R \rho_L \mu (V + V_E)} = \frac{A^2 (-\Delta P_T)}{2C_V (V + V_E)} \quad (29)$$

CUANDO SE TRABAJA A $(-\Delta P_T)$ CONSTANTE PUEDE INTEGRARSE -- LA ECUACIÓN (29) PARA OBTENER:

$$\theta = \frac{C_V (V^2 + 2V_E V)}{A^2 (-\Delta P_T)} \quad (30)$$

EN FORMA SIMILAR SI SE CONSIDERA CONSTANTE LA POROSIDAD:

$$\frac{dL}{d\theta} = \frac{k_E \rho_L R (-\Delta P_T)}{\rho_s (1-X) \mu (L + L_E)} = \frac{(-\Delta P_T)}{2C_L (L + L_E)} \quad (31)$$

SI SE TRABAJA A $(-\Delta P_T)$ CONSTANTE LA ECUACIÓN (31) PUEDE INTEGRARSE Y OBTENER Θ EN FUNCIÓN DEL ESPESOR DE LA TORTA Y EL ESPESOR EQUIVALENTE:

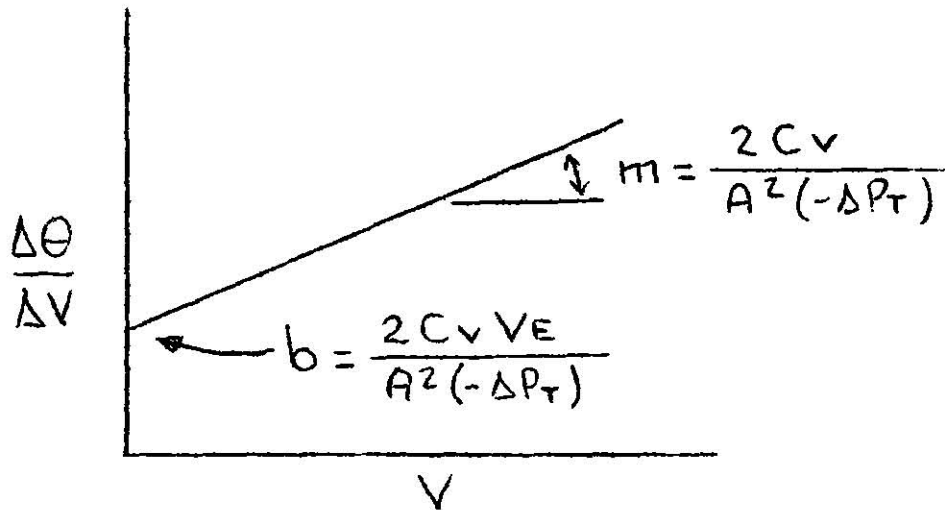
$$\Theta = \frac{C_L (L^2 + 2LLE)}{(-\Delta P_T)} \quad (32)$$

DE LAS ECUACIONES ANTERIORES LA (29) Y LA (31) FUERON DEDUCIDAS A PARTIR DE LA CONSIDERACIÓN DE FLUJO LAMINAR A TRAVÉS DEL MEDIO POROSO FORMADO POR LA TORTA Y LAS ECUACIONES (30) Y (32) SOBRE LA BASE DE QUE EN UNA FILTRACIÓN A $(-\Delta P_T)$ Y V_E CONSTANTES, LA POROSIDAD Y PERMEABILIDAD DE LA TORTA PERMANECEN CONSTANTES TAMBIÉN, PERO LAS ANTERIORES CONSIDERACIONES NO SE CUMPLEN EN LA PRÁCTICA Y ES POR ESTO QUE LAS CONSTANTES C_V Y C_L DEBEN DETERMINARSE EXPERIMENTALMENTE PARA CADA SUSPENSIÓN DETERMINADA LLEVANDO A CABO FILTRACIONES A $(-\Delta P_T)$ CONSTANTE, UTILIZANDO LA ECUACIÓN (29) REARREGLADA:

$$\frac{d\Theta}{dV} = \frac{2C_V}{A^2(-\Delta P_T)} V + \frac{2C_V}{A^2(-\Delta P_T)} V_E \quad (33)$$

TOMANDO LOS DATOS DE $\frac{\Delta\Theta}{\Delta V}$ CONTRA V Y GRAFICÁNDOSLOS SE OBTENDRÁ UNA LÍNEA RECTA SI C_V PERMANECE CONSTANTE DURANTE TODA LA CORRIDA, SIENDO LA PENDIENTE DE LA LÍNEA $\frac{2C_V}{A^2(-\Delta P_T)}$ Y LA INTERSECCIÓN $\frac{2C_V V_E}{A^2(-\Delta P_T)}$, DE ESTA MANERA PUEDEN CALCULAR

SE LOS VALORES C_v Y V_e CONOCIENDO A Y ΔP .

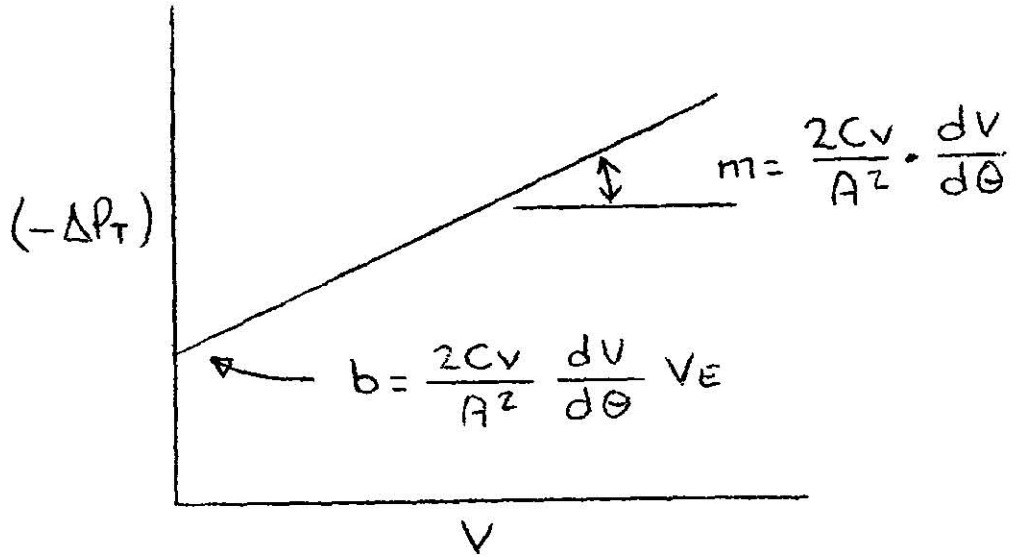


EN FORMA SIMILAR CUANDO SE TRATA DE FILTRACIÓN A GASTO --
CONSTANTE EL VALOR DE V_e SE MANTIENE CONSTANTE PARA CADA
VELOCIDAD NO IMPORTANDO SI EL FLUJO ES LAMINAR O NÓ.

EN ESTE CASO TAMBIÉN PUEDE CALCULARSE C_v Y V_e --
SI SE CONOCEN EL ÁREA Y LA VELOCIDAD DE FILTRACIÓN UTILI-
ZANDO LA ECUACIÓN (34),

$$(-\Delta P_T) = \frac{2C_v}{A^2} \frac{dV}{d\theta} V + \frac{2C_v}{A^2} \frac{dV}{d\theta} V_e \quad (34)$$

GRAFICANDO LOS DATOS DE $(-\Delta P_T)$ CONTRA V SE OBTIENE UNA --
LÍNEA RECTA CUYA PENDIENTE ES $\frac{2C_v}{A^2} \cdot \frac{dV}{d\theta}$ Y LA INTERSEC-
CIÓN $\frac{2C_v}{A^2} \frac{dV}{d\theta} V_e$.



TORTAS COMPRESIBLES

GENERALMENTE CUANDO SE OPERA UN FILTRO A GRANDES CAÍDAS DE PRESIÓN, LOS SÓLIDOS DE LA SUSPENSIÓN TIENDEN A OCUPAR LOS CONDUCTOS DEL MEDIO FILTRANTE Y LOS INTERSTICIOS DE LA TORTA, ORIGINANDO CON ESTO UN AUMENTO DE LA RESISTENCIA AL FLUJO Y POR CONSECUENCIA AUMENTAN LOS VALORES DE C_V Y V_E PERO SIEMPRE HAY UN VALOR DEFINIDO DE LA CAÍDA DE PRESIÓN CON EL QUE SE OBTIENE EL MÁXIMO FLUJO DE FILTRADO.

ESTA PRESIÓN PARA FLUJO MÁXIMO PUEDE DETERMINARSE EXPERIMENTALMENTE HACIENDO FILTRACIONES A PRESIÓN CONSTANTE PARA VARIAS PRESIONES DIFERENTES Y GRAFICANDO $\Delta\theta/\Delta V$ CONTRA V EN PAPEL LOGARÍTMICO, SÍ SE OBTIENE UNA LÍNEA RECTA, ESTO ES INDICACIÓN DE QUE SE TRATA DE UNA TORTA COMPRESIBLE, Y LAS CONSTANTES DE FILTRACIÓN PARA ESTA TORTA SON FUNCIONES EXPONENCIALES DE LA CAÍDA DE PRESIÓN, ASÍ MISMO LA RESISTENCIA ESPECÍFICA DE LA TORTA (α) ES FUNCIÓN EXPONENCIAL DE LA CAÍDA DE PRESIÓN PUDIENDO EXPRESARLO MATEMÁTICAMENTE DE LA SIGUIENTE FORMA:

$$C_V = C_V' (-\Delta P)^A \quad \alpha = \alpha' (-\Delta P)^A \quad (37)$$

$$C_V V_E = c (-\Delta P)^B \quad \alpha V_E = \beta (-\Delta P)^B \quad (38)$$

DONDE α , β , "A" Y "B" SON CONSTANTES PARA UNA TORTA DADA Y C_V Y "c" SON CONSTANTES PARA UNA SUSPENSIÓN DADA.

SUSTITUYENDO ESTAS RELACIONES EXPONENCIALES EN LA ECUACIÓN (29) E INTEGRANDO ENTRE LOS LÍMITES $\Theta=0$; $\Theta=\Theta$ Y $V=0$; $V=V$ PARA UNA CAÍDA DE PRESIÓN CONSTANTE SE OBTIENE:

$$\Theta = \frac{C_V'}{A^2} \frac{V^2}{(-\Delta P)^{1-A}} + \frac{2cV}{A^2(-\Delta P)^{1-B}} \quad (39)$$

$$\Theta = \frac{R\rho_L\mu V}{2A^2(-\Delta P)} \left[\alpha'(-\Delta P)^A V + 2\beta(-\Delta P)^B \right] \quad (40)$$

REARREGLANDO LAS ECUACIONES:

$$\frac{(-\Delta P)\Theta}{V/A} = C_V' \frac{V}{A} (-\Delta P)^A + \frac{2c}{A} (-\Delta P)^B$$

$$\frac{(-\Delta P)\Theta}{V/A} = \frac{R\rho_L\mu\alpha'}{2} \cdot \frac{V}{A} (-\Delta P)^A + \frac{R\rho_L\mu\beta}{A} (-\Delta P)^B$$

AL GRAFICAR $\frac{(-\Delta P)\Theta}{V/A}$ CONTRA V/A PARA CORRIDAS A $(-\Delta P)$ CONSTANTE SE OBTIENE UNA LÍNEA RECTA CUYAS PEN-

DIENTES SON $Cv'(-\Delta P)^A$ Y $\frac{R\mu\alpha'(-\Delta P)^A}{2}$ Y --
 LAS INTERSECCIONES CORRESPONDIENTES $\frac{2c(-\Delta P)^B}{A}$ Y
 $\frac{R\mu\beta}{A}(-\Delta P)^B$ DE DONDE LOS VALORES DE LOS EXPONENTES
 PUEDEN OBTENERSE GRÁFICAMENTE.

AUNQUE ESTAS RELACIONES EXPONENCIALES SON SOLO APROXIMADAS, EN LA MAYORÍA DE LOS CASOS PUEDEN UTILIZARSE PARA ESTIMAR EL EFECTO DE LOS CAMBIOS EN LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN.

CUANDO SE UTILIZAN ESTAS ECUACIONES SE CONSIDERA $B=A$ VARIANDO LOS VALORES DE ESTE EXPONENTE DESDE 0.01 PARA TORTAS NO COMPRESIBLES (DIATOMACEAS) HASTA 0.9 PARA TORTAS DE HIDRÓXIDO MUY COMPRESIBLES, CON LAS ANTERIORES CONSIDERACIONES PUEDE SIMPLIFICARSE LA ECUACIÓN (39) PARA OBTENER:

$$\Theta = \frac{Cv' V (V + 2VE)}{A^2 (-\Delta P)^{1-A}} \quad (41)$$

COMO PUEDE VERSE EN LA ECUACIÓN ANTERIOR CUANDO EL VALOR DE "A" ES MUY PEQUEÑO SU INFLUENCIA ES DESPRECIABLE Y LA TORTA PUEDE CONSIDERARSE NO COMPRESIBLE.

G.- DETERMINACIÓN DE NO. DE CICLOS OPTIMO

CUANDO SE TRABAJA CON FILTROS PRENSA UN FACTOR MUY IMPORTANTE DEL CUAL DEPENDE LA CAPACIDAD DEL FILTRO -

ES EL TIEMPO DE DESCARGA O SEA EL REQUERIDO PARA DESARMAR EL FILTRO, SEPARAR LAS TORTAS DE LOS MEDIOS FILTRANTES Y VOLVER A ENSAMBLAR ÉSTOS CON MARCOS Y PLACAS, PARA LUEGO INICIAR OTRO CICLO DE FILTRACIÓN, ESTE TIEMPO PUEDE CONSIDERARSE CONSTANTE PARA CADA FILTRO E INDEPENDIENTE DE LA CANTIDAD DE LÍQUIDO FILTRADO.

SI CONSIDERAMOS:

A = AREA EFECTIVA DE MEDIOS FILTRANTES

Θ_T = TIEMPO TOTAL DE DURACIÓN DE "N" CICLOS DE FILTRACIÓN

Θ_F = TIEMPO DE FILTRACIÓN EN Θ_T

Θ_L = TIEMPO DE LAVADO (SI SE REQUIERE) EN Θ_T

Θ_D = TIEMPO DE DESCARGA DEL FILTRO EN Θ_T

O SEA QUE: $\Theta_T = \Theta_F + \Theta_L + \Theta_D$

EN CADA CICLO: $\Theta'_T = \Theta'_F + \Theta'_L + \Theta'_D$

SI CONSIDERAMOS Θ'_F MUY CORTO LA VELOCIDAD MEDIA DE FILTRACIÓN SERÁ MUY ALTA, DEBIDO A QUE EL ESPESOR DE LA TORTA SERÁ MUY REDUCIDO, PERO LA CAPACIDAD DEL FILTRO SERÁ MUY PEQUEÑA DEBIDO A QUE UN GRAN PORCENTAJE DEL TIEMPO TOTAL ES DEDICADO A DESCARGA.

CONFORME SE AUMENTA EL TIEMPO DE FILTRADO LA CAPACIDAD AUMENTA, LLEGA A UN VALOR MÁXIMO Y LUEGO DISMINUYE, ESTO ÚLTIMO DEBIDO A QUE LA FORMACIÓN DE UNA TORTA MUY GRUESA AL FINAL DEL PERÍODO DE FILTRACIÓN DISMINUYE LA VELOCIDAD MEDIA DE FILTRACIÓN.

SE DEFINE LA CAPACIDAD COMO: (43)

$$C = \frac{V_T}{\Theta_T}$$

DERIVANDO CON RESPECTO AL NÚMERO DE CICLOS (n).

$$\frac{dC}{dn} = \frac{\Theta_T \frac{dV_T}{dn} - V_T \frac{d\Theta_T}{dn}}{\Theta_T^2} \quad (44)$$

$$\text{SI: } V = \text{cte.} \therefore \frac{dV_T}{dn} = 0 \quad \therefore \frac{-V_T \frac{d\Theta_T}{dn}}{\Theta_T^2} = 0$$

SI SE CONSIDERA $(-\Delta P)$ CTE. EN CADA CICLO:

$$(45) \quad \frac{dV'_F}{d\Theta'_F} = \frac{A^2(-\Delta P_c)}{2C_v V'_F} = \frac{K}{2V'_F} ; V'^2_F = \frac{A^2(-\Delta P_c) \Theta'_F}{C_v} = K\Theta'_F \quad (46)$$

$$\Theta'_F = \frac{V'^2_F}{K} = \frac{V_T^2}{n^2 K} \quad (47) ; \text{ YA QUE: } V_T = nV'_F \quad (\text{SIN LAVADO})$$

SI HAY PERÍODO DE LAVADO PUEDE ASUMIRSE QUE:

$$\frac{dV'_F}{d\Theta'_F} = \frac{V'_L}{\Theta'_L} \therefore \Theta'_L = \frac{k V'_F}{\frac{K}{2V'_F}} \quad (48) \quad (49)$$

$$\Theta'_L = \frac{2k A' V'^2_F}{K} \quad (50)$$

DONDE A' DEPENDE LA TRAYECTORIA DEL FILTRADO Y DEL LAVADO, CUANDO ÉSTA ES LA MISMA PARA AMBOS A'=1; SI EL LAVADO NO SIGUE LA MISMA TRAYECTORIA DEL FILTRADO A'=4; k = RELACIÓN DE VOLÚMEN DE LAVADO A VOLÚMEN DE FILTRADO.

$$\Theta'_L = \frac{2kA'V_T^2}{n^2K} \quad (51)$$

$$\Theta'_F = \frac{V_T^2}{n^2K} \quad (52)$$

DE DONDE:

$$\Theta_T = (1 + 2kA') \frac{V_T^2}{nK} + n\Theta'_D \quad \therefore \quad (53)$$

$$\frac{d\Theta}{dn} = - (1 + 2kA') \frac{V_T^2}{n^2K} + \Theta'_D = 0 \quad \therefore \quad (54)$$

$$n = \sqrt{(1 + 2kA') \frac{V_T^2}{\Theta'_D K}} \quad (55)$$

EQUIPO EXPERIMENTAL

PARA EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO SE UTILIZÓ - EL FILTRO PRENSA QUE EXISTE EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS DE LA U.N.L.

EL APARATO CONSTA DE DOS TANQUES DE ALIMENTACIÓN DE 200 LITROS C/U. (1 Y 2) (VER DIBUJO PARA REFERENCIAS ENTRE PARÉNTESIS) QUE SE ENCUENTRAN COLOCADOS SOBRE UNA ESTRUCTURA METÁLICA A UNA ALTURA DE 1.88 MTS., SOBRE EL NIVEL DEL SUELO, ESTO CON EL FIN DE QUE LA SUSPENSIÓN FLUYA A TRAVÉS DE LA TUBERÍA HASTA EL FILTRO PUDIENDO ASÍ EMPLEAR LA CAPACIDAD TOTAL DE LA BOMBA PARA QUE PROPORCIONE LA PRESIÓN DE FILTRACIÓN.

LOS TANQUES DE ALIMENTACIÓN (1 Y 2) SE ENCUENTRAN INTERCONECTADOS Y CUENTAN CON VÁLVULAS DE GLOBO CADA UNO CON EL FIN DE PODER UTILIZAR CUALQUIERA DE ELLOS O AMBOS SI ASÍ SE REQUIERE.

UNO DE LOS TANQUES DE ALIMENTACIÓN (1) TIENE UN NIVEL GRADUADO (9) EN EL QUE PUEDE LEERSE EL VOLUMEN DE SUSPENSIÓN EN LITROS.

LOS TANQUES DE ALIMENTACIÓN (1 Y 2) TIENEN CERCA DEL FONDO UNOS TUBOS PERFORADOS (34) POR DONDE SE ALIMENTA AIRE COMPRIMIDO QUE SIRVE PARA AGITAR LA SUSPENSIÓN

PUDIENDO CONTROLAR EL FLUJO DE AIRE POR MEDIO DE LAS VÁLVULAS DE GLOBO (7 Y 8) EN CADA UNO DE LOS TANQUES.

LA SUSPENSIÓN FLUYE POR LA TUBERÍA A TRAVÉS DE LA VÁLVULA DE ALIMENTACIÓN (5) Y UNA VÁLVULA DE RETENCIÓN (CHECK) (6) PARA SER IMPULSADA POR UNA BOMBA DE ENGRANES (10), LA SALIDA DE LA BOMBA ESTÁ CONECTADA CON LA ENTRADA POR MEDIO DE UNA TUBERÍA ADICIONAL A TRAVÉS DE UNA VÁLVULA DE SEGURIDAD (11) QUE HACE LAS VECES DE REGULADOR AL PERMITIR EL REFLUJO DE LA SUSPENSIÓN CUANDO LA PRESIÓN -- DENTRO DEL FILTRO ES MAYOR QUE LA QUE TIENE GRADUADA LA VÁLVULA (11), LA SUSPENSIÓN ENTRA AL FILTRO POR MEDIO DE UNA CONEXIÓN QUE TIENE EN UNA ESQUINA SUPERIOR LA PLACA - MATRIZ (14) LA CUAL COMUNICA CON LOS ORIFICIOS CORRESPONDIENTES EN MARCOS Y PLACAS, POCO ANTES DE ESTA CONEXIÓN - SE ENCUENTRA UN MANÓMETRO (13) EN EL QUE SE LEE LA - - PRESIÓN DE ALIMENTACIÓN EN Kg/cm^2 .

CADA UNO DE LOS MARCOS Y PLACAS TIENE PERFORA-- CIONES, UNA EN UNA ESQUINA INFERIOR Y OTRA EN LA SUPERIOR DEL MISMO LADO, PERFORACIONES QUE AL ENSAMBLAR EL FILTRO CON MARCOS Y PLACAS FORMARÁN LOS DUCTOS DE SALIDA Y ENTRADA RESPECTIVAMENTE.

LOS MARCOS TIENEN PERFORACIONES EN LA ESQUINA - SUPERIOR QUE COMUNICAN EL DUCTO DE ENTRADA CON EL ESPACIO

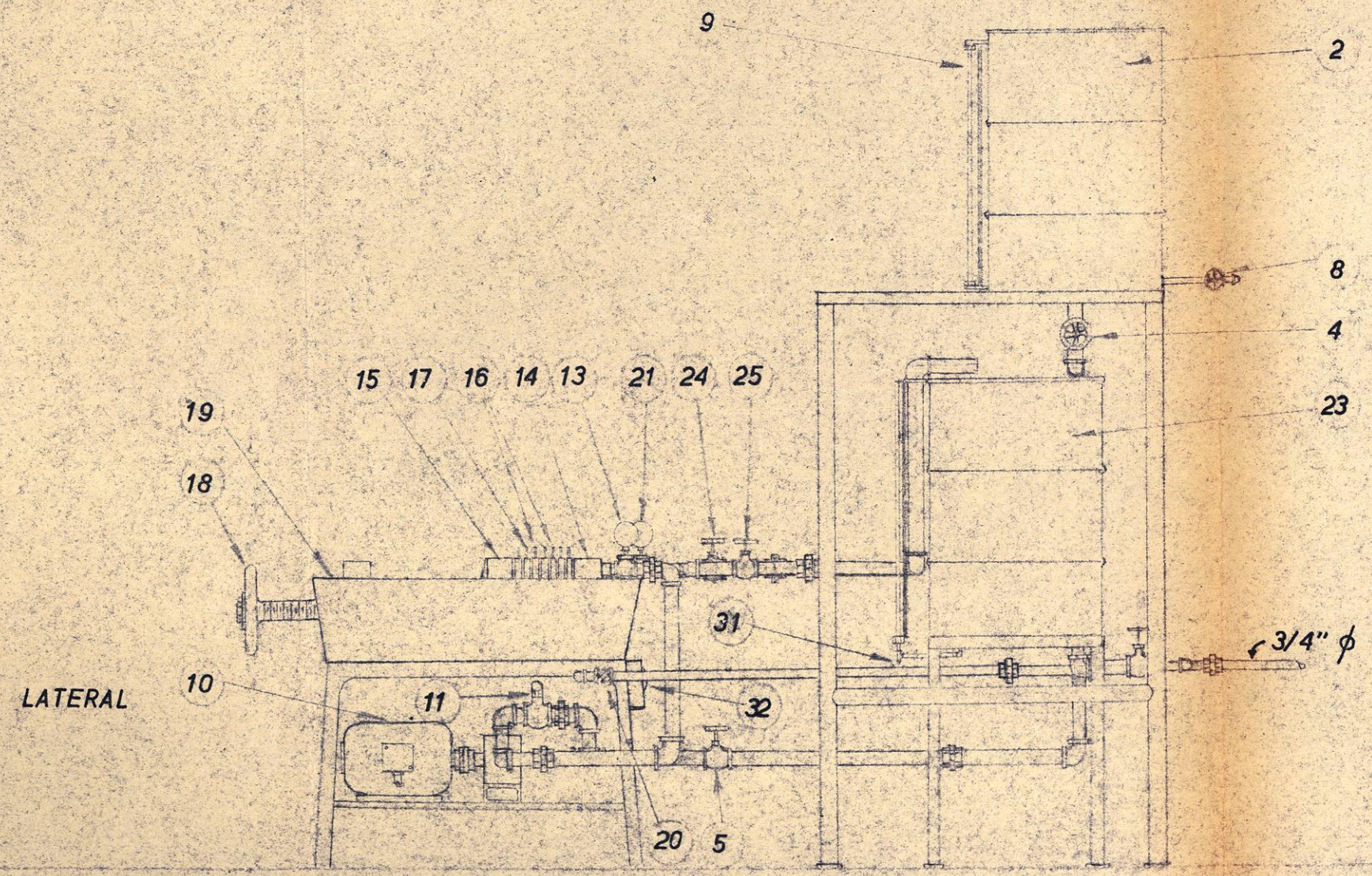
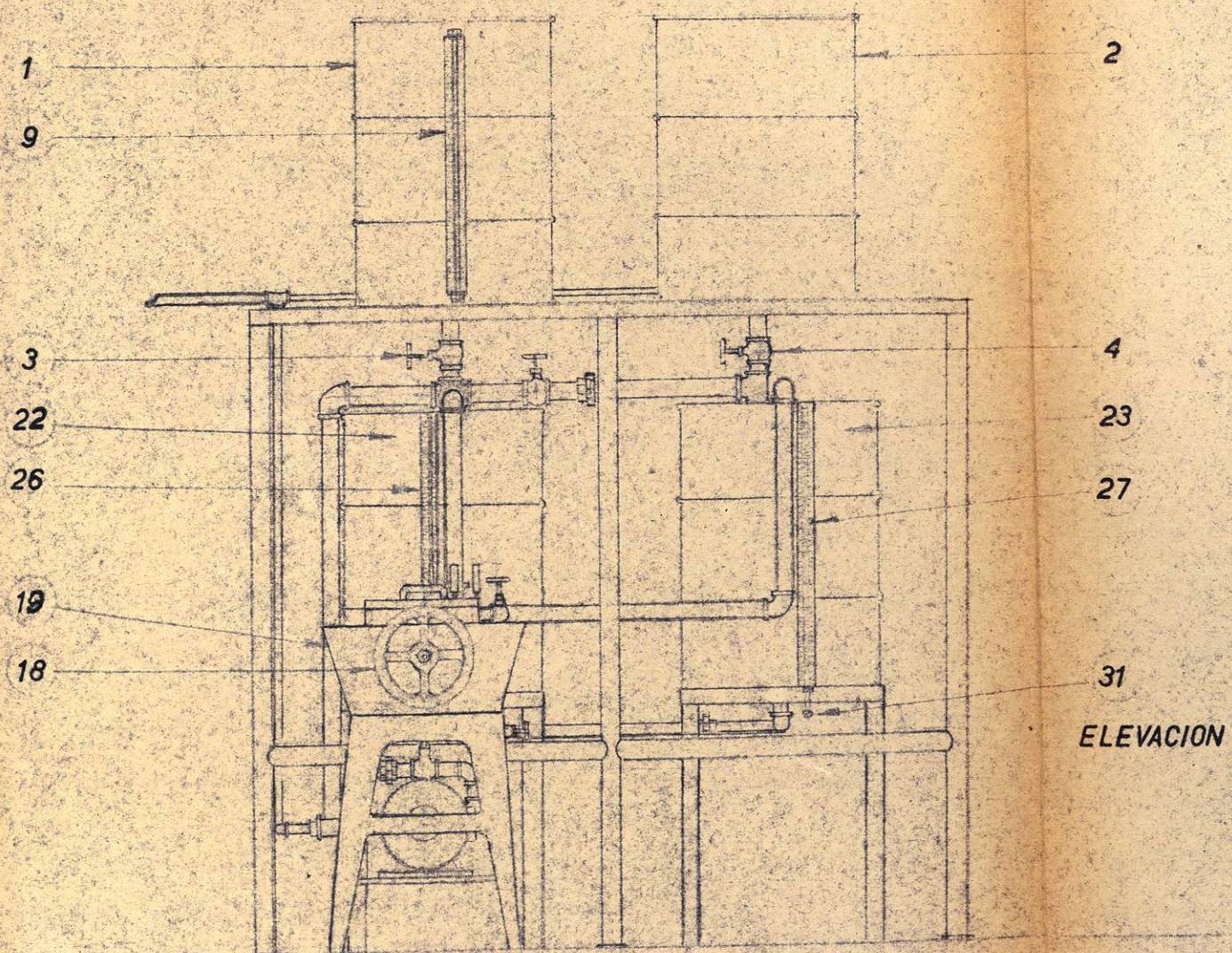
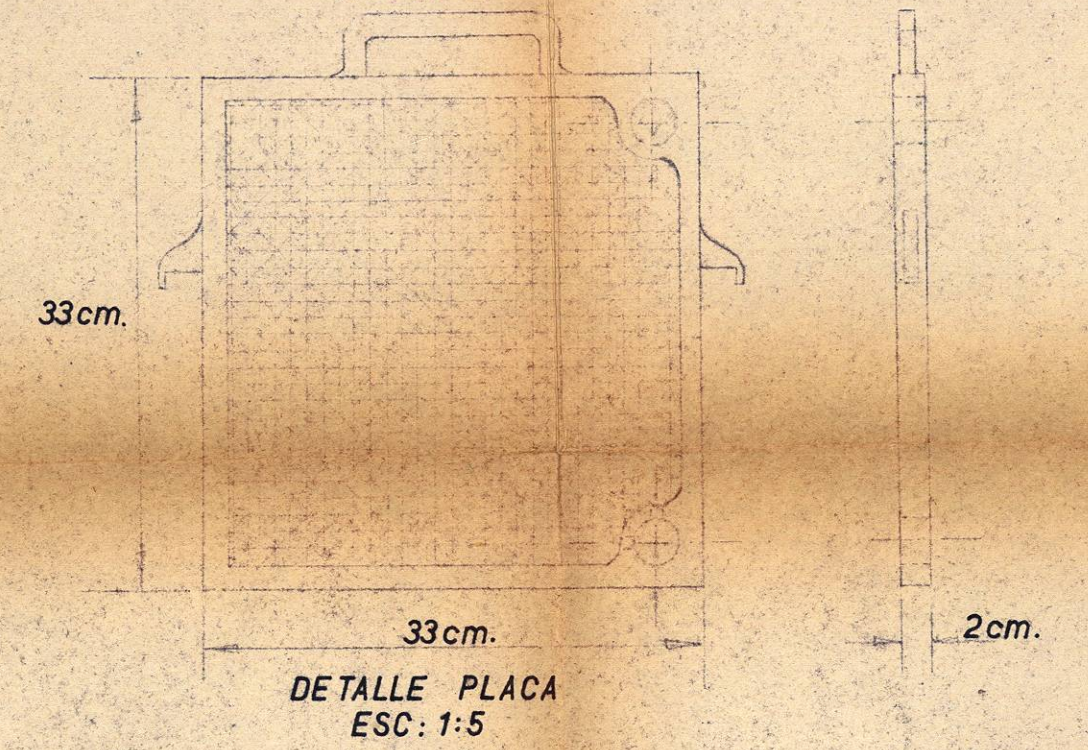
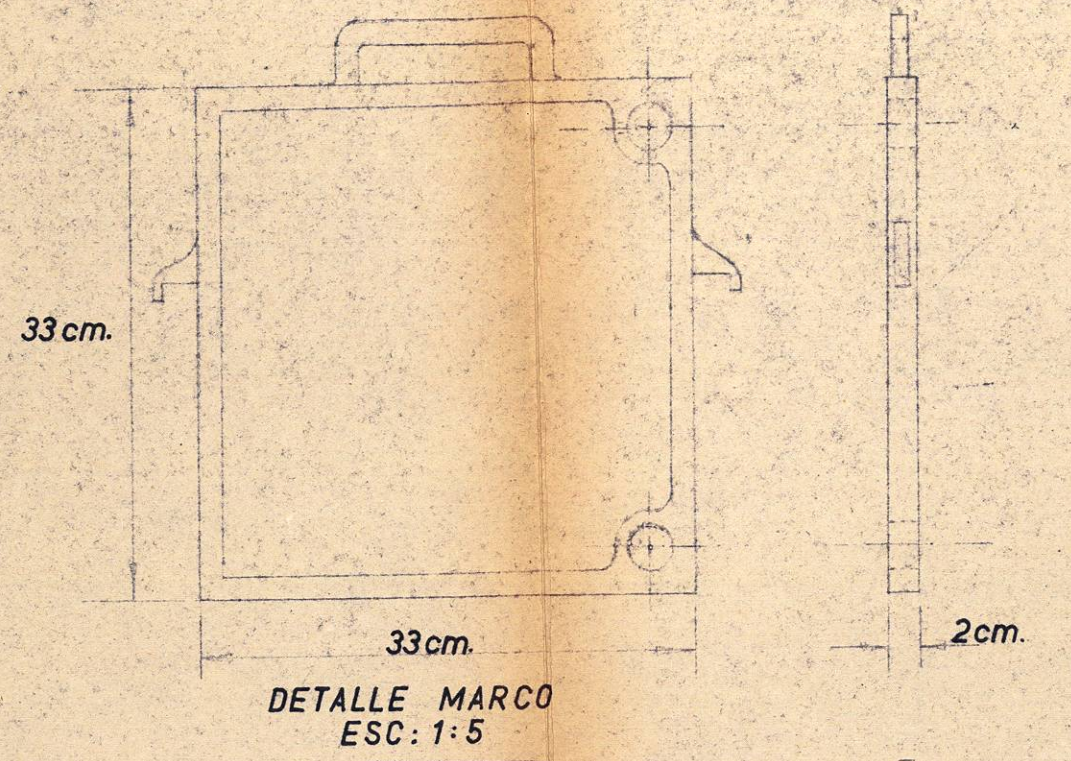
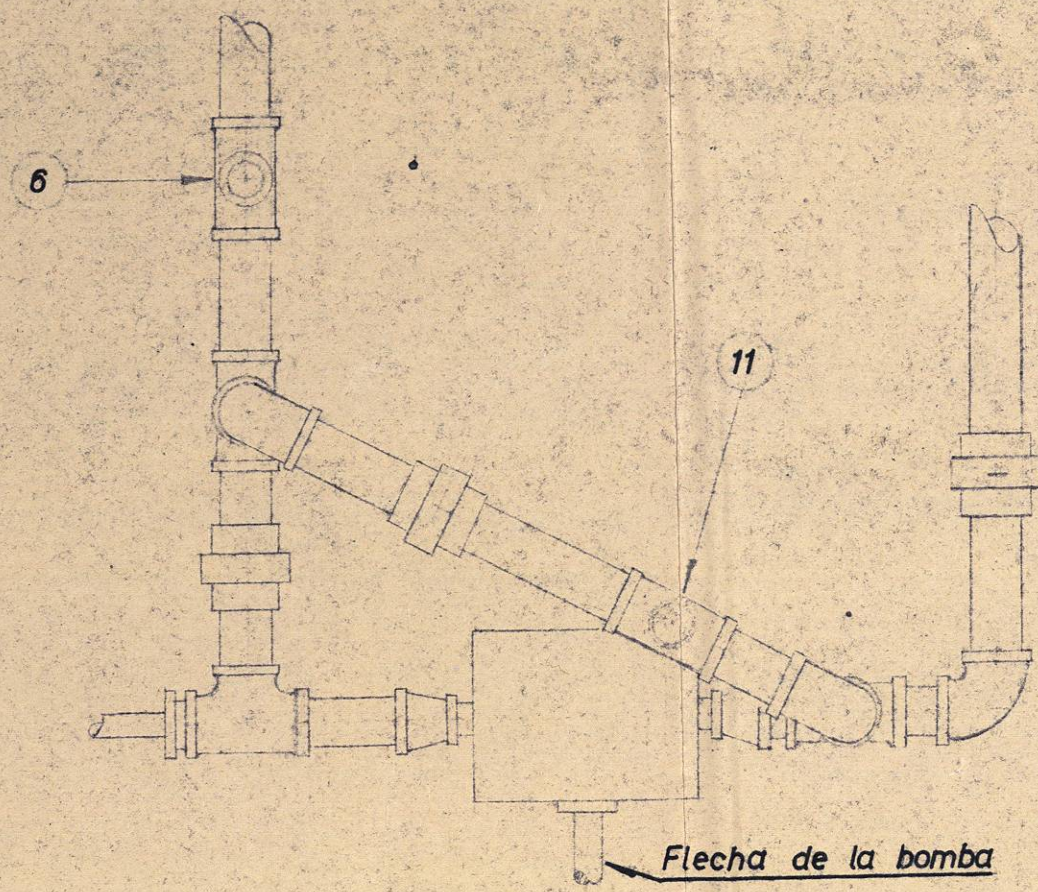
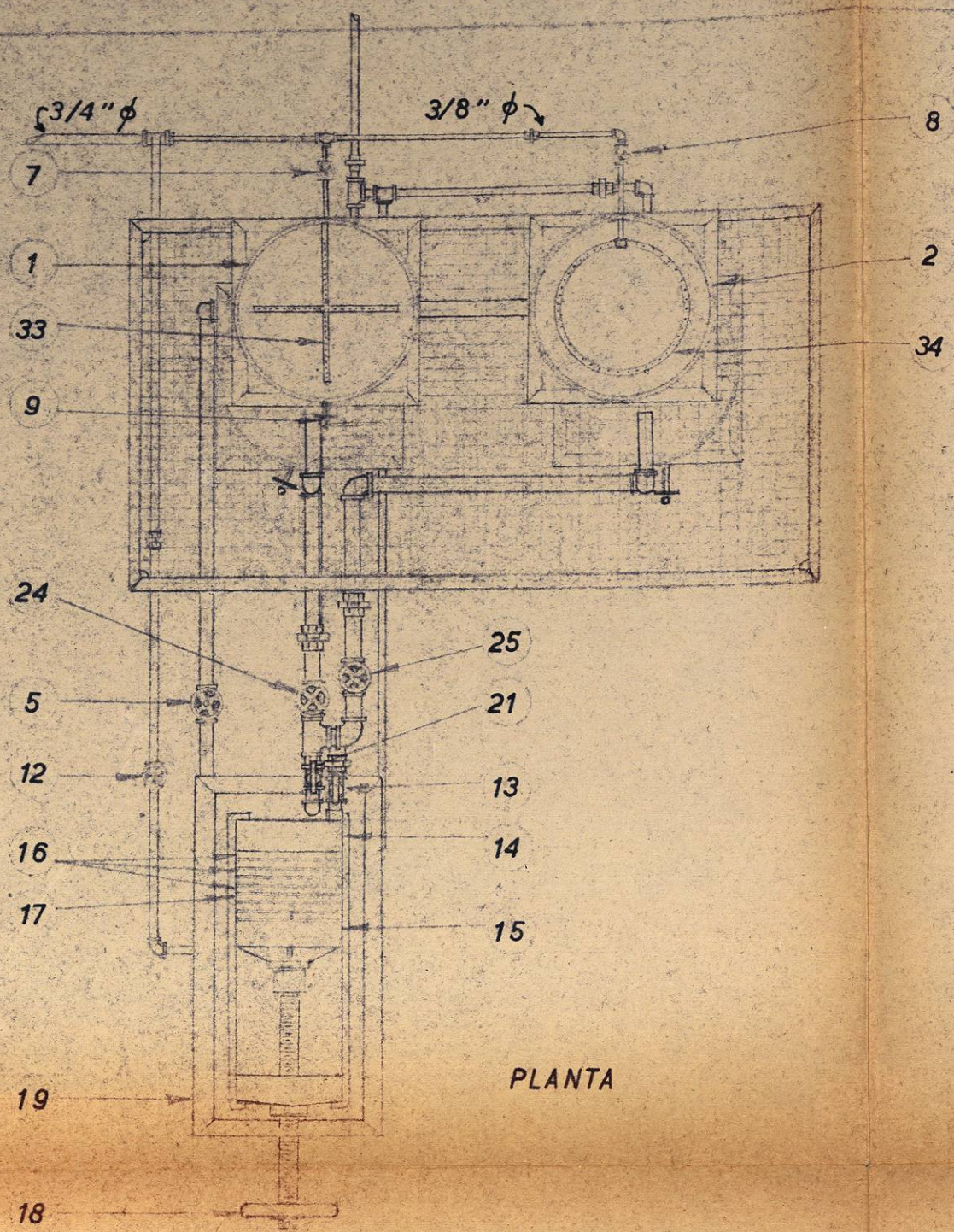
HUECO DE LOS MARCOS, Y LAS PLACAS CUENTAN EN SU ESQUINA INFERIOR DEL MISMO LADO CON OTRAS PERFORACIONES QUE COMUNICAN CON EL DUCTO DE SALIDA LAS CARAS LABRADAS.

EL FILTRADO SALE DEL FILTRO POR UNA CONEXIÓN -- QUE TIENE LA PLACA MATRIZ (14) EN UNA ESQUINA INFERIOR. -- INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE ÉSTA SE ENCUENTRA UN MANÓMETRO (21) PARA LEER LA PRESIÓN DE SALIDA DEL FILTRADO EN -- -- -- KGS/CM²., Y DE ALLÍ PASA A TRAVÉS DE CUALQUIERA DE LAS -- VÁLVULAS DE GLOBO (24) Ó (25) PARA LLEGAR A LOS TANQUES -- DE DESCARGA DE 200 LITROS. (22 Y 23) QUE SE ENCUENTRAN -- SITUADOS BAJO LOS TANQUES DE ALIMENTACIÓN (1 Y 2), CADA -- UNO DE LOS TANQUES DE DESCARGA TIENE EN EL FONDO UNA VÁLVULA DE GLOBO (28) (29) QUE COMUNICA CON EL DRENAJE.

TODO EL CONJUNTO DEL FILTRO (PLACAS MATRICES, -- MARCOS Y PLACAS) ESTÁ MONTADO EN UNA BASE DE FIERRO VACIA DO SOBRE LA CUAL VA UNA CHAROLA DE LÁMINA (19) Y DENTRO -- DE LA QUE ESTÁN LAS PLACAS MATRICES (14) Y (15) LAS CUA-- LES TIENEN ATORNILLADOS POR LOS LADOS LOS LARGUEROS POR -- DONDE CORREN MARCOS Y PLACAS AL SER PRENSADOS POR LAS MA-- TRICES (14) (15) UTILIZANDO EL TORNILLO CON VOLANTE (18).

BAJO LA CHAROLA DEL FILTRO Y SOBRE UNA PLACA DE FIERRO ESTÁ EL MOTOR (10) QUE ACCIONA LA BOMBA DE ENGRA-- NES, ÉSTE ES UN MOTOR DE 2 HP DE 220 V.

LA ENTRADA DE LA BOMBA TIENE UNA CONEXIÓN CON -
UNA REDUCCIÓN Y UNA VÁLVULA DE PASO (12) A LA QUE PUEDE -
CONECTARSE AIRE A PRESIÓN PARA EXPULSAR EL LÍQUIDO QUE --
QUEDE EN LAS TUBERÍAS Y EN LAS TORTAS DESPUÉS DE CADA CO-
RRIDA.



PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

TANTO EN EL CASO DE ESTA TESIS COMO AL EXPERIMENTAR EN GENERAL EXISTE LA NECESIDAD DE OBTENER DATOS REPRODUCIBLES Y COMPARABLES.

POR SER UN PASO QUE AFECTA NOTABLEMENTE LOS RESULTADOS ES MENESTER HACER HINCAPIÉ EN LA PREPARACIÓN DE LA SUSPENSIÓN YA QUE ÉSTA DEBERÁ HACERSE SIEMPRE CON MATERIALES QUE TENGAN LA MISMA FINEZA, COMPOSICIÓN Y CONTENIDO DE HUMEDAD Y ADEMÁS EL PERÍODO DE AGITACIÓN PREVIA A LA FILTRACIÓN DEBERÁ SER SIEMPRE IGUAL.

PARA LA OPERACIÓN DEL FILTRO SE REQUIERE PREPARAR LA SUSPENSIÓN PARA LO CUAL ES NECESARIO COMPROBAR QUE LAS VÁLVULAS 3 Y 4 ESTÉN CERRADAS ASÍ COMO LAS 7 Y 8 (EN ESTE TRABAJO SE PREPARARON LAS SUSPENSIONES DIRECTAMENTE EN LOS TANQUES DE ALIMENTACIÓN 1 Y 2) SE VIERTE EL LÍQUIDO EN EL TANQUE HASTA LLEGAR AL NIVEL ADECUADO, SE ABREN LAS VÁLVULAS 7 Y 8 PARA ALIMENTAR AIRE COMPRIMIDO QUE AL BURBUJEAR PROPORCIONARÁ LA AGITACIÓN, SE VA AGREGANDO POCO A POCO EL MATERIAL SÓLIDO A UNA VELOCIDAD QUE PERMITE QUE LA SUSPENSIÓN SE HOMOGENICE, CUANDO SE HA AGREGADO TODO EL MATERIAL SÓLIDO SE CONTINUARÁ LA AGITACIÓN HASTA COMPLETAR 20 MINUTOS A PARTIR DESDE LA HORA EN QUE SE INICIÓ LA PREPARACIÓN, EN ESTE LAPSO SE ARMA EL FILTRO CON -

LOS MARCOS, MEDIOS FILTRANTES Y PLACAS ENSAMBLADAS ALTERNADAMENTE EN ESTE ORDEN: PLACA MATRIZ, MEDIO FILTRANTE, PLACA, MEDIO FILTRANTE, PLACA Y ASÍ SUCESIVAMENTE HASTA COMPLETAR EL ÁREA DE FILTRACIÓN DESEADA Y POR ÚLTIMO SE COLOCA LA CONTRA-PLACA MATRIZ.

AL TIEMPO DE ENSAMBLAR MARCOS, MEDIOS FILTRANTES Y PLACAS SE DEBE COMPROBAR QUE LOS ORIFICIOS QUE FORMARÁN LOS CONDUCTOS Y SALIDA DEL FILTRO COINCIDAN PERFECTAMENTE, DESPUÉS DE ENSAMBLAR SE PRENSA TODO EL CONJUNTO CON EL TORNILLO CON VOLANTE (18).

DESPUÉS DE ENSAMBLAR EL FILTRO SE COMPRUEBA QUE LAS VÁLVULAS (5, 12, 25, 28, 29) ESTÉN CERRADAS Y QUE LAS VÁLVULAS (35, 20, 24) ESTÉN ABIERTAS, QUE LOS TAPONES DE LIMPIEZA (30 Y 31) EN LOS NIVELES (26 Y 27) DE LOS TANQUES DE DESCARGA (22 Y 23) ESTÉN COLOCADOS.

AL TERMINAR EL PERÍODO DE AGITACIÓN DE 20 MINUTOS SE PROCEDE A ABRIR LAS VÁLVULAS 3 Y 4, DESPUÉS DE ESTO SE ABRE LA VÁLVULA No. 5, SE ESPERA A QUE EL FILTRADO EMPIECE A FLUÍR POR LA TUBERÍA HASTA SALIR AL TANQUE DE DESCARGA 22 EN ESE MOMENTO EMPIEZA A CONTAR EL TIEMPO DE FILTRACIÓN Y SE CONECTA EL GRUPO MOTOR BOMBA (10) POR MEDIO DEL INTERRUPTOR DE CUCHILLAS (32), DESDE ESTE MOMENTO SE EMPIEZAN A TOMAR LAS LECTURAS DEL VOLUMEN EN LITROS EN

EL NIVEL (26) DEL TANQUE DE DESCARGA (22) Y DE LA PRESIÓN EN LOS MANÓMETROS DE ENTRADA (13) Y DE SALIDA (21) A INTERVALOS DE MEDIO MINUTO, DEBIENDO AJUSTAR LA VÁLVULA DE RECIRCULACIÓN (11) A LA PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO PARA ESA CORRIDA.

CUANDO SE HA LLENADO EL TANQUE DE DESCARGA (22) SE CIERRA LA VÁLVULA (24) AL MISMO TIEMPO QUE SE ABRE LA (25) Y ENTONCES TOMARÁ LA LECTURA DEL VOLUMEN EN LITROS POR MEDIO DEL NIVEL 27 EN EL TANQUE DE DESCARGA (23).

CUANDO SE HA AGOTADO LA SUSPENSIÓN POR FILTRAR SE CIERRA LA VÁLVULA DE ALIMENTACIÓN (5) SE DESCONECTA EL INTERRUPTOR (32) Y SE INYECTA AIRE A PRESIÓN AL INTERIOR DEL FILTRO A TRAVÉS DE LA VÁLVULA (12) POR UN PERÍODO DE 20 MINUTOS, ESTO CON EL FIN DE EXPULSAR EL LÍQUIDO REMANENTE Y DAR MÁS CONSISTENCIA A LA TORTA FACILITANDO ASÍ LA DESCARGA Y LIMPIEZA DEL FILTRO.

CUANDO HA TERMINADO EL PERÍODO DE INYECCIÓN DE AIRE SE CIERRA LA VÁLVULA (12) Y SE ABRE EL FILTRO AFLOJANDO EL TORNILLO (18) POR MEDIO DEL VOLANTE, SE SACAN LAS TORTAS, SE LAVAN MARCOS Y LONAS LOS CUALES QUEDAN LISTOS PARA UTILIZARSE EN POSTERIORES FILTRACIONES.

PARA ELIMINAR EL FILTRADO DE LOS TANQUES DE DESCARGA (22 Y 23) SE CIERRA LA VÁLVULA (20) Y SE ABREN LAS

VÁLVULAS (28 Y 29), CUÁNDO SE HA ELIMINADO COMPLETAMENTE EL FILTRADO SE QUITAN LOS TAPONES (30 Y 31) DE LOS NIVELES (26 Y 27) CON EL OBJETO DE DESCARGAR TODOS LOS SÓLIDOS QUE SE PUEDAN HABER ACUMULADO EN EL FONDO DEL TUBO -- OBSTRUYÉNDOLO.

DATOS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES

TODAS LAS PRUEBAS QUE SE REALIZARON EN EL FILTRO PrensA SE HICIERON CON EL OBJETO DE DETERMINAR EL EFECTO DE LOS CAMBIOS EN LAS CONDICIONES SOBRE EL VALOR DE LAS CONSTANTES DE FILTRACIÓN C_V Y V_E POR LO QUE SE TRABAJÓ MANTENIENDO EL ÁREA DE FILTRACIÓN CONSTANTE VARIANDO LA CAÍDA DE PRESIÓN Y LA CONCENTRACIÓN DE LOS SÓLIDOS EN LA SUSPENSIÓN. PARA ESTE TRABAJO SE UTILIZÓ UNA SUSPENSIÓN ACUOSA DE ALMIDÓN PERO LA VERSAFILIDAD DEL FILTRO PERMITE UTILIZARLO PARA MUY DIVERSOS TIPOS DE SUSPENSIONES SOLAMENTE ESCOGIENDO ADEGUADAMENTE EL MEDIO FILTRANTE Y CUIDANDO QUE LOS SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN NO SEAN ABRASIVOS COSA QUE PUEDE PERJUDICAR A LA BOMBA DE ENGRANES.

SE UTILIZARON SUSPENSIONES DE ALMIDÓN POR SER ÉSTE UN MATERIAL RELATIVAMENTE BARATO Y ADEMÁS PORQUE FOR TARTAS CONSIDERADAS COMO NO COMPRESIBLES FACILITÁNDOSE ASÍ OBTENER LAS CONSTANTES CON RELATIVA EXACTITUD. SI SE TRABAJA CON TORTAS COMPRESIBLES DEBERÁN UTILIZARSE LAS FUNCIONES EXPONENCIALES MENCIONADAS EN LA TEORÍA.

A CONTINUACIÓN SE INCLUYE UNA TABULACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN CADA CORRIDA, LAS GRÁFICAS CORRESPONDIENTES, EL CÁLCULO DE LAS CONSTANTES PARA UNO DE LOS CASOS Y UNA TABLA DONDE SE INCLUYEN LOS VALORES CALCULADOS PARA CADA UNA DE LAS CORRIDAS.

EN TODAS LAS PRUEBAS SE USARON 4 MARCOS O SEA -
8 MEDIOS FILTRANTES CON UN ÁREA TOTAL DE FILTRACIÓN DE -
0.7432 m².

CORRIDA No. 1

EN ESTA PRUEBA SE UTILIZÓ UNA SUSPENSIÓN DE AL-
MIDÓN EN AGUA AL 2% EN PESO PREPARADA SIGUIENDO EL PROCE-
DIMIENTO EXPERIMENTAL ANTES DESCRITO.

LA CAÍDA DE PRESIÓN SE MANTUVO CONSTANTE DESDE
LA INICIACIÓN DE LA PRUEBA EN 0.4 KG./CM.²

AREA DE FILTRACIÓN: 0.7432 m².

ESPESOR DE LA TORTA: UN CENTÍMETRO EN CADA ME-
DIO FILTRANTE.

θ (MIN)	$\Delta\theta$	V (LTS)	ΔV	$\Delta\theta/\Delta V$	ΔP (KG/CM ²)
0.0					
0.5		2.0			
1.0		6.0			
1.5		10.0			
2.0		14.0			
2.5		18.0			
3.0		22.0			
3.5		26.0			
4.0		30.0			
4.5		33.5			
5.0	5.0	36.5	36.5	13.60	
5.5		40.0			
6.0		43.0			
6.5		46.0			
7.0		49.5			
7.5		53.0			

0.4
CONSTANTE
↓

θ (MIN)	$\Delta\theta$	V(LTS)	ΔV	$\Delta\theta/\Delta V$	ΔP (KG/CM ²)
8.0		56.0			0.4 CONSTANTE
8.5		59.0			
9.0		62.0			
9.5		65.0			
10.0	5.0	68.0	31.5	15.80	
10.5		70.5			
11.0		73.5			
11.5		76.5			
12.0		78.5			
12.5		81.5			
13.0		85.0			
13.5		87.5			
14.0		90.0			
14.5		93.0			
15.0	5.0	95.5	27.5	18.18	
15.5		98.0			
16.0		100.5			
16.5		103.0			
17.0		105.5			
17.5		108.0			
18.0		110.5			
18.5		112.5			
19.0		115.0			
19.5		117.5			
20.0	5.0	120.0	24.5	20.40	
20.5		122.5			
21.0		125.0			
21.5		127.5			
22.0		129.5			
22.5		131.5			
23.0		134.0			
23.5		136.0			
24.0		138.0			
24.5		140.0			
25.0	5.0	142.0	22.0	22.72	
25.5		144.5			
26.0		146.5			
26.5		148.5			
27.0		150.5			
27.5		153.0			
28.0		155.5			
28.5		157.5			
29.0		159.5			
29.5		161.5			
30.0	5.0	163.5	21.5	23.25	
30.5		165.5			
31.0		167.5			

Θ (MIN)	$\Delta\Theta$	V(LTS)	ΔV	$\Delta\Theta/\Delta V$	ΔP (KG/CM ²)
31.5		169.5			0.4
32.0		171.5			CONSTANTE
32.5		173.5			
33.0		175.5			
33.5		177.5			
34.0		179.5			
34.5		181.5			
35.0	5.0	183.5	20.0	25.00	
35.5		185.0			
36.0		187.0			
36.5		189.0			
37.0		191.0			
37.5		192.5			
38.0		194.0			
38.5		196.0			
39.0		197.5			
39.5		199.5			
40.0	5.0	201.0	17.5	28.50	
40.5		202.5			
41.0		204.0			
41.5		205.5			
42.0		207.0			
42.5		209.5			
43.0		210.5			
43.5		212.5			
44.0		214.5			
44.5		215.5			
45.0	5.0	217.0	16.0	31.25	
45.5		219.0			
46.0		220.5			
46.5		222.5			
47.0		224.5			
47.5		225.5			
48.0		227.5			
48.5		229.5			
49.0		230.5			
49.5		232.0			
50.0	5.0	234.0	17.0	29.41	
50.5		235.0			
51.0		236.0			
51.5		238.0			
52.0		240.0			
52.5		241.0			
53.0		243.0			
53.5		244.5			
54.0		245.5			

θ (MIN)	$\Delta\theta$	V(LTS)	ΔV	$\Delta\theta/\Delta V$	ΔP (Kg/cm ²) 0.4 CONSTANTE
54.5		247.0			
55.0	5.0	248.5	14.5	34.48	
55.5		250.0			
56.0		251.0			
56.5		252.0			
57.0		254.0			
57.5		255.0			
58.0		256.0			
58.5		257.0			
59.0		258.5			
59.5		260.0			
60.0	5.0	260.5	12.0	41.66	
60.5		262.0			
61.0		263.5			
61.5		264.5			
62.0		265.0			
62.5		266.0			
63.0		267.0			
63.5		268.0			
64.0		269.0			
64.5		270.0			
65.0	5.0	270.5	10.0	50.00	
65.5		271.0			
66.0		272.5			
66.5		273.5			
67.0		274.0			
67.5		275.0			
68.0		275.5			
68.5		276.0			
69.0		277.0			
69.5		278.0			
70.0	5.0	279.0	8.5	58.82	
70.5		280.0			
71.0		280.0			
71.5		280.5			
72.0		281.0			
72.5		282.0			
73.0		283.0			
73.5		284.0			
74.0		284.5			
74.5		284.7			
75.0	5.0	285.0	6.0	83.33	
75.5		285.0			
76.0		285.5			
76.5		286.0			
77.0		286.0			
77.5		286.5			

Θ (MIN)	$\Delta\Theta$	V(LTS)	ΔV	$\Delta\Theta/\Delta V$	ΔP (KG/CM ²) 0.4 CONSTANTE
78.0		287.5			↓
78.5		288.0			
79.0		288.5			
79.5		289.0			
80.0	5.0	289.5	4.5	111.11	
80.5		290.0			
81.0		290.0			
81.5		290.0			
82.0		290.0			
82.5		290.5			
83.0		291.0			
83.5		291.0			
84.0		291.5			
84.5		291.5			
85.0	5.0	291.5	2.0	250.00	

NOTA:

PARA FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN DE LAS GRÁFICAS Y REDUCIR EL % DE ERROR EN LA MEDICIÓN DEL VOLUMEN FILTRADO - SE TOMARON EN CUENTA LAS LECTURAS A INTERVALOS DE TIEMPO VARIABLES SEGÚN EL CASO, AUNQUE SE DISPONE DE LOS DATOS - TOMADOS CADA 1/2 MINUTO.

CORRIDA No. 2

SUSPENSION DE ALMIDÓN EN AGUA AL 2% EN PESO

AREA DE FILTRACIÓN: 0,7432 m².

CAÍDA DE PRESIÓN CONSTANTE A PARTIR DEL 40. MINUTO:
0,6 Kg/cm.2.

ESPESOR DE LA TORTA: UN CENTÍMETRO EN CADA MEDIO FIL
TRANTE,

θ (MIN)	$\Delta\theta$	V (LTS)	ΔV	$\Delta\theta/\Delta V$	ΔP (Kg/cm ²)
0.0					0.48
0.5		6.0			0.50
1.0		11.0			0.52
1.5		19.0			0.55
2.0		25.0			0.56
2.5		32.0			0.58
3.0		38.0			0.59
3.5		44.0			0.60
4.0		50.0			
4.5		56.0			
5.0	5.0	62.0	62.0	8.06	CONSTANTE
5.5		68.0			
6.0		74.0			
6.5		78.0			
7.0		84.0			
7.5		89.5			
8.0		95.0			
8.5		100.0			
9.0		105.0			
9.5		110.0			
10.0	5.0	114.0	52.0	9.61	
10.5		118.5			
11.0		123.0			
11.5		126.5			
12.0		130.0			
12.5		135.0			
13.0		138.5			
13.5		142.5			
14.0		146.0			

θ (MIN)	$\Delta\theta$	V(LTS)	ΔV	$\Delta\theta/\Delta V$	ΔP (KG/CM ²) 0.6 CONSTANTE
14.5		150.0			
15.0	5.0	154.0	40.0	12.50	
15.5		158.0			
16.0		162.0			
16.5		165.0			
17.0		169.0			
17.5		172.0			
18.0		176.0			
18.5		179.5			
19.0		182.5			
19.5		185.5			
20.0	5.0	189.0	35.0	14.28	
20.5		192.5			
21.0		195.5			
21.5		199.0			
22.0		202.0			
22.5		205.0			
23.0		207.5			
23.5		210.5			
24.0		214.0			
24.5		216.5			
25.0	5.0	219.5	30.5	16.39	
25.5		222.5			
26.0		225.5			
26.5		228.5			
27.0		231.0			
27.5		234.0			
28.0		237.0			
28.5		240.0			
29.0		242.6			
29.5		245.0			
30.0	5.0	248.0	28.5	17.54	
30.5		251.0			
31.0		254.0			
31.5		255.5			
32.0		258.0			
32.5		260.5			
33.0		263.0			
33.5		265.5			
34.0		267.5			
34.5		270.0			
35.0	5.0	272.5	24.5	20.40	
35.5		274.5			
36.0		276.0			
36.5		279.0			
37.0		280.5			
37.5		283.0			

Θ (MIN)	$\Delta\Theta$	V(LTS)	ΔV	$\Delta\Theta/\Delta V$	ΔP (KG/CM ²) 0.6 CONSTANTE
38.0		285.0			
38.5		287.0			
39.0		289.0			
39.5		290.5			
40.0	5.0	292.0	19.5	25.64	
40.5		294.0			
41.0		295.0			
41.5		296.0			
42.0		298.0			
42.5		299.5			
43.0		300.5			
43.5		301.5			
44.0		303.0			
44.5		304.5			
45.0	5.0	305.0	13.0	38.46	
45.5		306.5			
46.0		308.0			
46.5		309.0			
47.0		310.0			
47.5		311.0			
48.0		311.5			
48.5		313.0			
49.0		314.5			
49.5		315.0			
50.0	5.0	315.5	10.5	47.61	
50.5		316.5			
51.0		317.0			
51.5		318.0			
52.0		318.5			
52.5		319.5			
53.0		320.0			
53.5		320.5			
54.0		321.0			
54.5		322.0			
55.0	5.0	323.0	7.5	66.66	
55.5		323.5			
56.0		324.0			
56.5		325.0			
57.0		325.0			
57.5		325.5			
58.0		326.0			
58.5		326.5			
59.0		327.0			
59.5		327.5			
60.0	5.0	328.0	5.0	100.00	
60.5		328.5			

Θ (MIN)	$\Delta\Theta$	V(LTS)	ΔV	$\Delta\Theta/\Delta V$	ΔP (KG/CM ²) 0.6 CONSTANTE
61.0		329.5			
61.5		330.0			
62.0		330.0			
62.5		330.5			
63.0		330.5			
63.5		331.0			
64.0		331.0			
64.5		332.0			
65.0	5.0	333.0	5.0	100.00	
65.5		333.5			
66.0		333.5			
66.5		334.0			
67.0		334.5			
67.5		334.5			
68.0		335.0			
68.5		335.0			
69.0		335.5			
69.5		335.5			
70.0	5.0	336.0	3.0	166.66	
70.5		336.0			
71.0		336.5			
71.5		337.0			
72.0		337.5			
72.5		338.0			
73.0		338.0			
73.5		338.5			
74.0		339.0			
74.5		340.0			
75.0	5.	340.0	4.0	125.00	

CORRIDA No. 3


SUSPENSIÓN DE ALMIDÓN EN AGUA AL 2% EN PESO.

AREA DE FILTRACIÓN: 0.7432 m².

CAÍDA DE PRESIÓN CONSTANTE A PARTIR DEL MINUTO 14: 0.8 Kg/cm².

ESPESOR DE LA TORTA: UN CENTÍMETRO EN CADA MEDIO FILTRAN-
TE.

θ (MIN)	$\Delta\theta$	V(LTS)	ΔV	$\Delta\theta/\Delta V$	ΔP (Kg/cm ²)
0.0					
0.5		5.0			0.61
1.0		10.0			0.62
1.5		16.0			0.63
2.0		23.0			0.65
2.5		30.0			0.66
3.0		35.0			0.66
3.5		42.0			0.67
4.0		46.0			0.68
4.5		54.0			0.69
5.0	5.0	60.0	60.0	8.33	0.70
5.5		65.0			0.71
6.0		71.0			0.72
6.5		76.0			0.72
7.0		82.0			0.73
7.5		87.0			0.73
8.0		93.0			0.74
8.5		99.0			0.75
9.0		104.0			0.76
9.5		110.0			0.76
10.0	5.0	115.0	55.0	9.09	0.76
10.5		120.0			0.77
11.0		125.0			0.77
11.5		130.0			0.78
12.0		135.0			0.78
12.5		140.0			0.78
13.0		145.0			0.78
13.5		149.5			0.79
14.0		154.0			0.80
14.5					

θ (MIN):	$\Delta\theta$	V(LTS)	ΔV	$\Delta\theta/\Delta V$	ΔP (KG/CM ²) CONSTANTE 0.8
15.0	5.0	163.0	48.0	10.41	
15.5		167.0			
16.0		172.0			
16.5		177.0			
17.0		181.0			
17.5		185.0			
18.0		190.0			
18.5		195.0			
19.0		200.0			
19.5		204.0			
20.0	5.0	207.0	44.0	11.36	
20.5		210.0			
21.0		215.0			
21.5		219.5			
22.0		223.0			
22.5		226.5			
23.0		230.0			
23.5		233.5			
24.0		237.0			
24.5		241.0			
25.0	5.0	245.0	38.0	13.5	
25.5		248.0			
26.0		251.0			
26.5		255.0			
27.0		258.5			
27.5		261.5			
28.0		264.5			
28.5		268.5			
29.0		272.0			
29.5		275.0			
30.0	5.0	278.5	33.5	14.92	
30.5		282.0			
31.0		285.0			
31.5		288.0			
32.0		291.0			
32.5		294.0			
33.0		296.5			
33.5		300.0			
34.0		302.5			
34.5		305.0			
35.0	5.0	307.0	28.5	17.18	
35.5		309.0			
36.0		311.0			
36.5		313.5			
37.0		315.0			
37.5		317.5			

θ (MIN)	$\Delta\theta$	V(LTS)	ΔV	$\Delta\theta/\Delta V$	$\frac{\Delta P}{0.8}$ (Kg/cm ²) CONSTANTE
38.0		319.0			↓
38.5		321.0			
39.0		323.0			
39.5		324.5			
40.0	5.0	325.5	18.5	27.00	
40.5		327.5			
41.0		328.5			
41.5		330.0			
42.0		330.5			
42.5		332.0			
43.0		333.0			
43.5		334.0			
44.0		335.0			
44.5		335.0			
45.0	5.0	335.5	10.0	50.00	
45.5		336.0			
46.0		336.5			
46.5		337.5			
47.0		338.0			
47.5		338.5			
48.0		339.0			
48.5		339.5			
49.0		340.0			
49.5		340.0			
50.0	5.0	340.5	5.0	100.00	
50.5		341.0			
51.0		341.0			
51.5		341.5			
52.0		342.0			
52.5		342.0			
53.0		342.5			
53.5		342.5			
54.0		343.0			
54.5		343.0			
55.0	5.0	343.5	3.0	166.66	
55.5		344.0			
56.0		344.5			
56.5		344.5			
57.0		344.5			

CORRIDA No. 4.

SUSPENSIÓN DE ALMIDÓN EN AGUA AL 4% EN PESO.

AREA DE FILTRACIÓN: 0.7432 m².

CAÍDA DE PRESIÓN CONSTANTE: 0.4 Kg/cm².

ESPESOR DE LA TORTA: UN CENTÍMETRO EN CADA MEDIO FILTRAN-
TE.

θ (MIN)	$\Delta\theta$	V (LTS)	ΔV	$\Delta\theta/\Delta V$	ΔP (Kg/cm ²)
0.0					0.4
0.5		4.0			CONSTANTE
1.0		10.0			
1.5		16.0			
2.0		22.0			
2.5		27.5			
3.0		32.0			
3.5		36.5			
4.0		40.5			
4.5		45.0			
5.0	5.0	50.0	50.0	10.00	
5.5		53.0			
6.0		56.5			
6.5		60.0			
7.0		63.5			
7.5		66.5			
8.0		69.5			
8.5		72.0			
9.0		75.0			
9.5		78.0			
10.0	5.0	80.5	30.5	16.39	
10.5		83.5			
11.0		86.0			
11.5		89.0			
12.0		91.5			
12.5		94.5			
13.0		96.0			
13.5		99.0			
14.0		101.5			
14.5		104.0			
15.0	5.0	105.5	25.0	20.00	
15.5		107.5			
16.0		110.0			
16.5		112.5			

Θ (MIN)	$\Delta\Theta$	V(LTS)	ΔV	$\Delta\Theta/\Delta V$	ΔP (KG/CM ²) 0.4 CONSTANTE
17.0		115.0			
17.5		117.0			
18.0		118.5			
18.5		120.0			
19.0		122.5			
19.5		124.5			
20.0	5.0	126.0	20.5	24.39	
20.5		128.5			
21.0		130.0			
21.5		131.5			
22.0		134.0			
22.5		135.0			
23.0		136.0			
23.5		137.0			
24.0		138.5			
24.5		139.5			
25.0	5.0	140.0	14.0	35.71	
25.5		140.5			
26.0		140.7			
26.5	1.5	141.0	1.0	150.00	

CORRIDA No. 5

SUSPENSIÓN DE ALMIDÓN EN AGUA AL 4% EN PESO.

AREA DE FILTRACIÓN: 0.7432 m².

CAÍDA DE PRESIÓN CONSTANTE A PARTIR DE 3.5 MINUTOS: 0.6 Kg/cm².

ESPESOR DE LA TORTA: UN CENTÍMETRO EN CADA MEDIO FILTRAN-
TE.

Θ (MIN)	$\Delta\Theta$	V(LTS)	ΔV	$\Delta\Theta/\Delta V$	ΔP (Kg/cm ²)
0.0					
0.5		4.0			0.43
1.0		11.0			0.47
1.5		17.0			0.50
2.0		24.5			0.53
2.5		30.0			0.55
3.0	3.0	36.5	36.5	8.21	0.58
3.5		43.0			0.60
4.0		48.0			
4.5		54.5			CONSTANTE
5.0		60.0			
5.5		64.5			
6.0	3.0	68.0	31.5	9.52	
6.5		72.5			
7.0		76.5			
7.5		80.5			
8.0		85.0			
8.5		89.0			
9.0	3.0	92.5	24.5	12.24	
9.5		95.5			
10.0		100.0			
10.5		103.0			
11.0		105.5			
11.5		110.0			
12.0	3.0	113.0	20.5	14.63	
12.5		116.0			
13.0		119.0			
13.5		122.0			
14.0		124.5			
14.5		127.0			
15.0	3.0	129.5	16.5	18.18	

θ (MIN)	$\Delta\theta$	V(LTS)	ΔV	$\Delta\theta/\Delta V$	ΔP (KG/CM ²)
15.5		132.0			
16.0		134.0			
16.5		136.0			
17.0		138.0			
17.5		140.0			
18.0	3.0	141.5	12.0	25.00	
18.5		142.0			
19.0		143.0			
19.5		144.0			
20.0		144.5			
20.5		144.8			
21.0	3.0	145.0	3.5	85.71	



CORRIDA No. 6

SUSPENSIÓN DE ALMIDÓN EN AGUA AL 4% EN PESO.

AREA DE FILTRACIÓN: 0.7432 m².

CAÍDA DE PRESIÓN CONSTANTE A PARTIR DE 5.5 MINUTOS: 0.8 Kg/cm.².

ESPESOR DE LA TORTA: UN CENTÍMETRO EN CADA MEDIO FILTRANTE.

θ (MIN)	$\Delta\theta$	V (LTS)	ΔV	$\Delta\theta/\Delta V$	ΔP (Kg/cm ²)
0.0					
0.5		5.0			0.48
1.0		12.0			0.54
1.5		19.0			0.58
2.0	2.0	26.0	26.0	7.69	0.62
2.5		32.0			0.65
3.0		38.0			0.68
3.5		45.0			0.71
4.0	2.0	51.0	25.0	8.00	0.74
4.5		55.0			0.76
5.0		61.0			0.78
5.5		66.0			0.80
6.0	2.0	70.0	19.0	10.52	0.80
6.5		75.0			CONSTANTE
7.0		80.0			
7.5		84.0			
8.0	2.0	88.0	18.0	11.11	
8.5		92.0			
9.0		95.5			
9.5		99.5			
10.0	2.0	102.0	14.0	14.28	
10.5		105.0			
11.0		106.5			
11.5		107.5			
12.0	2.0	107.5	1.0	100.00	

CORRIDA No. 7

SUSPENSIÓN DE ALMIDÓN EN AGUA AL 6% EN PESO.

AREA DE FILTRACIÓN: 0.7432 m².

CAÍDA DE PRESIÓN CONSTANTE: 0.4 Kg/cm.²

ESPESOR DE LA TORTA: UN CENTÍMETRO POR CADA MEDIO FILTRAN
TE.

Θ (MIN)	$\Delta\Theta$	V (LTS)	ΔV	$\Delta\Theta/\Delta V$	ΔP (Kg/cm ²) 0.4 CONSTANTE
0.0					
0.5		6.0			
1.0		15.0			
1.5		22.0			
2.0		29.0			
2.5		35.0			
3.0	3.0	40.0	40.0	7.5	
3.5		46.0			
4.0		50.0			
4.5		55.0			
5.0		59.0			
5.5		63.0			
6.0	3.0	66.0	26.0	11.53	
6.5		70.0			
7.0		73.0			
7.5		76.0			
8.0		80.0			
8.5		83.0			
9.0	3.0	86.0	20.0	15.00	
9.5		89.0			
10.0		92.0			
10.5		95.0			
11.0		98.0			
11.5		100.0			
12.0	3.0	103.0	17.0	17.64	
12.5		105.0			
13.0		107.0			
13.5		109.0			
14.0		112.0			
14.5		114.0			
15.0	3.0	116.0	13.0	23.07	
15.5		118.0			
16.0		119.0			

θ (MIN)	$\Delta\theta$	V(LTS)	ΔV	$\Delta\theta/\Delta V$	ΔP (KG/CM ²) 0.4 CONSTANTE
16.5		120.0			
17.0		121.0			
17.5		122.0			
18.0	3.0	123.0	7.0	42.85	
18.5		123.5			
19.0		124.0			
19.5		125.0			
20.0		125.0			
21.0	3.0	125.0		150.00	

ΔP
(KG/CM²)
0.4
CONSTANTE
↓

CORRIDA No. 8

SUSPENSIÓN DE ALMIDÓN EN AGUA AL 6% EN PESO.

AREA DE FILTRACIÓN: 0.7432 m².

CAÍDA DE PRESIÓN CONSTANTE: 0.6 Kg/cm.²

ESPESOR DE LA TORTA: UN CENTÍMETRO EN CADA MEDIO FILTRAN-
TE.

θ (MIN)	$\Delta\theta$	V (LTS)	ΔV	$\Delta\theta/\Delta V$	ΔP (Kg/cm ²)
0.0					
0.5					
1.0					
1.5					
2.0					
2.5	2.5	34.0	34.0	7.35	0.6
3.0		38.0			
3.5	1.0	43.0	9.0	11.11	CONSTANTE
4.0		47.0			
4.5	1.0	51.0	8.0	12.50	
5.0		54.0			
5.5	1.0	57.0	6.0	16.66	
6.0		60.0			
6.5	1.0	62.0	5.0	20.00	
7.0		63.5			
7.5	1.0	64.5	2.5	40.00	
8.0		65.0			
8.5	1.0	66.0	1.5	66.66	
9.0		66.5			
9.5	1.0	66.7	0.7	142.85	
10.0	0.5	67.0	0.3	166.66	

CORRIDA No. 9.

SUSPENSION DE ALMIDÓN EN AGUA AL 6% EN PESO

AREA DE FILTRACIÓN: 0.7432 m².

CAÍDA DE PRESIÓN CONSTANTE A PARTIR DE 6 MINUTOS: 0.8 --
Kg/cm. 2).

ESPESOR DE LA TORTA: UN CENTÍMETRO EN CADA MEDIO FILTRAN-
TE.

θ (MIN)	$\Delta\theta$	V(LTS)	ΔV	$\Delta\theta/\Delta V$	ΔP (Kg/cm ²)
0.0					
0.5		5.0			0.42
1.0	1.0	14.0	14.0	7.14	0.48
1.5		22.5			0.55
2.0		30.0			0.59
2.5		37.0			0.63
3.0	2.0	44.0	30.0	6.66	0.66
3.5		51.0			0.70
4.0		57.0			0.73
4.5		63.0			0.75
5.0	2.0	70.0	26.0	7.69	0.78
5.5		75.0			0.80
6.0		80.0			 CONSTANTE
6.5		85.0			
7.0		88.0			 ↓
7.5	2.5	90.0	20.0	12.50	
8.0		94.0			 ↓
8.5		96.0			
9.0	1.5	97.0	7.0	21.42	 ↓
9.5		97.5			
10.0	1.0	97.5	0.5	200.00	↓

CORRIDA No. 10

SUSPENSIÓN DE ALMIDÓN EN AGUA AL 8% EN PESO.

AREA DE FILTRACIÓN: 0.7432 M².

CAÍDA DE PRESIÓN CONSTANTE: 0.4 KG/CM.²,

ESPESOR DE LA TORTA: UN CENTÍMETRO POR CADA MEDIO FILTRANTE.

Θ (MIN)	$\Delta\Theta$	V (LTS)	ΔV	$\Delta\Theta/\Delta V$	ΔP (KG/CM ²)
0.0					
0.5		5.0			0.4
1.0		10.0			
1.5	1.5	15.0	15.0	10.0	CONSTANTE
2.0		20.0			
2.5		25.0			
3.0	1.5	29.0	14.0	10.71	
3.5		32.0			
4.0		35.0			
4.5	1.5	38.0	9.0	16.66	
5.0		41.0			
5.5		45.0			
6.0	1.5	47.0	9.0	16.66	
6.5		50.0			
7.0		52.0			
7.5	1.5	54.0	7.0	21.42	
8.0		56.0			
8.5		58.0			
9.0	1.5	60.0	6.0	25.00	
9.5		62.0			
10.0		63.5			
10.5	1.5	65.0	5.0	30.00	
11.0		65.5			
11.5		65.5			
12.0	1.5	65.5	0.5	300.00	

CORRIDA No. 11

SUSPENSIÓN DE ALMIDÓN EN AGUA AL 8% EN PESO.

AREA DE FILTRACIÓN: 0.7432 m².

CAÍDA DE PRESIÓN CONSTANTE A PARTIR DEL 2 MINUTOS: 0.6
Kg/cm.²

ESPESOR DE LA TORTA: UN CENTÍMETRO EN CADA MEDIO FILTRANTE.

θ (MIN)	$\Delta\theta$	V(LTS)	ΔV	$\Delta\theta/\Delta V$	ΔP (Kg/cm ²)
0.0					
0.5		5.0			0.40
1.0	1.0	12.0	12.0	8.33	0.50
1.5		20.0			0.58
2.0	1.0	25.0	13.0	7.69	0.60
2.5		30.0			
3.0	1.0	35.0	10.0	10.00	CONSTANTE
3.5		40.0			
4.0	1.0	44.0	9.0	11.11	
4.5		48.0			
5.0	1.0	52.0	8.0	12.50	
5.5		55.0			
6.0	1.0	58.0	6.0	16.66	
6.5		60.0			
7.0	1.0	62.0	4.0	25.00	
7.5	0.5	63.0	1.0	50.00	
7.75	0.25	63.5	0.5	50.00	

CORRIDA No. 12

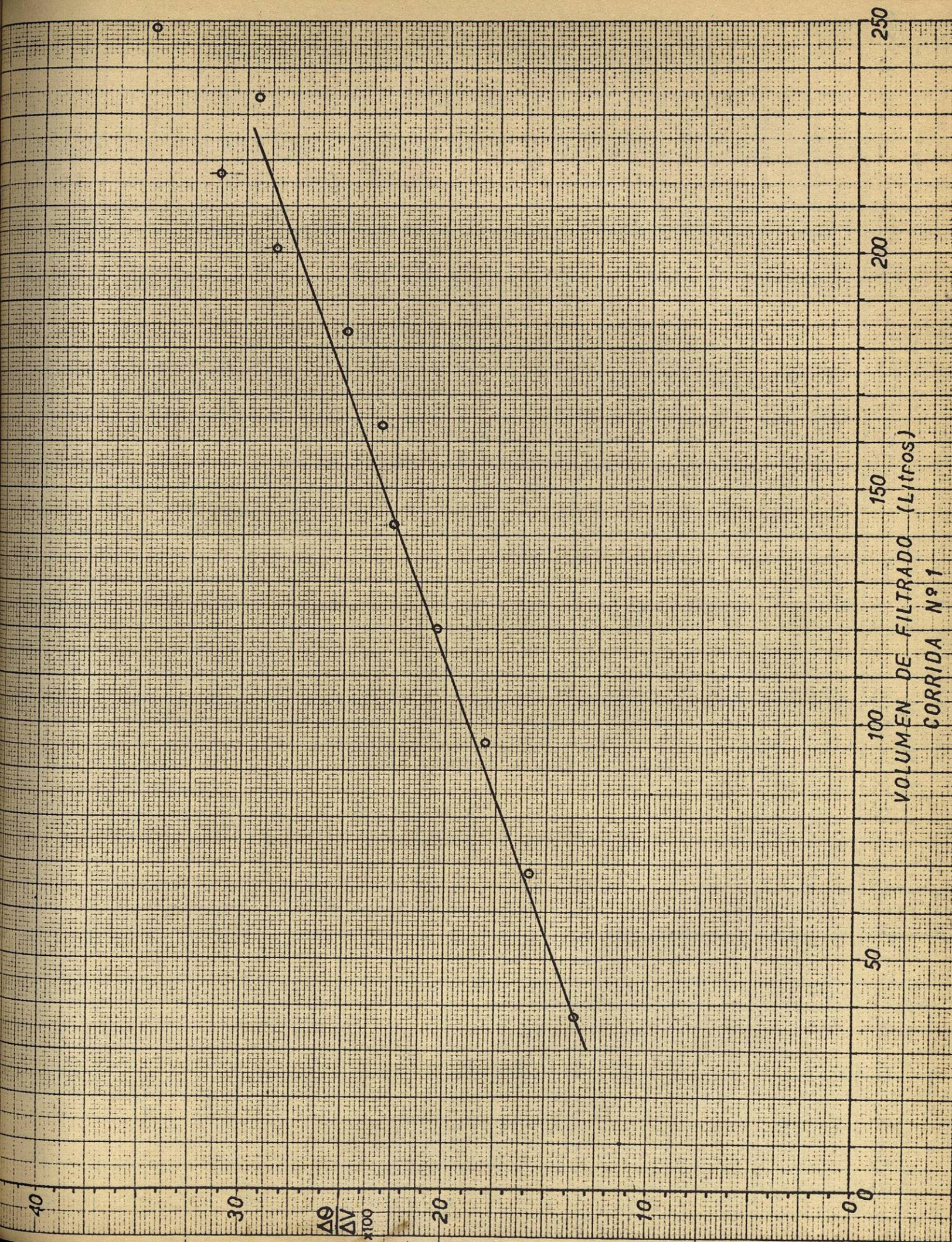
SUSPENSIÓN DE ALMIDÓN EN AGUA AL 8% EN PESO.

AREA DE FILTRACIÓN: 0.7432 m².

CAÍDA DE PRESIÓN CONSTANTE A PARTIR DEL MINUTO 6: 0.8 Kg/cm².

ESPESOR DE LA TORTA: UN CENTÍMETRO EN CADA MEDIO FILTRANTE.

θ (MIN)	$\Delta\theta$	V(LTS)	ΔV	$\Delta\theta/\Delta V$	ΔP (Kg/cm ² .)
0.0					
0.5		5.0			0.38
1.0	1.0	12.0	12.0	8.33	0.44
1.5		20.0			0.50
2.0	1.0	25.0	13.0	7.69	0.54
2.5		32.0			0.58
3.0	1.0	38.0	13.0	7.69	0.61
3.5		45.0			0.64
4.0	1.0	50.0	12.0	8.33	0.68
4.5		54.0			0.70
5.0	1.0	59.0	9.0	11.11	0.74
5.5		63.0			0.80
6.0	1.0	65.0	6.0	16.66	0.80
6.5		65.0			0.80
7.0	1.0	65.5	0.5	200.00	0.80



40

30

$\frac{\Delta P}{\Delta V} \times 100$

20

10

0

50

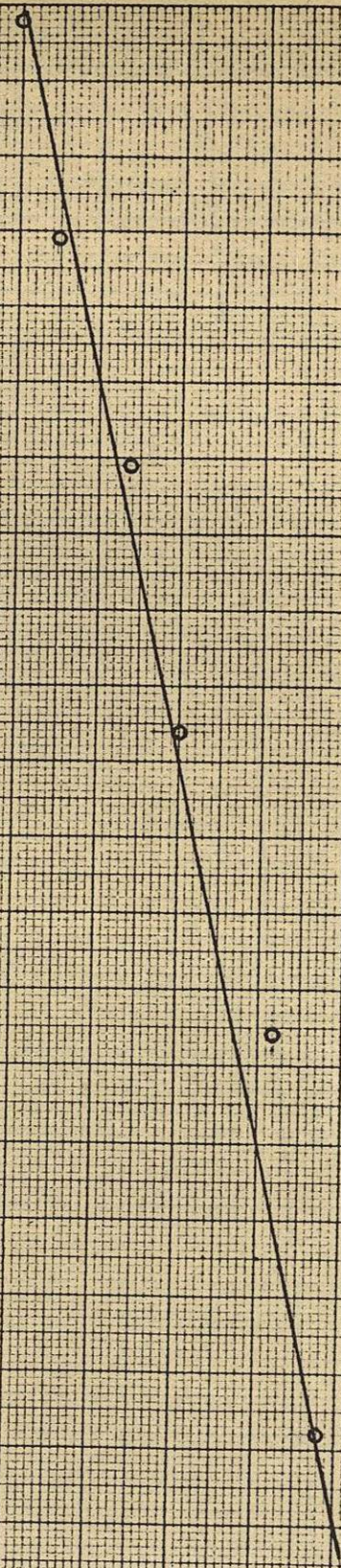
100

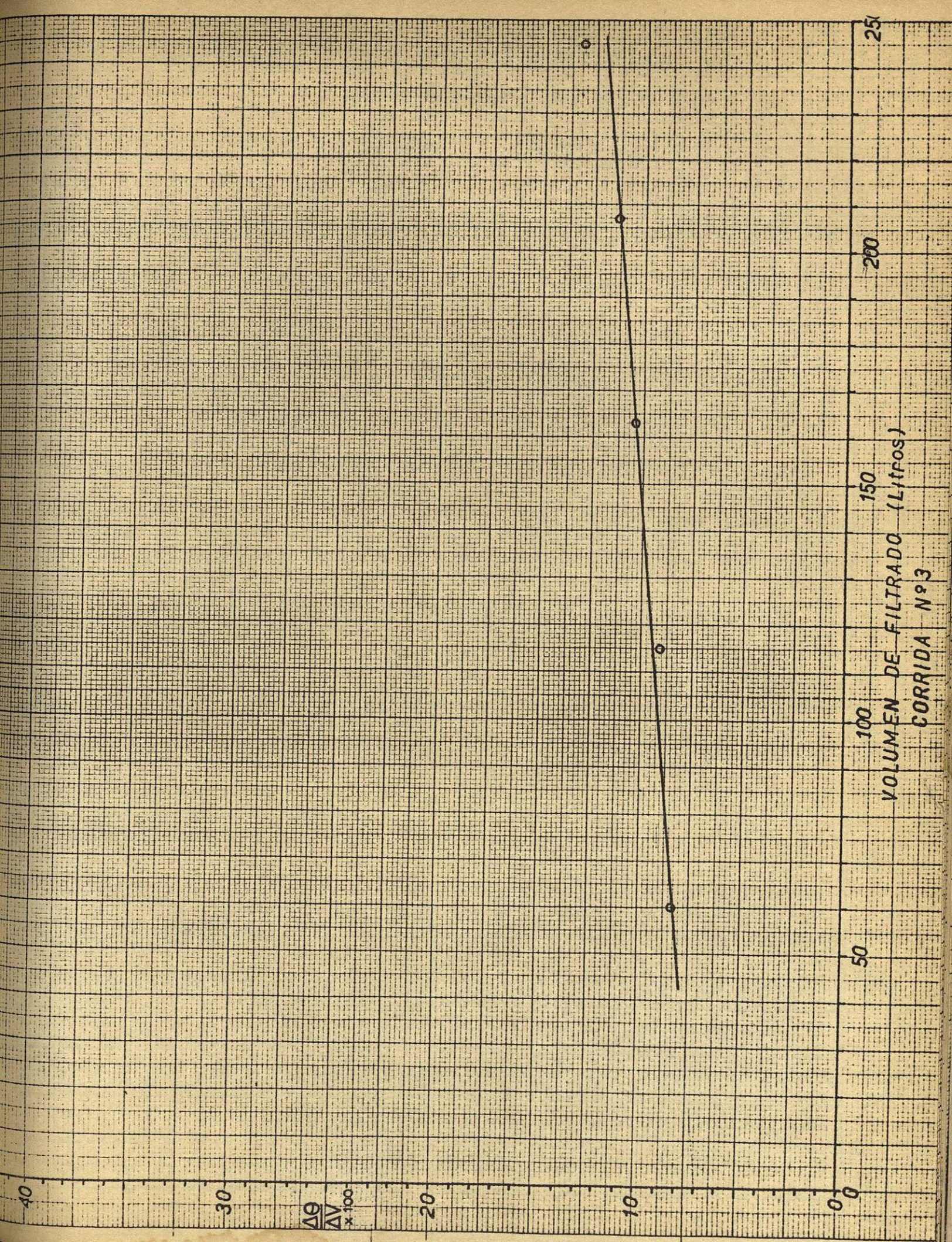
150

200

250

VOLUMEN DE FILTRADO (Litros)
CORRIDA N° 2





25

200

150

100

50

0

VOLUMEN DE FILTRADO (Litros)
CORRIDA Nº3

$\frac{\Delta\theta}{\Delta V} \times 100$

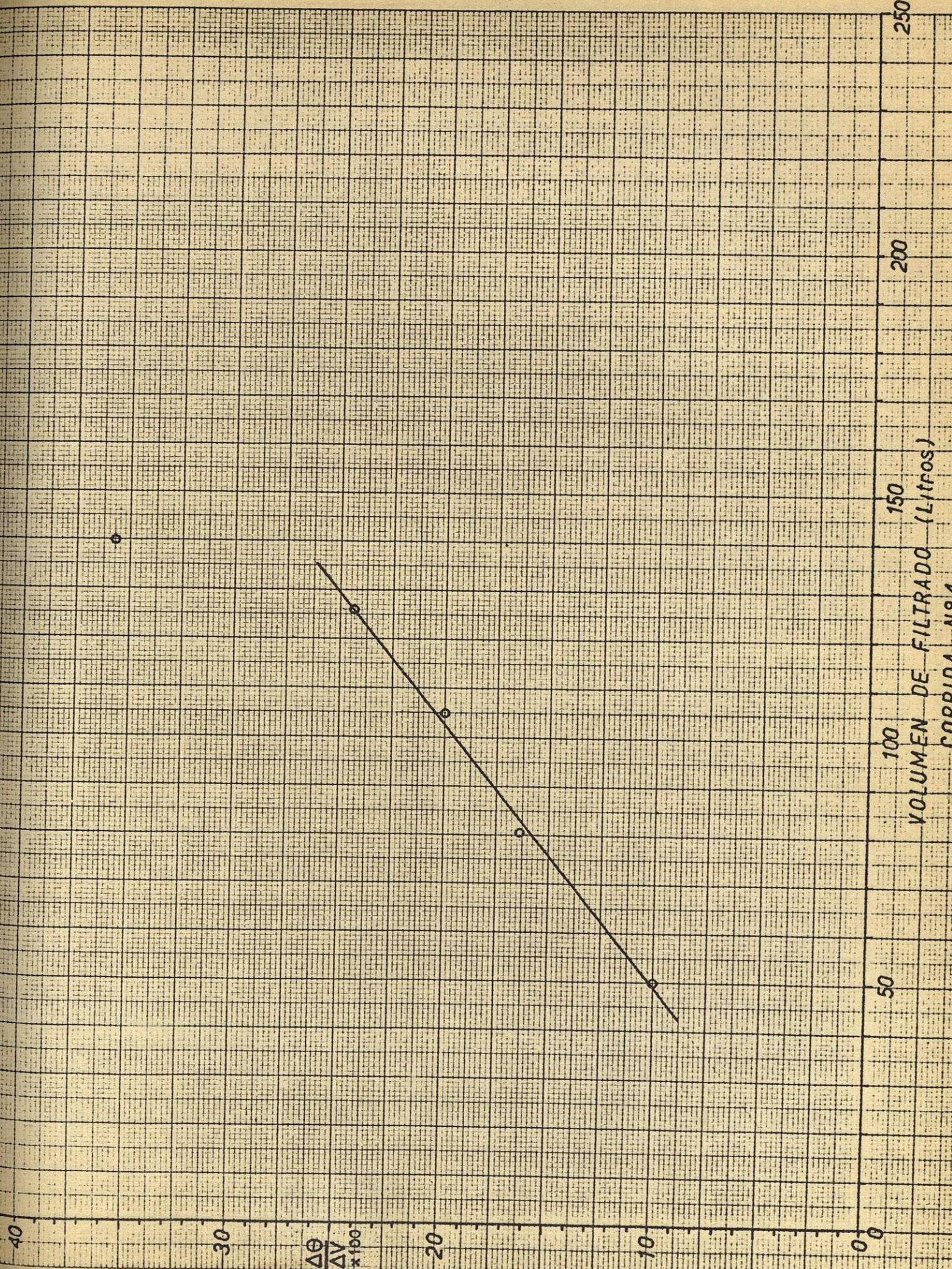
20

10

0

30

40



40

30

$\frac{\Delta \rho}{\Delta V} \times 100$

20

10

0

50

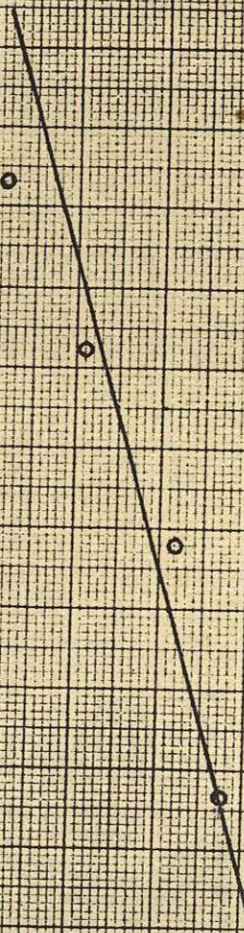
100

150

200

250

VOLUMEN DE FILTRADO (Litros)
CORRIDA Nº 5



40

30

$\frac{\Delta\theta}{\Delta V} \times 1000$

20

10

0

50

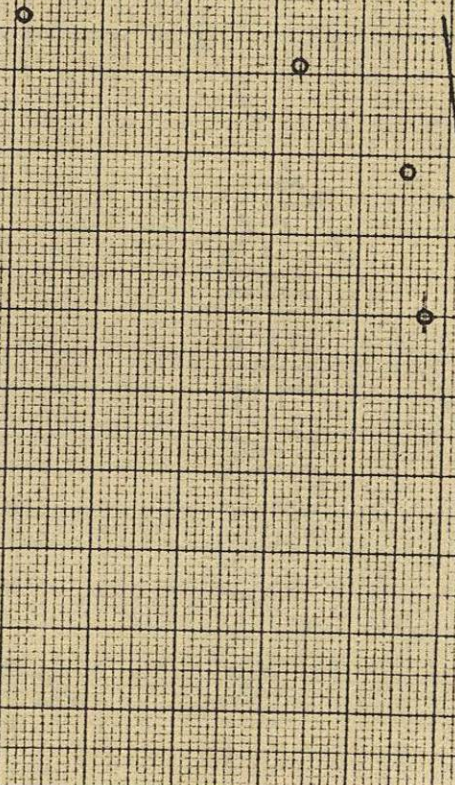
100

150

200

250

VOLUMEN DE FILTRADO (Litros)
CORRIDA N° 6



40

30

$\frac{\Delta\theta}{\Delta V} \times 100$

20

10

0

50

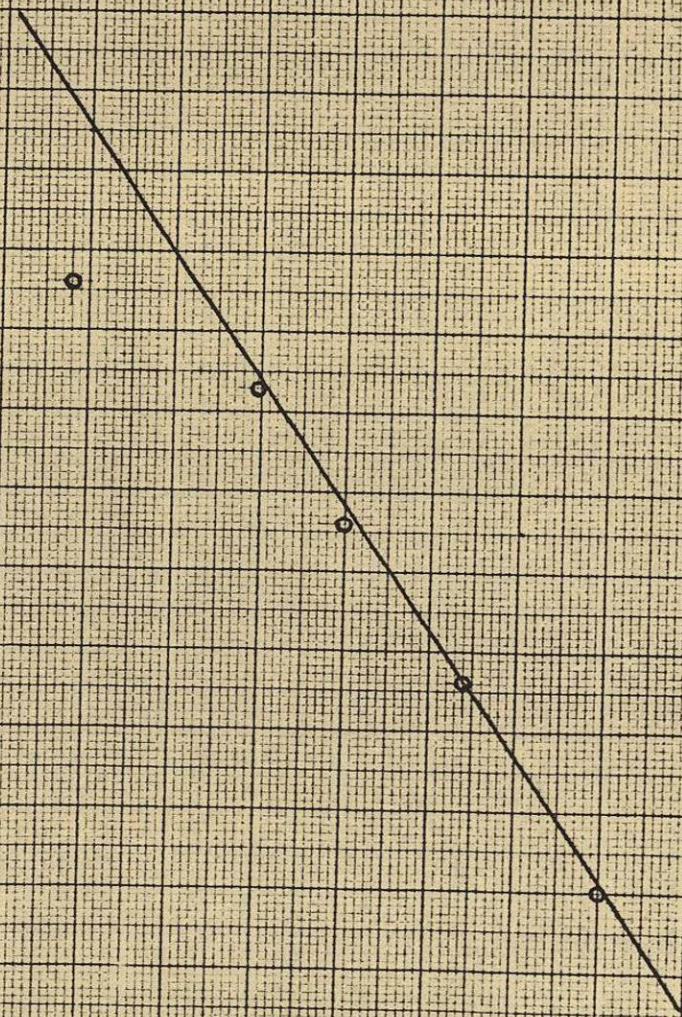
100

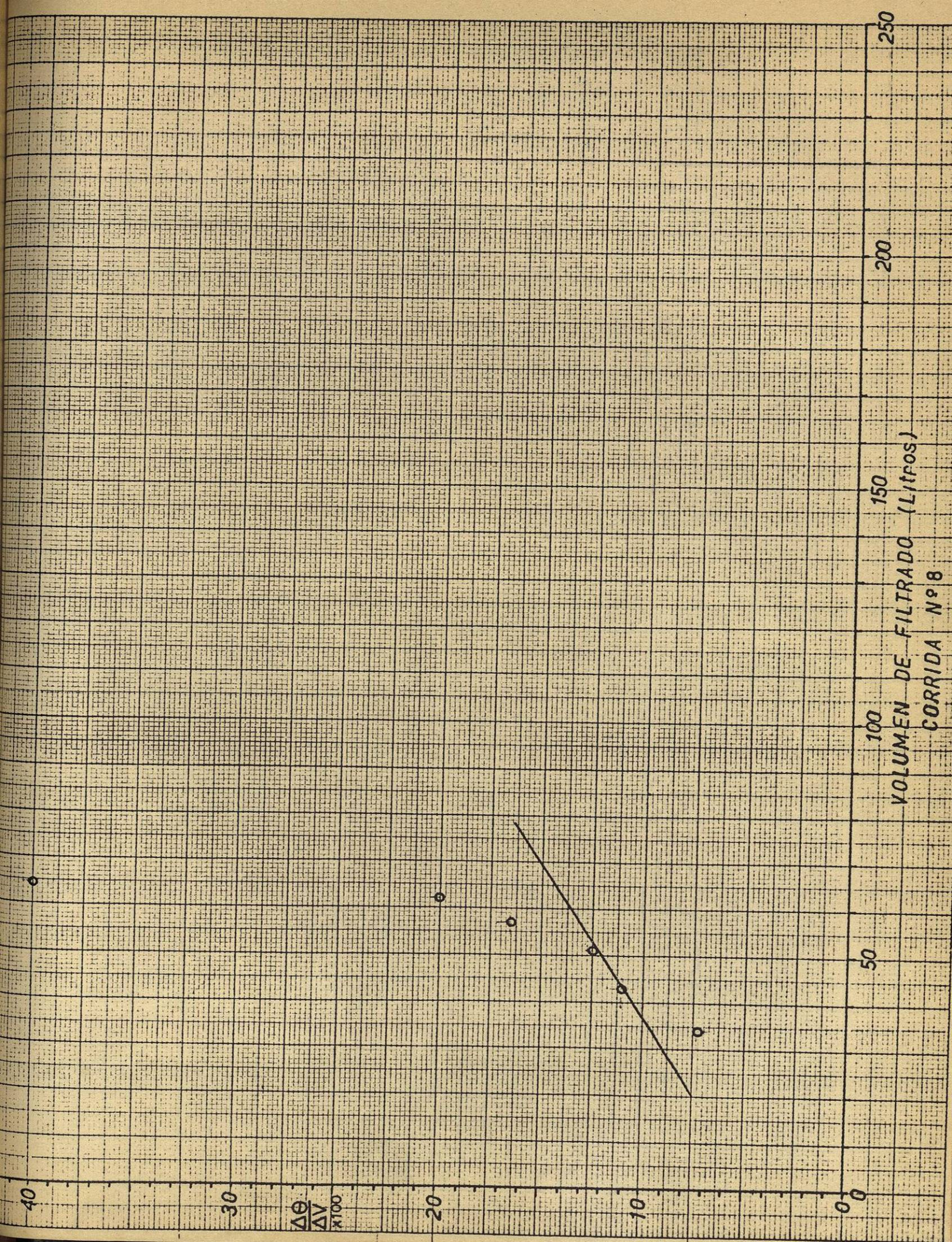
150

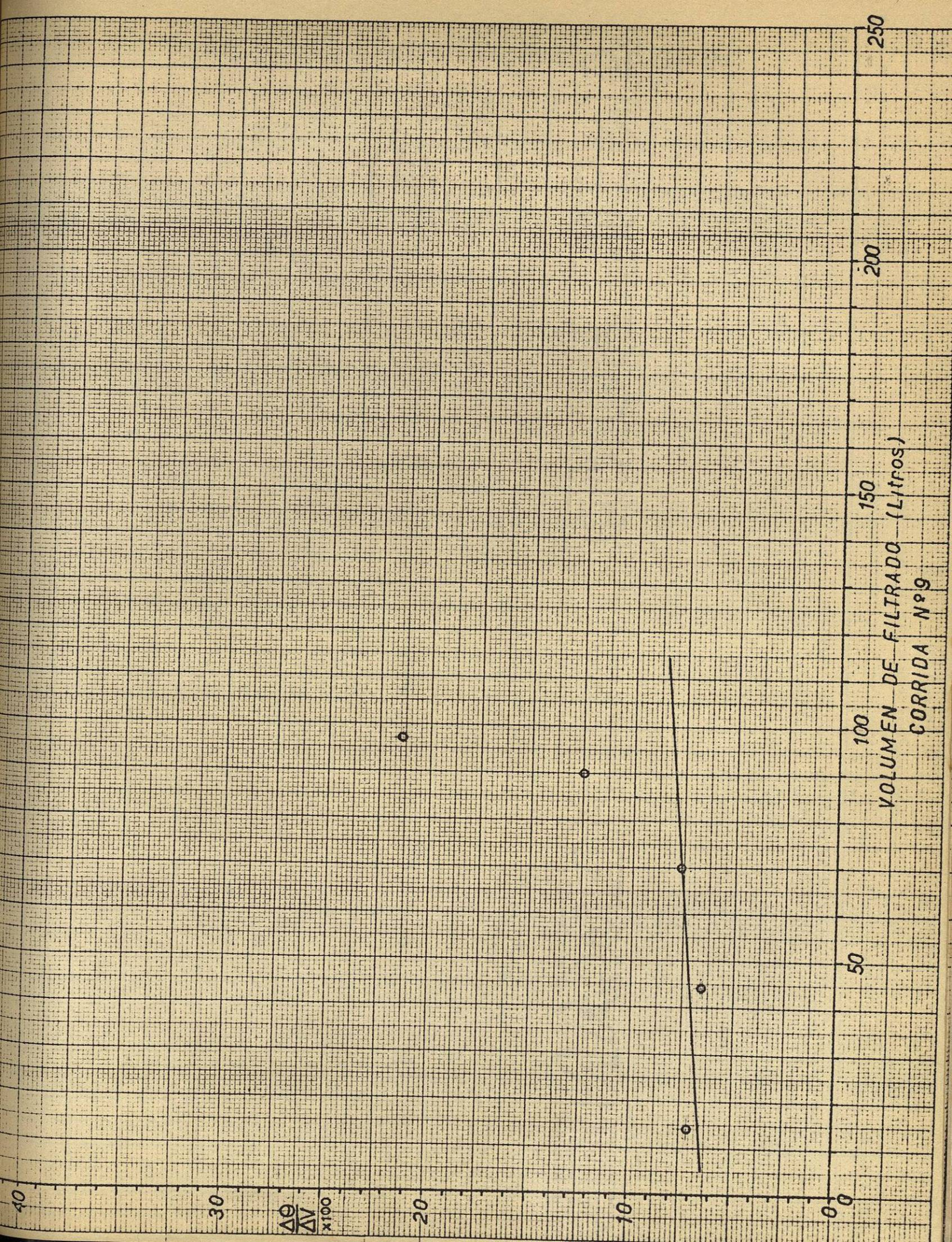
200

250

VOLUMEN DE FILTRADO (Litros)
CORRIDA N° 7







250

200

150

100

50

0

VOLUMEN DE FILTRADO (Litros)
CORRIDA Nº 9

$\frac{\Delta P}{\Delta V} \times 100$

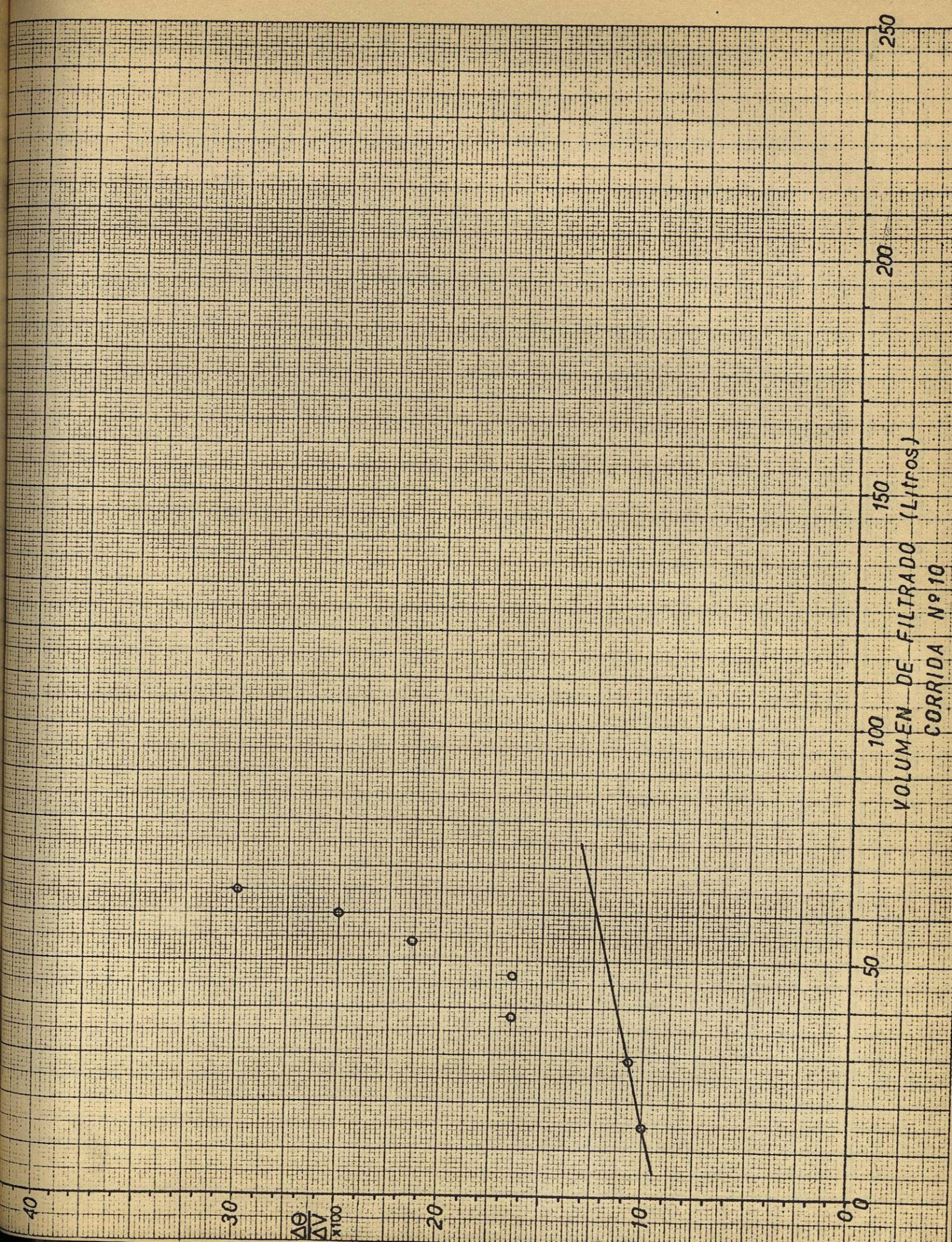
30

20

10

0

40



40

30

$\frac{\Delta\theta}{\Delta V} \times 100$

20

10

00

50

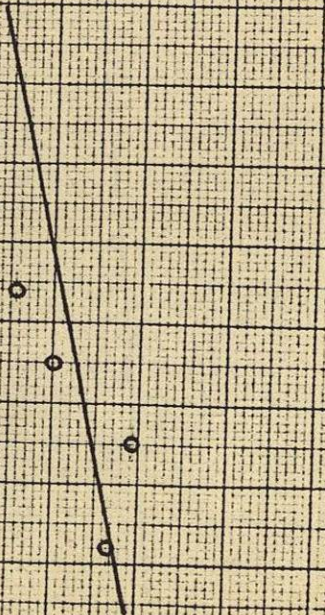
100

150

200

250

VOLUMEN DE FILTRADO (Litros)
CORRIDA Nº11



40

30

$\frac{\Delta\theta}{\Delta V}$
K100

20

10

0

50

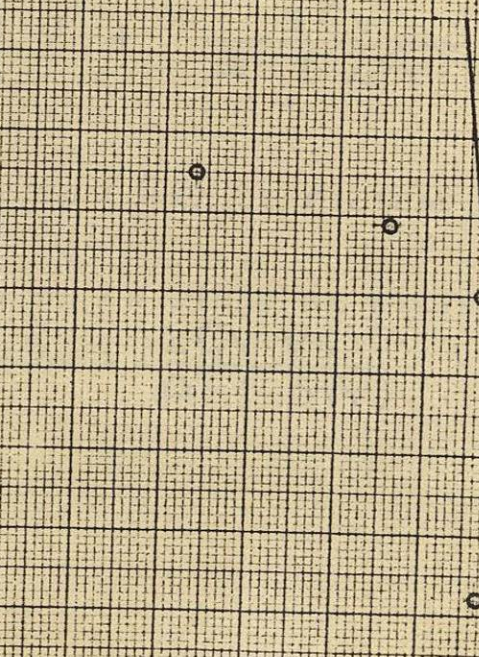
100

150

200

250

VOLUMEN DE FILTRADO (Litros)
CORRIDA N° 12



B.- DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES.

PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES SE SIGUIÓ EL PROCEDIMIENTO DESCRITO EN LA TEORÍA PARA TORTAS - NO COMPRESIBLES EN FILTRACIÓN A $(-\Delta P)$ CONSTANTE, YA QUE DEBIDO A QUE SE TRABAJÓ CON CAÍDAS DE PRESIÓN RELATIVAMENTE BAJAS, LA PRESIÓN DE TRABAJO SE ALCANZÓ EN LA MAYORÍA DE LAS CORRIDAS CASI INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE INICIAR EL CICLO DE FILTRACIÓN.

SE GRAFICARON LOS DATOS OBTENIDOS EN CADA UNA DE LAS CORRIDAS PONIENDO EN LAS ORDENADAS LA RELACIÓN $\Delta\theta/\Delta V$ Y EN LAS ABSISAS EL VOLÚMEN DE FILTRADO EN LITROS.

EJEMPLO DE LOS CÁLCULOS REALIZADOS:

A PRESIÓN CONSTANTE:

$$\frac{d\theta}{dV} = \frac{2C_v}{A^2(-\Delta P_T)} V + \frac{2C_v}{A^2(-\Delta P_T)} V_E$$

$$M = \text{PENDIENTE DE LA LÍNEA DE FILTRACIÓN} = \frac{2C_v}{A^2(-\Delta P_T)}$$

$$B = \text{INTERSECCIÓN DE LA LÍNEA DE FILTRACIÓN CON LA ORDENADA} = \frac{2C_v V_E}{A^2(-\Delta P_T)}$$

ASÍ PARA LA CORRIDA NO. 1 OBTENEMOS DE LA GRÁFICA CORRESPONDIENTE

$$M = 0,0857 \quad \text{Y} \quad B = 10,5 \times 10^{-2}$$

SIENDO $(-\Delta P_T) = 0,4 \text{ Kg/cm}^2$. Y $A = 7,342 \text{ cm}^2$.

DESPEJANDO C_V DE LA ECUACIÓN SE OBTIENE:

$$C_V = \frac{A^2 (-\Delta P_T) M}{2}$$

SUSTITUYENDO EN LA ECUACIÓN ANTERIOR LOS VALORES OBTENIDOS:

$$C_V = \frac{(0,0857)(55,234)(0,4)}{2} = 935$$

DESPEJANDO V_E DE LA ECUACIÓN (33) Y SUSTITUYENDO LOS VALORES OBTENIDOS:

$$V_E = \frac{B A^2 (-\Delta P_T)}{2 C_V V} = \frac{B}{M}$$

$$V_E = \frac{10,5 \times 10^{-2}}{8,57 \times 10^{-2}} = 1,225 \text{ LTS.}$$

EN LA MISMA FORMA SE HICIERON LOS CÁLCULOS PARA LAS DEMÁS CORRIDAS CUYOS RESULTADOS SE PRESENTAN EN LA TABLA No. 5.

OTRA CONSTANTE QUE PUEDE DETERMINARSE CON FACILIDAD HABIENDO DETERMINADO EL C_V ES LA RESISTENCIA ESPECÍFICA DE LA TORTA (α) HACIENDO USO DE LA ECUACIÓN (28):

DONDE: R = RELACIÓN DE SÓLIDOS SECOS A FILTRADO.

EN EL DESARROLLO DE ESTE TRABAJO NO SE CALCULÓ " α " DEBIDO A QUE NO SE CONTABA EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA CON UNA ESTUFA ADECUADA PARA DETERMINAR LA RELACIÓN DE SÓLIDOS SECOS A FILTRADO.

CORRIDA	%	$-\Delta P$	M	CV	B	VE
1	2.0	0.4	0.0857	935	10.5×10^{-2}	1.225
2	2.0	0.6	0.0524	868	4.8×10^{-2}	0.922
3	2.0	0.8	0.0217	479	7.0×10^{-2}	3.340
4	4.0	0.4	0.1862	2056	0.8×10^{-2}	0.044
5	4.0	0.6	0.0650	1077	5.8×10^{-2}	0.892
6	4.0	0.8	0.0325	718	6.8×10^{-2}	2.095
7	6.0	0.4	0.1600	1767	1.0×10^{-2}	0.625
8	6.0	0.6	0.1570	2601	4.3×10^{-2}	0.274
9	6.0	0.8	0.0187	4131	6.25×10^{-2}	3.465
10	8.0	0.4	0.0500	555	9.25×10^{-2}	1.840
11	8.0	0.6	0.0500	828	7.55×10^{-2}	1.510
12	8.0	0.8	0.0237	524	7.00×10^{-2}	2.950

TABLA No. (5) RESULTADOS.

OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

POR EL COMPORTAMIENTO DEL FILTRO CON LAS SUSPENSIONES DE ALMIDÓN PUEDE DECIRSE QUE ES APROPIADO PARA UTLIZARSE CON LAS DE CARBONATO DE CALCIO, TIERRA DE DIATOMACEAS, ARCILLA Y SUBSTANCIAS SIMILARES. CUANDO SE REQUIERA PUEDE ADICIONARSE A LAS LONAS DE ALGODÓN UNA HOJA DE PAPEL FILTRO ADECUADO, PUDIENDO UTILIZARSE EL APARATO EN LA FILTRACIÓN DE ACEITES CON PARTÍCULAS SÓLIDAS EN SUSPENSIÓN, TALES COMO LAS TIERRAS ACTIVADAS EMPLEADAS EN LA PURIFICACIÓN DE ACEITES.

NO DEBERÁ UTILIZARSE EL FILTRO PARA SUSPENSIONES DE SÓLIDOS ABRASIVOS TALES COMO SILICE YA QUE EN TRABAJOS ANTERIORES SE COMPROBÓ QUE PERJUDICAN GRANDEMENTE A LA BOMBA DE ENGRANES.

DEBIDO A LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DEL FILTRO NO PUEDE USARSE PARA TRABAJAR CON SOLUCIONES CORROSIVAS.

ADEMÁS DE LA LIMPIEZA Y AJUSTE DE VÁLVULAS, BOMBA, NIVELES Y MEDIOS FILTRANTES ES DE IMPORTANCIA MENCIONAR LA NECESIDAD DE EFECTUAR UNA LIMPIEZA CON AGUA A PRESIÓN DE TODA LA TUBERÍA QUE CONDUCE SUSPENSIÓN CADA VEZ ¿ QUE SE TERMINE UNA PRUEBA YA QUE DE NO HACERLO ASÍ SE TIENEN PROBLEMAS CON LAS EXPERIENCIAS SUBSECUENTES, TAMBIÉN

DEBE VERIFICARSE EL ESTADO DE LA VÁLVULA DE RETENCIÓN YA QUE SE OBSERVÓ QUE ÉSTA SE OBSTRUYE FÁCILMENTE CON LOS SÓLIDOS DE LA SUSPENSIÓN.

SE RECOMIENDA QUE AL REALIZAR PRUEBAS CON EL -- FILTRO ÉSTAS SE HAGAN ENTRE 2 PERSONAS PARA FACILITAR LA PREPARACIÓN Y REDUCIR EL TIEMPO QUE TOMA CADA PRUEBA.

RESPECTO A LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LAS EXPERIENCIAS DE ESTE TRABAJO PUEDE DECIRSE QUE SE OBSERVAN RESULTADOS RAZONABLES EN LAS PRIMERAS 6 CORRIDAS EN LAS QUE SE OBTUVO UNA DISMINUCIÓN DEL CV. CON UN AUMENTO DE $(-\Delta P)$ A UNA MISMA CONCENTRACIÓN DE SÓLIDOS EN LA SUSPENSIÓN, ASÍ MISMO PUEDE NOTARSE UN LIGERO AUMENTO DEL VE., SIN EMBARGO LOS RESULTADOS NO SON MUY SATISFACTORIOS SOBRE TODO EN LAS 6 ÚLTIMAS CORRIDAS DEBIDO PRINCIPALMENTE A LA DEFICIENCIA DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DEL VOLUMEN DE FILTRADO (LO CUAL AFECTA GRANDEMENTE LOS RESULTADOS SOBRE TODO CUANDO ESTE VOLUMEN ES PEQUEÑO) Y A LAS DIFERENTES CARACTERÍSTICAS DEL ALMIDÓN UTILIZADO PARA PREPARAR LAS SUSPENSIONES YA QUE SE EMPLEÓ ALMIDÓN DE CALIDAD COMERCIAL EL CUAL PUEDE TENER DIFERENTES CANTIDADES DE MATERIALES SOLUBLES, HUMEDAD Y SOBRE TODO VARIACIÓN EN EL TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS NO SOLUBLES.

TOMANDO EN CUENTA LO ANTERIOR CUANDO SE TRATA DE OBTENER RESULTADOS, SE RECOMIENDA UTILIZAR MATERIALES

DE GRADO TÉCNICO CON EL FIN DE REDUCIR A UN MÍNIMO RAZONABLE LAS VARIACIONES DE LAS CONSTANTES DETERMINADAS. SE SUGIERE EL USO DE UN MARCO DOBLE Y CANTIDADES MÁS PEQUEÑAS DE SUSPENSIÓN PARA REDUCIR EL COSTO DE CADA CORRIDA ASÍ COMO EL TIEMPO EMPLEADO EN LA MISMA PUDIENDO OBTENERSE LAS CONSTANTES CON MAYOR FACILIDAD Y RAPIDEZ. (COMO DATO DE REFERENCIA EN LAS CORRIDAS REALIZADAS PARA ESTE TRABAJO SE GASTARON \$50.00 COMO PROMEDIO POR CORRIDA POR CONCEPTO DE ALMIDÓN).

COMO SE CITÓ ANTERIORMENTE ES NECESARIO ADAPTAR UN MEDIDOR DE VOLUMEN DE FILTRADO, RECOMENDÁNDOSE UNO DE TIPO DE DISCO EL CUAL NO CREA UNA RESISTENCIA MUY APRECIABLE AL FLUJO DE FILTRADO.

RESUMEN

SE CUMPLIÓ CON EL PRINCIPAL OBJETIVO DE ESTE -- TRABAJO O SEA, EL DE ESTABLECER UN MÉTODO PRÁCTICO DE OPERACIÓN CON EL FILTRO PRENSA QUE EXISTE EN EL LABORATORIO DE INGENIERÍA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS DE LA - U.N.L., PARA LOGRAR EL ANTERIOR FUÉ NECESARIO REACONDICIONAR EL APARATO HASTA DEJARLO EN CONDICIONES DE OPERACIÓN.

SE REALIZARON 12 EXPERIENCIAS CON SUSPENSIONES DE ALMIDÓN EN AGUA, NOTÁNDOSE VARIACIONES EN EL VALOR DE LAS CONSTANTES AL VARIAR LAS CONDICIONES DE OPERACIÓN.

EN EL CAPÍTULO DE OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES SE HACE MENCIÓN DE ALGUNAS SUGERENCIAS PARA EL EMPLEO DE EL FILTRO EN LA DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES DE FILTRACIÓN DE DIVERSOS MATERIALES.

BIBLIOGRAFIA

- 1).- BADGER W.L. & BANCHERO J.T. "INTRODUCTION TO CHEMICAL ENGINEERING" INTERNATIONAL STUDENT EDITION.- PAG. 253 Mc. GRAW HILL BOOK Co. 1955.
- 2).- BROWN G.G. "UNIT OPERATIONS".- PAG. 229 JOHN WILEY & SONS, INC. 1960.
- 3).- CHALMERS J.M., ELLEDGE L.R. & PORTER H.F. "FILTERS" - CHEMICAL ENGINEERING VOL. 62.- PAG. 191. Mc. -- GRAW HILL PUBLICATIONS.
- 4).- DICKEY G. D. AND BRYDEN LL. "THEORY AND PRACTICE OF FILTRATION". REINHOLD N. YORK.
- 5).- DUHNE C. "APUNTES DE FILTRACIÓN" SEGUNDA EDICIÓN - - I.T.E.S.M.
- 6).- ERTEL F.K. CATALOGO No. S-54. ERTEL ENGINEERING CORP. (1957).
- 7).- "FILTRATION TEST PROCEDURES" DOOR OLIVER INC. BULLETIN No. 251 LT.
- 8).- FLOOD J.E. PORTER H.F., RENNIE F.W. "FILTRATION PRACTICE TODAY "CHEMICAL ENGINEERING JUNIO, 20 DE - 1966 PAG. 163. Mc. GRAW HILL PUBLICATIONS.

- 9).- FRENCH RONALD C. "FILTER MEDIA" CHEMICAL ENGINEERING
OCT. 14, 1963 (REPRINT).
- 10).- MARROQUÍN H.J. "FILTRACIÓN" SEMINARIO DE INGENIERÍA
QUÍMICA. U.N.L. 1956.
- 11).- PERRY J.H. "MANUAL DEL INGENIERO QUÍMICO" 3ERA. EDI
CIÓN.- PAG. 1504.
- 12).- RASE H.F. & BARROW M.H. "PROJECT ENGINEERING OF --
PROCESS PLANTS".- PAG. 386. JOHN WILEY & SONS
INC. 1963.
- 13).- SHRIVER T. CATALOGO No. 55 T. SHRIVER & Co. INC. -
(1955).
- 14).- SPERRY D.R. CATALOGO No. 7 D.R. SPERRY & Co. (1957).
- 15).- SPERRY D.R. BOLETÍN No. S-50 D.R. SPERRY & Co. - -
(1967).
- 16).- SPERRY D.R. BOLETÍN No. NM-1 D.R. SPERRY & Co. (1967).
- 17).- SUTTLE H.K. "FILTRATION" CHEMICAL & PROCESS ENGI- --
NEERING.- PAG. 175. ABRIL 1964.
- 18).- TILLER FRANK M. "FILTRATION THEORY TODAY" CHEMICAL
ENGINEERING. JUNIO 20, DE 1966. PAG. 151. Mc.
GRAW HILL PUBLICATIONS.

19).- WALKER W.M., LEWIS W.K., Mc. ADAMS W.H. & GUILLI- -
LAND B.R. .- "PRINCIPLES OF CHEMICAL ENGINE- -
ERING" TERCERA EDICIÓN.- PAG. 323. Mc. GRAW -
HILL BOOK Co.

