

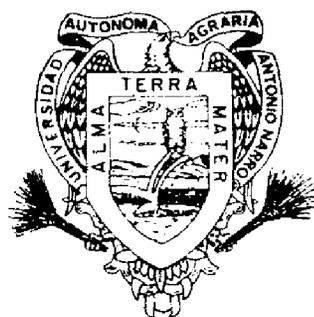
Desarrollo de Metodologías para Evaluar y Seleccionar Materiales
Involventes Usados en Drenaje Agrícola

Agustín Magallanes Estala

T e s i s

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Grado de:

Maestro en Ciencias
en la Especialidad de Riego y Drenaje



Universidad Autónoma Agraria

“Antonio Narro”

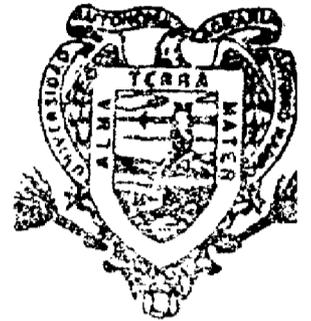
Programa de Graduados

Buenavista, Saltillo, Coah.

Mayo de 1986

Tesis elaborada bajo la supervisión del Comité Particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD
EN RIEGO Y DRENAJE



COMITE PARTICULAR

BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBO
BANCO DE TI
U.A.A.A.N

Asesor principal:

Dr. Juan Francisco Pissani Zúñiga.

Asesor:

Ing. MC. Alejandro Zermeño González.

Asesor:

Ing. MC. Arturo Rodríguez Hinojosa.

DR. JESUS TORRALBA ELGUEZABAL
Subdirector de Asuntos de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila. Mayo de 1986.

RECONOCIMIENTO

El autor expresa su agradecimiento a las siguientes instituciones y personas.

Para el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por haberme otorgado la beca para poder realizar mis estudios de Postgrado.

Para el Consejo del Sistema Nacional de Educación Tecnológica (COSNET) de la Secretaría de Educación Pública, por el apoyo recibido para terminar mis estudios de Maestría.

Para la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", por haberme dado la oportunidad nuevamente de estar entre sus aulas.

Para el Dr. Juan Francisco Pissani Zúñiga, por su valioso apoyo y orientación recibida durante la realización de mis estudios, además de su asesoría del presente trabajo.

Para el Ing. M.C. Alejandro Zermeño González, por su valiosa y desinteresada ayuda en la asesoría de este trabajo.

Para el Ing. M.C. Arturo Rodríguez Hinojosa, por haberme brindado las facilidades para la realización de análisis de suelos.

Para el Ing. M.C. Juan José Rojas Rangel, por su valioso y desinteresado apoyo brindado para mi ingreso como alumno de Postgrado a la especialidad de Riego y Drenaje.

Para el Ing. Juan José Ramírez Rodríguez, por su ayuda en el trazo de figuras y cuadros del presente estudio.

Para las Laboratoristas Silvia, Laura y Leticia del Departamento Riego y Drenaje, por su ayuda brindada en los análisis de suelos.

Para María del Carmen Zamora Corvera, por su colaboración en el trabajo mecanográfico.

DEDICATORIA

A mis padres, quienes desde el inicio de mi vida me han proporcionado en todo momento cariño, comprensión, y me han brindado con sacrificios la oportunidad de ser útil a la sociedad:

Sr. José Magallanes Ramírez
Sra. Julia Estala Montiel.

A quienes me han brindado felicidad y hacen más dichosa mi existencia, con amor a mi esposa e hijo:

Romana Castruita Oviedo
Agustín Jr.

A mis hermanos, por los lazos que nos unen y de quienes he recibido apoyo y comprensión en el largo peregrinar de mi vida, con el cariño de siempre:

Aniceto, Víctor, José,
Manuel, Andrés, Jesús, María

Así como aquellos hermanos que no tuve oportunidad y honor de conocerlos y que recuerdo con mucho cariño.

A mis amigos, maestros y compañeros de Postgrado.

COMPENDIO

Desarrollo de metodologías para evaluar y seleccionar materiales envolventes usados en drenaje agrícola.

POR

AGUSTIN MAGALLANES ESTALA

MAESTRIA EN CIENCIAS

ESPECIALIDAD: RIEGO Y DRENAJE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MAYO 1986.

Dr. Juan Francisco Pissani Zúñiga - Asesor -

Palabras clave: materiales envolventes, metodologías, drenaje agrícola.

Fueron evaluadas dos metodologías para seleccionar y evaluar los mejores materiales envolventes usados en drenaje de tierras agrícolas. La primera metodología es la más comúnmente usada y es llamada modelo de tanque tipo horizontal. La segunda metodología fue propuesta por Pissani (1985) la cual es sencilla, económica y es llamada agitación mecánica de vasos térmicos.

Los materiales envolventes probados fueron: fibra de vidrio, fibra de coco y fibrillas de vidrio, estas dos últimas con arpillera. Estos materiales van ajustados y cubrien

do la tubería de plástico.

De acuerdo con la técnica del tanque tipo horizontal el mejor envolvente fue la fibra de vidrio el cual mostró - flujo bajos o poca resistencia de entrada debido a la buena permeabilidad y calidad del mismo filtro.

La técnica de la agitación mecánica de vasos térmi--cos dio resultados similares y también seleccionó a la fibra de vidrio como el mejor tratamiento el cual fue ligeramente susceptible a la obturación.

Las pruebas de laboratorio fueron conducidas en el - laboratorio de hidráulica del Departamento de Riego y Drenaje, usando una muestra de suelo traída de la región del Río Bravo, Tamaulipas, donde existe un serio problema de drenaje agrícola.

ABSTRACT

Developing methodologies to evaluate and choose envelope materials for underground agricultural drainage.

BY

AGUSTIN MAGALLANES ESTALA

MASTER OF SCIENCE

MAYOR SUBJECT: IRRIGATION AND DRAINAGE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA MAY 1986

Juan Francisco Pissani Zúñiga Ph D -Adviser-

Key words: Envelope materials, methodologies underground drainage.

Two methodologies was evaluated to choose the best envelope material to use it in underground agricultural drainage. The first methodology commonly used was the tank model. The second methodology was proposed in 1985 by Pissani, which is very simple, inexpensive and is called mechanical vibration of termical glasses.

The weapping materials tested were: glass fiber, cocoanutfiber and thrends of glass fiber involved around the slotted plastic pipe, setting on the envolve cocoanut fiber a sackcloth to hold tight it.

In accordance with the horizontal tank model the best envelope material was the glass fiber which showed low delay or little input resistance due to the good permeability and filtration quality of itself.

The mechanical vibration of termical glasses method gave similars results and also chose to the glass fiber as the best treatment which was-slightly susceptible to the clogging.

The laboratory trial was conducted in the Hidraulic's Laboratory of Irrigation and Drainage Departament of Antonio Narro University using a soil sample of the Rio Bravo, Tamaulipas region where there is a serious drainage problem.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS.....	xi
INDICE DE FIGURAS.....	xv
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	4
2.1. GENERALIDADES.....	4
2.2. ANTECEDENTES.....	5
2.3. CLASIFICACION DE MATERIALES ENVOLVENTES...	11
2.3.1. MATERIALES INORGANICOS.....	11
2.3.2. MATERIALES ORGANICOS.....	12
2.3.3. MATERIALES SINTETICOS.....	13
2.4. REQUERIMIENTOS FUNCIONALES DE UN MATERIAL ENVOLVENTE.....	14
2.5. FUNCIONES DEL ENVOLVENTE.....	15
2.6. METODOS DE SELECCION.....	17
2.7. RESISTENCIA DE ENTRADA.....	24
2.8. ANALISIS GRANULOMETRICO.....	27
2.9. COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD.....	29
III. MATERIALES Y METODOS.....	31
3.1. LUGAR.....	31
3.2. MATERIALES UTILIZADOS.....	31
3.2.1. SUELO.....	31
3.2.2. MATERIALES ENVOLVENTES.....	31
3.3. METODOLOGIAS USADAS.....	32
3.3.1. TANQUE TIPO HORIZONTAL.....	32
3.3.2. VASOS TERMICOS CON AGITACION MECANICA.	35
3.3.3.1. MATERIALES Y EQUIPO UTILIZADOS..	36
3.3.3. DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA.....	37
3.3.3.2. AGITACION MECANICA DE LOS VASOS TERMICOS.....	40
3.3.3.3. ANALISIS GRANULOMETRICO.....	42
3.3.3.3.1. AJUSTE DE DATOS.....	44

	Página
3.3.3.3.2. CALCULO DE COEFICIENTE DE - UNIFORMIDAD.....	45
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	47
4.1. RESISTENCIA DE ENTRADA.....	47
4.2. GRANULOMETRIA.....	59
4.2.1. METODOLOGIA TANQUE HORIZONTAL....	59
4.2.2. AGITACION MECANICA DE VASOS TERMI COS.....	63
4.2.3. COMPARACION DE LAS DOS METODOLO-- GIAS.....	70
V. CONCLUSIONES.....	72
VI. RESUMEN.....	74
VII. LITERATURA CITADA.....	76
APENDICE A.....	80
APENDICE B.....	97

INDICE DE CUADROS

		Página
CUADRO 3.1.	ANALISIS QUIMICO DEL SUELO EMPLEADO EN LA EVALUACION DE LOS MATERIALES ENVOLVENTES USADOS EN LAS METODOLOGIAS DESARROLLADAS.	32
CUADRO 3.2.	ANALISIS FISICO-QUIMICO DEL SUELO EMPLEADO EN LA EVALUACION DE MATERIALES ENVOLVENTES USADOS EN LAS METODOLOGIAS DESARROLLADAS.....	35
CUADRO 3.3.	DIMENSIONES DE LOS DIAMETROS Y ESPESORES DE LOS MATERIALES ENVOLVENTES EMPLEADOS EN LA TECNICA DE AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS.....	38
CUADRO 3.4.	RELACION DEL NUMERO DE MALLAS Y DIAMETRO DE LAS MISMAS EMPLEADAS EN EL ANALISIS GRANULOMETRICO.....	44
CUADRO 4.1.	CARGAS PIEZOMETRICAS OBTENIDAS PARA DETERMINAR RESISTENCIA DE ENTRADA EN EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE VIDRIO CON LA METODOLOGIA DEL TANQUE TIPO HORIZONTAL.....	48
CUADRO 4.2.	CARGAS PIEZOMETRICAS OBTENIDAS PARA DETERMINAR RESISTENCIA DE ENTRADA EN EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE COCO CON ARPILLERA EN LA METODOLOGIA DEL TANQUE TIPO HORIZONTAL.	51
CUADRO 4.3.	CARGAS PIEZOMETRICAS OBTENIDAS PARA DETERMINAR RESISTENCIA DE ENTRADA EN EL TRATAMIENTO DE FIBRILLAS DE VIDRIO CON ARPILLERA EN LA METODOLOGIA DEL TANQUE TIPO HORIZONTAL.....	54

CUADRO 4.3.	CARGAS PIEZOMETRICAS OBTENIDAS PARA DETERMINAR RESISTENCIA DE ENTRADA EN EL TRATAMIENTO DE FIBRILLAS DE VIDRIO CON ARPILLERA EN LA METODOLOGIA DEL TANQUE TIPO HORIZONTAL.....	54
CUADRO 4.4.	RESULTADOS OBTENIDOS DE VALORES DE RESISTENCIA DE ENTRADA DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS EVALUADOS EN EL MODELO DEL TANQUE HORIZONTAL.	58
CUADRO 4.5.	COMPARACION DE LAS DESCARGAS DE AGUA Y SEDIMENTOS EN EL DREN PROBADOS CON DIFERENTES MATERIALES ENVOLVENTES EN EL MODELO DEL TANQUE HORIZONTAL.....	58
CUADRO 4.6.	DETERMINACION DE GRANULOMETRIA PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE VIDRIO EN LA METODOLOGIA DEL TANQUE TIPO HORIZONTAL.....	60
CUADRO 4.7.	DETERMINACION DE GRANULOMETRIA PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE COCO CON ARPILLERA EN LA METODOLOGIA DEL TANQUE TIPO HORIZONTAL.	61
CUADRO 4.8.	DETERMINACION DE GRANULOMETRIA PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRILLAS DE VIDRIO CON ARPILLERA EN LA METODOLOGIA DEL TANQUE TIPO HORIZONTAL.....	64
CUADRO 4.9.	DETERMINACION DE GRANULOMETRIA PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE VIDRIO EN LA METODOLOGIA DE LA AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS.....	65
CUADRO 4.10	DETERMINACION DE GRANULOMETRIA PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRILLAS DE VIDRIO CON ARPILLERA EN LA METODOLOGIA DE LA AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS.....	67
CUADRO 4.11.	DETERMINACION DE GRANULOMETRIA PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRILLAS DE VIDRIO CON ARPI--	

	LLERA EN LA METODOLOGIA DE LA AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS.....	68
CUADRO 4.12.	RELACION DE COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD (C.U) OBTENIDOS EN CADA UNA DE LAS REPETICIONES PARA LOS DIFERENTES MATERIALES EVALUADOS EN LA METODOLOGIA DE LA AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS.....	71
CUADRO 4.13.	COMPARACION DE LOS COEFICIENTES DE UNIFORMIDAD OBTENIDOS DE LAS PRUEBAS GRANULOMETRICAS PARA LAS DOS METODOLOGIAS EMPLEADAS EN LA EVALUACION DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.....	71
CUADRO 1.1.A	DETERMINACION DE GRANULOMETRIA PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE VIDRIO EN LA PRIMERA REPETICION PARA LA METODOLOGIA DE AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS.	81
CUADRO 1.2.A	DETERMINACION DE GRANULOMETRIA PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE VIDRIO EN LA SEGUNDA REPETICION PARA LA METODOLOGIA DE AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS...	82
CUADRO 1.3.A	DETERMINACION DE GRANULOMETRIA PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE VIDRIO EN LA TERCERA REPETICION PARA LA METODOLOGIA DE LA AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS.....	84
CUADRO 1.4.A	DETERMINACION DE GRANULOMETRIA PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE COCO CON ARPI-LLERA EN LA PRIMERA REPETICION PARA LA METODOLOGIA DE LA AGITACION MECANICA MECANICA DE VASOS TERMICOS.....	85
CUADRO 1.5.A	DETERMINACION DE GRANULOMETRIA PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE COCO CON ARPI-LLERA EN LA SEGUNDA REPETICION PARA LA	

	METODOLOGIA DE LA AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS.....	87
CUADRO 1.6.A	DETERMINACION DE GRANULOMETRIA PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE COCO CON ARPILLERA EN LA TERCERA REPETICION PARA LA METODOLOGIA DE LA AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS.....	88
CUADRO 1.7.A	DETERMINACION DE GRANULOMETRIA PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRILLAS DE VIDRIO CON ARPILLERA EN LA PRIMERA REPETICION PARA LA METODOLOGIA DE LA AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS.....	90
CUADRO 1.8.A	DETERMINACION DE GRANULOMETRIA PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRILLAS DE VIDRIO CON ARPILLERA EN LA SEGUNDA REPETICION PARA LA METODOLOGIA DE LA AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS.....	91
CUADRO 1.9.A	DETERMINACION DE GRANULOMETRIA PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRILLAS DE VIDRIO CON ARPILLERA EN LA TERCERA REPETICION PARA LA METODOLOGIA DE AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS.....	93
CUADRO 1.10.A	DETERMINACION DE GRANULOMETRIA DEL SUELO USADO EN LAS DOS METODOLOGIAS DESARROLLADAS.....	95
CUADRO 1.1.B.	FORMA DEL REGISTRO DE DATOS PARA OBTENER LA CURVA GRANULOMETRICA.....	97
CUADRO 1.2.B.	FORMA DEL REGISTRO DE DATOS PARA OBTENER LA RESISTENCIA DE ENTRADA.....	98

INDICE DE FIGURAS

		Página
FIGURA 3.1.	RELACION (Δh) vs (d) PARA DIFERENTES DESCARGAS (q_n).....	33
FIGURA 3.2.	CALCULO DE LA RESISTENCIA DE ENTRADA (W_i) RELACION Δh vs q PARA $d = 10$ CM.....	34
FIGURA 3.3.	DISEÑO DE LA MUESTRA-ENVOLVENTE A EVALUARSE CON LA TECNICA DE LA AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS.....	39
FIGURA 3.4.	VISTA GENERAL DE DISEÑO DE UN VASO TERMICO CON SU MATERIAL A EVALUAR YA INSTALADO.....	39
FIGURA 3.5.	VISTA FINAL DE UN VASO TERMICO DISEÑADO CON SU MATERIAL ENVOLVENTE CORRESPONDIENTE.....	40
FIGURA 3.6.	VISTA GENERAL DEL AGITADOR MECANICO UTILIZADO EN LA TECNICA DE LA AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS.....	42
FIGURA 3.7.	CURVA TIPICA DEL ANALISIS GRANULOMETRICO DE UN SUELO PARA DETERMINAR EL COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD.....	46
FIGURA 4.1.	RELACION Δh vs d PARA DIFERENTES DESCARGAS PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE VIDRIO.....	49
FIGURA 4.2.	CALCULO DE LA RESISTENCIA DE ENTRADA (W_i) RELACION Δh vs q PARA $d = 10$ CM PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE VIDRIO.....	50
FIGURA 4.3.	RELACION Δh vs d PARA DIFERENTES DESCARGAS PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRAS DE CO-	

	Página
CO CON ARPILLERA.....	52
FIGURA 4.4. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE ENTRADA (W_i) RELACION Δh vs q PARA $d = 10$ CM EN EL - TRATAMIENTO FIBRA DE COCO CON ARPILLERA.	53
FIGURA 4.5. RELACION Δh vs d PARA DIFERENTES DESCAR- GAS PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRILLAS DE VIDRIO CON ARPILLERA.....	55
FIGURA 4.6. CALCULO DE LA RESISTENCIA DE ENTRADA (W_i) RELACION Δh vs q PARA $d = 10$ CM EN EL - TRATAMIENTO FIBRILLA DE VIDRIO CON ARPI- LLERA.....	56
FIGURA 4.7. ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS SEDIMEN-- TOS DENTRO DEL DREN PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE VIDRIO EN LA METODOLOGIA DEL TANQUE HORIZONTAL.....	62
FIGURA 4.8. ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS SEDIMEN-- TOS DENTRO DEL DREN PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE COCO CON ARPILLERA EN LA ME- TODOLOGIA DEL TANQUE TIPO HORIZONTAL....	62
FIGURA 4.9. ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS SEDIMEN-- TOS DENTRO DEL DREN PARA EL TRATAMIENTO FIBRILLA DE VIDRIO CON ARPILLERA EN LA - METODOLOGIA DEL TANQUE TIPO HORIZONTAL..	66
FIGURA 4.10 ANALISIS GRANULOMETRICO GENERAL DE LOS - SEDIMENTOS OBTENIDOS PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE VIDRIO PARA LA METODOLOGIA - DE LA AGITACION MECANICA DE VASOS TERMI- COS.....	66
FIGURA 4.11 ANALISIS GRANULOMETRICO GENERAL DE LOS - SEDIMENTOS OBTENIDOS PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE COCO CON ARPILLERA EN LA ME- TODOLOGIA DE AGITACION MECANICA DE VASOS	

	TERMICOS.....	69
FIGURA 4.12.	ANALISIS GRANULOMETRICO GENERAL DE LOS - SEDIMENTOS OBTENIDOS PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRILLA DE VIDRIO CON ARPILLERA PARA LA METODOLOGIA DE AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS.....	69
FIGURA 1.1.A	ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS SEDIMEN-- TOS OBTENIDOS EN LA PRIMERA REPETICION - PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRAS DE VIDRIO EN LA METODOLOGIA DE LA AGITACION MECANI CA DE VASOS TERMICOS.....	83
FIGURA 1.2.A	ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS SEDIMEN-- TOS OBTENIDOS EN LA SEGUNDA REPETICION - PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE VIDRIO - EN LA AGITACION MECANICA DE VASOS TERMI- COS.....	83
FIGURA 1.3.A	ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS SEDIMEN-- TOS OBTENIDOS EN LA TERCERA REPETICION - PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE VIDRIO - EN LA AGITACION MECANICA DE VASOS TERMI- COS.....	86
FIGURA 1.4.A	ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS SEDIMEN-- TOS OBTENIDOS EN LA PRIMERA REPETICION - PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE COCO CON ARPILLERA EN LA AGITACION MECANICA DE VA SOS TERMICOS.	86
FIGURA 1.5.A	ANALISIS DE LOS SEDIMENTOS OBTENIDOS EN LA SEGUNDA REPETICION PARA EL TRATAMIEN- TO DE FIBRA DE COCO CON ARPILLERA EN LA AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS....	89
FIGURA 1.6.A	ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS SEDIMEN-- TOS OBTENIDOS EN LA TERCERA REPETICION - PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRA DE COCO CON	

	CON ARPILLERA EN LA METODOLOGIA DE AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS.....	89
FIGURA 1.7.A	ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS SEDIMENTOS OBTENIDOS EN LA PRIMERA REPETICION PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRILLAS DE VIDRIO CON ARPILLERA EN LA METODOLOGIA DE LA AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS.	92
FIGURA 1.8.A	ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS SEDIMENTOS OBTENIDOS EN LA SEGUNDA REPETICION PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRILLAS DE VIDRIO CON ARPILLERA EN LA METODOLOGIA DE LA AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS.	92
FIGURA 1.9.A	ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS SEDIMENTOS OBTENIDOS EN LA TERCERA REPETICION PARA EL TRATAMIENTO DE FIBRILLAS DE VIDRIO CON ARPILLERA EN LA METODOLOGIA DE AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS....	94
FIGURA 1.10.A	ANALISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO EMPLEADO EN LA EVALUACION DE LAS DOS METODOLOGIAS DESARROLLADAS.....	96

INTRODUCCION

El drenaje de tierras agrícolas constituye un aspecto muy importante en toda área de cultivo abierta a la irrigación, fundamentalmente en aquellas con nivel freático elevado que ocasionan considerables pérdidas en la producción y en muchas ocasiones la pérdida total de una área que en un principio fue fértil.

A pesar de ser un problema de consideración, no se le ha dado la debida atención requerida, por lo que es necesario implementar programas que nos lleven a la solución o prevención del drenaje en tierras agrícolas, pues tan sólo en los Distritos de Riego del Bajo Río Bravo y Bajo Río San Juan, en la zona noreste del Estado de Tamaulipas, existen alrededor de 80,000 hectáreas cuyo problema principal es el drenaje, además de que a nivel nacional existen más de un millón de hectáreas que están requiriendo de rehabilitación (Valdés, 1982).

Existen dos tipos de drenaje: superficial y subterráneo. El primero drena los escurrimientos presentes en la superficie del suelo, y el segundo, todos los excesos de humedad existentes en el perfil del suelo. Cuando éste tiene un drenaje natural deficiente, se requiere de la instalación de un sistema artificial empleando para ésto, tuberías

ranuradas subterráneas. Estas son colocadas a cierta profundidad y espaciamiento entre las mismas, siendo además necesarios, para obtener una mayor eficiencia en su funcionamiento, recubrirlas de un material filtrante denominado "envolvente", cuyos requerimientos funcionales principales son: i) Prevenir la entrada de partículas de suelo que puedan crear sedimentación en los drenes y tapar las aberturas de la tubería y, ii) Crear una zona altamente permeable alrededor del dren, mejorando la entrada del agua a la tubería (Wesseling, 1978).

Las investigaciones realizadas sobre técnicas para la selección y evaluación de materiales envolventes empleados en el drenaje de tierras agrícolas, han mostrado grandes adelantos. Los métodos utilizados aún en laboratorio como en campo, han sido variados, no encontrándose aún una metodología única para ser usada debido a la complejidad y naturaleza de las condiciones prevalecientes en los sitios donde son realizados los estudios siendo necesario profundizar aún más en éstos estudios, de tal manera que se pueda obtener y establecer un procedimiento sencillo y económico para seleccionar y evaluar adecuadamente materiales envolventes empleados en las tuberías de drenaje subterráneo.

Los objetivos de la presente investigación son:

- 1.- Desarrollar una metodología sencilla y económica que nos permita seleccionar y evaluar los materiales envolventes o filtrantes de uso actual y probable en drenaje subterráneo de tierras agrí-

colas.

- 2.- Evaluación en el laboratorio del material envolvente usado en el drenaje de tierras agrícolas en el Distrito de Riego 025 del Bajo Río Bravo, Tamaulipas y su comparación contra otros materiales de probable uso.

II. REVISION DE LITERATURA

2.1. Generalidades.

Es indispensable el empleo de materiales envolventes o filtrantes en drenaje de tipo subterráneo. Estos materiales son colocados alrededor de las tuberías con el fin de -- permitir un mejor y mayor período de funcionamiento (De la -- Peña, 1979). Un problema común cuando es utilizada tubería subterránea para drenaje es la sedimentación, la cual, se -- origina por el arrastre de partículas hacia el interior del dren donde una vez dentro, disminuyen la capacidad efectiva del tubo de drenaje, creando un flujo inestable y reduciendo su radio. Para evitar la sedimentación son empleadas envolturas alrededor de las tuberías protegiéndolas así de la -- filtración de partículas.

Willardson (1979), menciona que un factor importante que se debe considerar cuando es instalado un sistema de drenaje subterráneo es la medida de protección que se le dará -- al dren, mencionando que el propósito de éste es permitir -- únicamente la entrada de agua evitando la sedimentación y la reducción de la capacidad del tubo de drenaje.

De acuerdo a las principales funciones que desempe-- ñan los materiales envolventes, éstos serían referidos como filtros. Por definición, un filtro es "una masa porosa a --

través de la cual un fluido es separado de los sedimentos en suspensión (Webster's, 1959).

Dieleman y Trafford (1978) al clasificar a los materiales envolventes de acuerdo a la finalidad con la que son colocados en la tubería de drenaje define a un filtro como "una envoltura empleada con la finalidad de evitar que penetren en el tubo de drenaje las partículas finas de tierra".

Willardson (1978) define como filtro del dren a la colocación de un material poroso al rededor del dren que filtrará las partículas del suelo, permitiendo solamente el paso del agua limpia al sistema de drenaje, previniendo los problemas de sedimentación.

Los materiales envolventes son requeridos alrededor de muchas tuberías de drenaje. Unos los necesitan para prevenir la entrada de sedimentos y otros más para proporcionar una estructura estable, evitando así la sedimentación (Willardson and Walker, 1979).

Sisson, citado por Lembke y Bucks (1970) sugirió el uso de materiales envolventes para evitar la sedimentación, la cual, es causa de muchas fallas en la tubería, particularmente donde el suelo es arena fina.

2.2. Antecedentes.

El uso de materiales envolventes ha sido empleado desde principios de este siglo como alternativas para reducir los efectos de la sedimentación de las tuberías de dre-

naje en terrenos con problemas de nivel freático elevado, además de incrementar el diámetro efectivo del dren y de proveer soporte estructural al mismo.

Hart (1917) citado por Willardson y Walker (1979) sugiere el uso de una tela porosa como la arpillera para las uniones de los tubos de drenaje de barro cocido instalados bajo condiciones de arenas movedizas.

Brown (1915) reporta el uso de cajas de madera, las cuales hacían la función de tuberías de drenaje, siendo éstas cubiertas con grava a ambos lados a todo lo largo de las mismas.

French (1859) citado por Sisson (1965) recomendó el uso de drenes de pared doble o enfundadas en collares como un método para prevenir la sedimentación del dren.

Overholt (1959) realizó pruebas en tanques de laboratorio usando fibra de vidrio como material filtrante, empleando para ésto un suelo de arena fina. Las tuberías protegidas con este envolvente tuvieron una mayor cantidad de flujo libre de sedimento que las tuberías que no estaban protegidas. Se ha descubierto que el desplazamiento de las partículas del suelo hacia el interior de los drenes es causado por altos gradientes hidráulicos que se forman en el límite del dren y el suelo, razón por la cual es requerido el material envolvente que cubra la tubería de drenaje para controlar la entrada de sedimentos a la misma.

Winger y Ryan (1970) describen la utilidad de dise -

ñar y construir tuberías para drenaje subterráneo como solución en las áreas con un nivel freático elevado, siendo cubiertas las mismas por un material envolvente diseñado con una permeabilidad compatible con la del material base a ser drenado, de tal manera que prevenga la infiltración de sedimentos hacia el dren.

Canell y Weeks (1979) mencionan que en el Valle Coachella del Sur de California, la descarga de un gran número de tuberías de drenaje es mucho menor que la capacidad de diseño. Las características generales de arena, dominan el perfil del suelo. Condujeron experimentos a nivel de laboratorio empleando para ello muestras de suelo de esa localidad con drenes cubiertos de materiales envolventes concluyendo que las partículas finas de suelo se mueven dentro y a través de los envolventes, obstruyendo y reduciendo el área de poros grandes del material envolvente, originando la disminución de la descarga del dren.

Lembke y Bucks (1970) realizando estudios para evaluar el funcionamiento de materiales envolventes en un modelo de caja rectangular conteniendo un dren rodeado o cubierto de un material filtrante y el suelo, encontraron que en las esquinas extremas del modelo usado en el laboratorio, el envolvente de grava que fue empleado, era particularmente sujeto a la intrusión de partículas finas. Este efecto se debió según concluyeron, a la concentración de fuertes flujos en las esquinas, recomendando las envolturas circulares para evitar ésto. Este experimento fue realizado tanto a nivel

de laboratorio como de campo con un material base de arcilla gruesa con tres tratamientos, siendo éstos de seis y tres pulgadas de espesor, y el restante sin material filtrante, resultando el más adecuado el tratamiento de tres pulgadas. Respecto a pruebas de campo, los datos indicaban un fracaso temporal en los tres tratamientos empleados.

Willardson y Walker (1979) y Misra y Beasly (1975) mencionan que el fracaso del material envolvente es debido a la falta estructural del suelo, pues éste, a causa de una deficiente estructura y un alto gradiente interno, ocasiona que el material del suelo se mueva, obturando el envolvente.

Grass et al. (1979) al analizar los sedimentos del suelo en un sistema de drenaje subterráneo, reporta que el efecto dispersivo de una alta concentración de sodio en el suelo puede también influir en la obturación de algunos materiales envolventes.

Misra y Beasly (1975) al analizar la concentración de sedimentos en los drenes subterráneos en pruebas de campo y laboratorio con diferentes pendientes, mencionan que en los suelos cohesivos no hubo evidencia de movimiento de suelo alrededor de la sección de prueba (tubería de plástico corrugado). En cambio, en suelos menos cohesivos, el flujo de salida era más grande y hubo un considerable movimiento del suelo que estaba alrededor de la tubería cuando ésta tenía una pendiente más pronunciada. En pruebas de campo sobre estos mismos suelos, los resultados fueron similares,

por lo que concluyen que para prevenir el movimiento del suelo alrededor de la tubería perforada empleada para desalojar el agua subterránea en exceso, deberán tomarse medidas protectoras tales como el uso de materiales envolventes, y una buena compactación del suelo alrededor de las tuberías.

Willardson et al (1975) en pruebas realizadas en el Valle de Coachella, California investigaron el efecto causado por la instalación y mantenimiento de los drenes. Este estudio demostró que la contaminación de los materiales envolventes con partículas finas infiltradas o añadidas durante su instalación origina la disminución drástica de la conductividad hidráulica del envolvente del dren. El experimento consistió de 12 líneas de drenes de 375 pies de longitud espaciados a 50 pies en un diseño factorial de tres por dos con dos repeticiones sobre un material mineral (grava) de la localidad, siendo los dos materiales envolventes grava sola y grava con un cinco por ciento de suelo añadido, concluyendo lo siguiente:

- 1) En el tratamiento de grava con el cinco por ciento de suelo añadido se reduce seriamente la efectividad del envolvente.
- 2) Las presiones elevadas empleadas por medio de inyección para limpiar (desasolve) los drenes, mejoraron el funcionamiento hidráulico de la envoltura.

- 3) Inundando las zanjas para la consolidación del material de relleno, no afecta significativamente el funcionamiento del material envolvente.

Willardson y Walker (1979) en un experimento realizado en donde se observó el movimiento de partículas a través de los materiales envolventes de tipo sintético, reportaron que los drenes subterráneos pueden ser protegidos de la sedimentación mediante un diseño adecuado del tubo de drenaje y del material envolvente, usando técnicas apropiadas de construcción considerando para esto que los suelos difieran en su resistencia a los gradientes hidráulicos externos requiriendo tubos de drenaje de diámetro y envolturas de grava más grandes para prevenir la falla hidráulica ocasionada en suelos inestables, recomendando la disminución de la profundidad del dren o espaciamiento del mismo, con este fin.

Samani y Willardson (1981) establecen que el estancamiento de sedimentos en los tubos de drenaje subterráneo es debido a que:

- 1) Las aberturas son muy grandes y el suelo se mueve a través de ellas, depositándose en el dren.
- 2) Una vez que el suelo está dentro del dren, la pendiente de éste así como la velocidad del agua dentro del dren, no es lo suficientemente alta para mover las partículas hacia afuera de la tubería.

- 3) La tubería de drenaje no está protegida por un adecuado material envolvente.

Los mismos reportan que no todos los sistemas de drenaje subterráneo necesitan de envolturas, y que la determinación de esta necesidad depende fundamentalmente de las condiciones hidráulicas y de la estabilidad del suelo en la inmediata vecindad con los tubos de drenaje.

2.3. Clasificación de Materiales Envoltentes

Como materiales envoltentes usados en drenaje subterráneo pueden ser incluidos todos los materiales con propiedades de porosidad y permeabilidad que sean económicamente disponibles y que se encuentren en grandes cantidades. Estos pueden ser de tres categorías: Orgánicos, Inorgánicos y Sintéticos (Schilfgaard, 1974).

Dierickx (1978) realiza una clasificación de los envoltentes de acuerdo a su rugosidad, distribuyéndolos en dos grupos.

- a) Materiales envoltentes de porosidad fina (poros pequeños).
- b) Materiales envoltentes de porosidad áspera (poros grandes).

2.3.1. Materiales Inorgánicos.

Los materiales inorgánicos más comunes y de mayor uso son las arenas gruesas y las gravas finas.

Zaslavsky (1978) reporta que el material más común - mente usado por sus ventajas respecto a materiales gruesos, es la grava, mencionando como substituto de ésta, a los agregados artificiales de cemento cuando la grava no se encuentra disponible o cuando es caro.

De Irlanda se informa sobre el uso de pedra machacada como lecho para el tendido de tuberías de plástico en suelo rocoso. En Alemania también es reportado el uso de materiales diversos tales como la grava, lava y piedra partida como protector de las tuberías de drenaje con la finalidad de evitar la sedimentación de las mismas. En los países bajos se menciona el uso de arena gruesa, grava, gránulos volcánicos y capa superior del suelo como material filtrante empleados en suelos con deficiente estabilidad estructural, regiones éstas donde se presenta en mayor grado el transporte de partículas hacia el dren. De Inglaterra, es reportado el uso de grava, pedra machacada y gránulos de barro cocido y cenizas de combustibles para proporcionar conexión entre la capa permeable y los drenes subterráneos (Van Someren, 1976 FAO).

2.3.2. Materiales Orgánicos.

Schilfgaard (1978) describe el uso de productos agrícolas que son usados a menudo como materiales envolventes, siendo los más comúnmente usados las pajas y el aserrín.

Irwin y Hore (1978) reportan el uso de la paja además de otros materiales empleados como envolventes en un ex-

perimento llevado a cabo en una localidad cercana a Lancas -
Ontorio, en Canadá, durante el año de 1960.

Sisson y Jones (1962) en trabajos realizados en labor
ratorio, reportan el uso de paja y aserrín como envolvente
de una tubería de dren, observando que facilitaban el paso
de agua, limitando la descarga de sedimentos.

Ochs (1978) reporta que el uso de materiales orgáni-
cos tales como la viruta de madera, fibra de coco, y dese-
chos industriales orgánicos, han mostrado bastante efectivi-
dad permitiendo algunos de ellos una excesiva desviación
cuando son empleados en tuberías de plástico.

Van Someren (1976) menciona el uso de turba fibrosa
cribada y paja de lino como envolventes orgánicos y como fill
tro para mantener fuera del tubo la arena, y facilitar la lil
bre circulación del agua a través de las aberturas de la tu-
bería, reportando además que el uso de paja de cereales no
es recomendable como material envolvente debido a que se ha-
ce impermeable en condiciones anaeróbicas, mostrando mejores
resultados la paja de lino, debido quizás a que su composi-
ción es más resistente a la pudrición.

2.3.3. Materiales Sintéticos.

El material sintético que ha recibido la mayor aten-
ción ha sido la fibra de vidrio, la cual es relativamente bar
rata pudiendo ser fabricada en grandes cantidades y de va-
rias especificaciones (Schilfgaarde, 1974).

Willardson (1978) menciona la fibra de vidrio como el material sintético de mayor uso, considerando que un envoltivo sintético debe tener las siguientes propiedades.

- a) Debe ser lo suficientemente fuerte para cubrir las corrugaciones de las tuberías de plástico, así como para soportar el transporte y la tensión que es originada al ser colocado en la tubería.
- b) Debe de tener resistencia a la abrasión para evitar los rompimientos al pasar por los mecanismos de las máquinas de instalación.
- c) Resistencia para soportar las reacciones químicas que ocurren en el suelo, así como a la exposición de los rayos ultravioletas cuando se tiene almacenado por largos períodos.

Knops et al (1978) reporta que los materiales sintéticos que se prefieren en la actualidad son los del tipo voluminoso tales como fibras acrílicas, fibras de polipropileno, lino de polipropileno contenidas en membranas de polivinil alcohol, gránulos de poliestireno, además de membranas de nylon tejidas y algunas lanas de fabricación industrial.

2.4. Requerimientos Funcionales de un Material Envoltivo.

Knops (1978) describe los requerimientos funcionales de un envoltivo, mencionando los siguientes:

- a) Función de filtración selectiva: prevenir la entrada de partículas de suelo que puedan tapar las perforaciones de la tubería, crear sedimentación en el dren o bloquear el envolvente.
- b) Función hidrológica e hidráulica: crear zona altamente permeable alrededor del dren mejorando la entrada de agua a la tubería.

Los requerimientos funcionales serán decisivos para la composición del material envolvente, ya que deberán limitar la posibilidad de entrada de partículas en una tubería de drenaje con la consecuente obturación de las aberturas de la misma restringiendo la eficiencia del dren. Es por esto que se deberá de crear una zona altamente permeable alrededor de la tubería con el fin de incrementar el número de poros en la interfase suelo-envolvente para disminuir el gradiente hidráulico y por consiguiente, el peligro del movimiento de partículas.

2.5. Funciones del Envolvente.

Una de las principales razones para la instalación de un material envolvente es disminuir la resistencia de entrada (hidráulica) en la vecindad de las aberturas del dren.

Willardson y Davis (1975) en experimentos llevados a cabo, mostraron que la contaminación de los envolventes con partículas finas infiltradas o añadidas durante la instalación, origina la disminución drástica de la conductividad

hidráulica de un envolvente, mencionando el uso de equipo de inyección similar al practicado por los perforadores para mejorar el funcionamiento de las tuberías de drenaje.

Dennis y Trafford (1975) analizaron la afluencia de agua hacia los tubos de barro cocido con varias configuraciones de grava como envolvente, en condiciones de precipitación constante, concluyendo que el espaciamiento entre drenes podría ser aumentado en más del doble, al colocar una delgada capa de grava alrededor de los tubos, con lo que se reducía la resistencia hidráulica en las cercanías del dren.

Dierickx (1978) menciona el uso de materiales envolventes en el drenaje agrícola subterráneo principalmente para evitar la sedimentación en suelos de poca cohesión evitando también el bloqueo y taponamiento de las aberturas de los tubos incrementando la captación de la tubería.

Dierickx y Goossens (1978) reportan las causas de una baja eficiencia de los sistemas de drenaje:

- 1) Bloqueo de los tubos debido a la sedimentación principalmente en suelos inestables.
- 2) Baja permeabilidad en las cercanías del dren debido al deterioro de la estructura del suelo como consecuencia del relleno de la zanja.
- 3) Baja permeabilidad en los suelos arcillosos o pesados con estructura deficiente.

Broadhead et al (1983) menciona que los factores que influyen en la sedimentación son:

- a) Tamaño y forma de las aberturas del material envolvente.
- b) Tamaño y forma de las partículas del suelo.
- c) Fuerzas cohesivas del suelo.
- d) Deterioro del material fabricado por la acción química o bacteriológica en el suelo.
- e) Obturación del material envolvente con partículas finas y,
- f) Daño físico y de fábrica durante la instalación y operaciones de mantenimiento.

2.6. Métodos de Selección.

Uno de los factores que más influyen en la necesidad de un material envolvente en los drenes subterráneos es el relacionado a las características del suelo. Estudios relacionados a la erosión nos muestran que las partículas de tierra son arrastradas por el agua cuando ésta alcanza determinada velocidad denominada crítica, ocasionando que las partículas de suelo comiencen a moverse hacia el dren. Por otra parte, en los suelos cohesivos con gran cantidad de arcillas permiten que la velocidad del agua que se precisa para arrastrar las partículas deja de depender de éstas. Otro factor que influye también es el grado de compactación del suelo con el cual es rellenada la zanja (Dieleman v Trafford, 1976).

Knops et al (1978) establecen los tres factores principales que determinan el tipo de material envolvente a

ser usado en función de los siguientes factores:

- a) Factores del suelo. El riego de entrada de partículas de suelo a los tubos depende de la estructura del suelo y estabilidad del mismo, además de los valores de la textura.
- b) Aspectos hidrológicos. Los diseños de drenaje están basados en la asunción de que no existe resistencia al flujo de agua hacia las aberturas de la tubería debido a que el suelo en la zanja se asume más permeable que los suelos no disturbados.
- c) Condiciones de instalación. La arcilla gruesa es particularmente propensa a sufrir deterioro estructural si las tuberías son instaladas bajo condiciones de humedad y los rellenos de la zanja no son acondicionados originando una severa reducción de la permeabilidad por lo que es necesario prevenir el problema llenando la zanja cuidadosamente.

Ochs (1978) reporta el procedimiento de evaluación de envoltantes usado por la Asociación Americana de Pruebas y Materiales (ASTM) consistente en determinar el grado de porosidad así como el tamaño de poros de un material envolvente por medio de un juego de tamices. El procedimiento consiste en colocar el envoltante adherido al cedazo. Este tiene aberturas más grandes que las partículas de vidrio que se

emplean en sustitución del material del suelo. El tiempo de sacudimiento es exactamente 20 minutos. Es de gran importancia que las partículas usadas estén dentro de la graduación requerida. Menciona así mismo el uso de un permeámetro con un dispositivo de carga constante para evaluar la permeabilidad de los envolventes manteniendo una carga hidráulica constante. El material a evaluarse es colocado bajo la muestra de suelo siendo instalado más abajo un filtro poroso. El permeámetro tiene un diámetro de 25.4 centímetros y el material a evaluarse de 26.7 centímetros. Son colocados tres piezómetros a 1.3, 3.9 y 7.6 centímetros arriba de la muestra del envolvente y un cuarto piezómetro entre el envolvente y el filtro poroso.

Irwin y Hore (1978) reportan el uso de un permeámetro para conocer el origen del incremento del gradiente hidráulico producido por el flujo de agua sobre la interfase suelo-envolvente. Una malla o filtro de fábrica le fue insertado en el centro de una columna de suelo así como a la salida del permeámetro. Fueron colocados tres piezómetros a diferentes niveles cerca del centro del cilindro. Observaron que la pérdida de carga en la interfase suelo envolvente es muy alta, concluyendo que la pérdida de carga en el suelo es más grande en la interfase de salida y que está regida por la teoría del flujo laminar.

Broadhead et al (1983) reporta el uso de un permeámetro de plexiglass que consiste de dos cilindros y una base de placa para evaluar la habilidad de los envolventes sinté-

ticos delgados en la prevención de la entrada de sedimentos a los drenes subterráneos en un suelo arenoso, encontrando que la estabilidad de la arena estaba en función del tamaño de abertura del envolvente y de la uniformidad del tamaño de las partículas de arena. Muestra además que la sedimentación de los drenes puede ser prevenido seleccionando el tamaño de las aberturas del envolvente siendo ésta menor de 2.4 veces el diámetro del 60 por ciento del tamaño de las partículas de arena.

Knops (1978) reporta el uso de dos modelos de tanque de laboratorio empleados para simular las condiciones de flujo del agua en el suelo en la inmediata vecindad del dren. Estos son usados en la evaluación de la efectividad de los materiales envolventes usados en drenaje subterráneo en los Países Bajos, siendo los siguientes:

a) Modelo de Tanque Cilíndrico Vertical.

Este modelo permite un fácil manejo y una rápida obtención de resultados. Se emplea arena fina homogénea con un 80 por ciento de partículas de suelo de un tamaño de 0.1-0.3 milímetros y una permeabilidad de 8-10 metros por día. El dren con su envolvente es colocado en el centro del cilindro donde está contenida una muestra de suelo. El flujo es radial y horizontal, siendo la descarga por medio de un sifón.

b) Modelo del Tanque Tipo Horizontal.

En este modelo la tubería de dren a de drenaje con su correspondiente material filtrante es colocado en posición horizontal, observándose en el agua un flujo de entrada radial aproximadamente en forma de "U", forma que tiene el tanque interior. Se emplea arena homogénea como muestra de suelo. La descarga es medida al mismo tiempo que la carga piezométrica dentro del dren (h_0) y afuera del mismo, entre el material envolvente y el dren (h_1) y a 10 centímetros del centro del dren (h_2) en línea horizontal.

Zuidema y Scholten (1978) reportan el uso de un tanque de pruebas de laboratorio de tipo horizontal para la evaluación de nuevos materiales envolventes reproduciendo las condiciones de flujo en la vecindad de los drenes. El equipo de pruebas consiste de un tanque instalado en forma horizontal conteniendo un tanque interior (130 cms de largo y 60 cms de ancho) de paredes perforadas donde es colocada la muestra de suelo con su dren y envoltura correspondiente. El tanque exterior contiene agua que es suplida y mantenida a cierto nivel por medio de una válvula de flotador. A través de la pared perforada del tanque interior penetra el agua dentro del suelo y fluye hacia la tubería colocada en la parte baja del tanque interior. El material del suelo usado es arena la cual se humedece para desalojar el aire atrapado mejorando así su consistencia obteniéndose resultata

dos más confiables. Se realizan observaciones de la cantidad de partículas de suelo que atraviesan el material filtrante depositados en el interior de la tubería. El procedimiento de prueba es el siguiente:

Cuando se mantiene en el tanque exterior un nivel de agua más alto que la afluencia hacia el dren, se desarrolla entonces una tabla de agua curvada entre las paredes del tanque interior y la tubería de drenaje. El agua en el tanque interior es mantenida a un cierto nivel por un período de tres semanas y después de este tiempo se deja de aplicar el agua, originando que el nivel del tanque exterior baje hasta el nivel del tubo de drenaje. Durante el período completo de la descarga del dren, el nivel en el tanque exterior del filtro son medidas varias veces al día en forma simultánea. Por medio de la diferencia de potencial (Δh) y la descarga (q) se calcula la resistencia de entrada (We) de la siguiente manera:

$$We = \frac{\Delta h}{q}$$

donde:

We = Resistencia de entrada (días/m).

Δh = Pérdida de carga en la entrada de la tubería (m).

q = Descarga de la tubería (m^3 /día/m).

existiendo una relación lineal entre la descarga del dren y la carga piezométrica. La resistencia de entrada puede ser caracterizado por la tangente del ángulo entre esta línea y el eje horizontal.

Lembke y Bucks (1970) reportan el uso de un modelo de tanque tipo horizontal para evaluar la sedimentación de los drenes con un material base de arcilla gruesa, recomendando un envolvente circular para contrarrestar la sedimentación originada en las partes altas del envolvente.

Irwin y Hore (1978) mencionan el uso de un aparato denominado Quantimet 720 para determinar la distribución de la porosidad del suelo. Este instrumento es un analizador de la imagen y se usa para medir en dos dimensiones el número y el área de espacios vacíos de una delgada sección del material. Mencionan además otros procedimientos de selección usados en los Países Bajos tales como el de succión e inmersión de mercurio.

Zermeño (1982) reporta en pruebas realizadas en un tanque de prueba de tipo horizontal y en el cual estuvo contenido un suelo migajón, que las mejores propiedades respecto a permeabilidad fue lana de vidrio combinada con los materiales orgánicos, además de que las combinaciones que presentaron las mejores propiedades respecto a permeabilidad fue la lana de vidrio con paja de trigo y con fibra de coco respectivamente, reflejándose esto con los valores más bajos de resistencia de entrada. Este estudio fue hecho con la finalidad de evaluar diferentes combinaciones de materiales envolventes.

Wesseling y Van Someren (1972) reportan basados en trabajos experimentales que los materiales de estructura fina como la fibra y lana de vidrio son propensas a taponearse

muy rápidamente con el limo o con los compuestos de hierro. Muestran por otra parte, que los gránulos de poliestireno de tres a siete milímetros muestran resultados muy favorables en suelos arcillosos y limosos donde existe una buena estabilidad estructural y una buena porosidad efectiva a la profundidad del drenaje.

2.7. Resistencia de Entrada.

Las propiedades hidráulicas de un sistema de drenaje puede describirse en términos de resistencia y factores de resistencia ya que con éstos podemos determinar las pérdidas ocasionadas por las características del material envolvente. La resistencia de entrada es, además, un parámetro adecuado para la determinación del rendimiento de una tubería de drenaje y está en función del tubo y del material filtrante utilizado, además de la permeabilidad de relleno usado en la zanja (Wesseling y Van Someren, 1972). Suele asumirse que la pérdida adicional de carga hidráulica producida por la resistencia hidráulica, queda compensada por la ganancia que reporta la supuesta mayor permeabilidad de la envoltura y del relleno.

Cavelaars (1974) considerando una zona circular de 25 centímetros de diámetro en torno a un tubo de drenaje, ha ce notar que la resistencia al flujo hacia un dren real es cuatro a ocho veces mayor que en el caso de un dren ideal del mismo diámetro, y que la relación efectiva depende del tipo de tubo, de lo que se concluye que la compensación sólo

se consigue si la conductividad hidráulica de ésta zona (incluye relleno y envoltura) es cuatro a ocho veces mayor que la del suelo no perturbado.

Una prueba de resistencia de entrada hecha sobre un modelo o simulador a nivel de laboratorio tiene el inconveniente de que un material es evaluado durante un corto tiempo, pues según Wesseling y Homma (1967) encontraron que la resistencia que ofrecía la tubería de drenaje con su material envolvente respectivo a la entrada del agua aumentaba con el tiempo. Sin embargo, los costos de los experimentos en laboratorio son relativamente más económicos en relación a los de campo, y la rapidez de los resultados hacen muy interesante el obtener la información de los materiales evaluados (Dieleman y Trafford, 1976).

Algunos resultados de las resistencias de entrada realizadas en experimentos de campo y laboratorio son por lo general inferiores a los obtenidos a partir de mediciones en tanques de prueba. Eggelsmann (1969) señala que las resistencias encontradas en el campo son considerablemente mayores que las obtenidas en ensayos sobre modelos. Esto puede ser debido a la existencia de un flujo radial incompleto ocasionado a veces por las tuberías parcialmente llenas y al deterioro del material filtrante, ya que al bloquearse o llenarse de sedimentos ocasiona la disminución de la permeabilidad del material originando valores altos de resistencia.

Wesseling y Homma (1967) encontraron a partir de experimentos, que podría obtenerse con mayor facilidad una dismi

nución en la resistencia aumentando el grueso del filtro, que mediante mayores diámetros o mas perforaciones.

Para la determinación de la resistencia de entrada de los materiales evaluados, se emplea la relación de Poma - reda (1969) que consiste en determinar la resistencia de entrada del agua a la tubería ocasionada por el material envolvente, y es la siguiente:

$$W_i = \frac{\Delta h_i}{q}$$

donde:

W_i = Resistencia de entrada, en días por metro.

Δh_i = Pérdidas de carga en la entrada de la tubería, medida a 10 centímetros del eje de la misma, en metros.

q = Descarga unitaria del dren, en metros cúbicos por día y por metros de longitud de la tubería.

Debe señalarse de lo anterior, que la resistencia siempre es inversamente proporcional a la conductividad hidráulica, es por ello que la resistencia puede escribirse mediante la fórmula general:

$$W_e = \frac{\alpha}{K}$$

donde:

α = factor de resistencia.

K = conductividad hidráulica.

W_e = Resistencia de entrada.

por lo que se deduce que la resistencia de entrada es la pérdida de carga en la entrada de la tubería de drenaje por un

dad de caudal de flujo, cuando se mide la descarga al final de la tubería y la pérdida de carga como diferencia vertical entre el centro de la tubería y el nivel del agua en un piezómetro instalado a una determinada distancia, esto es, más allá de la pared de la zanja (Dieleman y Trafford, 1976).

2.8. Análisis Granulométrico.

Los drenes instalados en suelos hidráulicamente inestables requerirán de los materiales envolventes para estabilizar la estructura de los mismos alrededor de tubo y prevenir los problemas de sedimentación dentro del mismo. Aquellos suelos de textura fina y permeabilidad baja requerirán de un envolvente que sea permeable alrededor de la tubería para incrementar la eficiencia del drenaje y la conductividad hidráulica cerca del dren, reduciendo además la pérdida de carga del mismo, incrementando la eficiencia hidráulica (FAO, 1980).

Para la determinación de las necesidades de un material envolvente o filtrante empleado en las tuberías de drenaje subterráneo, se requerirá un análisis de un número suficiente de curvas granulométricas para determinar una intermedia y los límites de desviación posible o probable, o sea, una banda que abarque la mayoría de las gráficas representativas del tamaño de las partículas que forman el suelo.

Winger y Ryan (1971) mencionan que un envolvente para funcionar deberá ser razonablemente graduado, libre de ma

teria vegetal, arcilla y otras sustancias destructivas o dañinas que podrían con el tiempo cambiar la permeabilidad; y para que sea considerado como material filtrante deberá ser bien graduado y tener una buena representación de todos los tamaños de partículas desde la más grande hasta la más pequeña permitida.

Terzaghi (1941) citado por Dieleman y Trafford (1976) formula uno de los criterios más antiguos acerca de los materiales filtrantes, haciendo notar que si "tamaño del 15 por ciento" quiere decir que el 15 por ciento (en peso) del material es más fino que el grano especificado, resulta que:

- a) El diámetro de las partículas de "tamaño del 15 por ciento del material filtrante debe ser por lo menos cuatro veces mayor que el diámetro del tamaño del 15 por ciento del material básico (el material filtrante sería entonces unas 10 veces más permeable que el básico).
- b) El "tamaño del 15 por ciento" de material filtrante no sería entonces más de cuatro veces mayor que el tamaño del 85 por ciento del material básico (lo cual evitaría que las partículas finas de éste fueran arrastradas por el agua a través del material filtrante).

Para determinar si un material envolvente está o no bien graduado, ha sido propuesto un coeficiente describiendo la pendiente y forma de la curva de graduación definida como

Coeficiente de Uniformidad (C.U).

2.9. Coeficiente de Uniformidad.

El Coeficiente de Uniformidad (C.U) es una medida de la variación del tamaño de las partículas. La forma de la curva nos indica la relación entre los tamaños de los diferentes granos del suelo. Cuando los diámetros de los granos son muy diferentes, la curva es más inclinada. Una curva empinada nos indica que los granos son todos casi del mismo tamaño (suelo uniforme). Una curva suave indica grandes variaciones en el tamaño de las partículas (suelo de buena graduación). Cuánto más uniforme es la granulometría de un sedimentario, más pronunciada es la pendiente de la curva (Sowers y Sowers, 1972).

Allen Hazen (1966) establece que el grado de finura de una muestra de suelo dada, puede determinarse mediante una muestra de suelo dada, puede determinarse mediante el coeficiente de uniformidad, definiendo a éste como "la relación existente entre el diámetro de partículas del suelo de un 40 por ciento de la curva de distribución granulométrica y el diámetro de partículas del 90 por ciento de la misma curva"

Cuanto mayor sea el valor del coeficiente de uniformidad, más grande será el rango de dimensiones de las partículas en el suelo. Un suelo bien escalonado (graduado) tendrá un coeficiente de entre uno y tres. La relación que nos define Hazem Allen viene dado por:

$$C.U. = \frac{D_{40\%}}{D_{90\%}}$$

donde:

C.U. = Coeficiente de Uniformidad.

D 40%= Tamaño tal, que el 40 % en peso, sea igual o menor.

D 90%= Tamaño tal, que el 90 % de las partículas sean menores que esa medida.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.

En las siguientes páginas se presentan Cuadros y Figuras que muestran los resultados y discusión de los materiales envolventes usados durante el desarrollo de las dos metodologías. Para los objetivos de este estudio, los parámetros a evaluar empleados fueron la resistencia de entrada y el análisis granulométrico para el ensayo del modelo de tanque tipo horizontal; y pruebas granulométricas para la técnica de la agitación mecánica de vasos térmicos.

4.1. Resistencia de Entrada. Tanque tipo Horizontal.

En los Cuadros 4.1., 4.2. y 4.3., se muestran los resultados de las lecturas piezométricas y las descargas respectivas para cada uno de los materiales evaluados (fibra de vidrio, fibra de coco con arpillera y fibrillas de vidrio con arpillera).

En la Figura 4.1. se muestran las curvas del abatimiento del nivel freático para cada una de las descargas establecidas en el tratamiento de fibra de vidrio. A partir de esta figura, se obtiene la Figura 4.2. que es la relación de la pérdida de carga medida en la inmediata vecindad del envolvente y la descarga del dren por metro de longitud. Con esta información se determina el valor de la resistencia

CUADRO 3.1. Análisis químico del suelo empleado en la evaluación de los materiales envolventes usados en las metodologías desarrolladas.

Localidad	Distrito de Riego 025 Río Bravo, Tamaulipas	
pH	0.6	fuertemente alcalino
C.E milimhos/cm	11.0	altamente salino.
Carbonatos	0.0	miliequivalentes por litro.
HCO_3^-	3.0	miliequivalentes por litro.
Ca^{++}	21.5	miliequivalentes por litro.
Mg^{++}	10.5	miliequivalentes por litro.
Cl^-	24.75	miliequivalentes por litro.
SO_4^-	86.36	miliequivalentes por litro.
Na^+	166.90	miliequivalentes por litro.
K^+	0.41	miliequivalentes por litro.

3.3. Metodologías Utilizadas.

3.3.1. Tanque tipo Horizontal.

Consiste de un simulador del flujo en medios porosos saturados y el cual está constituido de un tanque tipo horizontal compuesto de un tanque exterior de fierro y un interior de acero inoxidable totalmente perforado en el cual es colocado el suelo, tubería y materiales envolventes a evaluar. En dicho equipo se realizaron mediciones de resistencia de entrada, empleándose en la determinación de la misma las Figuras 3.1 y 3.2, además del Cuadro de concentración de datos de las lecturas piezométricas obtenidas en la prueba (Cuadro 1.1.B, Apéndice B). Otra medición realizada fue granulometría, o el tamaño de las partículas que lograron pene-

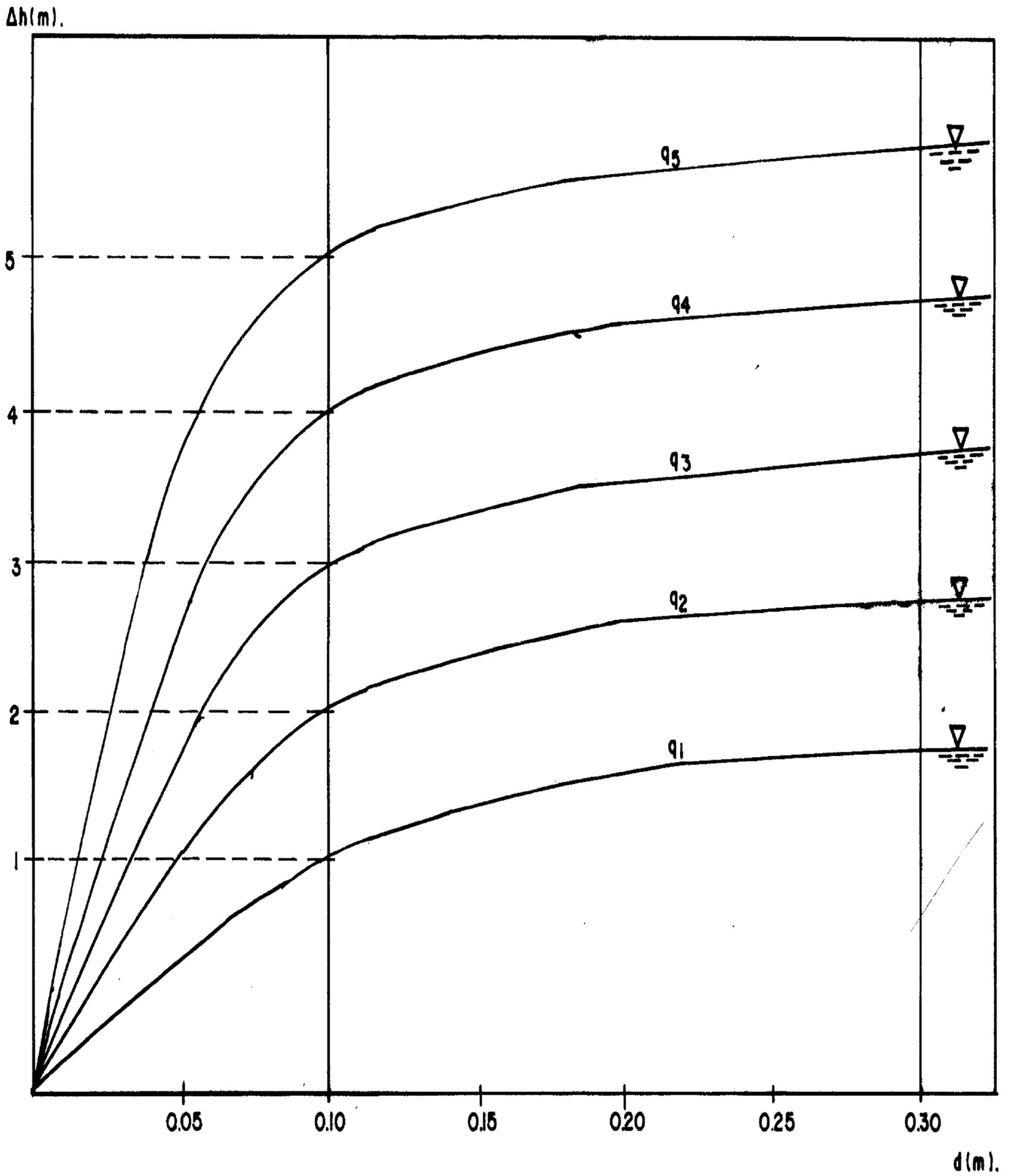


FIGURA 3.1 RELACION (Δh) vs (d) PARA DIFERENTES DESCARGAS (q_n).

$\Delta h(m).$

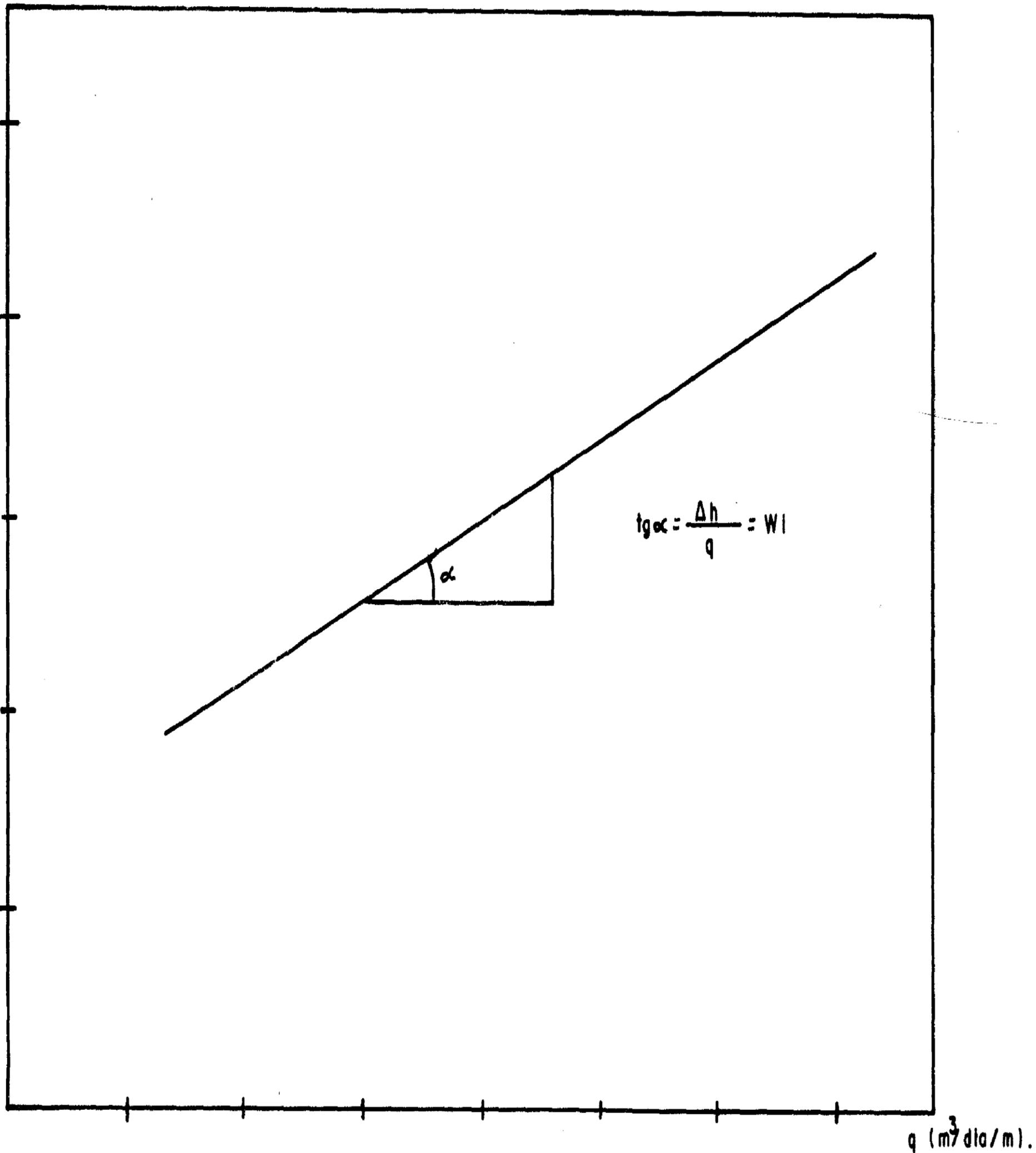


FIGURA 3.2 Cálculo de la Resistencia de entrada (Wl).- Relación Δh vs q para $d=10$ cm.

trar el material envolvente evaluado, usándose para ésto el cuadro de análisis de datos (Cuadro 1.2.B, Apéndice B). Para la obtención de los anteriores parámetros evaluados se siguió la misma metodología reportada por Zermeño (1982).

CUADRO 3.2. Análisis físico-químico del suelo empleado en la evaluación de materiales envolventes usados en las metodologías desarrolladas.

Localidad	Distrito de Riego 025 Río Bravo, Tamaulipas	
Elementos		Clasificación
pH	8.6	fuertemente alcalino
% Materia Orgánica	0.129	mediano.
% Nitrógeno Total	0.006	extremadamente pobre.
Potasio Interc. Kg/ha.	324.0	medianamente rico.
Fósforo Aprov. Kg/ha	29.2	mediano.
% Carbonatos totales	22.46	medio.
Conductividad Hidráulica	0.870	milímetros por hora.
% Arcilla	60.4	
% Limo	18.0	
% Arena	21.6	
Textura		arcilla

3.3.2. Vasos Térmicos con Agitación Mecánica.

Uno de los objetivos que se plantean en este estudio fue la de tratar de desarrollar una metodología sencilla y rápida para la selección de materiales envolventes, ya que de acuerdo con la metodología del tanque tipo horizontal es sumamente complicado y tardado el proceso de la toma de datos para la evaluación. Para lo anterior, se emplearon en el presente análisis los siguientes materiales y métodos:

3.3.2.1. Materiales y Equipo Utilizados.

Para el desarrollo de esta metodología se utilizaron los siguientes materiales y equipos.

- 1) Agitador mecánico para tamices.
- 2) 15 vasos térmicos de medio litro desechables.
- 3) 15 vasos plástico de un cuarto de litro desechables.
- 4) Probeta de 100 mililitros.
- 5) Balanza analítica de precisión.
- 6) Un juego de tamices.
- 7) Estufa
- 8) 15 Cápsulas de porcelana.

3.3.3. Descripción de la Metodología.

Esta técnica propuesta por Pissani (1985) fue desarrollada en las siguientes fases:

- a) Diseño de los vasos térmicos.
- b) Agitación mecánica de los vasos térmicos.
- c) Análisis granulométrico.
 - (1). Cálculo del análisis granulométrico.
 - (2). Determinación del Coeficiente de Uniformidad (C.U).

3.3.3.1. Diseño de los Vasos Térmicos.

Para la realización de ésta fase fueron empleados 15 vasos térmicos y 15 vasos de plástico de medio y un cuarto de litro respectivamente, ambos comerciales y desechables, además de los tres materiales envolventes siguientes:

- a) Fibra de vidrio.
- b) Fibra de vidrio con arpillera
- c) Fibra de coco con arpillera

La anexión de la arpillera es debido a que los objetivos de este análisis es evaluar y hacer una comparación respecto a la metodología del tanque tipo horizontal, sirviendo además para proporcionar mayor soporte al material filtrante a evaluar.

Una vez que ya se tuvieron los vasos térmicos se procedió a desprenderles la parte inferior de los mismos (fondo del vaso) resultando una abertura en forma circular de un diámetro aproximado de 5.5 centímetros sitio donde fue colocado el material a evaluar. En seguida se inició el diseño y construcción de los materiales, siendo las dimensiones de éstos, acordes con las aberturas circulares de los vasos. Para este fin fueron extraídos nueve muestras de los materiales envolventes que fueron evaluados también en el modelo del tanque tipo horizontal. Estas muestras corresponden a las nueve repeticiones de que constó el análisis, siendo tres repeticiones para cada tratamiento o material evaluado. Las dimensiones de las muestras mencionadas anteriormente,

están en función de la abertura circular de los vasos térmicos como es mostrado en el Cuadro 3.3.

CUADRO 3.3. Dimensiones de los diámetros y espesores de los materiales envolventes empleados en la técnica de agitación mecánica de vasos térmicos.

Tratamiento	Diámetro (cm)	Espesor (cm)
Fibra de vidrio	5.2	0.05
Fibra de vidrio con arpillera	5.2	0.2
Fibra de coco con arpillera	5.3	0.4

Posteriormente, se diseñaron unas mallas de alambre siendo éstas construídas del mismo diámetro que fue empleado para los materiales envolventes y que sirvieron de soporte para los mismos al ser colocados en los vasos térmicos. La construcción y diseño de las muestras fueron hechas en forma circular colocando en la parte inferior la malla o soporte añadiéndosele en seguida el material filtrante a evaluar con su arpillera, según fuere el caso (Figura 3.3). Después que fueron construidas las muestras-envolventes, se procedió a instalarlas en su lugar correspondiente utilizándose para esto cinta de masking tape colocándose el material a evaluar en la parte abierta del vaso térmico (parte inferior) y hecha con este fin, sosteniéndola con la adición de masking tape puesta ésta alrededor del vaso abarcando la interfase del vaso con el material (Figura 3.4.).

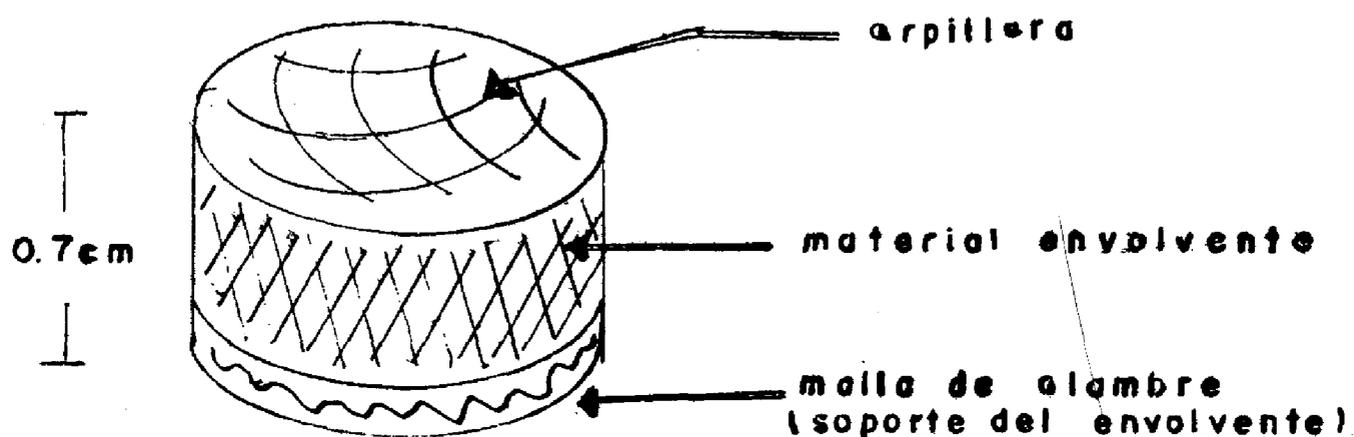


Figura 3.3. Diseño de la muestra-envolvente a evaluarse con la técnica de la agitación mecánica de vasos - térmicos.

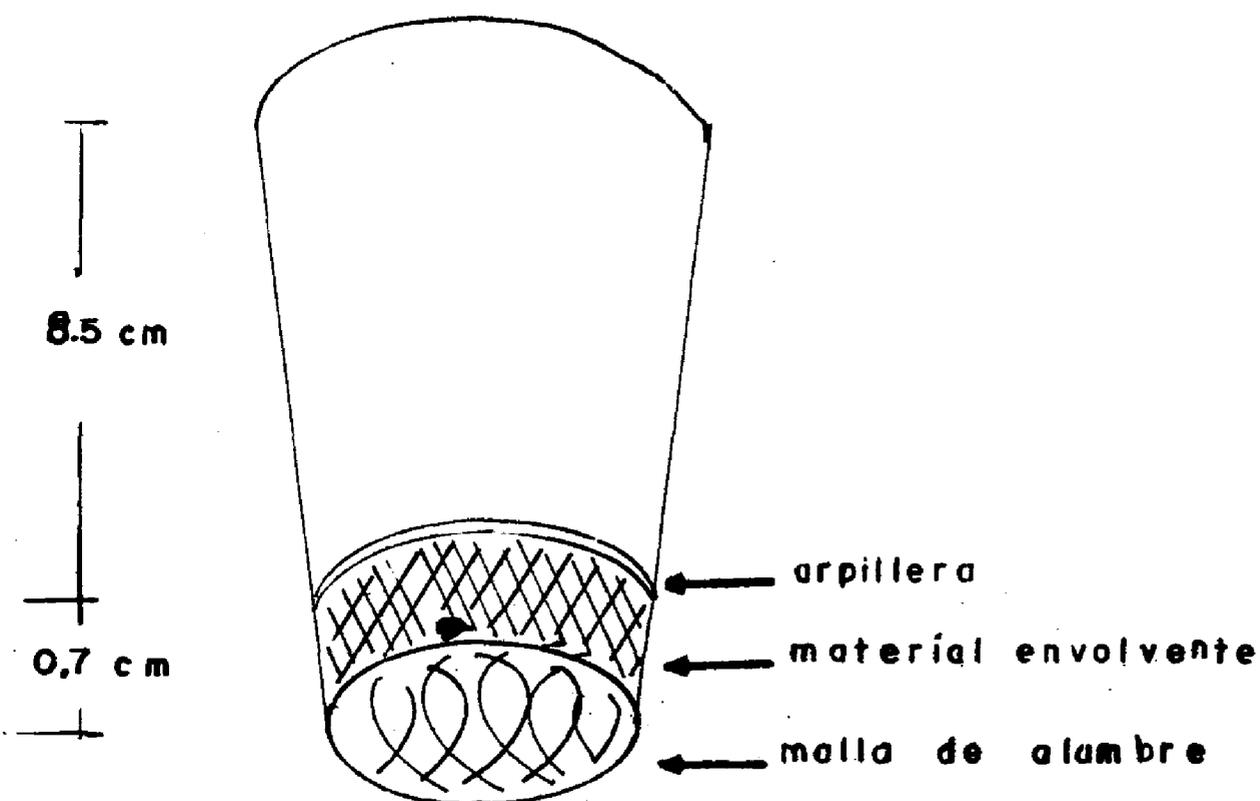


Figura 3.4. Vista general del diseño de un vaso térmico con su material a evaluar ya instalado.

Ya que se hubo colocado el material envolvente, se diseñó un recipiente, hecho éste de los vasos de plástico de un cuarto de litro para ser puesto bajo el vaso con su material añadido y que posteriormente operó como captador de los

sedimentos que lograron infiltrarse a través del envolvente al ser sometidos a agitación mecánica, quedando finalmente como es mostrado en la Figura 3.5.

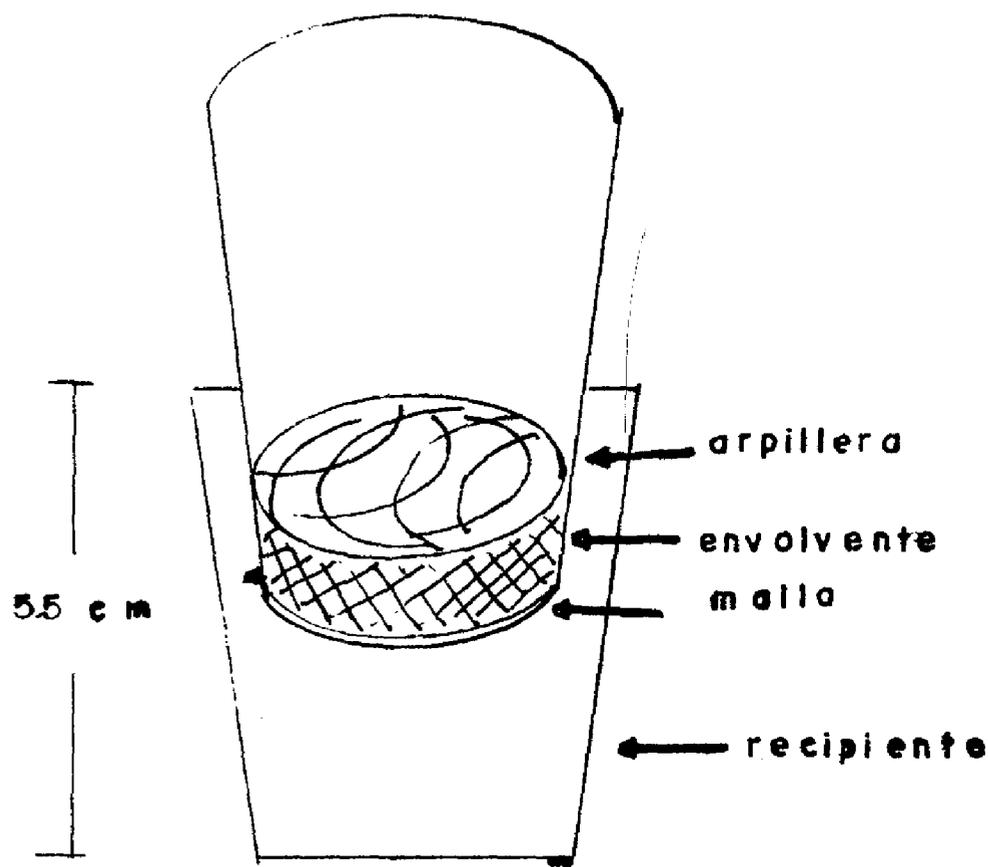


Figura 3.5. Vista final de un vaso térmico diseñado con un material envolvente correspondiente.

3.3.3.2. Agitación Mecánica de los Vasos Térmicos.

Construidos y ya diseñados los vasos térmicos se procedió a identificarlos de acuerdo al material envolvente empleado y se les colocó en su interior una muestra de 150 gramos de suelo, siendo éste de la región del Río Bravo, Tamaulipas. Posteriormente se le adicionan 95 mililitros de agua para llevar a saturación el suelo, ya que se tratará de simular las condiciones que se presentan en el campo cuando un dren está funcionando normalmente. Para la determinación del volumen de agua añadida a la muestra de suelo se realizó

un cálculo aproximado de los análisis hechos en laboratorio para saturar muestras de suelo y, en base a la cantidad empleada se interpola para obtener un promedio de acuerdo a la muestra usada de 150 gramos. A continuación, se les coloca una cubierta de papel o plástico en la parte superior del vaso térmico y es sujetado con cinta de masking tape con la finalidad de que, al estarse sometiendo a agitación mecánica las muestras de suelo no se dispersen y ocasionen disminución del contenido de la muestra. Después son instalados los vasos térmicos en la caja del agitador mecánico, teniendo la precaución de sujetarlos adecuadamente en ésta última debido a que por la forma irregular del diseño de los vasos pueden quedar huecos entre los mismos y ocasionar el golpeo de unos contra otros, logrando que se dispersen las muestras. Después de esto, se enciende el agitador mecánico con una vibración de 396 revoluciones por minuto, tal como se indica en la Figura 3.6. durante un período de tres horas de tal manera que con la agitación de las muestras logren filtrarse partículas de suelo a través del material envolvente y sedimentarse en el recipiente para posteriormente ser analizadas. Este procedimiento se repite tres veces para obtener las repeticiones respectivas a cada material.

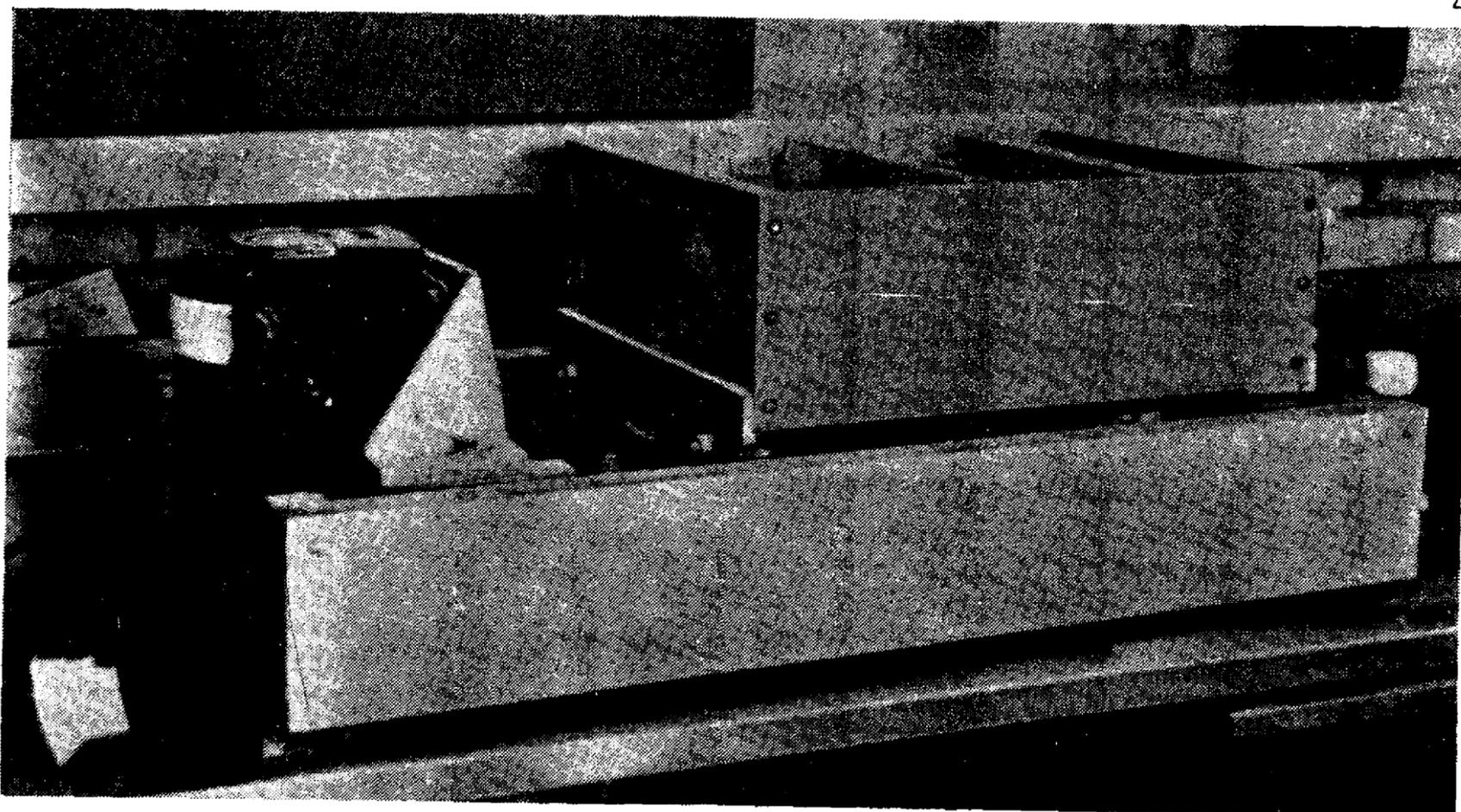


Figura 3.6. Vista general del agitador mecánico empleado en la metodología de la agitación mecánica de vasos térmicos.

3.3.3.3. Análisis Granulométrico.

Finalizada la etapa de la agitación mecánica, se procedió a quitárseles los recipientes a cada uno de los vasos térmicos, tomándose las muestras de los mismos, virtiéndose el contenido en las cápsulas de porcelana previamente iden-tificadas para llevarse posteriormente a la estufa a su secado total. Después del secado, se les pasó a un mortero con la finalidad de homogenizar las muestras disgregando los te-rrones formados por el humedecimiento, siendo en seguida pe-sadas. Después de ésto, se toma una muestra de sedimentos correspondiente a la primera repetición de un tratamiento a evaluarse y se lleva a una serie de tamices previamente ordenados en orden decreciente en relación al diámetro de la ma✓lla (Cuadro 3.4).

El orden de las cribas deben quedar de tal manera que la más fina permanezca en el fondo y la más gruesa en la parte superior. Luego es pesada la muestra desecada y disgregada, anotándose su peso (peso original), posteriormente se vacía la muestra de sedimentos en la criba superior. Después es colocado el conjunto de tamices graduados en el agitador mecánico durante un período de cinco minutos. En seguida se quita del agitador y se procedió nuevamente a agitarlos manualmente hacia arriba y hacia abajo de tal modo que el material a ser evaluado se agite sobre la superficie de cada criba impidiendo que éstas se atasquen. Se vacía luego el material retenido por la criba superior en un recipiente o en un pedazo de papel grande, se pasa al platillo de la balanza de precisión y se pesa. En el Cuadro destinado al registro de datos, se anota este peso y su correspondiente abertura de amalla en el cual, fue retenido. Este procedimiento se realizó para cada una de las cribas o tamices, y también a cada una de las repeticiones de que constó cada tratamiento. Finalmente es pesada toda la muestra acumulada, y ésta deberá de concordar con el peso de la muestra original, aceptándose como máximo una tolerancia del dos por ciento en el peso original con respecto a la pesada después del cribado.

CUADRO 3.4. Relación del número de mallas y diámetros de las mismas empleadas en el análisis granulométrico.

No.	Malla	Diámetro (mm)	Diámetro (pulg)	Diámetro (micrās)
1	20	0.840	0.0330	840
2	30	0.590	0.0232	590
3	35	0.500	0.0196	500
4	40	0.420	0.0165	420
5	50	0.297	0.0117	297
6	60	0.250	0.0098	250
7	80	0.177	0.0069	177
8	100	0.149	0.0058	149
9	140	0.105	0.0041	105
10	200	0.074	0.0029	074
11	315	0.044	0.0017	044
12	Recipiente	0.00	0.0000	0

3.3.3.3.1. Ajuste de Datos.

Después que se tiene el peso retenido de cada criba y es comprobada su tolerancia máxima, se procede a ajustar el peso retenido. Para ésto, es determinado un factor de correlación que resulta de dividir el peso perdido entre el peso total retenido. Este factor es multiplicado por el peso individual retenido de cada criba y le es añadido a este último obteniéndose posteriormente el peso retenido ajustado. El peso perdido proviene de la diferencia del peso original de la muestra y el peso total retenido al final de la serie de tamices. Una vez ajustado el peso retenido, se determina el porcentaje retenido de cada criba para que a continuación

se calcule el porcentaje retenido acumulado (Cuadro 3.5). Con los datos obtenidos anteriormente, se grafican en un papel adecuado en donde el porcentaje retenido acumulado se grafica contra la abertura de la malla en milésimas de pulgada o en milímetros, de tal manera que el porcentaje retenido acumulado se sitúe en la escala vertical de la gráfica y que la escala horizontal corresponda a la abertura de la malla.

3.3.3.3.2. Cálculo del Coeficiente de Uniformidad.

El coeficiente de uniformidad se define como "el coeficiente que resulta de dividir el tamaño de partículas correspondientes al 40 por ciento entre el tamaño dado, por el 90 por ciento (tamaño efectivo)". Cuanto más bajo su valor, más uniforme será la gradación de la muestra entre éstos límites. Los valores más grandes indican una gradación menos uniforme.

Una vez que se tiene la curva granulométrica de la muestra de suelo, se procede a calcular el coeficiente de uniformidad (C.U) en base a la definición anterior, como se muestra en la Figura 3.7.

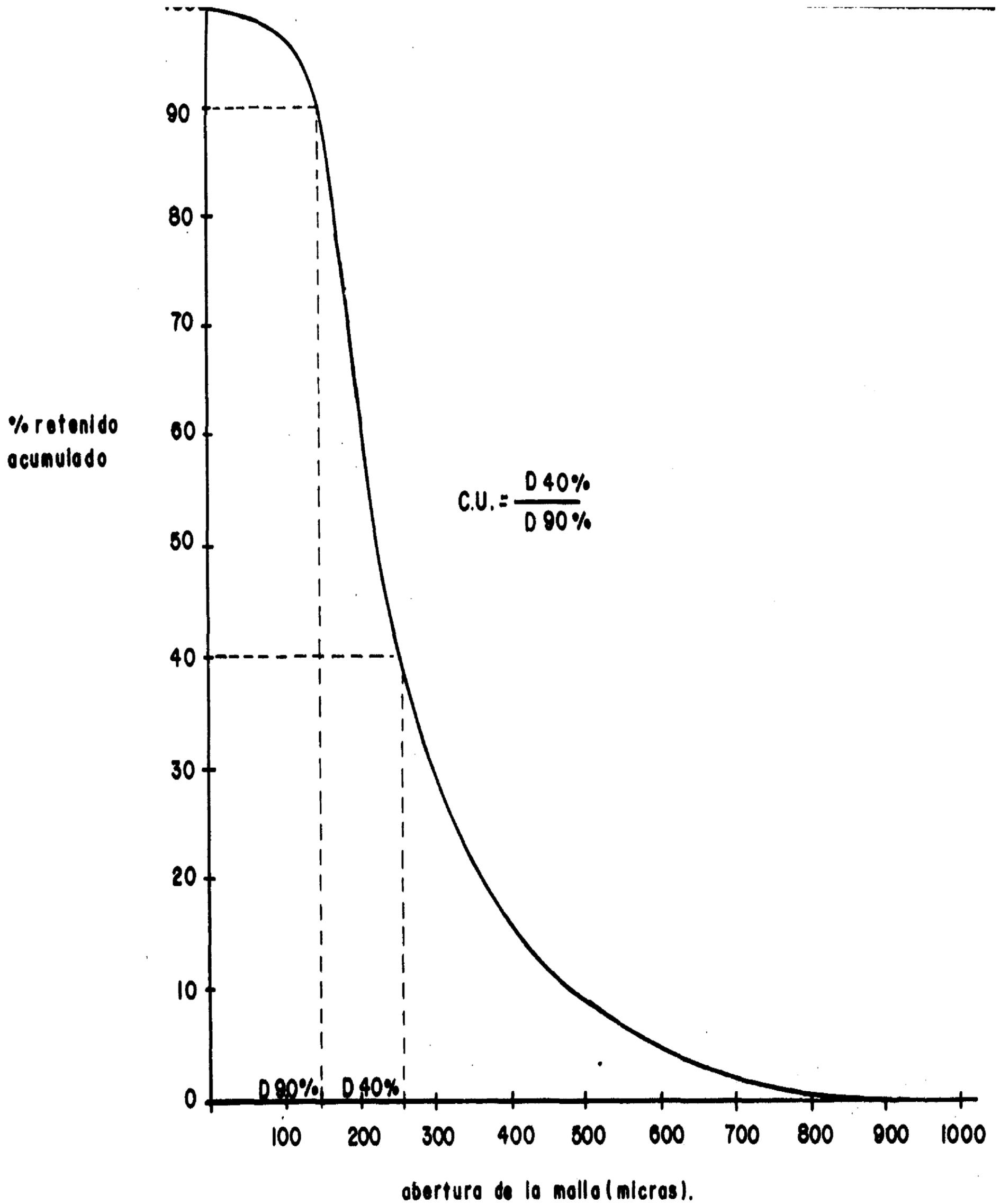


FIGURA 3.7 Curva típica del análisis granulométrico de un suelo para determinar el coeficiente de uniformidad (c.u).

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Lugar.

Este estudio fue llevado a cabo en el laboratorio de hidráulica y drenaje, localizado en las instalaciones del Departamento de Riego y Drenaje de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

3.2. Materiales Utilizados.

3.2.1. Suelo.

Para la realización de este trabajo se utilizó un suelo perteneciente a la Región del Distrito de Riego 025 del Bajo Río Bravo, Tamaulipas, cuyas características físicas y químicas se muestran en los Cuadros 3.1. y 3.2. respectivamente.

3.2.2. Materiales Envolventes.

Para la evaluación de las metodologías desarrolladas y su comparación respectiva, se llevaron a cabo mediciones de resistencia de entrada y granulometría (Zermeño, 1982). Para ésto, se emplearon materiales envolventes blandos, de los cuales como orgánicos se utilizó la fibra de coco y como sintéticos la fibra de vidrio y fibrillas de vidrio.

CUADRO 4.1.

JADRO Registro de los corcos piezométricas empleado para la determinación de la resistencia de entrada.

rucho No 1

Inlclo 23 de Octubre de 1985

aterial Fibra de Vidrio

$$\Delta h_n = h_n - h$$

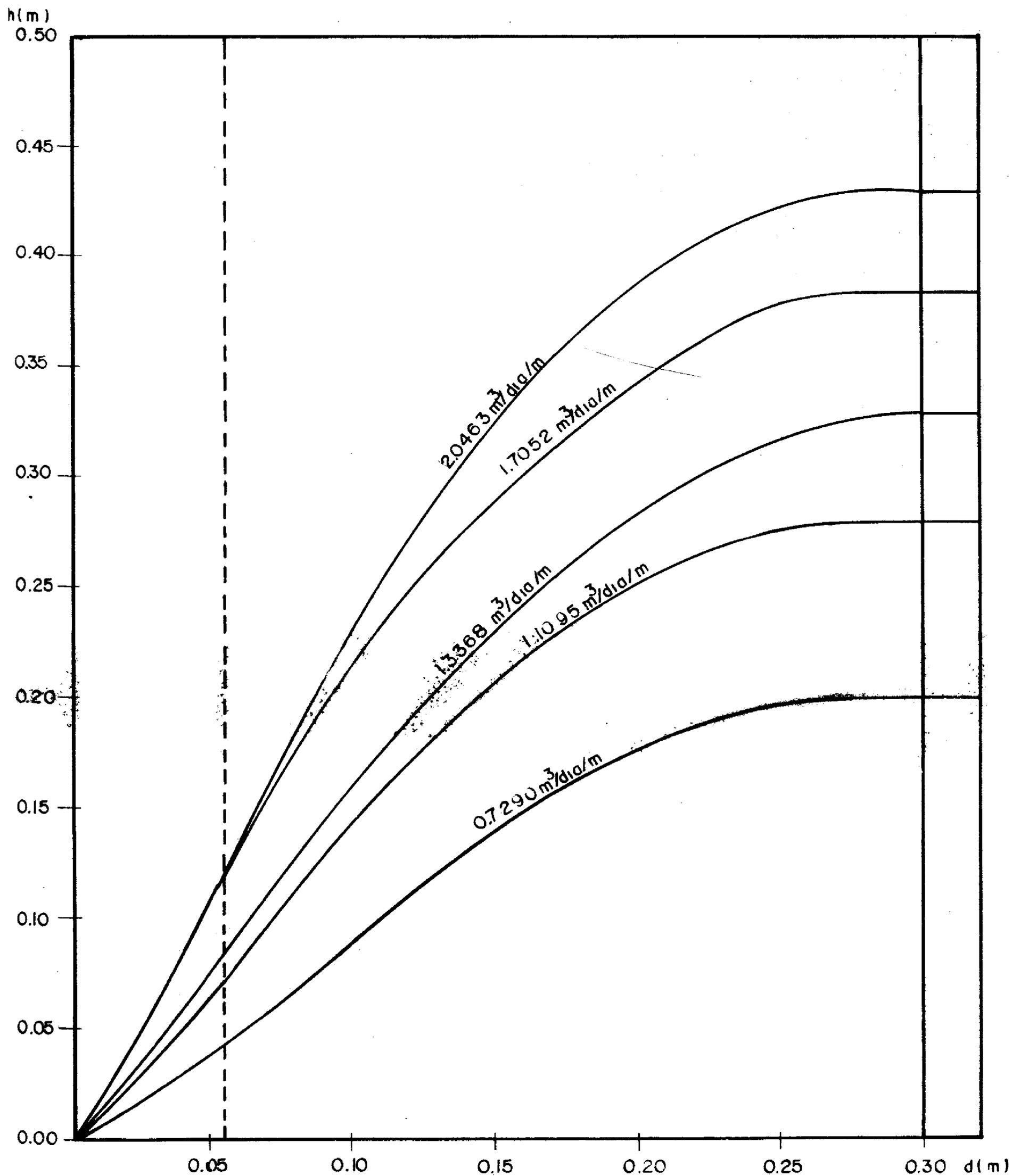
Terminación 27 de Octubre de 1985

$$\Delta h_f = \bar{T} - h$$

Duración 5 días.

ODELO: Tanque tipo Horizontal'

Fecha Hora	LECTURAS PIEZOMETRICAS (mm)																								Q cm ³ /seg	q m ³ /dia/m				
	P ₁	P ₂	P ₃	h	Δh	P ₄	P ₅	P ₆	h ₁	Δh ₁	P ₇	P ₈	P ₉	h ₂	Δh ₂	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	h ₃	Δh ₃	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	h ₄			Δh ₄	T̄	Δh	
3-85 8:00	10	11	8	10		265	227	246	246		328	348	351	342		418	407	393	406		435	437	437	436		439		47.0	2.1372	
5-85 3:00	10	11	8	10		249	225	253	242		328	344	333	335		393	398	373	388		317	437	437	430		438		45.0	2.0463	
3-85 8:00	9	11	6	9		245	223	252	240		324	343	319	329		376	345	370	380		418	430	440	429		440		43.0	1.9553	
				10	0				243	233				335	325				391	381					432	422	439	439	45.0	2.0463
4-85 8:00	9	11	7	9		218	221	244	228		321	316	278	305		372	359	364	365		391	393	393	392		393		40.0	1.8189	
4-85 3:00	8	11	6	8		259	204	197	220		311	284	270	288		358	347	345	350		382	378	387	382		287		37.5	1.7052	
4-85 6:00	8	11	6	8		255	203	195	218		299	282	263	281		343	341	325	336		395	395	395	395		395		35.0	1.5915	
				8	0				222	214				291	283				350	342					390	382	392	384	37.5	1.7052
5-85 8:00	8	11	6	8		225	160	172	186		263	259	250	257		304	393	310	302		343	332	340	338		343		31.0	1.4096	
5-85 3:00	8	11	6	8		185	133	171	163		252	225	224	234		302	265	306	291		331	325	335	330		335		29.1	1.3187	
5-85 8:00	7	11	6	8		183	130	171	161		244	240	220	235		295	263	302	287		317	288	330	312		336		28.2	1.2823	
				8	0				170	162				242	234				293	285					327	319	338	330	29.4	1.3369
6-85 8:00	7	11	6	8		180	142	169	158		240	229	217	229		262	260	263	262		288	288	288	288		288		25.4	1.1550	
6-85 3:00	7	10	6	8		175	118	170	154		224	198	214	212		259	246	254	253		287	282	288	286		288		24.6	1.1186	
6-85 8:00	7	10	6	8		162	100	163	142		215	178	198	197		244	235	240	240		283	283	283	283		283		23.2	1.0549	
				8	0				151	143				213	205				252	244					286	278	286	278	24.4	1.1095
7-85 8:00	5	8	5	6		118	70	119	102		161	146	152	153		189	183	181	184		203	207	208	206		208		17.4	0.7912	
7-85 3:00	5	8	5	6		104	61	111	92		153	127	149	143		180	178	174	177		203	197	204	201		204		15.6	0.7093	
7-85 8:00	5	8	5	6		101	56	105	87		151	124	144	140		178	174	169	174		200	205	205	203		205		15.1	0.6866	



GRÁFICA 4.1 Relación Δh vs d para diferentes descargas para el tratamiento de fibra de vidrio.

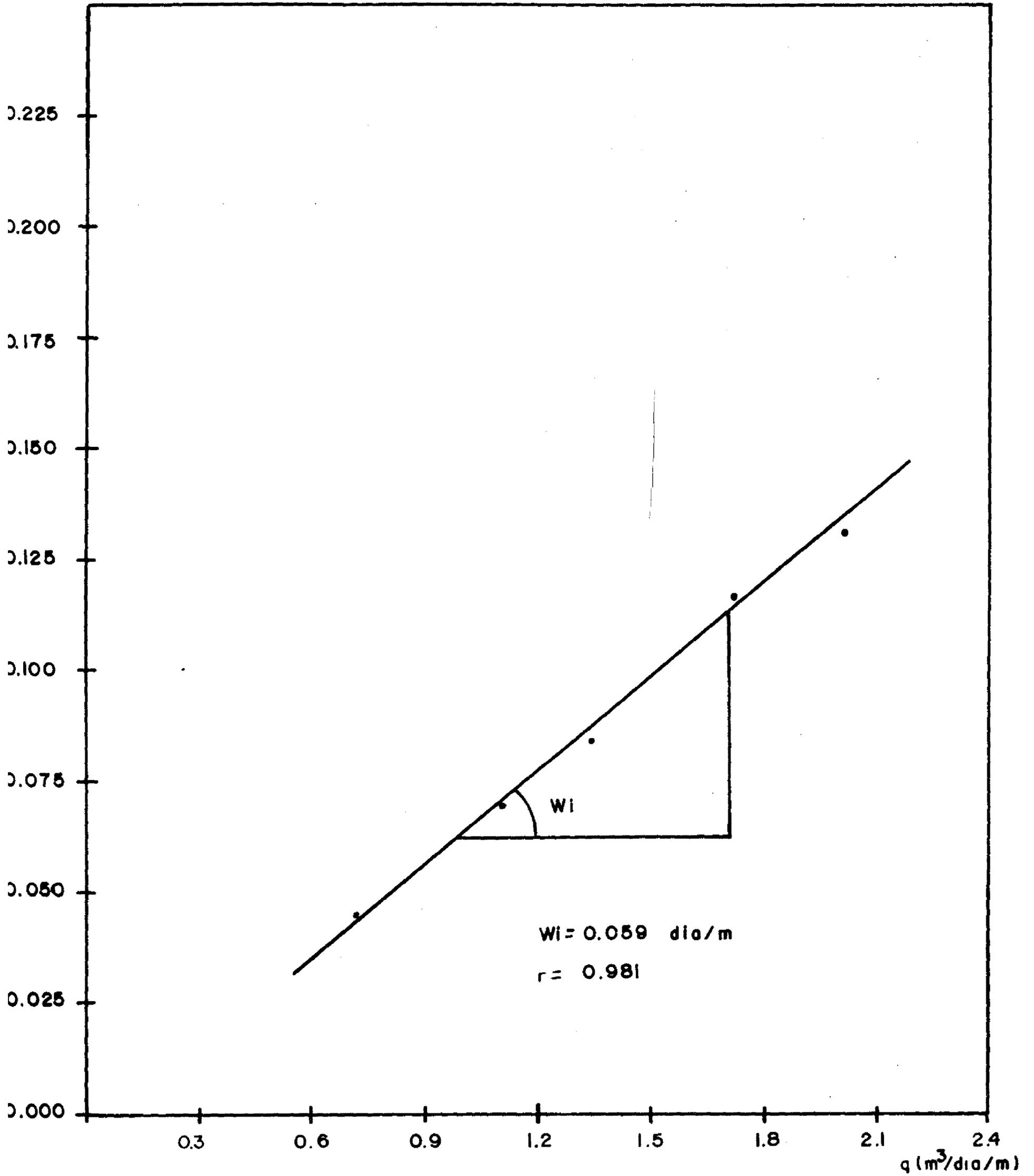


FIGURA 4.2 Cálculo de la resistencia de entrada (W_i) relación Δh vs q , para $d=10$ (m) para el tratamiento de fibra de vidrio.

ADRO Registro de las cargas piezométricas empleado para la determinación de la resistencia de entrada.

Inicio 4 de Noviembre de 1985

Jobo No 3

$$\Delta h_n = h_n - h$$

Terminación 8 de Noviembre de 1985

Material Fibra de coco con arpillera.

$$\Delta h_f = \bar{T} - h$$

Duración 5 días.

cha V. ra	LECTURAS PIEZOMETRICAS (mm)																										Q cm ³ /seg	q m ³ /día/m	
	P ₁	P ₂	P ₃	h	Δh	P ₄	P ₅	P ₆	h ₁	Δh ₁	P ₇	P ₈	P ₉	h ₂	Δh ₂	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	h ₃	Δh ₃	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	h ₄	Δh ₄	T̄			Δh
4-85 3:00	10	15	16	14		324	362	325	337		398	397	398	398		420	418	422	420		433	435	435	434		435		50.6	2.3009
4-85 3:00	10	15	16	14		321	335	310	322		377	386	385	383		415	414	418	416		426	431	432	430		433		52.0	2.3646
4-85 8:00	10	15	16	14		319	361	292	324		363	370	367	367		404	399	408	404		429	418	430	426		433		49.5	2.2418
				14	0				328	314				383	369				413	399				430	416	434	420	50.63	2.3023
5-85 3:00	9	13	14	12		265	271	269	268		335	351	342	343		378	366	374	369		382	383	381	382		383		12.4	0.5638
5-85 3:00	9	14	14	12		260	255	266	260		334	350	333	339		365	367	370	367		381	380	382	381		382		7.68	0.3492
5-85 8:00	9	14	14	12		252	250	248	250		337	338	329	335		363	349	365	359		380	378	380	380		382		5.83	0.2651
				12	0				259	247				339	327				365	353				381	369	382	370	8.64	0.3928
5-85 8:00	8	11	13	11		196	185	189	190		262	282	255	266		335	325	320	327		328	327	329	328		329		4.0	0.1818
5-85 3:00	8	11	13	11		190	180	178	183		264	250	232	249		315	311	310	312		326	324	326	325		327		3.8	0.1727
5-85 8:00	7	11	13	10		175	170	153	166		265	248	213	330		302	296	298	299		325	320	326	324		326		3.4	0.1546
				11	0				180	169				282	271				213	302				326	315	327	316	3.73	0.1696
7-85 8:00	8	9	13	10		144		135	140		240	210	200	217		258	383	260	267		283	280	282	282		284		2.3	0.1046
7-85 3:00	8	9	13	10		140		131	136		225	198	196	206		253	265	251	256		275	273	275	274		280		2.0	0.0909
7-85 8:00	8	9	13	10		125		105	115		203	195	192	197		243	265	227	245		274	272	274	273		275		1.9	0.0864
				10	0				130	120				210	200				256	246				276	266	280	270	2.07	0.0941
8-85 8:00	6	8	10	8		97		97	97		133		139	136		177	182	185	181		195	194	195	195		195		1.4	0.0636
8-85 3:00	6	8	10	8		90	93	96	93		136	142	138	139		164	170	180	171		195	193	195	194		196		1.2	0.0545
8-85 8:00	5	8	9	7		82	91	65	79		131	137	137	135		161	165	172	166		191	192	195	193		195		1.1	0.0500
				8	0				90	82				137	129				173	165				194	186	195	187	1.23	0.0559

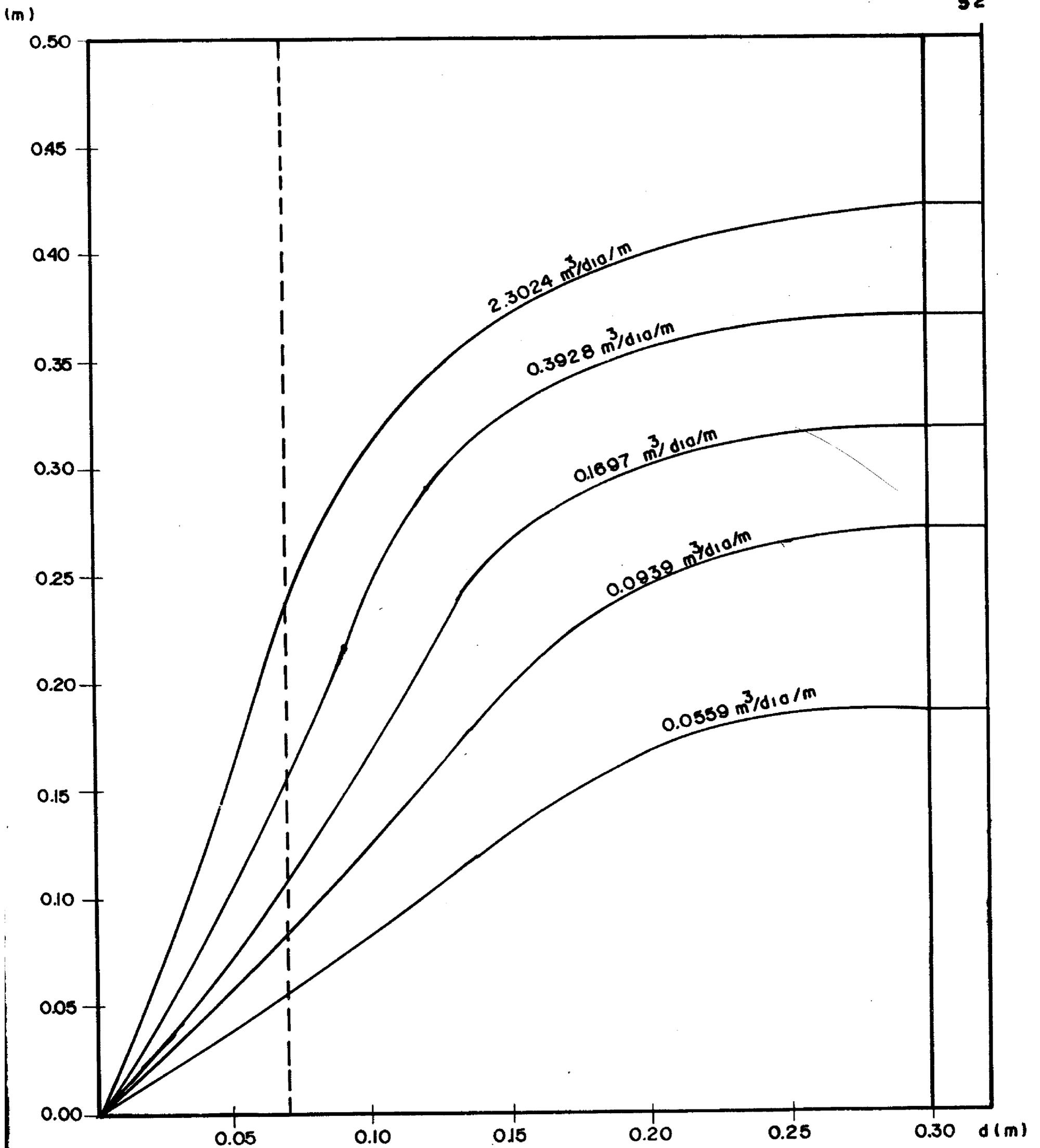


FIGURA 4.3 Relación Δh vs d para diferentes descargas para el tratamiento de fibra de coco con arpillera.

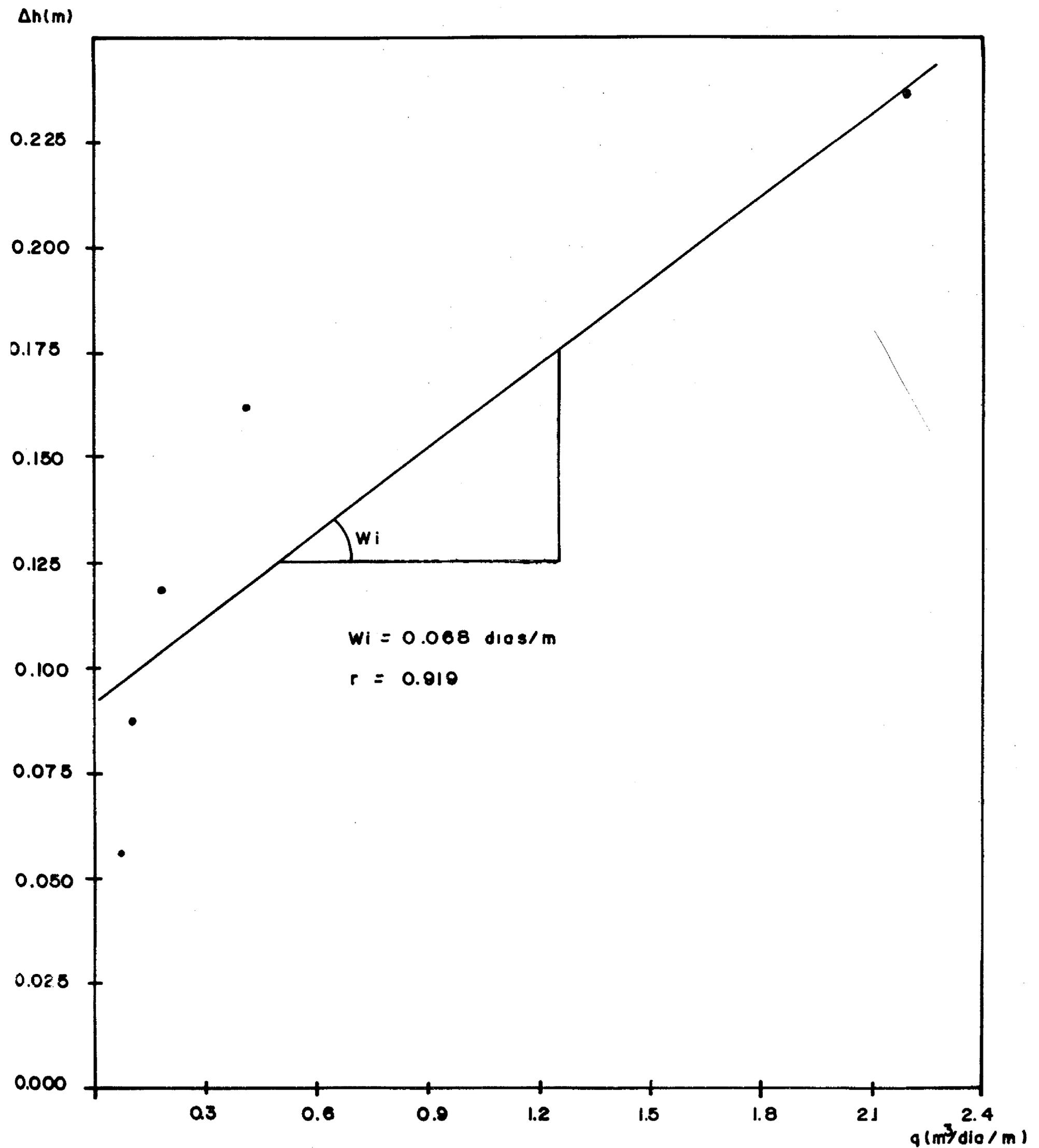


FIGURA 4.4 Cálculo de la resistencia de entrada (W_i) relación Δh vs q para $d=10(m)$ en el tratamiento fibra de coco con orpillera.

CUADRO Registro de las cargas piezométricas empleado para la determinación de la resistencia de entrada.

Prueba No 2

Inicio 29 de Octubre de 1985

Material Fibrilla de vidrio con arpillera

$$\Delta h_n = h_n - h$$

Terminación 2 de Noviembre de 1985

$$\Delta h_T = \bar{T} - h$$

Duración 5 días.

Fecha	LECTURAS PIEZOMETRICAS (mm)																								Q cm ³ /seg	q m ³ /dia/m			
	P ₁	P ₂	P ₃	h	Δh	P ₄	P ₅	P ₆	h ₁	Δh ₁	P ₇	P ₈	P ₉	h ₂	Δh ₂	P ₁₀	P ₁₁	P ₁₂	h ₃	Δh ₃	P ₁₃	P ₁₄	P ₁₅	h ₄			Δh ₄	T̄	Δh
9-85 10:00	12	13	11	12		348	365	292	335		387	382	395	388		428	432	435	432		439	439	438	439	440		47.6	2.1645	
9-85 3:00	11	11	11	11		340	361	290	330		375	378	380	378		418	420	415	418		437	438	435	437	438		46.8	2.1282	
9-85 8:00	11	11	11	11		280	295	232	269		363	359	365	362		407	412	410	410		435	436	436	436	436		46.0	2.0917	
				11	0				311	300				376	365				420	409				437	426	438	427	46.8	2.1281
10-85 8:00	11	11	10	11		255	247	251	251		323	295	305	308		363	365	355	361		386	386	370	381	395		37.3	1.6961	
10-85 3:00	11	11	10	11		220	219	220	220		320	291	302	304		355	343	340	346		384	386	386	385	387		36.4	1.6552	
10-85 8:00	10	10	9	10		205	198	196	200		305	288	300	298		318	329	336	328		385	386	382	384	389		32.1	1.4596	
				11	0				223	212				303	292				345	334				383	372	390	379	35.27	1.6038
11-85 8:00	8	9	9	9		185	178	175	179		295	275	269	280		335	428	320	328		337	337	334	336	337		19.5	0.8867	
11-85 3:00	8	9	9	9		161	159	163	161		242	247	250	246		312	315	309	312		336	336	336	336	336		18.2	0.8276	
11-85 8:00	8	9	9	9		136	125	129	130		215	220	209	215		287	292	280	286		334	334	331	333	334		11.2	0.5093	
				9	0				157	148				247	238				309	300				335	326	336	327	16.3	0.7412
12-85 8:00	8	8	6	7		100	95	97	97		185	185	130	167		250	260	220	243		285	286	286	286	286		14.4	0.6548	
12-85 3:00	8	8	6	7		96	92	96	95		180	196	125	167		245	250	215	237		280	286	283	283	286		13.3	0.5911	
12-85 8:00	8	8	6	7		94	84	92	90		175	180	123	159		230	244	215	230		275	282	280	279	284		14.8	0.6730	
				7	0				94	87				164	157				237	230				283	276	285	278	14.17	0.6457
2-85 8:00	6	7	5	6		87	79	82	83		152	149	147	149		191	148	173	171		204	205	204	204	205		11.06	0.5029	
2-85 3:00	6	7	5	6		75	68	69	71		125	119	120	121		175	145	171	164		205	204	201	203	206		10.4	0.4729	
2-85 8:00	6	7	5	6		59	62	57	59		109	111	115	112		170	145	168	161		199	203	198	200	203		11.4	0.5184	
									71	68				157	151				165	158				201	196	205	199	10.05	0.4670

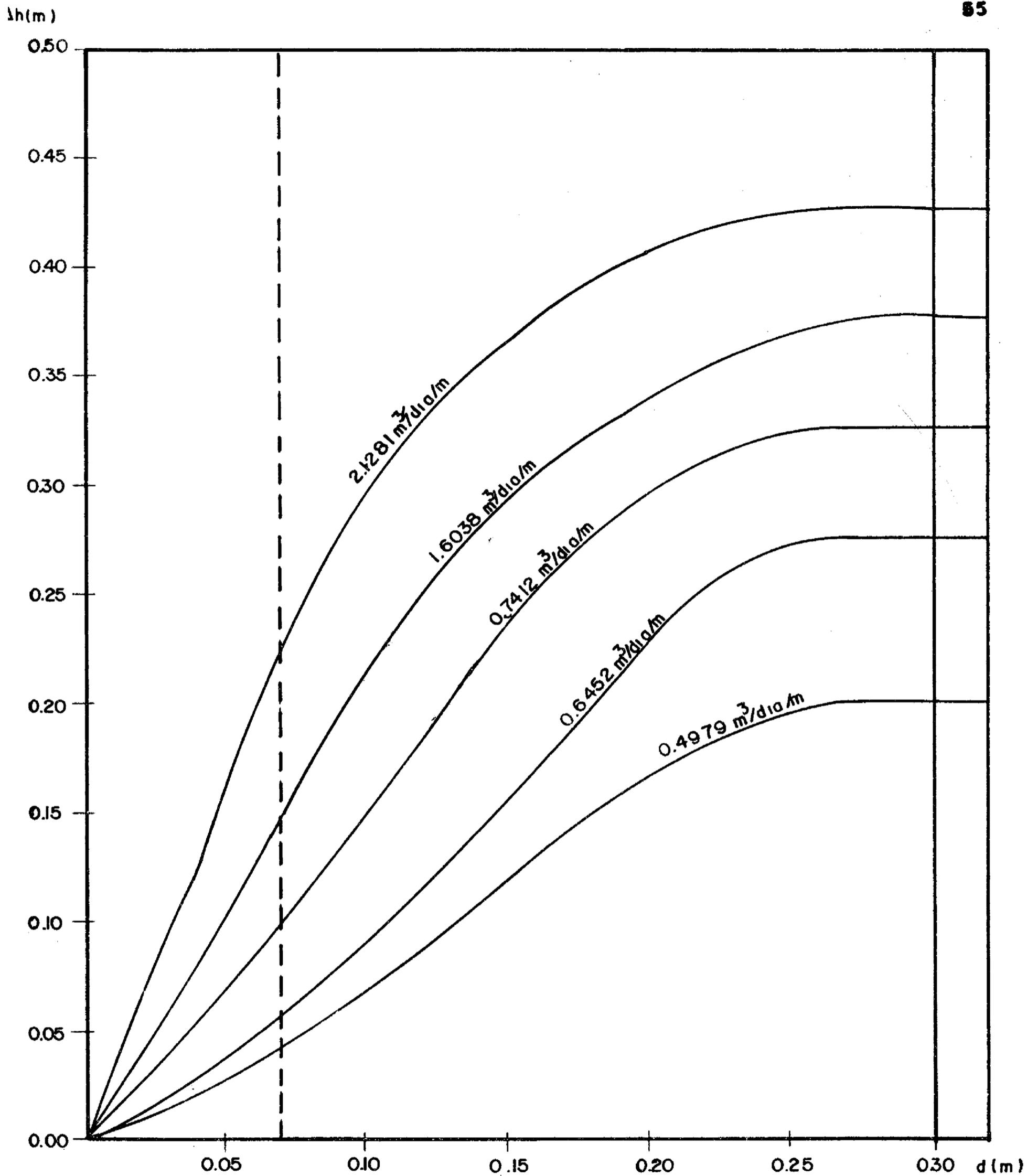


FIGURA 4.5 Relación Δh vs d para diferente descargas para el tratamiento de fibrillos de vidrio con orpillero.

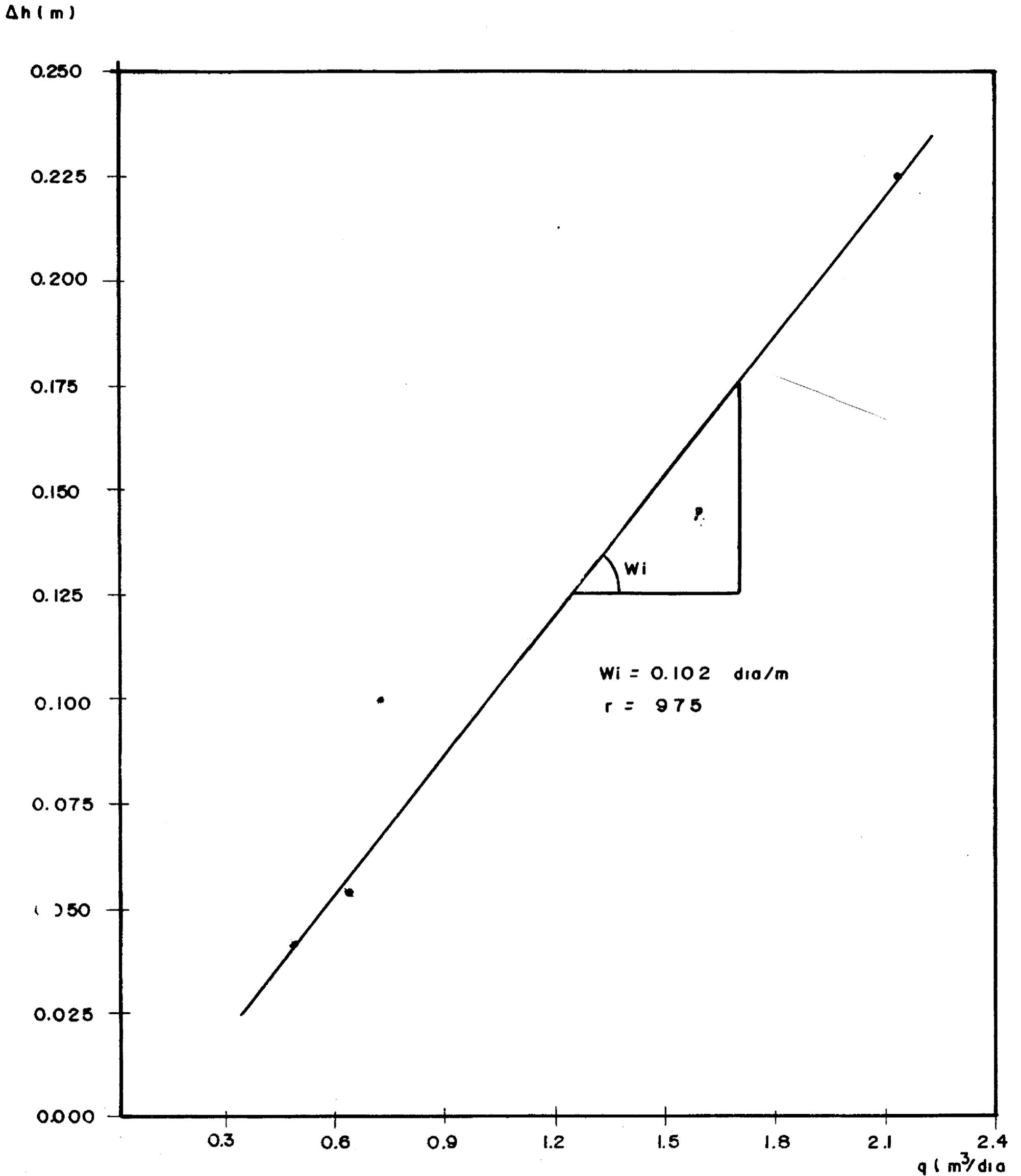


FIGURA 4.6 Cálculo de la resistencia de entrada (Wi) relación Δh vs q para $d=10$ cm. en el tratamiento fibrilla de vidrio con arpilla.

de entrada el cual es de 0.059 días por metro para este tratamiento (Cuadro 4.4).

En la Figura 4.3, se muestran las curvas del nivel freático para el tratamiento de fibra de coco con arpillera, y en la Figura 4.4 se muestra el valor que se obtuvo de la resistencia de entrada para este tratamiento y que fue de 0.068 días por metro.

En la Figura 4.5 se muestran las curvas del abatimiento del nivel freático para el tratamiento de fibrillas de vidrio con arpillera, mientras que en la figura 4.6 se puede observar el valor de la resistencia de entrada que se obtuvo para este material envolvente que fue de 0.102 días por metro.

En el Cuadro 4.4, se muestran los resultados obtenidos de las pruebas de resistencia de entrada y su correspondiente coeficiente de correlación de cada uno de los materiales evaluados. De este cuadro se puede notar que el coeficiente de correlación de cada uno de los materiales, es de 0.9, indicándonos ésto un buen ajuste en la determinación de la resistencia de entrada. El tratamiento que mostró el valor más bajo de la resistencia de entrada, fue la fibra de vidrio, con un valor de 0.059 días por metro, indicando una mejor propiedad de permeabilidad de dicho material con respecto a los otros materiales evaluados.

En el Cuadro 4.5 se muestran los resultados que se obtuvieron de las descargas de sedimentos para cada uno de los envoltentes evaluados. A partir de este cuadro se puede

CUADRO 4.4. Resultados obtenidos de valores de resistencia de entrada de los diferentes tratamientos evaluados en el modelo del tanque horizontal.

Tratamiento	Resistencia de entrada (días /metro)	Coefficiente de correlación. (r)
Fibra de vidrio	0.059	0.981
Fibra de coco con arpillera	0.068	0.919
Fibrilla de vidrio con arpillera	0.102	0.975

CUADRO 4.5. Comparación de las descargas de agua y sedimentos en el dren probados con diferentes materiales envolventes en el modelo del Tanque tipo Horizontal.

Tratamiento	Tiempo de prueba.	Promedio descarga del dren $m^3 /día/m$	Descarga de sedimentos. (gramos).
Fibra de vidrio	5 días	1.38536	33.00
Fibra de coco con arpillera	5 días	0.60294	232.235
Fibrillas de vidrio con arpillera	5 días	1.12334	316.200

observar que el material que presenta una mayor descarga de sedimentos es el material de fibrillas de vidrio con arpillera con 316.20 gramos, mientras que el material que presenta la menor descarga de sedimentos corresponde a la fibra de vidrio con 33.00 gramos. A partir de los resultados obtenidos anteriormente, se puede establecer que la fibra de vidrio presenta las mejores propiedades en lo que se refiere a la calidad del filtro en relación a los demás materiales probados. En este mismo cuadro se puede notar que la fibra de vidrio presenta también el valor más alto en lo que se refiere al gasto de descarga, con un valor de 1.38536 metros cúbicos por día por metro, indicando ésto que dicho material presenta también las mejores propiedades respecto a permeabilidad. El material que presentó el valor más bajo de caudal de descarga fue la fibra de coco con arpillera con un valor de 0.60294 metros cúbicos por día por metro presentando por lo tanto las peores propiedades de permeabilidad respecto a los otros materiales evaluados.

4.2. Granulometría.

4.2.1. Metodología del Tanque tipo Horizontal.

En los Cuadros 4.6, 4.7 y 4.8, se muestra la relación del porcentaje de peso retenido acumulado para cada una de las mallas empleadas en el análisis granulométrico para cada uno de los materiales probados. En las Figuras 4.7, 4.8 y 4.9, se muestra la relación entre el porcentaje de peso retenido acumulado contra la abertura de la malla. A par

GRANULOMETRIA

(Sedimentos dentro del dren)

TRATAMIENTO 1. ANALISIS GRANULOMETRICO FIBRA DE VIDRIO

MODELO: TANQUE TIPO HORIZONTAL (PRIMER METODO).

Nº	maila	Tamaño de la maila (mm)	Peso individual retenido (grs)	Factor de corrección B	Peso retenido ajustado (grs)	Por ciento retenido (%)	Por ciento retenido acumulado (%/∑)
1	20	0.840	0.0116	0.00028	0.01188	0.04	0.04
2	30	0.600	0.2816	0.00695	0.28855	0.99	1.04
3	35	0.500	0.4042	0.00998	0.41408	1.43	2.47
4	40	0.420	0.1635	0.00404	0.16754	0.58	3.05
5	50	0.297	0.9806	0.02422	1.00482	3.47	6.52
6	60	0.250	1.4809	0.03658	1.51747	5.25	11.78
7	80	0.177	2.5019	0.06179	2.56369	8.87	20.65
8	100	0.149	1.6282	0.040216	1.66842	5.77	26.43
9	140	0.105	1.7335	0.04282	1.77632	6.14	32.57
10	200	0.074	5.5783	0.13778	5.71608	19.78	52.36
11	325	0.044	11.5682	0.28573	11.85393	41.03	93.39
12	recipiente	0.000	1.8500	0.04594	1.90594	6.59	100.00

Peso original de la muestra = 28.8895 gs.

Peso total retenido = 28.1924 gs.

Peso perdido = peso original de la muestra - peso total retenido.

Peso perdido = 28.8895 - 28.1924 = 0.6971 gs.

Obtención del factor de corrección (Fc) = $\frac{\text{Peso perdido}}{\text{P. total retenido}} = \frac{0.6971}{28.1924} = 0.0247$

B = (Fc) x Peso individual retenido

(Sedimentos dentro del dren)

TRATAMIENTO 2. FIBRA DE COCO CON ARPILLERA. ANALISIS GRANULOMETRICO.

METODO: TANQUE TIPO HORIZONTAL (PRIMER METODO)

Nº	malla	Tamaño de la malla (mm)	Peso individual retenido (grs)	Factor de corrección B	Peso retenido ajustado (grs)	Por ciento retenido (%)	Por ciento retenido acumulado (%)
1	20	0.840	2.3271	0.02988	2.3569	4.70	4.70
2	30	0.690	3.6459	0.04681	3.6927	17.37	12.07
3	35	0.500	1.9045	0.02445	1.9289	13.85	15.92
4	40	0.420	0.4333	0.00556	0.4388	0.87	16.79
5	50	0.297	2.3964	0.07373	2.4702	4.93	21.72
6	60	0.250	2.2281	0.02861	2.2567	4.51	26.23
7	80	0.177	3.6736	0.04717	3.7207	7.43	33.66
8	100	0.149	2.5999	0.03338	2.6332	5.26	38.92
9	140	0.105	3.1078	0.03990	3.1477	6.29	45.21
10	200	0.074	9.0271	0.11590	9.1430	18.27	63.48
11	325	0.044	12.5423	0.16104	12.7033	25.38	88.86
12	recipiente	0.000	5.4800	0.07036	5.5503	11.09	100.00

Peso original de la muestra = 50.0 gs.

Peso total retenido = 49.366 gs.

Peso perdido = peso original de la muestra - peso total retenido.

Peso perdido = 50.00 - 49.366 = 0.634 gs.

Obtención del factor de corrección (Fc) = $\frac{\text{Peso perdido}}{\text{P. total retenido}} = \frac{0.634}{49.366} = 0.01284$

B = (Fc) x Peso individual retenido

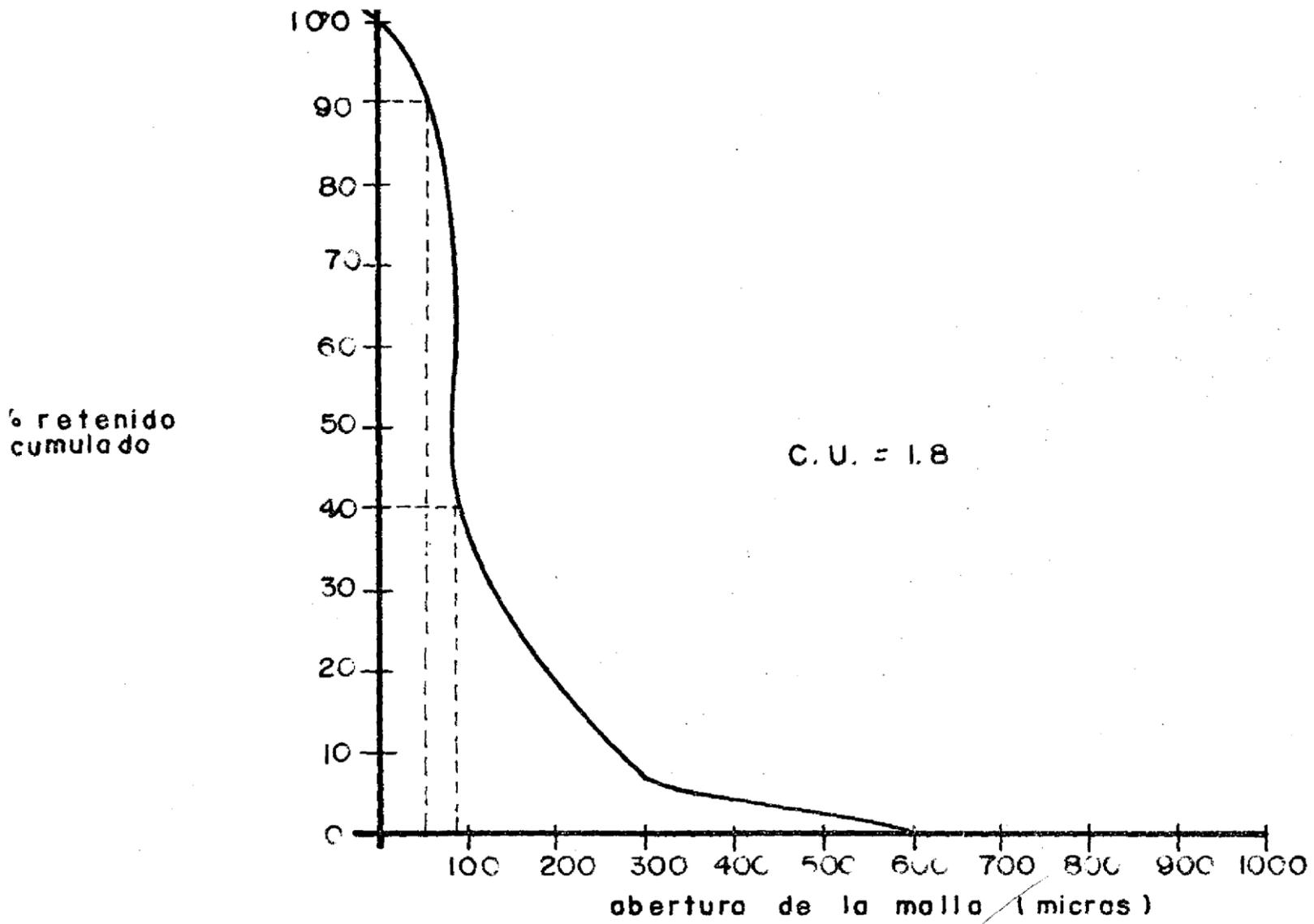


FIGURA 4.7 Análisis granulométrico de los sedimentos dentro del dren para el tratamiento de fibra de vidrio en la metodología del tanque tipo horizontal.

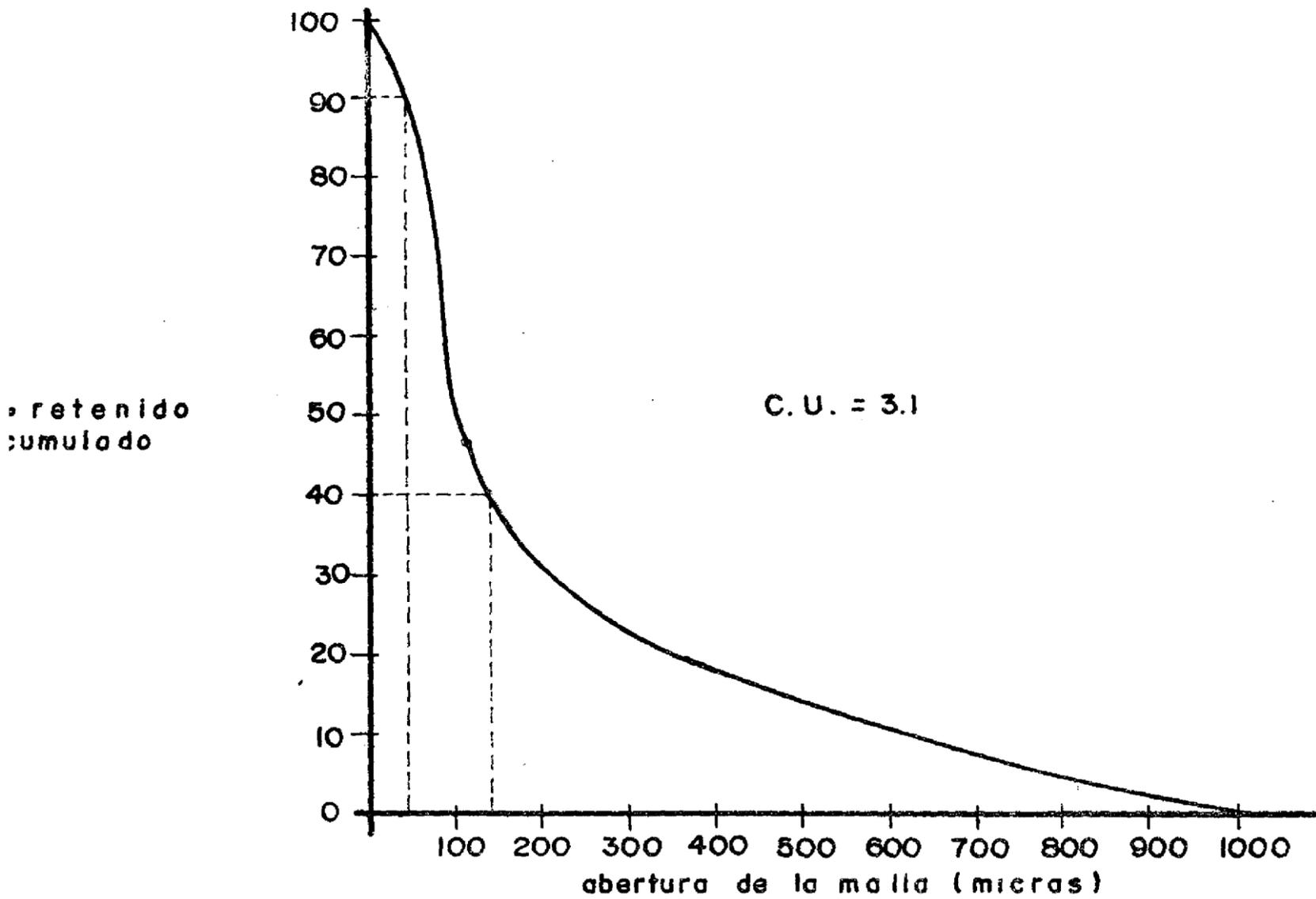


FIGURA 4.8 Análisis granulométrico de los sedimento dentro del dren para el tratamiento de fibra de coco con arpillera en la metodología del tanque tipo horizontal.

tir de estas relaciones se obtiene el coeficiente de uniformidad de acuerdo con la metodología propuesta por Allen Hazen (1966), encontrándose un valor de 1.8 para la fibra de vidrio; 3.1 para la fibra de coco con arpillera, y 3.75 para fibrillas de vidrio con arpillera. De los resultados anteriores se puede observar que la fibra de vidrio presenta el valor más bajo del coeficiente de uniformidad, reflejando ésto una mejor propiedad del filtro en cuanto a calidad del mismo con relación al resto de los materiales evaluados, coincidiendo también con el primer análisis realizado.

4.2.2. Agitación Mecánica de Vasos Térmicos.

En los Cuadros 4.9, 4.10 y 4.11, se presenta la relación de los valores del porcentaje de peso retenido acumulado para cada una de las mallas usadas en la evaluación de cada uno de los materiales empleados. En las Figuras 4.10, 4.11 y 4.12, se muestra la relación del porcentaje de peso retenido acumulado contra la abertura de la malla para cada uno de los materiales probados. A partir de estas figuras se puede observar que el coeficiente de uniformidad fue de 2.5 para la fibra de coco con arpillera; 3.64 para fibrillas de vidrio con arpillera, y 1.9 para la fibra de vidrio. De estos resultados se puede notar que de acuerdo a esta metodología, el envoltente que presenta la mejor probabilidad de filtro es la fibra de vidrio, reflejado esto por el valor más bajo obtenido del coeficiente de uniformidad. Para

CUADRO 4.8.

GRANULOMETRIA

(Sedimentos dentro del dren)

TRATAMIENTO 3. FIBRELLAS DE VIDRIO CON ARPILLERA. ANALISIS GRANULOMETRICO.

MODELO: TANQUE TIPO HORIZONTAL (PRIMER METODO)

Nº	malla	Tamaño de la malla (mm)	Peso individual retenido (grs)	Factor de corrección B	Peso retenido ajustado (grs)	Por ciento retenido (%)	Por ciento retenido acumulado (%)
1	20	0.840	1.9488	0.01617	1.96497	3.92	3.92
2	30	0.600	6.8473	0.05683	6.9041	13.80	17.73
3	35	0.500	3.1073	0.02579	3.2330	6.26	24.00
4	40	0.420	0.5308	0.00440	0.5352	1.07	25.07
5	50	0.297	3.4318	0.02848	3.4602	6.92	31.99
6	60	0.250	3.7854	0.03142	3.8168	7.63	39.62
7	80	0.177	3.1494	0.02614	3.1755	6.35	45.97
8	100	0.149	1.6769	0.01392	1.6908	3.38	49.35
9	140	0.105	1.8400	0.01527	1.8552	3.71	53.06
10	200	0.074	4.9207	0.04084	4.9615	9.92	62.99
11	325	0.044	12.9895	0.10781	13.0973	26.19	89.18
12	recipiente	0.000	5.3614	0.04449	5.4058	10.81	100.00

Peso original de la muestra = 50.00 gs

Peso total retenido = 49.5893 gs.

Peso perdido = peso original de la muestra - peso total retenido.

Peso perdido = 50.00 - 49.5893 = 0.4107

Obtención del factor de corrección (Fc) = $\frac{\text{Peso perdido}}{\text{P. total retenido}} = \frac{0.4107}{49.5893} = 0.0083$

B = (Fc) x Peso individual retenido

GRANULOMETRIA
(Sedimentos dentro del dren)

TRATAMIENTO FIBRA DE VIDRIO = TOTAL =

METODO: AGITACION MECANICA DE VASOS TERMINCO (SEGUNDO METODO) (SENCILLO)

Nº	maila	Tamaño de la maila (mm)	Peso individual retenido (grs)	Factor de corrección B	Peso retenido ajustado (grs)	Por ciento retenido (%)	Por ciento retenido acumulado (%)
1	20	0.840	0.0534	0.00007	0.05347	0.18	0.18
2	30	0.690	0.8273	0.00118	0.82188	2.88	3.07
3	35	0.600	0.8207	0.00117	0.82187	2.88	5.95
4	40	0.420	0.1178	0.00016	0.11796	0.41	6.37
5	50	0.297	1.4381	0.00205	1.44015	5.05	11.42
6	60	0.250	1.9137	0.00273	1.91643	6.72	18.15
7	80	0.177	2.3740	0.00339	2.37739	8.34	26.50
8	100	0.149	0.9115	0.00130	0.91280	3.20	29.70
9	140	0.105	1.4914	0.00213	1.49353	5.24	34.94
10	200	0.074	6.8230	0.00975	6.83275	23.98	58.93
11	325	0.044	10.8056	0.01545	10.82105	37.99	96.93
12	recipiente	0.000	0.8732	0.00124	0.87444	3.07	100.00

Peso original de la muestra = 28.4493 gs.

Peso total retenido = 28.4086 gs.

Peso perdido = peso original de la muestra - peso total retenido.

Peso perdido = 28.4493 - 28.4086 = 0.0407 gs.

Obtención del factor de corrección (Fc) = $\frac{\text{Peso perdido}}{\text{P. total retenido}} = \frac{0.0407}{28.4086} = 0.00143$

B = (Fc) x Peso individual retenido

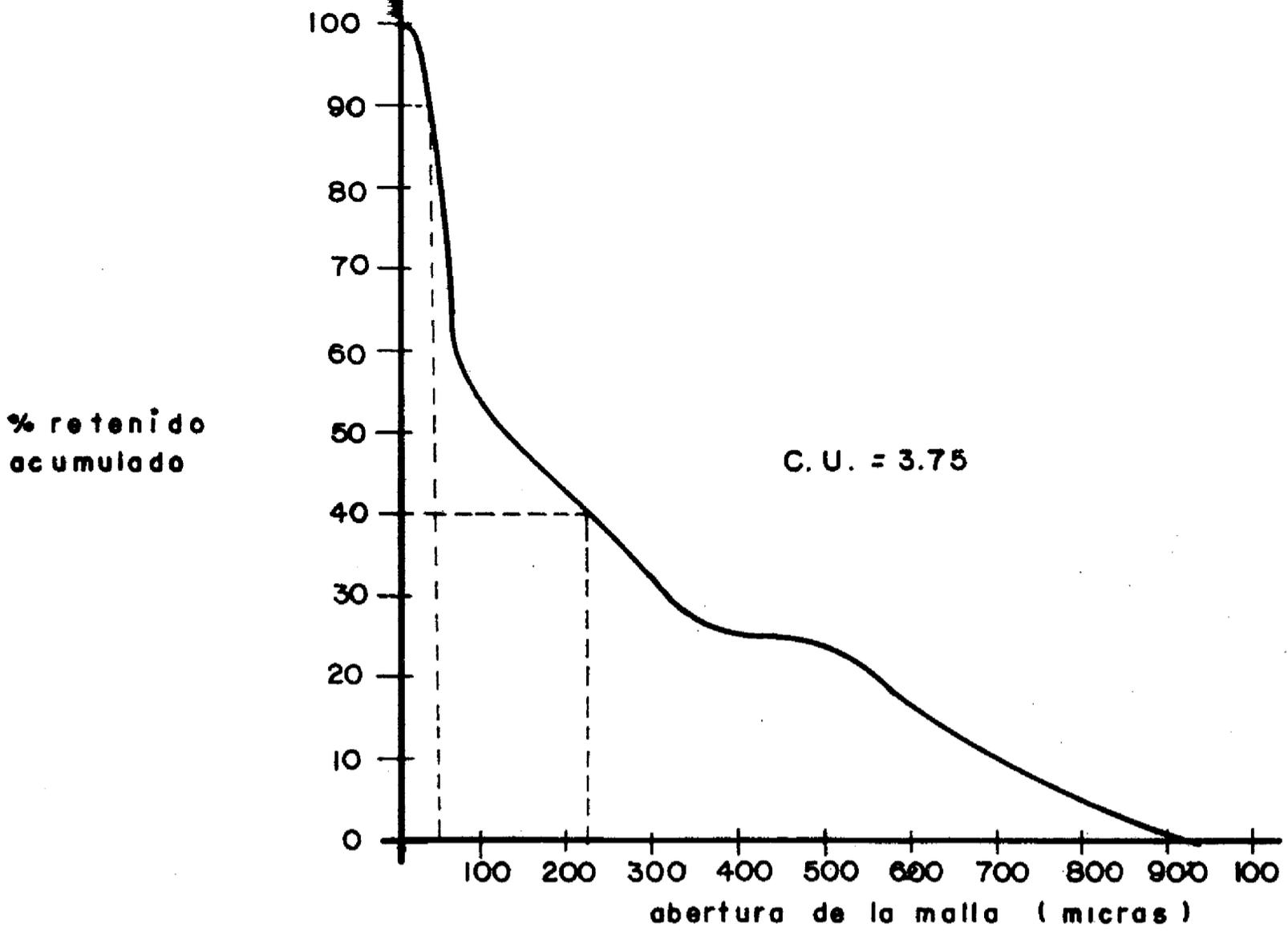


FIGURA 4.9 Análisis granulométrico de los sedimentos dentro del dren para el tratamiento fibrilla de vidrio conarpillero en la metodología del tanque tipo horizontal.

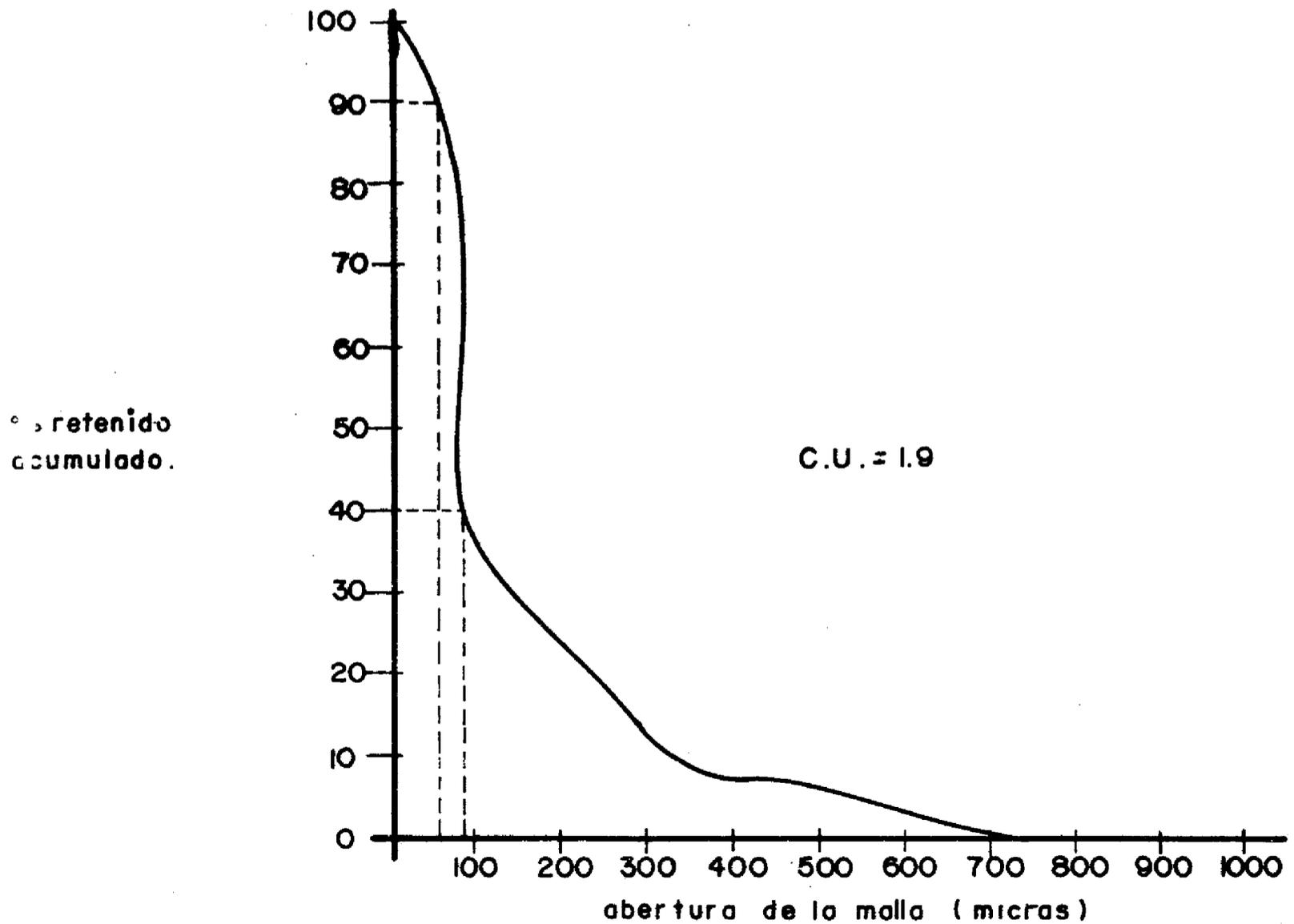


FIGURA 4.10 Análisis granulométrico general de los sedimento obtenidos para el tratamiento

GRANULOMETRIA
(Sedimentos dentro del dren)

TRATAMIENTO FIBRA DE COCO CON ARPILLERA (TOTAL)

METODO: AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS (SEGUNDO METODO)

Nº	malla	Tamaño de la malla (mm)	Peso individual retenido (grs)	Factor de corrección B	Peso retenido ajustado (grs)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)
1	20	0.840	0.0734	0.00174	0.07514	0.35	0.35
2	30	0.600	0.5058	0.01200	0.51780	2.45	2.81
3	35	0.500	0.8137	0.01931	0.83301	3.95	6.76
4	40	0.420	0.1933	0.00458	0.19788	0.94	7.70
5	50	0.297	1.1438	0.02714	1.17094	5.55	13.26
6	60	0.250	1.2323	0.02924	1.26154	5.98	19.25
7	80	0.177	1.7821	0.04228	1.82438	8.66	27.91
8	100	0.149	1.2889	0.03058	1.31948	6.26	34.17
9	140	0.105	0.9409	0.02232	0.96322	4.57	38.74
10	200	0.074	3.1039	0.07365	3.17755	15.08	53.83
11	325	0.044	9.3347	0.22151	9.55621	45.36	99.19
12	recipiente	0.000	0.1658	0.00393	0.16973	0.80	100.00

Peso original de la muestra = 21.067 gs.

Peso total retenido = 20.5786 gs.

Peso perdido = peso original de la muestra - peso total retenido.

Peso perdido = 21.067 - 20.5786 = 0.4884 gs.

Obtención del factor de corrección (Fc) = $\frac{\text{Peso perdido}}{\text{P. total retenido}} = \frac{0.4884}{20.5786} = 0.02373$

B = (Fc) x Peso individual retenido

CUADRO 4.11.
GRANULOMETRIA
 (Sedimentos dentro del dren)

TRATAMIENTO FIBRILLAS DE VIDRIO CON ARPILLERA (TOTAL)

MODELO: AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS

Nº	mall	Tamaño de la malla (mm)	Peso individual retenido (grs)	Factor de corrección B	Peso retenido ajustado (grs)	Por ciento retenido (%)	Por ciento retenido acumulado (%)
1	20	0.840	0.9906	0.01033	1.0009	2.58	2.58
2	30	0.600	3.9997	0.03545	3.4351	8.86	11.44
3	35	0.500	1.6616	0.01733	1.6789	4.33	15.77
4	40	0.420	0.1565	0.00163	0.1581	0.41	16.18
5	50	0.297	2.2262	0.02321	2.2484	5.80	21.98
6	60	0.250	2.5009	0.02608	2.5269	6.52	28.50
7	80	0.177	4.0019	0.04174	4.0436	10.43	38.94
8	100	0.149	0.5985	0.00624	0.6047	1.56	40.50
9	140	0.105	2.1620	0.02255	2.1845	5.63	46.14
10	200	0.074	8.5822	0.08951	8.6717	22.38	68.52
11	325	0.044	11.8290	0.12337	11.9523	30.84	99.36
12	recipiente	0.000	0.2399	0.00250	0.2424	0.62	100.00

Peso original de la muestra = 38.248 gs.

Peso total retenido = 37.9522 gs.

Peso perdido = peso original de la muestra - peso total retenido.

Peso perdido = 38.348 - 37.9522 = 0.3958

Obtención del factor de corrección (Fc) = $\frac{\text{Peso perdido}}{\text{P. total retenido}} = \frac{0.3958}{37.9522} = 0.01043$

B = (Fc) x Peso individual retenido

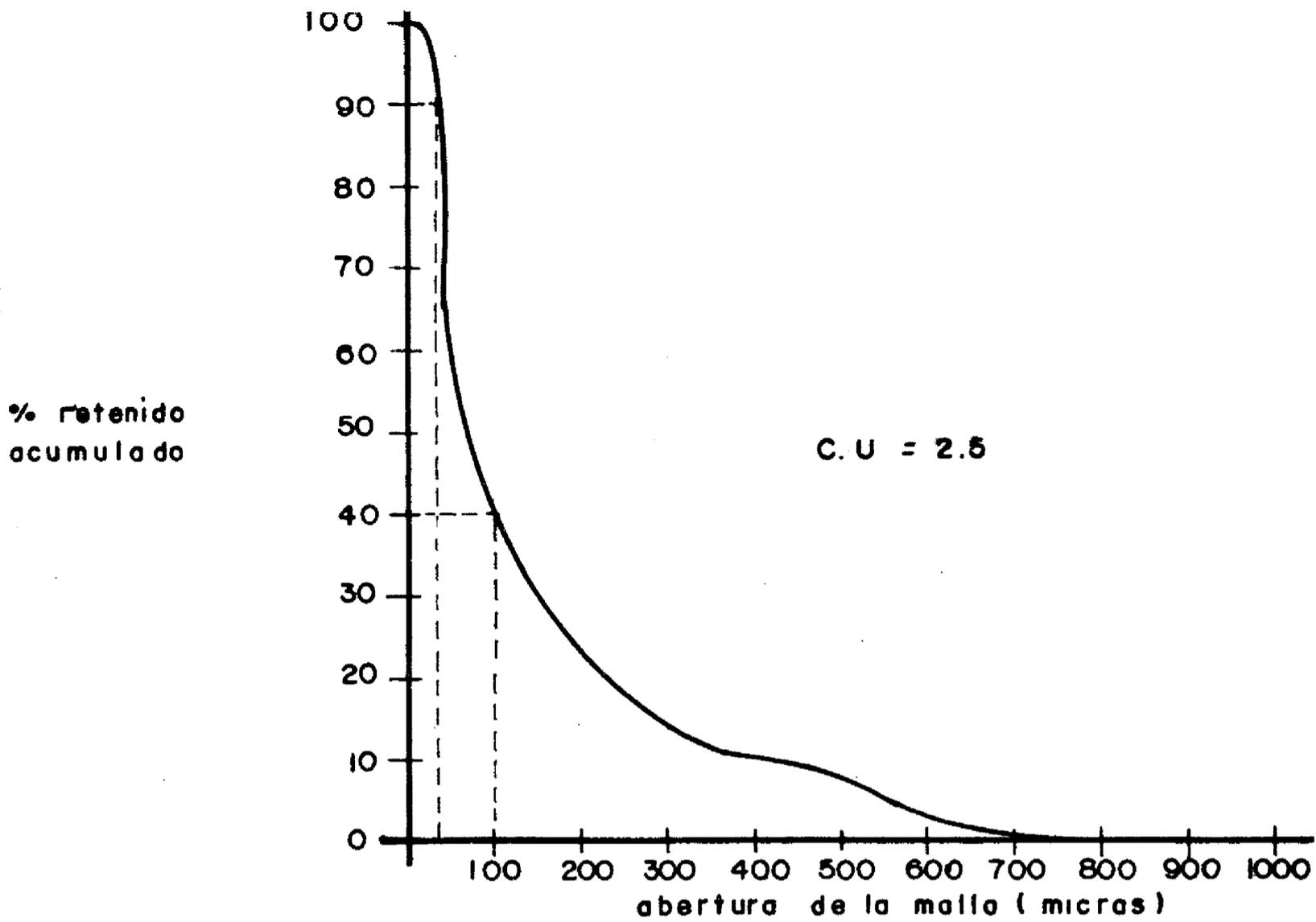


FIGURA 4.11 Análisis granulométrico general de los sedimentos obtenidos para el tratamiento de fibra de coco con arpillera en la metodología de la agitación mecánica de vasos térmicos.

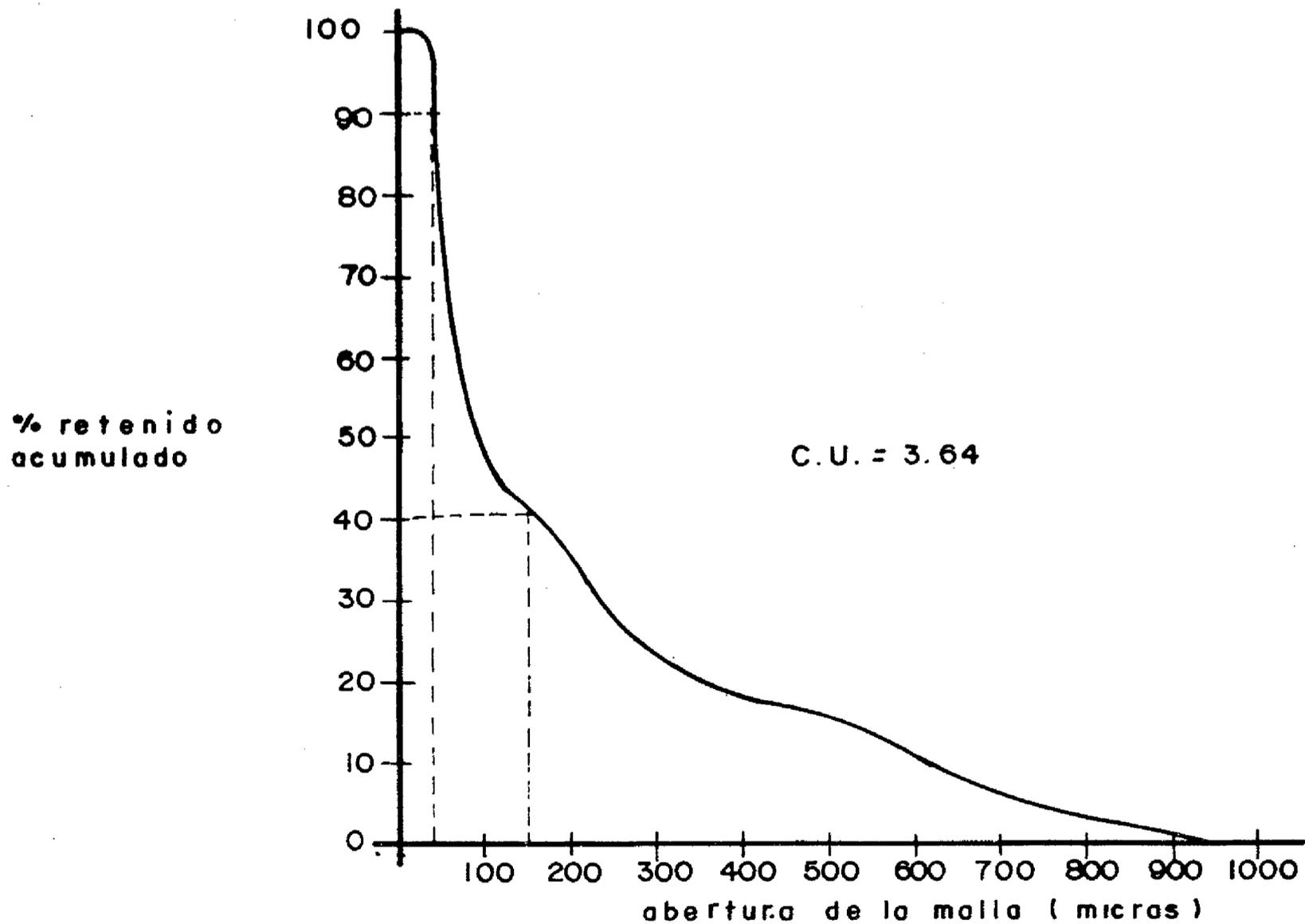


FIGURA 4.12 Análisis granulométrico general de los sedimentos obtenidos para el tratamiento de fibrilla de vidrio con arpillera para la metodología de la agitación mecánica de vasos térmicos.

verificar lo anterior, basta observar los resultados obtenidos en los Cuadros y Figuras del Apéndice A, en los cuales se muestran los coeficientes de uniformidad obtenidos para cada una de las repeticiones de que constó el análisis granulométrico para cada uno de los materiales evaluados en la agitación mecánica de vasos térmicos, observándose que los valores fueron similares, siendo nuevamente el material de fibra de vidrio el que obtuvo valores más bajos (Cuadro 4.12).

4.2.3. Comparación de las dos metodologías.

En el Cuadro 4.13 se presentan los valores de coeficientes de uniformidad para cada uno de los materiales evaluados en las dos metodologías desarrolladas en el presente estudio. Los valores que se muestran en este cuadro se observa que prácticamente no existen diferencias entre las dos metodologías. Esto indica que la metodología propuesta en este trabajo de investigación (agitación mecánica de vasos térmicos) proporciona valores bastante confiables con relación a la metodología del tanque tipo horizontal.

CUADRO 4.12. Relación de coeficientes de uniformidad (C.U) obtenidos en cada una de las repeticiones para los diferentes materiales evaluados en la agitación mecánica de vasos térmicos.

	1	2	3	General
Fibra de vidrio	1.7	1.8	1.66	1.9
Fibra de coco con arpillera	2.0	3.0	3.1	2.5
Fibrillas de vidrio con arpillera	3.0	3.0	3.33	3.65

CUADRO 4.13. Comparación de los coeficientes de uniformidad obtenidos de las pruebas granulométricas para las dos metodologías empleadas en la evaluación de los diferentes tratamientos.

Tratamiento	Metodología	
	Tanque Horizontal	Agitación Mecánica
Fibra de vidrio	1.8	1.9
Fibra de coco con arpillera	3.1	2.5
Fibrillas de vidrio con arpillera	3.75	3.64

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a las características bajo el cuál fue desarrollado el presente análisis y en base a los objetivos planteados, se concluye lo siguiente:

1. Según los valores de resistencia de entrada obtenidos en los tratamientos probados, se observa que los valores más bajos corresponden al tratamiento de fibra de vidrio, observándose para el mismo, una mejor permeabilidad y calidad del filtro.
2. Se observa que los valores más bajos de coeficientes de uniformidad en las dos metodologías empleadas corresponden al tratamiento de fibra de vidrio, de lo que se deduce que este material envolvente es mejor respecto a los demás en características de calidad y permeabilidad.
3. Debido a la obtención de resultados similares en cuanto al análisis granulométrico en las dos metodologías empleadas, se puede concluir que la técnica propuesta por Pissani (1985), es factible de llevarse a cabo debido a su sencillez y bajo costo, así como la rapidez con la que son dados los resultados.

4.- Se hace notar que la muestra de suelo usado en este análisis pertenece a la región del distrito de Riego 025 del Río Bravo, Tamaulipas, por lo que se concluye que el material envolvente (fibra de vidrio) usado en ésta región en el drenaje subterráneo de tierras agrícolas, fue el mejor en relación a los demás materiales envolventes evaluados, según se muestra en los resultados obtenidos en este estudio.

VI. RESUMEN.

El presente análisis se realizó en el Laboratorio de Hidráulica y Drenaje del departamento de Riego y Drenaje, localizado en las instalaciones de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, en Buenavista, Saltillo, Coahuila.

Debido a la necesidad de contar con más alternativas sobre técnicas para evaluar materiales envolventes en drenaje agrícola, en este estudio se analizaron dos metodologías a nivel de laboratorio, siendo una de ellas propuesta por Pissani (1985) y desarrollada en esta investigación. Estas metodologías fueron: Modelo de Tanque tipo Horizontal y Agitación Mecánica de Vasos Térmicos, evaluadas en un suelo de la región de Río Bravo, Tamaulipas.

Los tratamientos o materiales envolventes empleados fueron: fibra de vidrio, fibra de coco, y fibrillas de vidrio, éstas dos últimas con su respectiva arpillera, siendo los parámetros evaluados: resistencia de entrada y análisis granulométrico para el modelo del Tanque Horizontal y granulometría para la Técnica de la Agitación Mecánica de Vasos Térmicos.

De los tres materiales probados en el modelo del Tanque Horizontal, el que obtuvo mejores características de permeabilidad y calidad del filtro correspondió al de fibra de

vidrio, observándose ésto con los valores más bajos de resistencia de entrada y coeficiente de uniformidad.

Respecto a la metodología de Agitación Mecánica de Vasos Térmicos, se obtuvieron resultados casi similares en el análisis granulométrico a los del Tanque Horizontal, correspondiéndole nuevamente al material envolvente de fibra de ^vvidrio valores más bajos del coeficiente de uniformidad, concluyendo que esta nueva metodología propuesta en esta investigación es factible de llevarse a cabo debido a su sencillez y bajo costo, así como la rapidez y similitud con la cual son obtenidos los resultados en relación a la otra metodología desarrollada.

VII. LITERATURA CITADA.

- Broadhead, R.G., G.O. Schwab and R.C. Reeve. 1983. Synthetic drain envelopes and soil particle-size distribution. Transactions of the ASAE. Vol. 26 No. 2 January-February. p. 157-160.
- Brown, CH.F. 1915. Drainage of irrigated lands. U.S. Dept. Agr. Farmers Bull.
- Cannell, G.H. and L.V. Week. 1981. Laboratory evaluation of factors influencing particle movement into drains. Selected Water Resources Abstracts, Vol. 14 No. 16 - August 15, p. 51.
- Cavelaars, J.C. 1965. Hydrological aspects of the application of plastic drain pipes and filters materials. - Royal Dutch Health Comp. Arnhem.
- Cavelaars, J.C. 1978. Composing a drainage pipe line set of sections with different diameters. Proceedings of the International Drainage Work shop. Ed. by J. Wesseling. Publication No. 25. ILRI. Paper 2.12: p. 402-413.
- Dennis, C.W. and B.D. Trafford. 1975. The effect of permeable surrounds on the performance of clay field drainage pipes. Journal of Hydrology. 24:239-249.
- Dieleman, O.J. y B.D. Trafford. 1976. Ensayos de Drenaje. Estudio FAO: Riego y Drenaje. Pub. No. 28 Org. de las Nac. Unidas para la Agr. y Gan. Roma, Italia.
- Dierickx, W. 1978. The influence of envelopematerials in preventing silfing up of drain pipes. Proceedings of International Drainage Workshop. Pub. No. 25 ILRI. Paper 2.03 p.306-328.
- Diericks, W. and F.J. Geoossens. 1978. Stabilized Soil replacing envelope materials.
- Eggelsmann, R. 1969. Akupe drain probleme. Wasser und Boden, 21:1-8.
- F A O 1980. Drainage design factors. FAO. Irrigation and Drainage paper. Based on the expert consultation on Drainage design factors. Rome 22-29, October 1979.

- Publication No. 38 Food and Agr. org. of the United Nations. Rome. 1980.
- Grass, L.B., L.S. Willardson and R.L. Le Mert. 1979. Soil Sediment deposits in subsurface drains. Transactions of the ASAE. Vol. 22 Nos. 4-6 p. 1054-1057.
- Irwin, R.W. and F.R. Hore. 1978. Drain envelope material - in Canada. Proceedings of the International Drainage Workshop. Ed. By J. Wesseling. Pub. No. 25 ILRI. - Paper 2.01, p. 283-296.
- Johnson, E.E. Inc. 1975. El agua subterránea y los pozos. Publicado por Johnson Division, U O P Inc. Saint Paul Minn. p. 513.
- Knops, J.A.C., F.C. Zuidema, C.L. Van Someren and J. Schol--ten. 1977. Guidelines for the Selection on envelope materials for subsurface drains. Proceedings of the International Drainage Workshop. Pub. No. 25. ILRI. Paper 2.15, p. 439-450.
- Knops, J.A.C. 1978. Envelope materials for subsurface - drains-proceedings of the International Drainage Work shop. Pub. No. 25 ILRI. Papel 2.10, p. 368-392.
- Lembke, W.D. and D.A. Bucks. 1970. A model study of drain envelopes in a coarse-silt base material. Transac--tions of the ASAE. Vol. 13, No. 5 P. 669-675.
- Luthin, J.N. and J.C. Guitjens. 1967. Transient solutens for drainage of sloping land. American Soc. Civil. Eng. Proc. 93 (IR3):43+51.
- Lyions, T., L.Werenfels and C. Houston. 1964. Filter enve--lopes aid tiles drainage in Sacramento San Joaquín - Delta tests. Calif. Agr. 18(3):14-16.
- Miller, D.W. and L.S. Willardson. 1983. Head loss at soil--drain envelope interfaces. Journal of Irrigation - of Irrigation and Drainage Engineering Vo. 109, No. 2 June p. 211-220.
- Misra, M.C. and R.P. Beasley. 1975. Corrugated plastic - drain tubing used as underground conduit. Transac---tions of the ASAE. Vol. 18 No. 1, p. 260-262 y 269.
- Ochs, W.J. 1978. Testing synthetic fabrics for use with -- drainage conduits. Proceedings of the International Drainage Workshop. Pub. No. 25 ILRI. Paper 2.06, p. 332-339.
- Overholt, V. 1959. Fiberglass filter for tile drains. Agr. Engineering. 40:604-607.

- Peña, I. de la. 1979. Principios y Solución de Drenaje Parcelario. Boletín técnico no. 9, SARH.
- Pissani, Z. J.F. 1977. La Resistencia de Entrada y Evaluación de materiales envolventes en Drenaje Subterráneo Investigación ITESM. p. 182.
- Pomareda, C.B. 1969. La Resistencia de Entrada en los Sistemas de Drenaje Subterráneo. Centro de Drenaje y Recuperación de Tierras. Univ. Nal. Agraria. La Molina, Lima, Perú. p. 145.
- Schilgaarde, J.V. 1974. Drainage for agriculture agronomy No. 17. American Society of Agricultural Engineering.
- Sisson, D.R. 1965. Envelope materials their use in drainage. In Conf. Proc. Drainage for efficient crop Production. American Society of Agricultural Engineering - St. int he Netherlands.
- Someren, C.L. Van. 1965. The use of plastic drainage pipes in the netherlands.
- Someren, C.L. Van. 1972. Los Materiales para Avenamientos. Síntesis. International Institute for Land Reclamation and Improvement. Wageningen, Países Bajos Serie Estudio sobre Riego y Drenaje. Pub. No. 9, FAO p. 1-28. Roma, Italia.
- Samani, Z.A. and L.S. Willardson. 1981. Soil hydraulic stability in a subsurface drainage sustem. Transactions of American Society of Agricultural Engineers. Vol. 24 No. 3. p. 666-669.
- Sowers, B.G. y G.E. Sowers. 1972. Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones. Centro Regional de Ayuda Técnica. Agencia para el Desarrollo Internacional Ed. Limusa-Willey, S.A. Méx. D.F. p. 41-46.
- Valdez, C. 1982. Mayor eficiencia con Drenaje Tecnificado. Revista El Surco. (2) P. 7-8.
- Webster's New Collegiate Dictionary. 1959. B & C. Merriam Co. Springfield Mass. p. 1174.
- Wesseling, J. 1978. The effect of entrance resistance on drainage design. Proceedings of the International Drainage Workshop. Pub. No. 22 ILRT. Paper 2.08, p. 354-366.
- Wesseling, J. and F. Homma. 1967. Entrance resistance of plastic drain tubes. Techn. Bull No. 51, I C W. Wageningen.
- Wesseling, J. y C.L. Van Someren. 1972. Materiales para Avenamientos. Estudios sobre Riego y Drenaje Pub. No. 9 FAO. p. 55-84.

- Willardson, L.S. 1978. Synthetic drain envelope materials. Proceedings of the International Drainage Workshop. - Pub. No. 25 ILRI. Paper 2.02, p. 287-305.
- Willardson, L.S., S. Davis, D. Mulder, and J.R. Spencer. - 1975. Drain envelope response to field treatments. - Transactions of the ASAE. Vol. 18 No. 1. January - February. p. 134.
- Willardson, L.S. and R.E. Walker. 1979. Synthetic drain - envelope-soil interactions. Journal of the Irrigation and Drainage Division. ASCE. Vol. 105 No. IR4. Pro-ceedings Paper 15028 p. 367-373.
- Willardson, L.S., X. Aguirre, R.K. Watkins. 1980. Plastic - drain response in soft envelope materials. American - Society of Agricultural Engineering. Transactions. - Vol. 23, No. 6, Nov.-Dic. p. 1402-1408.
- Winger, R.J.Jr. and W.F. Ryan. 1970. Gravel envelopes for pipe drains design. Transactions of the ASAE. Vol 14 No. 3. p. 471.
- Zavslasky, D. 1978. Definition of the drainage filter pro-blem and a possible use of soil conditiones. Procee-ings of the International Drainage Workshop Pub. No. 25 ILRI. Paper 2.07, p. 340-343.
- Zermeño, G.A. 1982. Evaluación de Comibnaciones de Materia-les envolventes blandos usados en Drenaje de Tierras - agrícolas Tesis. Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. Méx.
- Zuidema, F.C. and J. Scholten. 1978. Model tests on draina-ge materials. Proceedings of the International Draina-ge Workshop. Pub. No. 25. ILRI. Paper 2.15, p. 439 -450.

APENDICE A

GRANULOMETRIA

(Sedimentos dentro del dren)

TRATAMIENTO FIBRA DE VIDRIO (PAÑO O LANA PRIMERA REPETICION).

METODO: AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS (SEGUNDO METODO)

Nº	malla	Tamaño de la malla (mm)	Peso individual retenido (grs)	Factor de corrección B	Peso retenido ajustado (grs)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acumulado (%/✓)
1	20	0.840	0.0116	0.00069	0.01229	0.20	0.20
2	30	0.600	0.1021	0.00609	0.10819	1.77	1.98
3	35	0.500	0.1262	0.00753	0.13373	2.19	4.17
4	40	0.420	0.0269	0.00160	0.02850	0.47	4.64
5	50	0.297	0.2538	0.01515	0.26895	4.42	9.06
6	60	0.250	0.2812	0.01678	0.29798	4.89	13.96
7	80	0.177	0.4887	0.02917	0.51787	8.51	22.47
8	100	0.149	0.1847	0.01102	0.19572	3.21	25.69
9	140	0.105	0.2777	0.01657	0.29427	4.83	30.53
10	200	0.074	1.2862	0.07678	1.36298	22.40	52.93
11	325	0.044	2.5978	0.15508	2.75288	45.25	98.19
12	recipiente	0.000	0.1036	0.00618	0.10978	1.80	100.00

Peso original de la muestra = 6.0834 gs.

Peso total retenido = 5.7405 gs.

Peso perdido = peso original de la muestra - peso total retenido.

Peso perdido = 6.0834 - 5.7405 = 0.3429 gs.

Obtención del factor de corrección (Fc) = $\frac{\text{Peso perdido}}{\text{P. total retenido}} = \frac{0.3429}{5.7405} = 0.0597$

B = (Fc) x Peso individual retenido

GRANULOMETRIA

(Sedimentos dentro del dren)

TRATAMIENTO FIBRA DE VIDRIO (PAÑO) (SEGUNDA REPETICION)

MODELO: AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS (SEGUNDO METODO).

Nº	mallá	Tamaño de la mallá (mm)	Peso individual retenido (grs)	Factor de corrección B	Peso retenido ajustado (grs)	Porciento retenido (%)	Porciento retenido acumulado (%)
1	20	0.840	0.060	0.00215	0.06215	0.37	0.37
2	30	0.600	0.6518	0.02339	0.67519	4.05	4.42
3	35	0.500	0.5250	0.01884	0.54384	3.26	7.69
4	40	0.420	0.1018	0.00365	0.10545	0.63	8.32
5	50	0.297	0.9000	0.03231	0.93231	5.59	13.92
6	60	0.250	1.1778	0.04228	1.22008	7.32	21.25
7	80	0.177	1.3130	0.04713	1.36013	8.16	29.41
8	100	0.149	0.5935	0.02130	0.61480	3.69	33.11
9	140	0.105	0.7078	0.02541	0.73321	4.40	37.51
10	200	0.074	2.8538	0.10245	2.95625	17.75	55.26
11	325	0.044	6.4054	0.22995	6.63535	39.84	95.11
12	recipiente	0.000	0.7851	0.02818	0.81328	4.88	100.00

Peso original de la muestra = 16.6535 gs.

Peso total retenido = 16.075 gs.

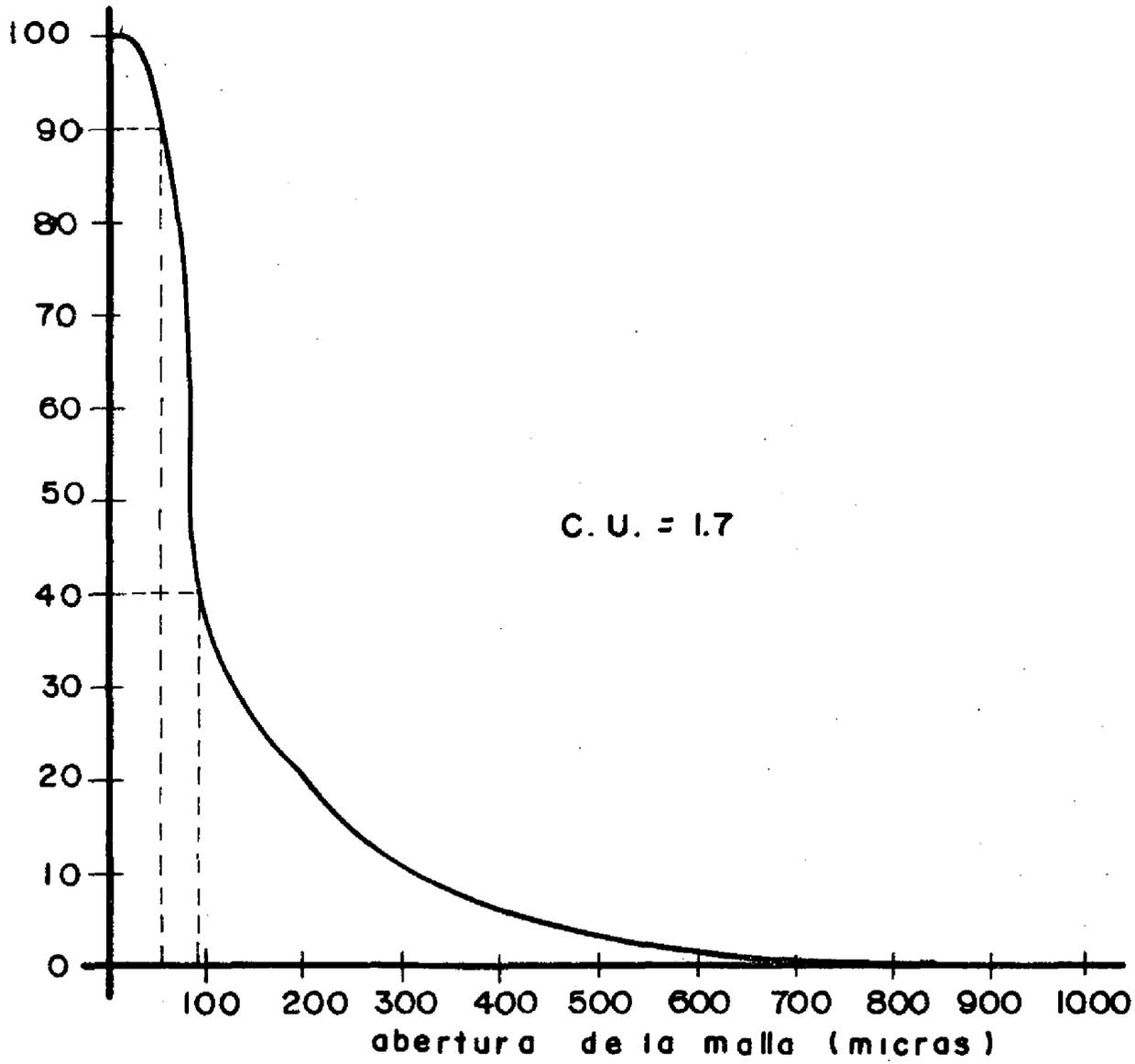
Peso perdido = peso original de la muestra - peso total retenido.

Peso perdido = 16.6535 - 16.075 = 0.5785 gs.

Obtención del factor de corrección (Fc) = $\frac{\text{Peso perdido}}{\text{P. total retenido}} = \frac{0.5785}{16.075} = 0.0359$

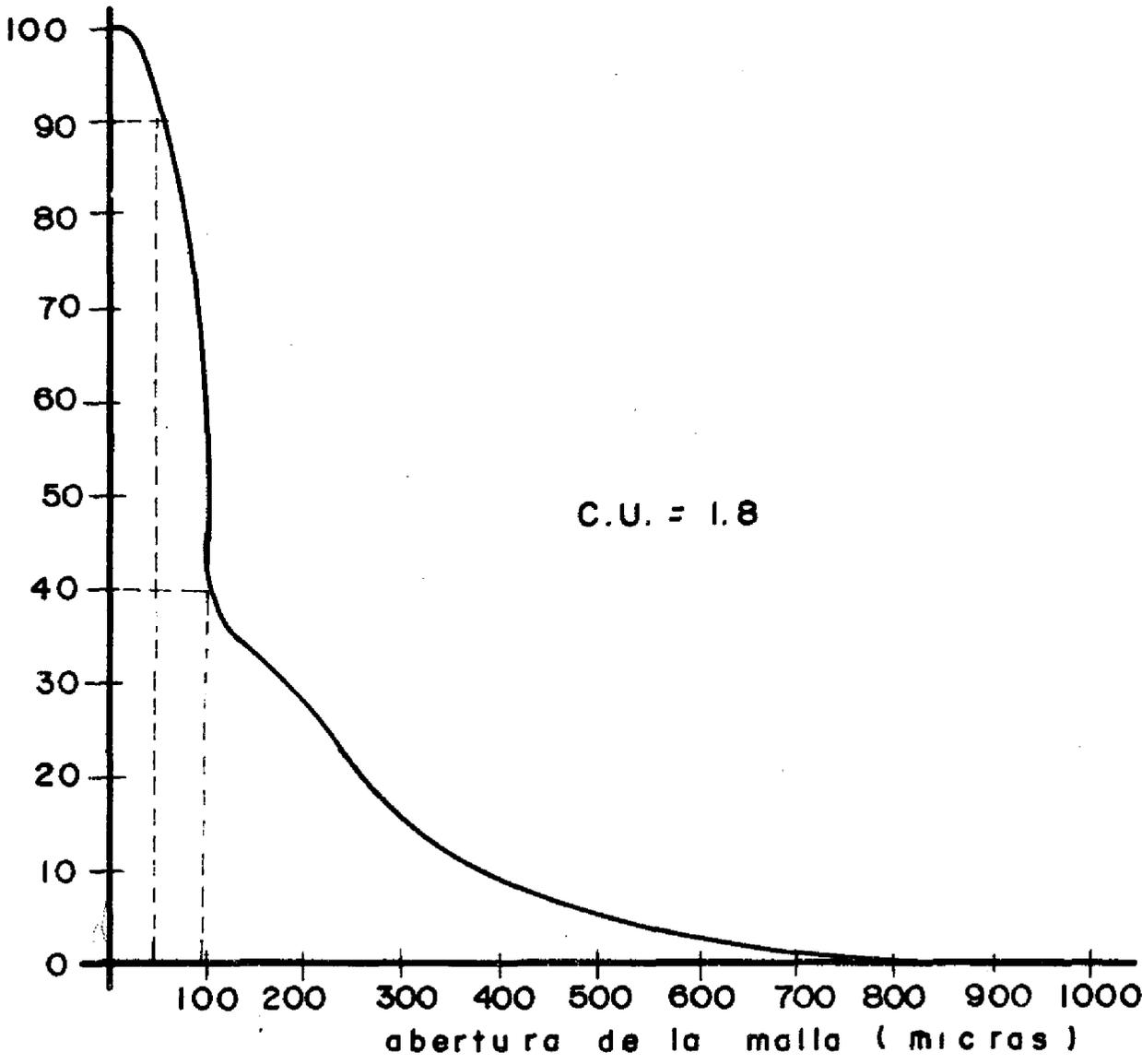
B = (Fc) x Peso individual retenido

retenido
mulado



URA 1.1.A Análisis granulométrico de los sedimentos obtenida para la primera repetición para el tratamiento de fibra de vidrio en la metodología de la agitación mecánica de vasos térmicos.

retenido
mulado



URA 1.2.A Análisis granulométrico de los sedimentos obtenidos para la segunda repetición para el tratamiento de la fibra de vidrio en la metodología de la

CUADRO 1.3.A
GRANULOMETRIA
 (Sedimentos dentro del dren)

TRATAMIENTO FIBRA DE VIDRIO (PAÑO) (TERCERA REPETICION)

METODO: AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS (SEGUNDO METODO)

Nº	maila	Tamaño de la maila (mm)	Peso individual retenido (grs)	Factor de corrección B	Peso retenido ajustado (grs)	Por ciento retenido (%)	Por ciento retenido acumulado (%/∑)
1	20	0.840	0.0079	0.00022	0.00812	0.09	0.09
2	30	0.600	0.1156	0.00329	0.11889	1.30	1.39
3	35	0.500	0.1370	0.00390	0.14090	1.54	2.94
4	40	0.420	0.0396	0.00112	0.04072	0.44	3.39
5	50	0.297	0.3172	0.00904	0.32624	3.58	6.97
6	60	0.250	0.5077	0.01446	0.52216	5.74	12.72
7	80	0.177	0.7291	0.02077	0.74987	8.24	20.96
8	100	0.149	0.4500	0.01282	0.46282	5.08	26.05
9	140	0.105	0.6264	0.01785	0.64425	7.08	33.13
10	200	0.074	3.9260	0.11189	4.03789	44.39	77.53
11	325	0.044	1.8558	0.05289	1.90869	20.98	98.51
12	recipiente	0.000	0.1310	0.00373	0.13473	1.48	100.00

Peso original de la muestra = 9.0958 gs.

Peso total retenido = 8.8433 gs.

Peso perdido = peso original de la muestra - peso total retenido.

Peso perdido = 9.0958 - 8.8433 = 0.2525

Obtención del factor de corrección (Fc) = $\frac{\text{Peso perdido}}{\text{P. total retenido}} = \frac{0.2525}{8.8433} = 0.0285$

B = (Fc) x Peso individual retenido

GRANULOMETRIA

(Sedimentos dentro del dren)

TRATAMIENTO FIBRA DE COCO CON ARPILLERA (PRIMERA REPETICION)
 METODO: AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS (SEGUNDO METODO)

Nº	malla	Tamaño de la malla (mm)	Peso individual retenido (grs)	Factor de corrección B	Peso retenido ajustado (grs)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acumulado (%)
1	20	0.840	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00
2	30	0.590	0.0374	0.00536	0.04276	0.82	0.83
3	35	0.500	0.0286	0.00410	0.03270	0.63	1.46
4	40	0.420	0.0114	0.00163	0.01303	0.25	1.71
5	50	0.297	0.0699	0.01007	0.07997	1.55	3.21
6	60	0.250	0.1185	0.01699	0.12549	0.62	5.83
7	80	0.177	0.2771	0.03974	0.31684	6.14	11.98
8	100	0.149	0.1840	0.02638	0.21038	4.07	16.05
9	140	0.105	0.2900	0.04139	0.33159	6.42	22.48
10	200	0.074	1.2917	0.18525	1.47695	28.62	51.11
11	325	0.044	1.9720	0.28282	2.2548	43.70	94.82
12	recipiente	0.000	0.2366	0.03393	0.2705	5.24	100.00

Peso original de la muestra = 5.1651 gs.

Peso total retenido = 4.5172 gs

Peso perdido = peso original de la muestra - peso total retenido.

Peso perdido = 5.1651 - 4.5172 = 0.6479 gs.

Obtención del factor de corrección (Fc) = $\frac{\text{Peso perdido}}{\text{P. total retenido}} = \frac{0.6479}{4.5172} = 0.14342$

B = (Fc) x Peso individual retenido

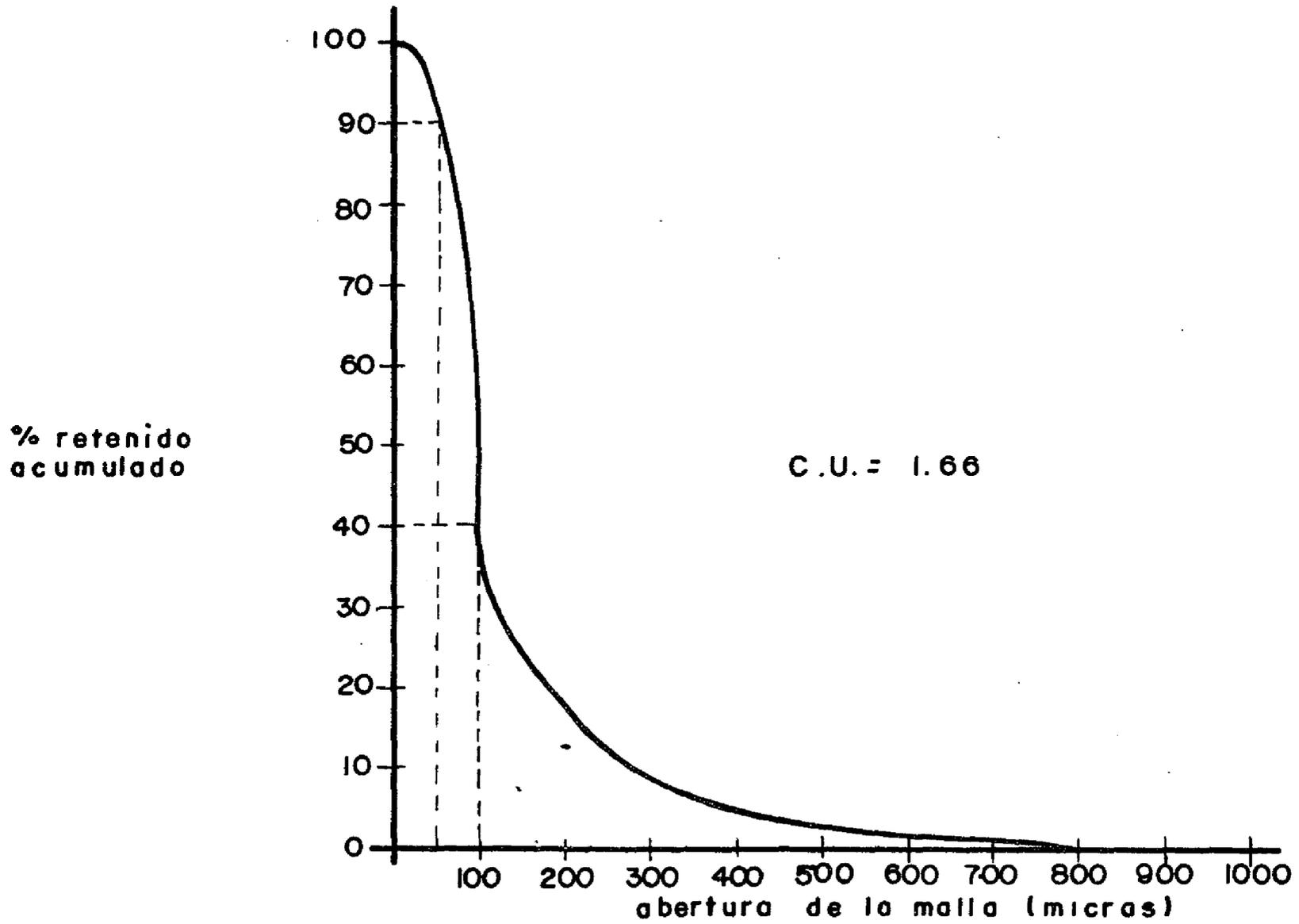


FIGURA 1.3.A Análisis granulométrico de los sedimentos obtenidos para el tercer repetición para el tratamiento de fibra de vidrio en la metodología de la agitación mecánica de vasos térmicos.

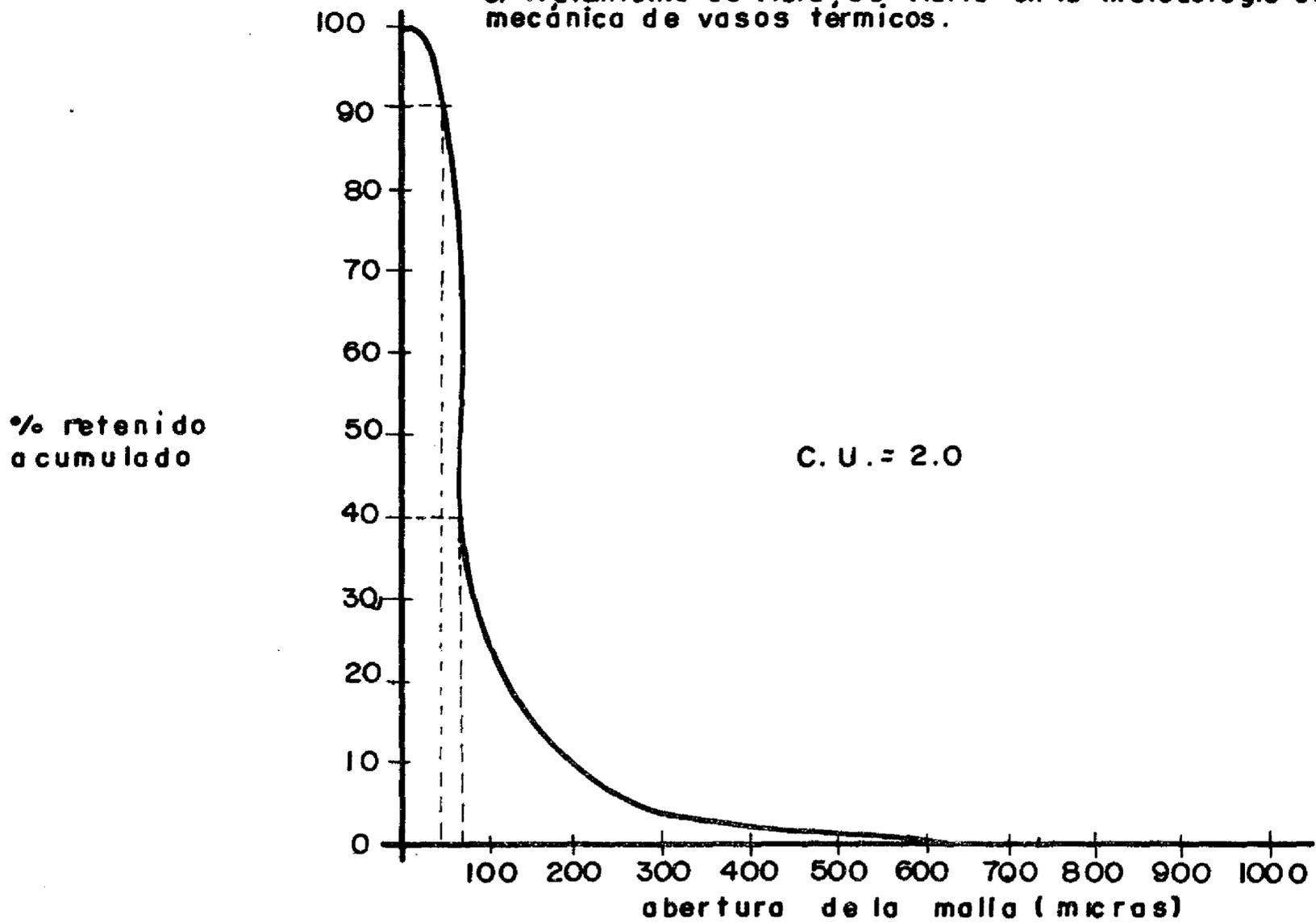


FIGURA 1.4.A Análisis granulométrico de los sedimentos obtenidos en la primera repetición para tratamiento de fibra de coco con arpillera en la metodología de la agitación mecánica de vasos térmicos.

GRANULOMETRIA
(Sedimentos dentro del dren)

TRATAMIENTO FIBRA DE COCO CON ARPILLERA (SEGUNDA PARTE)

METODO: AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS (SEGUNDO METODO)

Nº	mall	Tamaño de la malla (mm)	Peso individual retenido (grs)	Factor de corrección B	Peso retenido ajustado (grs)	Por ciento retenido (%)	Por ciento retenido acumulado (%/✓)
1	20	0.840	0.7874	0.02913	0.81653	3.95	3.95
2	30	0.600	2.7642	0.10227	2.86647	13.89	17.85
3	35	0.500	1.0372	0.03837	1.07557	5.21	23.07
4	40	0.420	0.0934	0.00345	0.09685	0.47	23.54
5	50	0.297	1.0968	0.04058	1.13738	5.51	29.05
6	60	0.250	1.2571	0.04651	1.30361	6.32	35.37
7	80	0.177	2.9276	0.10832	3.03592	14.72	50.09
8	100	0.149	3.4365	0.12678	3.55328	17.22	67.32
9	140	0.105	0.2768	0.01024	0.28704	1.39	68.71
10	200	0.074	3.0048	0.11117	3.11597	15.10	83.82
11	325	0.044	3.0079	0.11129	3.11919	15.12	98.95
12	recipiente	0.000	0.2076	0.00768	0.21528	1.04	100.00

Peso original de la muestra = 20.7261 gs.

Peso total retenido = 19.9841 gs.

Peso perdido = peso original de la muestra - peso total retenido.

Peso perdido = 20.7261 - 19.9841 = 0.742 gs.

Obtención del factor de corrección (Fc) = $\frac{\text{Peso perdido}}{\text{P. total retenido}} = \frac{0.742}{19.9841} = 0.037$

B = (Fc) x Peso individual retenido

CUADRO 1.6.A

GRANULOMETRIA

(Sedimentos dentro del dren)

TRATAMIENTO FIBRA DE COCO CON ARPILLERA (TERCERA PARTE)

METODO: AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS (SEGUNDO METODO)

Nº	malla	Tamaño de la malla (mm)	Peso individual retenido (grs)	Factor de corrección B	Peso retenido ajustado (grs)	Por ciento retenido (%)	Por ciento retenido acumulado (%/∑)
1	20	0.840	0.7623	0.03506	0.79736	5.01	5.01
2	30	0.590	0.6667	0.03120	0.69790	4.38	9.40
3	38	0.500	0.1187	0.00555	0.12425	0.78	10.18
4	40	0.420	0.9075	0.04247	0.94997	5.97	16.15
5	50	0.297	1.0256	0.04799	1.07359	6.75	22.91
6	60	0.250	1.5956	0.07467	1.67027	10.50	33.41
7	80	0.177	0.7954	0.03722	0.83262	5.23	38.65
8	100	0.149	1.1122	0.05205	1.16425	7.32	45.97
9	140	0.105	1.3876	0.06493	1.45253	9.13	55.10
10	200	0.074	1.8395	0.08608	1.92558	12.11	67.21
11	325	0.044	4.7116	0.22050	4.93210	31.01	98.23
12	recipiente	0.000	0.2675	0.01251	0.2800	1.76	100.00

Peso original de la muestra = 15.9017 gs.

Peso total retenido = 15.1902 gs.

Peso perdido = peso original de la muestra - peso total retenido.

Peso perdido = 15.9017 - 15.1902 = 0.7115 gs.

Obtención del factor de corrección (Fc) = $\frac{\text{Peso perdido}}{\text{P. total retenido}} = \frac{0.7115}{15.1902} = 0.0468$

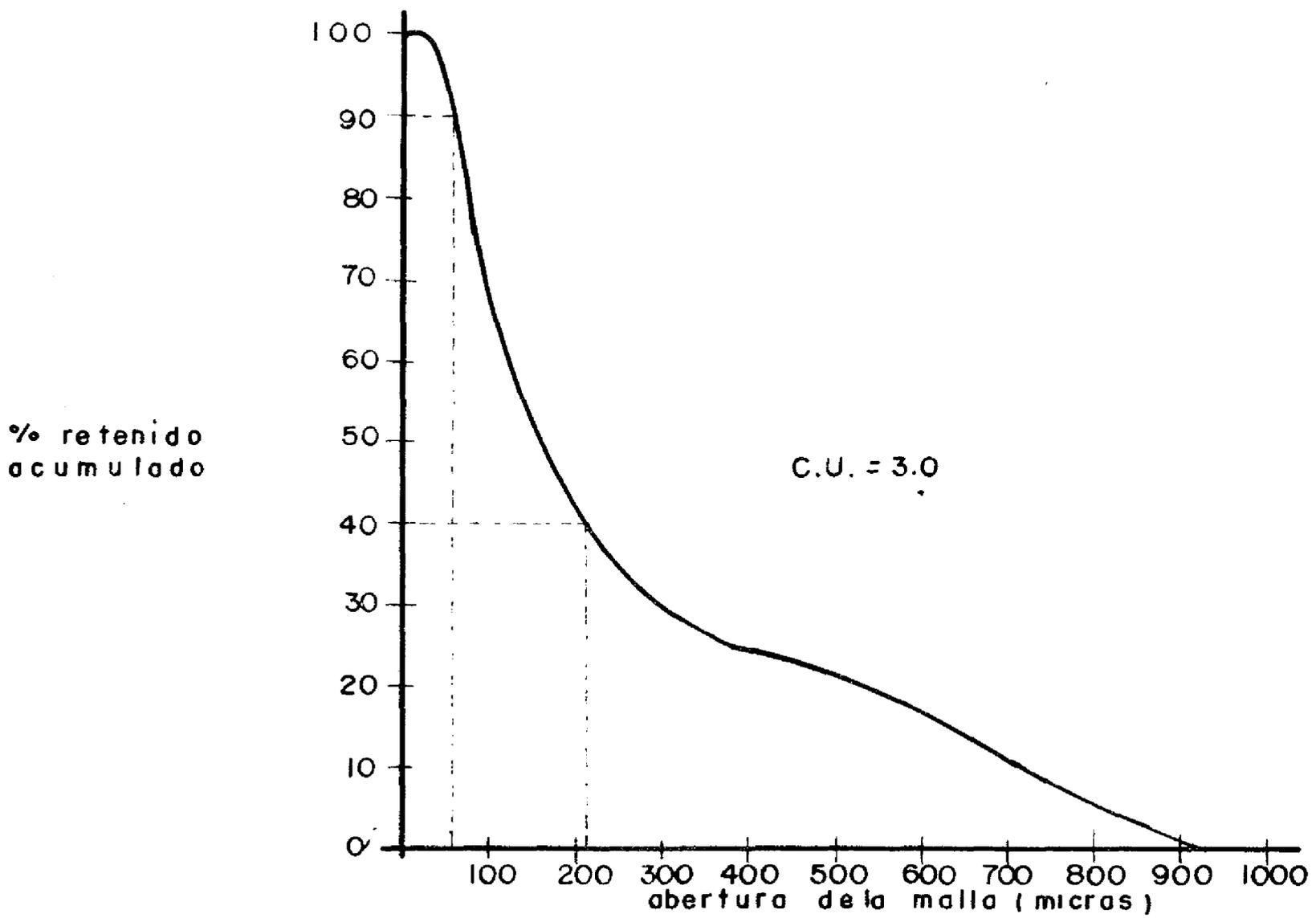


FIGURA 1.5.A Análisis de los sedimentos obtenido para la segunda repetición para el tratamiento de fibra de coco con arpillera en la metodología de la agitación mecánica de vasos térmicos.

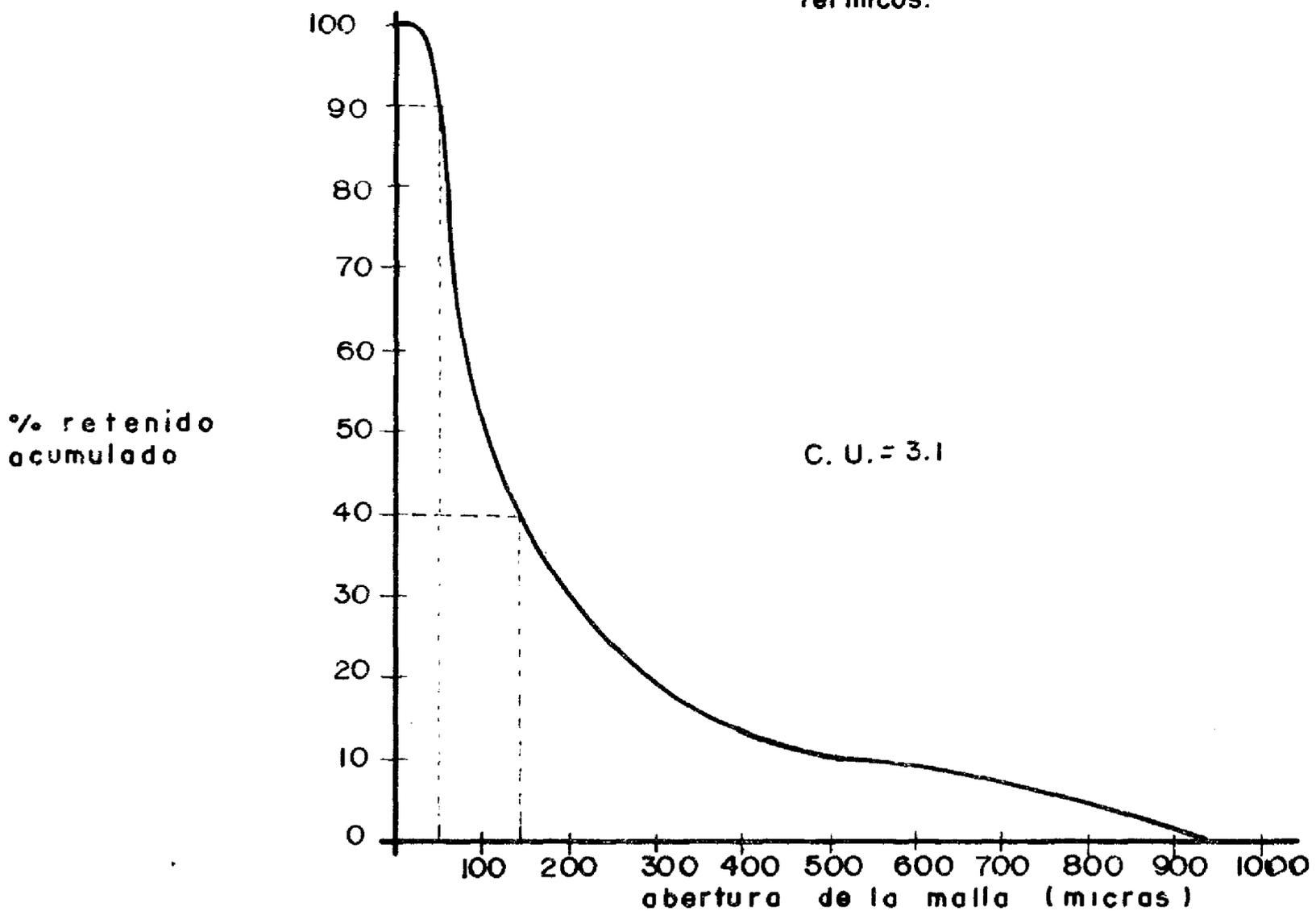


FIGURA 1.6.A Análisis granulométrico de los sedimentos obtenido para la tercera repetición para el tratamiento de fibra de coco con arpillera en la metodología de la agitación mecánica de vasos térmicos.

CUADRO 1.7.A
GRANULOMETRIA
 (Sedimentos dentro del dren)

TRATAMIENTO FIBRILLAS DE VIDRIO CON ARPILLERA (PRIMERA REPETICION)

METODO: AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS (SEGUNDO METODO)

Nº	mall	Tamaño de la malla (mm)	Peso individual retenido (grs)	Factor de corrección B	Peso retenido ajustado (grs)	Por ciento retenido (%)	Por ciento retenido acumulado (%)
1	20	0.840	0.028	0.00089	0.02889	0.23	0.23
2	30	0.690	0.3229	0.01029	0.33319	2.73	2.96
3	35	0.500	0.6521	0.02078	0.67288	5.51	8.48
4	40	0.420	0.1601	0.00510	0.16520	1.35	9.83
5	50	0.297	0.9844	0.03138	1.01578	8.32	18.16
6	60	0.250	0.8043	0.02564	0.82994	6.80	24.96
7	80	0.177	0.9205	0.02934	0.94984	7.78	32.74
8	100	0.149	0.5857	0.01867	0.60437	4.95	37.70
9	140	0.105	0.5655	0.01802	0.58352	4.78	42.48
10	200	0.074	1.5898	0.05036	1.63016	13.36	55.84
11	325	0.044	4.6116	0.14701	4.7586	39.00	94.54
12	recipiente	0.000	0.6081	0.01938	0.62748	5.14	100.00

Peso original de la muestra = 12.20 gs.

Peso total retenido = 11.823 gs

Peso perdido = peso original de la muestra - peso total retenido.

Peso perdido = 12.20 - 11.823 = 0.377 gs.

Obtención del factor de corrección (Fc) = $\frac{\text{Peso perdido}}{\text{P. total retenido}} = \frac{0.377}{11.823} = 0.031887$

B = (Fc) x Peso individual retenido

CUADRO 1.8. A

GRANULOMETRIA

(Sedimentos dentro del dren)

TRATAMIENTO FIBRILLAS DE VIDRIO CON ARPILLERA (SEGUNDA REPETICION)

METODO: AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS (SEGUNDO METODO).

Nº	maila	Tamaño de la maila (mm)	Peso individual retenido (grs)	Factor de corrección θ	Peso retenido ajustado (grs)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acumulado (%/)
1	20	0.840	0.0383	0.00252	0.04087	0.70	0.70
2	30	0.600	0.0221	0.00145	0.02355	0.40	1.10
3	35	0.500	0.0700	0.00461	0.07461	1.28	2.39
4	40	0.420	0.0214	0.00141	0.02281	0.39	2.78
5	50	0.297	0.1633	0.01076	0.17406	2.99	5.77
6	60	0.250	0.2061	0.01358	0.21968	3.77	9.55
7	80	0.177	0.3932	0.01018	0.40338	6.93	16.49
8	100	0.149	0.5114	0.03370	0.54510	9.37	25.86
9	140	0.105	0.2927	0.01928	0.31198	5.36	31.23
10	200	0.074	2.1172	0.13952	2.25670	38.81	70.04
11	325	0.044	1.4504	0.09558	1.54598	25.59	95.63
12	recipiente	0.000	0.1834	0.01208	0.19548	3.36	100.00

Peso original de la muestra = 5.8298 gs.

Peso total retenido = 5.4693 gs.

Peso perdido = peso original de la muestra - peso total retenido.

Peso perdido = 5.8298 - 5.4693 = 0.3605 gs.

Obtención del factor de corrección (Fc) = $\frac{\text{Peso perdido}}{\text{P. total retenido}} = \frac{0.3605}{5.4693} = 0.0659$

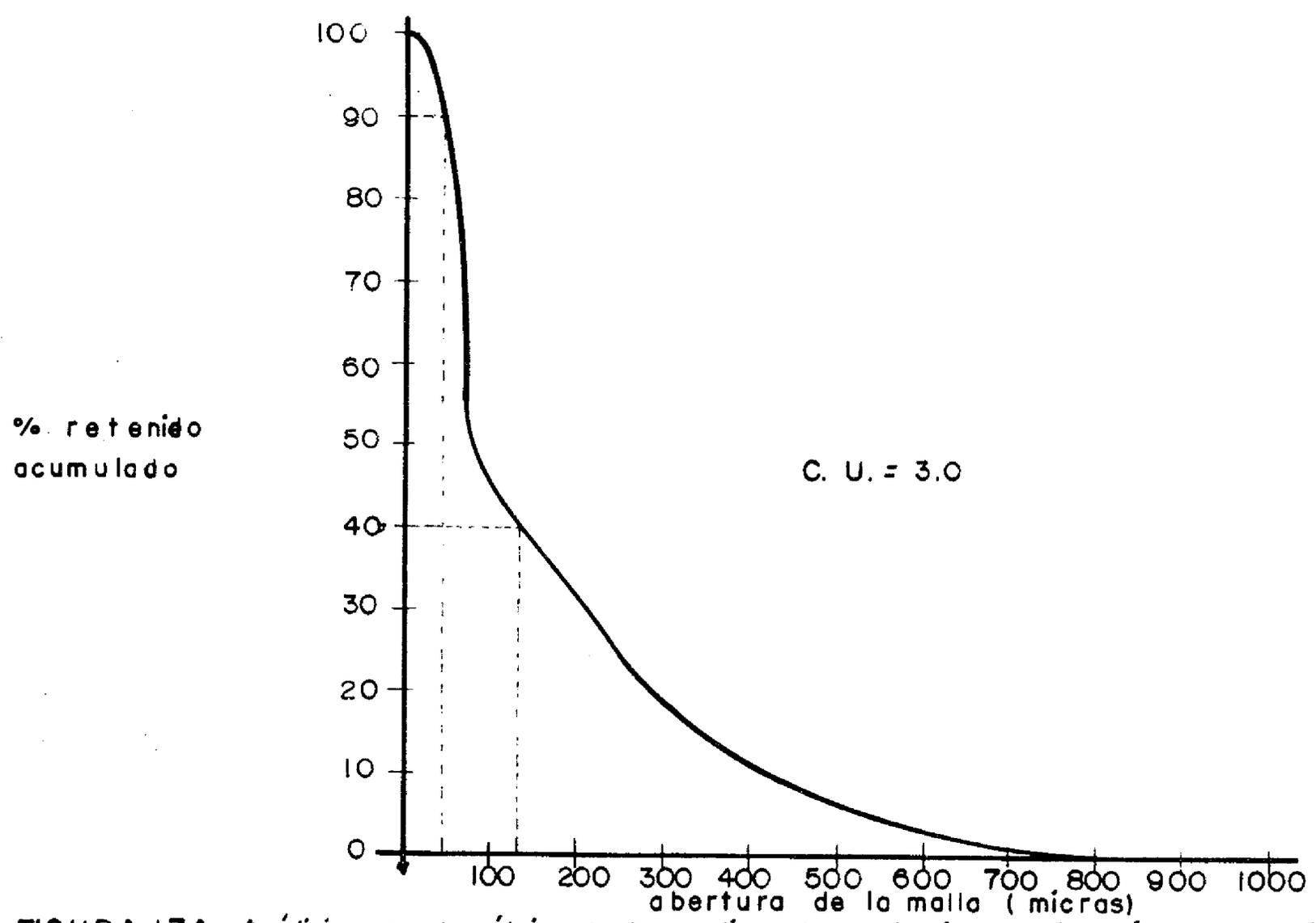


FIGURA 1.7.A Análisis granulométrico de los sedimentos obtenidos en la primera repetición para el tratamiento de fibrillas de vidrio con arpilleras en la metodología de la agitación mecánica de vasos térmicos.

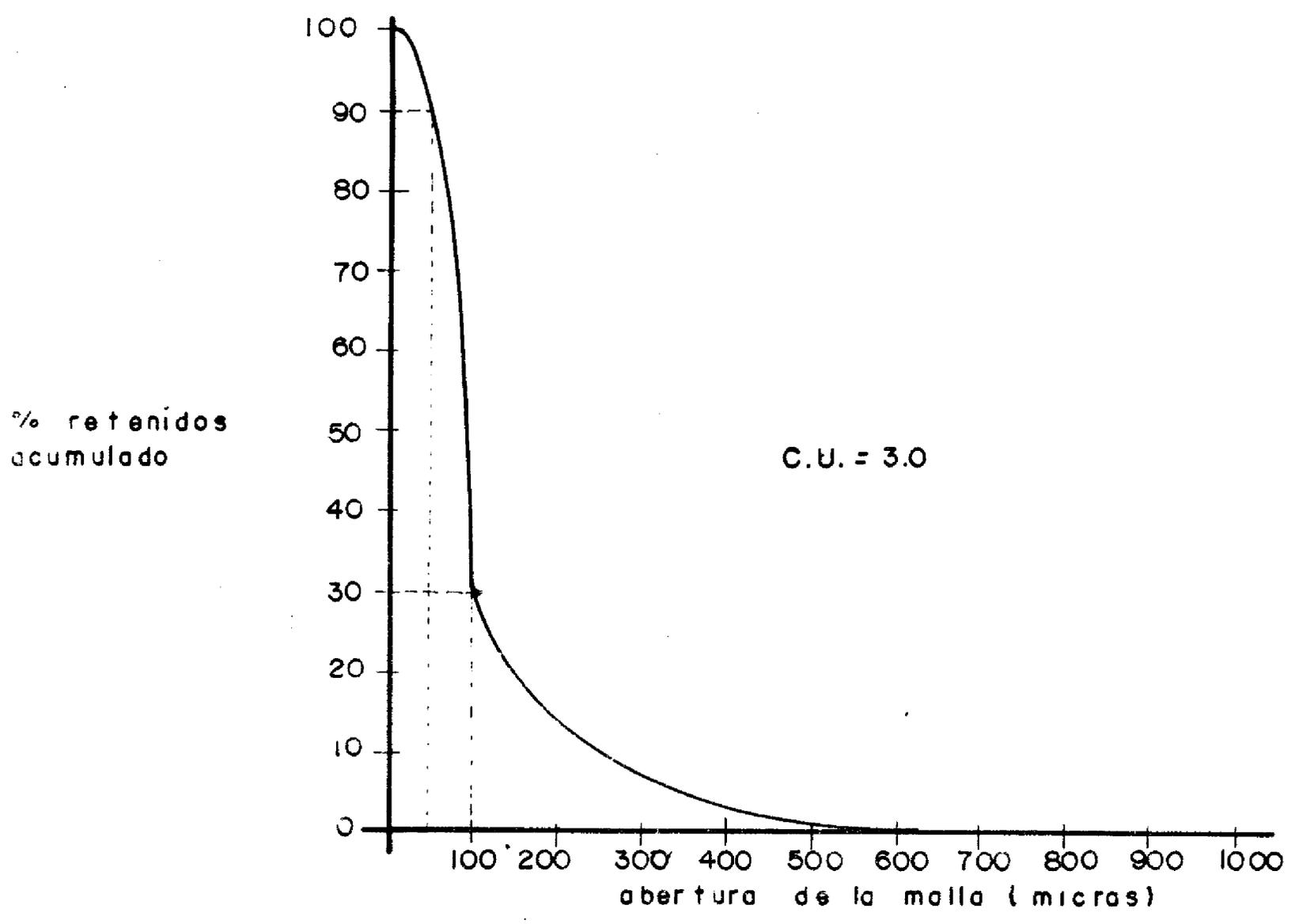


FIGURA 1.8.A Análisis granulométrico de los sedimentos obtenidos en la segunda repetición para el tratamiento de fibrillas de vidrio con arpillera en la metodología de agitación mecánica de vasos térmicos.

CUADRO 1.9.A

GRANULOMETRIA

(Sedimentos dentro del dren)

TRATAMIENTO FIBRILLAS DE VIDRIO CON ARPILLERA (TERCERA REPETICION).

METODO: AGITACION MECANICA DE VASOS TERMICOS (SEGUNDO METODO)

Nº	malló	Tamaño de la malló (mm)	Peso individual retenido (grs)	Factor de corrección B	Peso retenido ajustado (grs)	Porciento retenido (%.)	Porciento retenido acumulado (%/✓)
1	20	0.840	0.0054	0.00024	0.00564	0.125	0.12
2	30	0.600	0.0218	0.00098	0.02278	0.512	0.63
3	35	0.500	0.0618	0.00279	0.06459	1.452	2.09
4	40	0.420	0.0448	0.00202	0.04682	1.052	3.14
5	50	0.297	0.1873	0.00846	0.19576	4.40	7.54
6	60	0.250	0.2501	0.011304	0.26140	5.875	13.41
7	80	0.177	0.3954	0.01787	0.41327	9.289	22.70
8	100	0.149	0.2450	0.01107	0.25607	5.756	28.46
9	140	0.105	0.2570	0.01161	0.26861	6.038	34.50
10	200	0.074	0.7444	0.03366	0.77806	17.489	51.98
11	325	0.044	1.9718	0.08912	2.06092	46.326	98.32
12	recipiente	0.000	0.0716	0.00323	0.07483	1.68	100.00

Peso original de la muestra = 4.4488 gs.

Peso total retenido = 4.2564 gs.

Peso perdido = peso original de la muestra - peso total retenido.

Peso perdido = 4.4488 - 4.2564 = 0.1924 gs.

Obtención del factor de corrección (Fc) = $\frac{\text{Peso perdido}}{\text{P. total retenido}} = \frac{0.1924}{4.2564} = 0.0452$

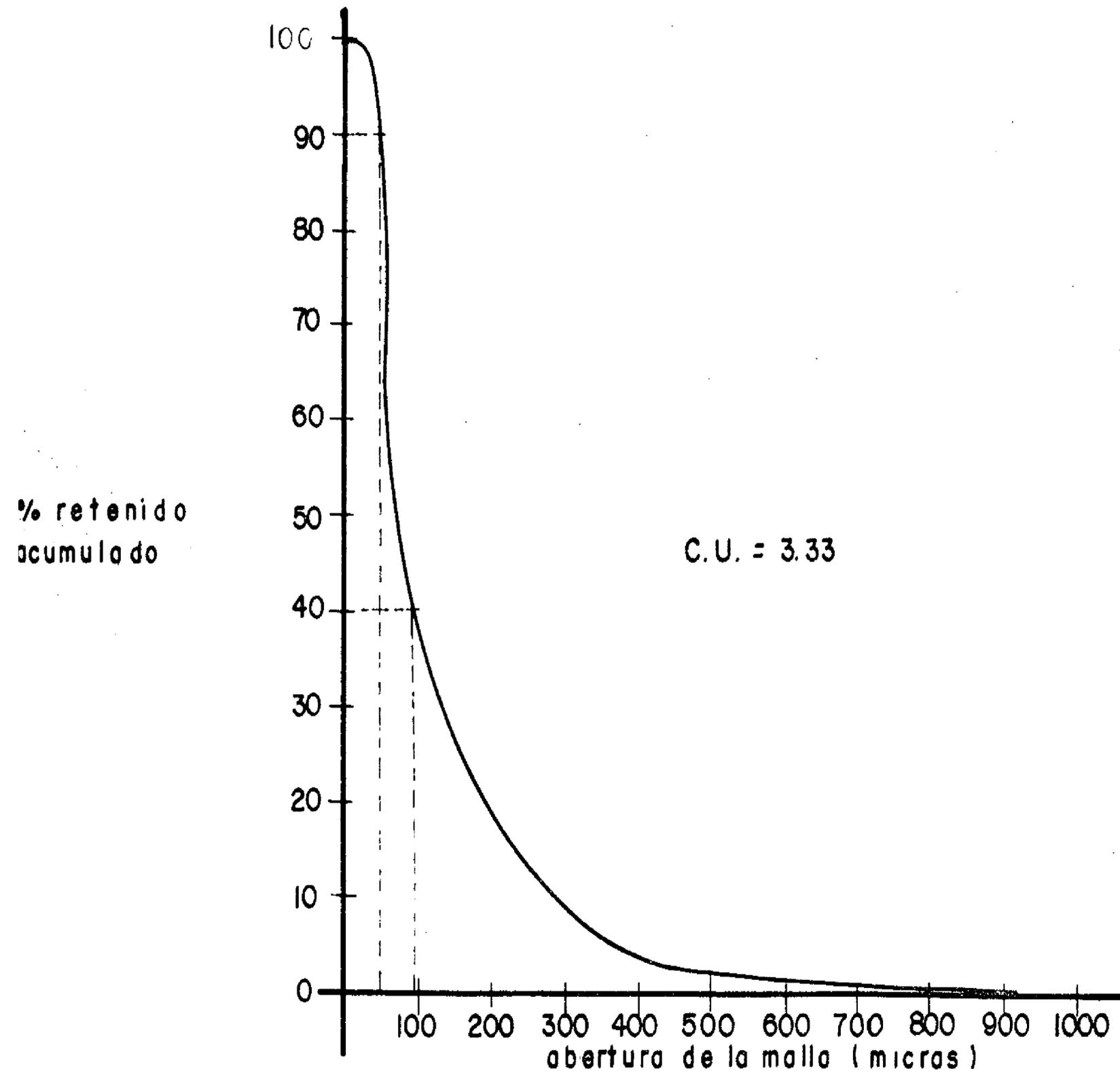


FIGURA 1.9A Análisis granulométrico de los sedimentos obtenidos en la tercera repetición para el tratamiento de fibrilla de vidrio con arpillera en la metodología de agitación mecánica de vasos térmicos.

CUADRO
GRANULOMETRIA
(Sedimentos dentro del dren)

TRATAMIENTO SUELO NORMAL
(GRANULOMETRIA)

Nº	malla	Tamaño de la malla (mm)	Peso individual retenido (grs)	Factor de corrección B	Peso retenido ajustado (grs)	Porcentaje retenido (%)	Porcentaje retenido acumulado (%/✓)
1	20	0.840	18.6114	1.0140	19.6254	39.22	39.22
2	30	0.600	10.4942	0.5717	11.0659	22.11	61.34
3	35	0.500	3.6936	0.2012	3.8948	7.78	69.13
4	40	0.420	0.6411	0.349	0.6760	1.35	70.48
5	50	0.297	3.5176	0.1916	3.7092	7.41	77.89
6	60	0.250	2.4698	0.1345	2.6043	5.20	83.10
7	80	0.177	2.5701	0.1400	2.7101	5.41	88.51
8	100	0.149	0.832	0.0453	0.8773	1.75	90.27
9	140	0.105	1.2972	0.0706	1.3678	2.53	93.00
10	200	0.074	1.6156	0.0880	1.7036	3.40	96.41
11	325	0.044	1.5624	0.0851	1.6475	3.29	99.70
12	recipiente	0.000	0.1390	0.0075	0.1465	0.29	100.00

Peso original de la muestra = 50.0296 gs.

Peso total retenido = 47.444 gs.

Peso perdido = peso original de la muestra - peso total retenido.

Peso perdido = 50.0296 - 47.444 = 2.585 gs.

Obtención del factor de corrección (Fc) = $\frac{\text{Peso perdido}}{\text{P. total retenido}} = \frac{2.585}{47.444} = 0.054485$

APENDICE B

GRANULOMETRIA

(Sedimentos dentro del dren)

TRATAMIENTO

Nº	mallo	Tamaño de la mallo (mm)	Peso individual retenido (grs)	Factor de corrección B	Peso retenido ajustado (grs)	Porciento retenido (%)	Porciento retenido acumulado (%/d)
1	20	0.840					
2	30	0.590					
3	35	0.500					
4	40	0.420					
5	50	0.297					
6	60	0.250					
7	80	0.177					
8	100	0.149					
9	140	0.105					
10	200	0.074					
11	325	0.044					
12	recipiente	0.000					

Peso original de la muestra =

Peso total retenido =

Peso perdido = peso original de la muestra - peso total retenido.

Peso perdido =

Obtención del factor de corrección (Fc) = $\frac{\text{Peso perdido}}{\text{P. total retenido}}$ = _____

B = (Fc) x Peso individual retenido