

MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO
MOA -- HOLGUIM

TRABAJO DE DIPLOMA

TITULO : INFLUENCIA DE LA HOMOGENIZACION DEL MINERAL
LATERITICO EN LA SEDIMENTACION (I I).

DIPLOMANTE : JOSE MANUEL PITRA FORTES . *PITRA*

TUTOR : PEDRO BEYRIS MAZAR

REPUBLICA DE CUBA

Año 1990

INDECE

Agradecimiento

Dedicatoria

Resumen

Capítulo I Introducción

1.1 - Introducción	1
1.2 - Condiciones minero geológicas del yacimiento	3
1.3 - Características de los frentes de arraque	5
1.4 - Bloque del flujo tecnológico de la E. C. P. S. A.	6
1.5 - Características del espesadores	11

Capítulo II Parte Especial

2.1 - Fundamentos sobre la sedimentación	17
2.2 - Factores que influyen en la sedimentación	12
2.3 - Descripción del trabajo realizado	20
2.4 - Análisis de algunos trabajos realizados	23
2.5 - Comentários sobre los resultados	26

Capítulo III Conclusiones y Recomendaciones.

3.1 - Conclusiones	32
3.2 - Recomendaciones	33
3.3 - Bibliografía .	

AGRADICIMIENTO

Al pueblo de Cuba ,a su revolución por haberme acogido y educado .A mis profesores a mi tutor , a la compañera Moraima por su gran ayuda .A mi hermano JULIO por su apoyo moral y espiritual .A Vilma Naranjo por su dedicación y comprensión ,a todos mis compañeros de estudio.

DE :PITRA FORTES

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre por darme lo más grande y hermoso
" LA VIDA ". A los héroes de los pueblos de Cuba y Angola
que hicieron posible este gran sueño .

DE :PITRA FORTES .

RESUMEN

RESUMEN

Este trabajo se realizó con el objetivo de conocer la influencia de la homogenización del mineral laterítico en la sedimentación .

EL mineral utilizado en los ensayos es proveniente de los frentes de extracción D 23 ,D 34 , D 38, D 43 la mina de la E. C. P. S A.. Con los experimentos realizados se comprobó la influencia de la homogenización de este mineral en la velocidad de sedimentación y en los porcentajes de sólido finales .

Con los valores de la variación de la columna de sólido tomados cada diez minutos durante dos horas de experimento se confeccionó las curvas de los gráficos de columna de sólido contra tiempo .También se realizó ensayos con silicato de sodio como electrolito para verificar su influencia en la sedimentación observandose que resulta beneficioso su utilización en la sedimentación . Durante los se tomó ciertas cantidades de muestras para los análisis de Rx y químicos para conocer la composición química y mineralógica del mineral utilizado .

Por falta de condiciones no se pudo realizar los análisis de pH y de conductividad eléctrica .

1.1 INTRODUCCION

La fábrica Cmdte Pedro Sotfo Alba es un complejo hidrometalúrgico productor de sulfuro de níquel y cobalto. Fue construido en el año 1958 por compañías norteamericanas y está situada en municipio de Moa en nordeste de la provincia de Holguín .

Después del triunfo de la revolución y a raíz del proceso de nacionalización esta fábrica paso a ser propiedad del gobierno y por consiguiente del pueblo cubano quien en el año 61 con esfuerzo de muy pocos ingenieros y obreros lograron ponerla en marcha y se ha mantenido hasta nuestros días produciendo una de las grandes riquezas del pueblo que por su calidad se ha situado entre los primeros productores y exportadores de níquel .

En su planta principal se realiza la lixiviación ácida a presión que requieren de ciertas del mineral y del reactivo

Apesar de su alto grado de extracción y eficiencia el proceso se ve limitado por dificultades durante el proceso de espesamiento porque no se obtiene el % de sólido requerido lo que provoca un consumo excesivo del ácido H_2SO_4 y otros materiales y pérdidas por millones de pesos al año.

Con el objetivo de disminuir esas dificultades se han realizado una serie de experimentos a escala de laboratorios

El presente trabajo con el fin de obtener los parámetros óptimos para el mejoramiento del proceso de sedimentación

en los espesadores de la fábrica Comdte Pedro Sotto Alba .

También se realizado otros trabajos a escala de laboratorios por parte de los países socialistas acerca de la tecnología que permita obtener mayores cantidades de valores metálicos presentes en el mineral laterítico .

En tesis y resoluciones del primer congreso del PCC se plantea la necesidad de prestar mayor atención a la evaluación y elevación de los yacimientos de níquel conocidos ,elevar su producción en las instalaciones existentes mediante planes de rehabilitación de dichas fábricas . Apesar de las dificultades que existieron inicialmente el colectivo de técnicos e ingenieros creció cuantitativa y cualitativamente contando con el apoyo muy especialmente de la URSS .

CAPITULO (I)

1.2 CARACTERISTICAS MINERO GEOLOGICA DE LOS YACIMIENTOS

El mineral limonítico presenta una tierra suelta ó en forma de terrones , mientras que el serpentinitico presenta una gama que va desde terrones hasta rocas duras de diferentes tamaños . La humedad del mineral es de 34 % variando desde 23 - 36 % .

PESOS VOLUMETRICOS

Peso volumetrico seco in situ	1.20 t/m ³
Peso volumetrico humedo in situ	1.78 t/m ³
Peso volumetrico del mineral humedo removido	1.38 t/m ³
Factor de exposición del mineral	1.30

GRANULOMETRIA DE LOS COMPONENTES DEL MINERAL

Limónita	: +0 -0.125	85 %
	+0.125 -0.4	8.0 %
	+0.4 -0.6	2.0 %
serpentina	: +0 -0.125	4.0 %
	+0.125 -0.4	0.85 %
	+0.4 -0.6	0.15 %
		<u>100 %</u>

En la planta de pulpa llega el mineral con la granulometría de +0 -0.150 mm donde predomina el mineral en forma de terrones siendo este la limonita y,serpentina blanda . La dureza del mineral varía desde 2- 5 en la escala de Mohs , siendo químicamente inactivo con tendencia a adherirse en el fan de los equipos . Los principales componentes se hallan dentro de los valores siguientes : Fe --45.5 % Al --4 a 6 % .

Composición química de la capa superior

Fe = 45.5 % Ni = 1.36 % Co = 0.12 %

La profundidad de esta capa es de 4.6 m . La fracción serpentínica posee mayor contenido de Ni , pero un alto contenido de Mg que es perjudicial al proceso debido al alto gasto de reactivo lixiviante ; ácido sulfurico.

Composición química de la laterita .

	Ni	Co	Ca	Fe	Mg	Al
Escombros :	0.66	0.05	1.2	45.5	0.8	7.6
Limonita :	1.36	0.125	1.6	47.5	0.62	4.2
Serpentina :	1.53	0.04	0.37	15.8	14.6	3.1

COMPOSICION MINERALOGICA

Gohetita	$Fe_2O_3 \cdot H_2O$	70 - 75 %
Alúmina	$Al_2O_3 \cdot 3H_2O$	10 %
Serpentina	$3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot H_2O$	2 - 5 %
Cuarzo	SiO_2	2 - 4 %

El componente principal de la mena es la gohetita .La mayor parte del aluminio se encuentra en la alúmina , el resto es serpentina y cuarzo con 10 % de inclusiones .

1.3 Característica de los frentes de arranque

Para la realización del trabajo se utilizó mineral procedente de los cuatros frentes de arranque : D 23

D 34 D 38 D 43 .

Frente D 23 : Zona J-2

Coordenadas	7000	7400 (norte)
	4500	5000 (este)

Tiene baja potencia del mineral con promedio de 2 m , es una zona de gran contenido de Mg porque los fragmentos de serpentina afloran a la superficie .

Frente D 34 : Zona J-1

Coordenadas	4900	5900 (norte)
	6366	6666 (este)

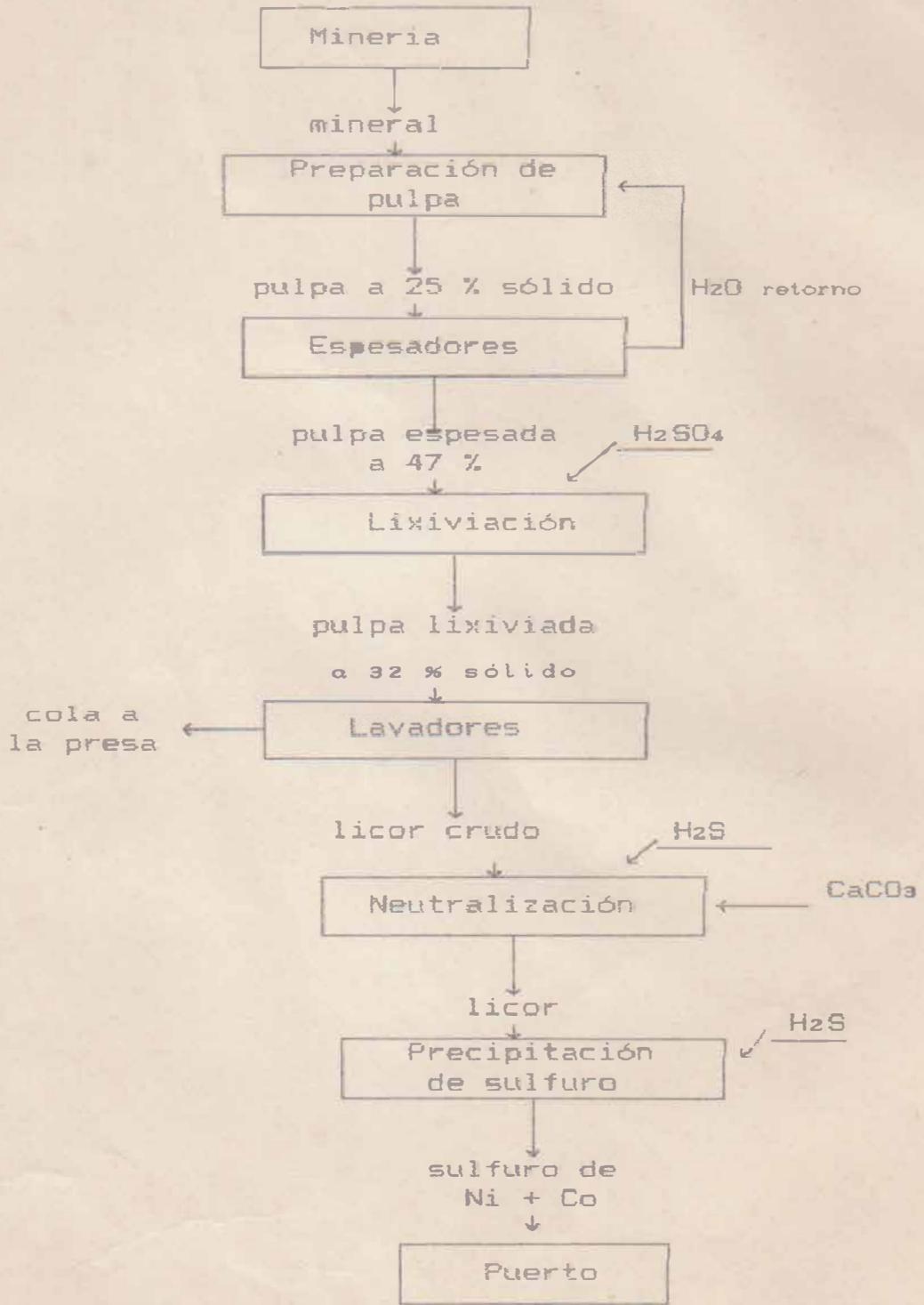
Tiene una potencia media de 9 m con fondos muy regulares presentando serpentina muy descompuesta . El mineral no es compacto .

Frente D 38 : Zona J-3

Coordenadas	4466	4883 (norte)
	6766	7066 (este)

Posee una potencia promedio de 6 m con gran contenido de Ni y bajo contenido de Mg . Fondos irregulares y en ocasiones aparecen fragmentos de serpentina dura .

1.4 Diagrama de bloque del flujo tecnológico de la P.S.A



1.5 BREVE DESCRIPCION DEL FLUJO TECNOLOGICO DE LA P.S.A

Para la obtención de la materia prima se usa el sistema de laboreo a cielo abierto debido a la poca dureza del mineral , extrayendose con escavadora de gran capacidad :Draga line .El mineral es transportado hasta la planta de preparación de pulpa por medio de cinta transportadora y por camiones BELAZ .

PLANTA DE PREPARACION DE PULPA

Aquí el mineral se convierte en pulpa al 25 % sólido mediante la clasificación y lavado con el objetivo de eliminar las rocas duras de serpentinas debido a su alto contenido de Mg .El esquema tecnológico de esta planta se presenta en la fig(2) ; esta compuesto de una tolva receptora con un extractor de placa FD-2 el cual descarga el mineral a la transportadora de correa , cuya función es de trasladar el mineral hasta la criba vibratoria donde se separan las partículas de mayores tamaños (0.127 m) son descargada a un triturador de quijada y despues van hacia el colector de rechazo .As veces se envian hacia el lavador cilíndrico para lavar las arcillas de las rocas de gran tamaño .

Las fracciones menores de 0.127 m procedentes de la criba vibratoria van hacia el lavadora de paleta donde se mezclan para producir la pulpa a 25 % de sólido .

Posteriormente esa pulpa pasa por las cribas primarias de superficie de cribado 10 mm , las partículas que no

pasan van hacia el colector de rechazo y la fracción menor de 10 mm va hacia la criba secundaria cuya superficie de cribado es de 0.833 mm .Las partículas mayores de 0.833 mm son enviadas al colector de rechazo las menores formaran el producto final ,es decir la pulpa a 25 % de sólido .El producto final se recoge en el colector de productos finales para posteriormente ser enviado a la planta de espesadores por gravedad mediante una tuberia de 0.6 m de diámetro y 4800 m de longitud . El agua usada en la planta es el agua de reboso de los espesadores .

ESPEADOR DE PULPA

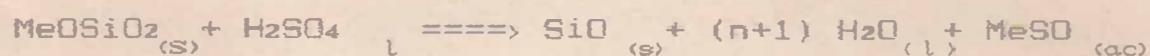
La planta de espesadores es en la cual se termina la producción de la pulpa con 45 a 47 % de sólido a partir de la pulpa recibida de la preparación de pulpa con 25 % de sólido y una granulometría de 0.833 mm aproximadamente

PLANTA DE LIXIVIACION

La lixiviación del mineral consiste en disolver el Ni y Co en forma de sulfato usando como reactivo el ácido sulfurico . Como el mineral contiene ciertas cantidades de hierro , aluminio , cromo , magnesio , manganeso , sílice ,etc , ellos se disuelven en muy pocas cantidades y formaran parte del licor lixiviado . La pulpa que llega desde el espesador es calentada hasta 80 -88 C en los precalentadores con vapores de 1.04 Pa por absorción directa y se almacena en unos tanques con agitación mecánica para mantenerla en suspensión .

Posteriormente es extraída por bombas Denver de baja presión y enviadas a las bombas Wir de alta presión (bombas de diafragma) las cuales son encargadas de enviar la pulpa hasta los calentadores situados en la parte superior de los reactores donde es calentada hasta 250 C y dentro de los reactores se ponen en contacto con el ácido sulfurico de 90 -98 % de concentración alimentado por medio de bombas de émbolo al primer reactor con agitación empleando vapores de alta presión . La pulpa lixiviada sale del cuarto reactor hacia los enfriadores donde se disminuye la temperatura hasta 100 C y luego pasa por unos estranguladores para disminuir la presión ,para posteriormente ser enviado hacia los lavadores desde la cajas distribuidora .

La reacción química fundamental es :



LAVADEROS

El producto de la lixiviación es una pulpa lixiviada donde en la fase acuosa están mayoritariamente el sulfato de Ni y Co y una pequeña porción de ácido libre ,en la sólida los demas elementos que componen el mineral limonítico . El lavado se realiza mediante un sistema a contracorriente por descantación en 7 tanques donde ocurre :

1ro - La separación de la fase liquida de la sólida .

2do - El lavado del material sólido para recuperar la mayor cantidad de sulfato de Ni y Co .

Como resultado del proceso de lavado se obtiene un licor que es enviado al proceso de neutralización y la parte sólida a la presa de cola .

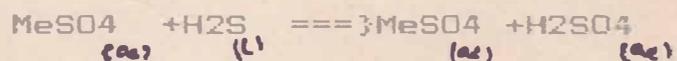
NEUTRALIZACION

Esta planta su objetivo neutralizar el ácido libre del licor y regular el pH mediante una pulpa coralina en cuatro reactores de madera con agitación , se añade H₂S para reducir el Cu presente en el licor .

La reacción fundamental es : $CaCO_3 + H_2SO_4 \rightleftharpoons CaSO_4 + CO_2 + H_2O$.

PREPITACION DE SULFURO

Aqui el producto obtenido es el producto final de fábrica es decir el sulfuro de Ni y Co que se obtiene en los reactores horizontales con H₂S de alta pureza , el precipitado se evacuan en unos tanques para eliminar el H₂S en exceso , despues el sulfuro se pasan a unos espesadores donde se separa el solido del rebozo , el sulfuro espesado se lava con agua caliente en dos etapas .el sulfuro es enviado al puerto como producto final en las sulfateras habitadas con revestimiento de goma en su interior .La reacción fundamental :



1.6 CARACTERISTICAS DE LOS ESPESADORES

Los espesadores son tanques de forma cilíndrica y de fondo cónico, poseen un diámetro de 106,5 m con un área total de 7,850 m² y de altura en su parte central de 11,7m. Dentro de los tanques existen mecanismos que mueven los rastrillos radiales cercano al fondo, estos rastrillos giran pero muy lentamente ya que la pulpa en los espesadores deben mantenerse en reposo para que ocurra la precipitación por gravedad de las partículas, además posee un canal de rebozo construido a todo largo de la periferia que debe asegurar un régimen hidrodinámico estable durante la extracción del rebozo. En el espesador la pulpa se sedimenta y es arrastada por los brazos del mecanismo del rastrillos.

CAPITULO (II)

2.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA SEDIMENTACION

En la sedimentación así como en su velocidad existen factores y parámetros que influyen en gran medida ya sea a favor o en contra del proceso entre los cuales tenemos :--Tamaño y densidad de las partículas. Cuando en una suspensión existen mayores cantidades de partículas pequeñas ,el proceso de sedimentación tardará más debido a que las partículas pequeñas tienden a mantenerse en suspensión ,retardando el proceso.

Por otra parte si la densidad de la partícula es inferior a la del fluido en el cual esta se introduce se elevará manteniendose en suspensión en el seno del líquido ,mientras que si es más densa se hundirá en el mismo .Esto analizando por separado , el diámetro de la partícula y su densidad ,si son partículas isódromas entonces tendran la misma velocidad de caída .

Viscosidad :Este factor tiene gran influencia porque existen una dependencia directa entre el tamaño de la partícula y su concentración .Los flujos de los fluidos pueden ser laminares ,turbulentos y de transición ,en el caso de flujos laminares ,las partículas son pequeñas , así su velocidad de desplazamiento ,en este caso la viscosidad del fluido constituye un factor importante como parte de la resistencia del flujo ,si por el contrario el flujo es turbulento , así como su velocidad de desplazamiento presenta tendencia a formar remolinos ó torbellinos que le ofrecen una gran resistencia al flujo ; en tal caso ,la viscosidad del

fluído tiende a ser despreciable .

___Fluidez :es una de las propiedades geológicas más importante de la pulpa laterítica ,considerándose el factor más influyente en la sedimentación de dicha pulpa dependiendo esta de la temperatura .

___Temperatura :su influencia sobre la velocidad de sedimentación es de forma proporcional ,es decir un aumento de la temperatura se produce un aumento de la velocidad de sedimentación.

___Floculación :cuando a una pulpa se agregan reactivos químicos ,las partículas sólidas van aglomerarse ó forman agregados que se comportan del mismo modo que una simple partícula y como se han unido vários granos, habrá mayor tamaño y forma diferente, lo que resulta beneficioso para la velocidad de sedimentación dado al aumento del peso de la partícula que se forma.

También existen otros agentes químicos que disminuyen la tendencia de formar agregados y, por tanto provocan efectos totalmente negativos a la sedimentación.

___Sistema coloidales: La pulpa es considerada un sistema coloidal por sus características y propiedades.Según la difusión de los compuestos estos se dividen en cristaloides; los que son capaces de difundirse rápido y fácilmente pero, si por el contrario la difusión es lenta, estamos en presencia de colóides, entre los que podemos mencionar las albúminas, la cola, la gelatina, etc.

___Efecto de las paredes en la sedimentación libre:

El área de la partícula que se sedimenta disminuye la sección transversal del recipiente provocando que el fluido se desglose a una velocidad mayor, lo que trae consigo un aumento de la resistencia lo cual hace que se disminuya la velocidad máxima de sedimentación.

Si una partícula cae en un medio lo suficientemente grande y sin considerarse la acción de otras fuerzas que no sea la resistencia del medio, la misma alcanzará una velocidad máxima denominada velocidad de caída libre la cual dependerá del tamaño y densidad de la partícula y de las propiedades del fluido.

Si en vez de una partícula se sedimentan varias partículas a la vez a la resistencia del medio se le suma otras fuerzas que entorpecerán la caída de las partículas y por tanto tendremos un régimen de caída contrariada. En caso de partículas muy finas como lamas de orden de varios micrones el peso de las partículas y la velocidad de caída resultan tan pequeñas que las fuerzas superficiales y la interacción de las partículas pueden mantenerse en suspensión, fenómeno que es usado para crear suspensiones en los procesos de beneficio de medios densos.

Cuando se mezclan las lamas y otras partículas mayores, para que sedimenten las partículas mayores tienen que vencer la resistencia del medio y también desplazar las partículas pequeñas que poseen menor velocidad de caída. Es decir las partículas pequeñas

aportan al medio viscosidad con respecto al desplazamiento de las partículas grandes y estas últimas resultan causantes de la suspensión de tal forma que prácticamente se detiene la sedimentación.

Para este tipo de mezcla no existen fórmulas bien fundamentadas, pero en tal caso se usa la fórmula de Gaudin:

$$VCT = V_0(1-\gamma)(1-\gamma) (1-2,5\gamma)$$

Donde: V_0 - velocidad límite de caída libre (Fórmula de stóck)

γ - concentración volumétrica ($\gamma = 1-m$)

m - coeficiente de llenado

En el caso de que las partículas grandes sean cien veces mayor que las pequeñas se considera que las partículas grandes caen en una suspensión debido a que las partículas pequeñas proporcionan al líquido mayor viscosidad y densidad .

Según el instituto de Mejanobr: URSS

Las partículas grandes en suspensión no estructurada pueden hallarse:

$$V = V_{CT} = \sqrt{\frac{\rho_s - \rho_p}{\rho_s - \rho_{pct}} \times \frac{\rho_{pct}}{\rho_p}}$$

ρ_p - Densidad de la suspensión

ρ_s - densidad del sólido

ρ_{pct} - Densidad de la pulpa compuesta

solo por aquellas partículas cuya velocidad de caída se determina por la concentración volumétrica.

La sedimentación de la pulpa limonítica se encuentra en el rango en que se puede tener lugar los últimosfenómenos explicados.

2.2 FLUJO TECNOLÓGICO DE LA PLANTA DE ESPESADORES.

La pulpa proveniente de la planta de preparación de pulpa es transportada por gravedad, descargada en el compartimiento de una caja distribuidora del flujo de la pulpa alimentada y de la pulpa espesada que puede ser alimentada a la planta de lixiviación o recirculada a otro tanque espesador. Durante la operación normal se coloca la esclusa de la caja distribuidora de forma tal que la pulpa de 25% de sólido sea distribuida en uno o en ambos espesadores.

El proceso de sedimentación se realiza en tres espesadores de 114,6m de diámetro en la parte superior y de 94,5m en la inferior, con capacidad de almacenaje de 25000 Tn. Los espesadores poseén un mecanismo de rastrillo que dan una vuelta completa cada 45 minutos.

La pulpa espesada es extraída por medio de bombas centrifugas y enviada a planta de lixiviación. El reboso se succiona por bombas centrífugas y se envía a la planta de preparación de pulpa. Para evitar ciertos golpes del agua, existen unos tanques amortiguadores acoplados a un compresor, este último tiene la función de mantener un 50% de la capacidad del tanque ocupado de aire y el resto de agua con lo que se logra el efecto de amortiguamiento.

Cuando el nivel de agua en los espesadores está por debajo del deseado se restablece con el empleo de bombas para succión de esta desde la planta de agua.

2.3 FUNDAMENTOS TEORICOS DE LA SEDIMENTACION.

La sedimentación es un proceso a pesar de no estar estudiado en épocas remotas ya el hombre la aplicaba cuando encontraba el agua de un río turbia, dejaba que las partículas en suspensión se sedimentarían para luego poder tomarse el agua, en tales casos solo actuaba la caída libre de las partículas.

La operación consistente en separar de una suspensión un fluido claro que sobrenada de un lodo denso que tenga una elevada concentración de material sólido se denomina sedimentación.

Desde el punto de vista industrial la sedimentación es un proceso continuo que se realiza en espesadores, depósitos en los cuales llegan por un lado la suspensión o lodo diluido que permita el reboso del líquido que sobrenada separandolo del lodo espeso que sale por el fondo del espesador.

En el proceso influye fuerza de gravedad, magnética, centrífuga, eléctricas, etc. La deposición puede ser diversa por ejemplo: la ascensión de la burbuja de gas en una masa estacionaria de agua o en movimiento predominante horizontal de las partículas en suspensión en un hidrociclón y eje vertical.

Sedimentación discontinua.

La sedimentación discontinua ocurre cuando un sólido dividido se suspende en el agua, se llena una probeta graduada y se deja un tiempo en reposo. Para evitar movimientos de flúidos o corrientes de convección causadas por la diferencia de densidad producida por los cambios de temperatura es necesario realizar los experimentos a temperatura uniforme. Cuando se inicia la sedimentación la concentración de sólido es uniforme en toda las probetas, luego las partículas en suspensión caen en el seno del líquido con una velocidad máxima de caída en condiciones de sedimentación retardada. Si el sólido presenta gran uniformidad en sus partículas pues todas caen con una velocidad aproximadamente igual y se observa una acentuada línea de separación entre el líquido que sobrenada (zona A) y el lodo (zona B) a travez de todo el proceso. Si por el contrario la suspensión contiene partículas de diferentes tamaños incluyendo las lamas, las partículas mayores se sedimentan con gran facilidad y la línea de separación no es muy visible como en el caso anterior, por lo que el líquido aparecerá turbio.

En ambos casos las partículas mayores en el fondo empiezan a aglomerarse formando un lodo concentrado (zona C) que aumentará en el transcurso de la sedimentación. La velocidad de sedimentación disminuye con el tiempo en un periodo de transición en el cual la zona de precipitación (zona B) habrá desaparecido y el

lodo ofrecerá un aspecto uniforme. A partir de ese momento el proceso consiste en un lento desplazamiento del sólido de la zona C por lo que puede considerarse que el líquido fluye a través de una capa porosa de permeabilidad decreciente.

Sedimentación continua.

El buen funcionamiento de los tanques espesadores depende de las características de la suspensión. En diferentes concentraciones de los sólidos a diferentes alturas en el espesador radican las diferencias entre la sedimentación continua y la discontinua.

La sedimentación continua no posee zona B de igual composición que la alimentación, si en un sedimentador que trabaja continuamente sin cambios en las concentraciones podemos detenerlo y estudiar la velocidad de sedimentación discontinua de la misma suspensión en dicho aparato se observará que la velocidad de sedimentación es constante pero inferior a la que se tenía en la operación continua.

La capacidad de los espesadores continuos depende de su aptitud para realizar las funciones de:

- Clarificar el líquido rebozante, por la eliminación de las partículas en suspensión.
- Espesar el lodo por la eliminación del líquido en su contenido.

2.4 Descripción del trabajo realizado.

El presente trabajo tiene como objetivo de simular el proceso de sedimentación de la E.C.P.S.A a escala de laboratorio y la selección de la materia prima para lograr la mejor homogenización posible del material tratado.

Para la realización de los experimentos se tomo inicialmente de mineral y de agua para obtener un 25 % de sólido usando la relación de dilución es decir la relación líquido - sólido:

$$R = \frac{L}{S} = \frac{100 - P}{P}$$

P---contenido de sólido en la pulpa

L---masa del líquido

S--- masa del sólido

Como se observa en la figura # donde se representan las operaciones realizadas es decir el esquema del trabajo (pto 1).

La preparación de la pulpa consiste en mezclar el mineral con el agua según la relación anteriormente planteada, se agita la misma durante 45 minutos debido a que se considera que es el tiempo que demora la pulpa en fluir desde la planta de preparación de pulpa hasta la planta de espesadores.

Posteriormente se tamiza toda la pulpa en un tamiz de 0,883 mm (20 mallas) (pto 2).

El material cernido se vierte en una probeta para su sedimentación durante la cual se toma la altura de la columna de sedimentación registrada en una escala graduada situada en la probeta antes mencionada para después conformar los gráficos , realizando las mediciones de altura en intervalos de 10 minutos hasta alcanzar las 2 horas de sedimentación.

La pulpa sedimentada es decantada y se le realiza un cribado húmedo en tamices de 0,071 mm (71 μm) y de 0,045 mm (45 μm) (pto 4), de esta pulpa que se criba se toma una muestra para análisis de rayos X y químicos con el objetivo de conocer la composición química presente en cada clase.

El porcentaje de sólido inicial se determina pesando una pequeña cantidad de pulpa en un recipiente de volumen conocido y luego se determina la densidad y mediante tablas obtenemos el porcentaje de sólido. Para el porcentaje, de sólido final se pesa la probeta con la pulpa decantada después de la sedimentación, restando este valor al peso de la probeta vacía determinando así el peso de la pulpa.

El peso seco de la pulpa se determina mediante la relación:

$$P_{ss} = \frac{M}{\% \text{ sól.in.}} \times 100\%$$

Conociendo de antemano el valor de la masa del mineral (M). El porcentaje de sólido final se halla mediante:

$$\% \text{ sól.final} = \frac{P_{ss}}{p_{sh}} \times 100\%$$

2.5 ANALISIS DE LOS TRABAJOS REALIZADOS

Como ya se sabe que en la planta de espesadores de la fábrica existen problemas con el % sólido . En los años de explotación de la fábrica las mediciones realizadas de % sólido en las plantas de preparación de pulpa y de espesadores , presentan diferencias de 1 a 1,5 % resultando siempre menor la de la planta de espesadores ,mas como se sabe que durante el transporte de la pulpa desde la planta de preparación de pulpa hasta la de espesadores no existe ningún proceso intermedio que pueda provocar cambios sustanciales a la pulpa que fluye por una tubería de 4800 m de longitud y de 0,6 m de diámetro y a una temperatura normal a un tiempo de 45 minutos aproximadamente . A pesar de esas condiciones se han realizado algunos trabajos con vista a determinar las causas de esos efectos negativos y determinar las medidas y métodos para eliminarlos .

En el trabajo " Estudio de la velocidad de sedimentación en la línea conductura de pulpa desde la planta de preparación de pulpa hasta los espesadores " se analiza la posibilidad de que la velocidad de sedimentación esté afectada por las turbulencias que se forman debido a la diferencia de niveles en los diferentes puntos a lo largo de la línea conductura , también se analiza la posibilidad de la existencia de una automolienda que debe ocurrir sólo a las partículas

de menores de 325 micrones . En el trabajo de diploma del ing Lázaro Luis Delamonty : comprobación de los factores que afectan a la sedimentación se comprobó el comportamiento de una serie de parámetros a escala de laboratorio , se realizó ensayos con la utilización de silicato de sodio a concentración de 0,001g \ 1 lo que reportó como conclusión un aumento del % de sólido final lo que corrobora lo beneficioso que resulta su utilidad en el proceso de sedimentación .

Según el trabajo del ing Alberto González sobre la influencia del magnesio en la sedimentación se llega a la conclusión de el magnesio tiene una influencia negativa en el proceso porque todos los frentes de altos contenidos de magnesio resultaran ser de mala sedimentación , ocurriendo lo mismo durante los ensayos con la utilización de silicato de sodio para los frentes de alto contenido de magnesio .

También el trabajo del ing Gerardo Farra Charles titulado ; sedimentacion de la pulpa cruda con silicato de sodio se refiere a la adicción del vidrio líquido en la pulpa a espesar , en concentraciones muy pequeñas comprobando un aumento del porciento de sólido en 2-3% . En el trabajo : estudio de la influencia de la composición fraccional del ing Alexis Arrastrías , se manifiesta que la fracción más entropecedora en el proceso de sedimentación es la de 20 micrones .

En el trabajo del ing José Garcia : influencia de la preparación de la pulpa en la velocidad de sedimentación

se comprobó la influencia en la velocidad de sedimentación de las características del mineral , también se determinó que un aumento del tiempo de agitación es favorable al lavado , pero desfavorable a la velocidad de sedimentación .

En el trabajo de investigación :consideraciones sobre la sedimentación de la pulpa limonítica en la fábrica C. P. S. A. del ing C D José falcón Hernandez se expone que las causas que provocan la no adecuada sedimentación de la pulpa limonítica no están determinadas con suficiente veracidad , porque los trabajos realizados sólo dan resultados de algunos de los factores que puedan influir y no se precisan sobre los restantes factores , ademas de no especificar las granulométrias del sólido de la pulpa , pero dicho trabajo concluye que entre los factores que más influyen hay dos básicos :

- 1-- La composición granulométrica de la fase líquida .
- 2-- La composición iónica de la fase líquida .

Siendo más influyente el primer de los dos factores .

CAPITULO (III)

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Después de realizados los experimentos sobre la influencia de la homogenización del mineral laterítico proveniente de los frentes de extracción : D23 ,D34 ,D 38, D43, de la mina de la fábrica C P S A se comprobó su influencia en la velocidad de sedimentación y en el % sólido , y también el efecto de las características mineralógicas de cada frente de extracción .

Antes de los ensayos con la homogenización del mineral de diferentes frentes se realizó ensayos con el mineral de cada frente de extracción para poder caracterizarlo, con respecto a la velocidad de sedimentación , y el % de sólido y mineralógicamente . Durante la caracterización de los frentes de extracción se llegó a la conclusión de que el frente D23 resultó el de mejor velocidad de sedimentación , pero en cuanto al % sólido final resultó el peor , teniendo en cuenta de que el % sólido inicial no alcanzó el 25 % y también fue el más bajo con respecto a los demás frentes .

Los resultados de este frente podemos ver en la tabla de sedimentación (1.1) y en el gráfico #1 (los resultados tabulados son los valores medios de los ensayos realizados)

Desde punto de vista mineralógico presenta en todo su conjunto minerales de hierro , principalmente la Goetita y Magnetita , y en poca concentración el mineral de Hidrargelita en las fracciones gruesas , en las más finas se refleja Cuarzo y Antigorita .

Según los análisis químicos (tabla 2.1) se nota que presenta elementos como , níquel, cobalto, en altas concentraciones

disminuyendo en las clases más finas .Estos elementos no tienen notable influencia en la velocidad de sedimentación ; el mineral de este frente presenta un color carmelita claro , de tierras muy finas con pocos trozos de material lo que resulta negativo para el % de sólido inicial .

El frente 34 tuvo resultados que pudieran considerarse buenos para la velocidad de sedimentación , el % de sólido inicial no alcanzó el 25% , a pesar de que resultó superior al del frente 23 (tabla de sedimentación 1.2) y gráfico

El de sólido final fue ligeramente superior al del frente 23 , mineralógicamente es un frente con minerales de Hidrargelita y Gohetita , los elementos químicos presentes tales como níquel , cobalto están en bajos contenidos pero presentan un aumento en elementos como , el zinc manganesio , el cobre sigue invariable (tabla 2.2).

Para el frente 38 los resultados fueron los más bajos para la velocidad de sedimentación , el % sólido final se puede considerarlo alto .

La composición minerológica de este frente es similar al del frente 23 .Los elementos presentes están en altas concentraciones , disminuyendo el manganesio en la clase más fina , en tabla de sedimentación 1.3 se muestran los resultados de la velocidad de sedimentación para un tiempo de dos horas , también esos resultados se reflejan en el gráfico #3 donde las curvas no presentan un descenso notable .

Los resultados del frente 43 se muestran en la tabla #4 y en el grafico # 4 , como se puede observar que es un frente de sedimentación regular .Mineralógicamente presenta Hematita ,Gohetita ,Magnetita en grandes cantidades , y en menores la

Antigorita e Hidrargelita . En los análisis químicos el níquel, cobalto, y manganesio están en altas concentraciones. Después de caracterizar los frentes se procedió a la realización de los ensayos homogenizando los minerales de diferentes frentes .La homogenización se realizó sin una previa selección de las combinaciones porque se decidió dar utilización completa a la masa de mineral , y así comprobar de manera total la influencia de la homogenización del mineral utilizado .

Primeramente se inició la homogenización por dúos en cantidades iguales y después en cantidades diferentes , lo mismo se hizo con las combinaciones de tríos y cuartetos. Para la homogenización con diferentes cantidades se decidió dar mayores cantidades a los frentes de mejores sedimentación y menores cantidades a los de peores velocidades de sedimentación .

Para las combinaciones de dúos resultó de mejores velocidades de sedimentación , tanto para cantidades iguales como para diferentes cantidades las combinaciones de los frentes 23 -34 . Esos frentes fueron caracterizados como de buenas velocidades de sedimentación , pero con peores resultados en cuanto al % de sólidos tanto inicial , como final , ocurriendo lo mismo cuando se realizó sus combinaciones ; tablas (1.5-1.28).

Las combinaciones 23-43, 34-43, 34-38 resultaron ser combinaciones de regulares velocidades de sedimentación , con un ligero incremento en el % sólidos iniciales y finales demostrando así que sus características mineralógicas y químicas influyeron en la sedimentación de dichas

combinaciones ver : tablas (1.8 -1.10-1.9) respetivamente . También podemos señalar que cuando se combinaron los dúos con diferentes cantidades manteniendo mayores cantidades para los frentes de buenas sedimentación se reportaron mejores velocidades de sedimentación y mayores % de sólidos .

En la homogenización de los tríos se obtuvieron mejores resultados las combinaciones siguientes : 23-34-43 con cantidades diferentes ver: tablas (1.15,1.19,1.26,1.27) gráfico #8 , a pesar de que las combinaciones de esos frentes con cantidades iguales reportó también un elevado % de sólidos tanto final como inicial .

Según los resultados se nota que es preferible dar una mayor al frente 23 porque así se reportó mejores velocidades de sedimentación y mayores % de sólidos finales . Con resultados regulares fueron las combinaciones 23-34-38 ver: tablas (1.16,1.18) y gráfico #5 . Las combinaciones 34-38-43 fueron las de más bajos resultados tanto en velocidades de sedimentación como en % de sólidos , mejorando un poco cuando se combinaba para diferentes cantidades con mayor cantidad del frente 34 ver : tablas (1.12,1.13 ,1.24) .

Las combinaciones de los cuatros frentes resultó similar a las combinaciones de los tríos , pero con mayores % de sólidos iniciales y finales . En las combinaciones de los cuatros frentes con cantidades iguales resultaron de más bajos valores de sedimentación , con % de sólidos iniciales y finales bastantes elevados pasando en ciertos con % de sólido iniciales superiores a los 25% ver: tablas (1.20,1.21,1.22,1.23) y gráfico #6 .

De igual maneras que los tríos , aquí las mejores

combinaciones resultaron los de diferentes cantidades ; mejorando siempre cuando los frentes de buena sedimentación se encuentran mayoritariamente , es decir los frentes 23 y 34 , pero preferiblemente el frente 23 . Ver tablas (1.21, 1.22, 1.23) y gráfico #7 .

Por último se realizó ensayos con electrolito utilizando como tal el silicato de sodio ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$) EN concentraciones de 1mg/l . Con el electrolito se realizó ensayos para dúos tríos y cuartetos , tanto para combinaciones de mala sedimentación como de buena . Como resultado se comprobó la influencia positiva del silicato de sodio al obtenerse mayores velocidades de sedimentación y % de sólido finales tanto para las buenas como malas combinaciones , ver : tablas (1.25, 1.26, 1.27, 1.29, 1.30, 1.31) .

Como resultado de este análisis de los resultados podemos decir que se comprobó la influencia de la homogenización del mineral laterítico , resultando las mejores combinaciones las de diferentes cantidades con mayoritariamente los frentes de mejores sedimentación , ya que así se lograron no sólo una mejor distribución de los elementos minerales sino también la prevalencia de los minerales de influencia positiva en la sedimentación , también se comprobó lo beneficioso para la sedimentación el uso del silicato de sodio como electrolito .

Finalmente se confeccionó una tabla resumen donde se seleccionaron algunas combinaciones , calculándose las velocidades promedio de sedimentación , el incremento de la velocidad de sedimentación , el % sólido promedio, el incremento del % sólido , así como el intervalo de la

variación de la velocidad de sedimentación y , el incremento de la variación del % sólido .

También durante el trabajo se pudo comprobar la influencia del diámetro en la velocidad de sedimentación , ya que por lo general se obtuvieron altas velocidades de sedimentación con la probeta de 2000ml y bajas velocidades con la probeta de 500ml .

A pesar de que no se pudo realizar los análisis de pH y conductividad eléctrica , podemos afirmar baseando en los trabajos ya realizados que tanto el pH como la conductividad eléctrica disminuyen después de la sedimentación.

CONCLUSIONES

Los resultados de nuestro trabajo nos permite concluir lo siguiente :

1^o Aunque algunos frentes (23-34) , puedan tener separadamente mejores velocidades de sedimentación , se debe siempre utilizar la homogenización de los mismos , y que permite mayor utilización de la materia prima y también proporciona un mayor % de sólido final .

2^o Se puede homogenizar los frentes tanto en dúos ,tríos , así como en cuartetos , aunque preferiblemente sea, la de los tríos y cuartetos porque reportan mejores velocidades de sedimentación y mayores % de sólido finales .

3^o Se observan la influencia de las características de los frentes durante la homogenización , cuando las combinaciones se hacen a cantidades diferentes donde predominan en mayores cantidades los frentes de buena sedimentación .

4^o Los mejores resultados de la velocidades de sedimentación y del % de sólido se observan tanto en los tríos como cuartetos donde predominan en cantidades los mejores frentes (23-34) .

5^o Los frentes considerados de mala sedimentación resultaron ser los mejores en cuanto a % de sólidos iniciales y finales lo que viene demostrar la necesidad de la homogenización para obtener una rápida sedimentación con un % sólido deseado .

6^o Se demostró que el uso del silicato de sodio como electrólito resulta beneficioso para la sedimentación y se debe utilizar aún que en otras concentraciones aquí no indicadas pero siempre dentro de los límites permisibles .

RECOMENDACIONES

1^oLa realización de la homogenización de los frentes se haga de acuerdo a las características de los frentes con fin de obtenerse buenos resultados tanto en la velocidad de sedimentación como en los % de sólidos .

2^oRealizar pruebas con otros electrolitos a diversas concentraciones .

3^oEn los próximos trabajos crear condiciones para previas para la realización de análisis químicos, mineralógicos, y de pH y de conductividad eléctrica .

4^oEn los análisis químicos de los próximos trabajos , se debe tratar de conocer las concentraciones del :AL, Fe, Mg ; en el mineral utilizado , debido a su influencia negativa en la sedimentación .

5^oRealizar trabajos para verificar la variación de la composición química de los frentes en diferentes profundidades en el sitio de laboreo minero .

BIBLOGRAFIA

- 1----- Trabajo de Diploma : Estudio de la influencia de la composición fraccional .
Autor : Arrastrías Alexis .
- 2----- Trabajo de Diploma : Estudio de la influencia del magnesio en el proecso de sedimentación .
Autor : Gonzales Alberto
- 3----- Trabajo de Diploma : Sedimentación de la pulpa cruda con silicato de sodio .
Autor : Parra Charles Gerardo .
- 4----- Trabajo de Diploma : Comprobación de los factores que afectan la sedimentación .
Autor : Delamonty Lázaro Luis .
- 5----- Trabajo de Diploma : Influencia de la homogenización del mineral laterítico en la sedimentación .
Autor : Cruz Perez Damarys
Tadesse Embebale .
- 6----- Trabajo de investigación :
Consideraciones sobre la sedimentación de la pulpa limonítica en la E C P S A .
Autor : CD ; Hernandez Falcón José .
- 7----- Proceso de Enriquecimiento de los minerales por gravitación .
Autor : T G Fomenko
Imprenso en la URSS .
Año : 1980 .

A N E X O S

TABLAS DE SEDIMENTACION

tabla 1.1

		D 23													
prob	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	% sól final
2000cc	H(mm)	0	12	19	27	32	39	43	48	51	55	58	60	63	20.71
1000cc	H(mm)	0	10	15	20	25	30	36	40	43	45	48	51	53	19.09
200cc	H(mm)	0	5	7	9	12	15	20	25	28	30	32	35	38	18.09
									% sól. inicial · 17.69						

tabla 1.2

		D 34													
prob	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	% sól final
2000cc	H(mm)	0	8	10	12	15	17	21	25	28	30	33	35	38	21.14
1000cc	H(mm)	0	5	8	10	12	14	17	23	27	31	35	37	40	20.94
200cc	H(mm)	0	3	7	10	12	16	21	25	27	29	31	33	34	23.11
									% sól. inicial · 20.69						

tabla 1.3

		D 38													
prob	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	% sól final
2000cc	H(mm)	0	3	5	7	9	10	12	15	16	17	18	22	24	24.83
1000cc	H(mm)	0	2	4	6	8	10	12	14	15	16	17	18	18	26.04
200cc	H(mm)	0	1	2	3	4	6	8	9	9	10	11	12	13	25.86
									% sól. inicial · 23.35						

tabla 1.4

		D 43														Z sól final
prnh	t (min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		
7000cc	H(mm)	0	3	5	7	9	11	13	15	17	18	21	23	24	77.73	
10000cc	H(mm)	0	2	3	4	6	8	10	12	13	16	18	20	21	76.73	
7000cc	H(mm)	0	1	2	4	6	8	9	10	12	13	15	16	17	76.14	
Z sól. inicial = 76.03																

tabla 1.5

		D 23-34 C T														Z sól final
prnh	t (min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		
7000cc	H(mm)	0	4	6	10	14	17	19	22	25	29	33	36	39	77.97	
10000cc	H(mm)	0	2	5	7	10	13	16	19	22	27	32	37	42	74.08	
7000cc	H(mm)	0	1	2	4	6	9	12	15	18	23	27	33	37	73.88	
Z sól. inicial = 77.77																

tabla 1.6

		D 38-43 C T														Z sól final
prnh	t (min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		
7000cc	H(mm)	0	4	6	9	11	13	15	17	19	21	22	23	24	74.77	
10000cc	H(mm)	0	3	5	7	9	11	13	15	17	17	18	19	20	75.53	
7000cc	H(mm)	0	2	5	8	10	11	12	12	13	14	16	16	17	71.37	
Z sól. inicial = 19.11																

tabla 1.7

		D 23-38 C T														Z sól final
prnh	t (min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		
7000cc	H(mm)	0	9	5	7	9	11	14	17	19	21	21	22	22	19.31	
10000cc	H(mm)	0	2	4	6	8	10	12	13	14	16	17	18	19	18.59	
7000cc	H(mm)	0	1	2	3	4	6	8	9	10	12	14	15	17	18.58	
Z sól. inicial = 17.01																

tabla 1.8

		n 73-43												C T		% sól final
prnh	t (min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		
7000cc	H(mm)	0	4	5	6	7	9	11	13	14	16	18	20	22	19.67	
10000cc	H(mm)	0	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13	14	15	19.93	
7000cc	H(mm)	0	2	3	4	5	6	6	7	8	9	10	11	13	19.51	
% sól. inicial = 19.70																

tabla 1.9

		n 34-38												C T		% sól final
prnh	t (min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		
7000cc	H(mm)	0	4	6	7	8	10	11	12	14	16	18	20	22	19.87	
10000cc	H(mm)	0	4	6	7	8	9	10	10	11	12	13	15	17	19.77	
7000cc	H(mm)	0	2	3	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	21.54	
% sól. inicial = 19.70																

tabla 1.10

		n 34-43												C T		% sól final
prnh	t (min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		
7000cc	H(mm)	0	3	5	6	7	7	8	9	10	12	14	16	18	23.88	
10000cc	H(mm)	0	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14	23.98	
7000cc	H(mm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	23.31	
% sól. inicial = 23.03																

tabla 1.11

		D 23-34-38 C T												%	
prnh	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	sól final
7000cc	H(mm)	0	3	4	6	8	9	11	13	15	17	18	19	20	78.87
10000cc	H(mm)	0	2	3	4	6	7	9	11	12	14	16	17	18	77.05
7000cc	H(mm)	0	1	2	3	4	5	6	8	9	10	12	13	14	76.50
% sól. inicial : 73.37															

tabla 1.12

		D 34-38-43 C D 50% 30% 20%												%	
prnh	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	sól final
7000cc	H(mm)	0	3	5	7	9	10	12	15	18	20	21	24	26	76.59
10000cc	H(mm)	0	2	4	6	7	9	10	11	13	15	16	17	18	77.68
7000cc	H(mm)	0	1	1	2	3	4	5	6	7	9	10	13	14	78.04
% sól. inicial : 75.91															

tabla 1.13

D 34-38-43 C T															
prnh	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	% sól final
7000cc	H(mm)	0	2	4	5	6	8	10	13	16	18	20	22	24	77.37
10000cc	H(mm)	0	2	3	5	6	7	8	9	11	12	15	18	22	77.14
7000cc	H(mm)	0	1	2	3	4	6	7	8	10	13	15	17	19	76.59
% sól. inicial = 75.79															

tabla 1.14

D 43-38 C D 75% 75%															
prnh	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	% sól final
7000cc	H(mm)	0	2	4	6	7	8	10	13	15	17	19	19	21	77.77
10000cc	H(mm)	0	1	1	2	4	5	6	8	10	12	14	16	17	71.84
7000cc	H(mm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	13	77.14
% sól. inicial = 17.09															

tabla 1.15

D 23 43 34 C T															
prnh	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	% sól final
7000cc	H(mm)	0	4	7	8	10	12	14	16	18	21	23	25	27	79.70
10000cc	H(mm)	0	3	6	8	10	11	14	16	18	20	22	24	25	79.77
7000cc	H(mm)	0	2	5	7	10	12	14	16	17	19	21	23	24	77.14
% sól. inicial = 76.45															

tabla 1.16

D 23 34 38 C D 50% 40% 10%															
prnh	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	% sól final
7000cc	H(mm)	0	5	9	13	15	17	19	22	24	26	28	30	32	78.07
10000cc	H(mm)	0	3	5	7	9	11	13	15	17	19	22	24	26	79.91
7000cc	H(mm)	0	2	4	6	7	8	9	10	12	13	15	18	21	79.73
% sól. inicial = 78.75															

Tabla 1.17

		D 23 34 43 C D 40% 50% 10%													
prob	t(min)	Ø	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	% sól final
2000cc	H(mm)	0	4	6	9	11	13	16	19	22	26	30	34	38	27.41
1000cc	H(mm)	0	3	5	7	9	11	13	17	20	22	25	28	30	22.55
200cc	H(mm)	0	2	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	26.50
% sól. inicial = 20.83															

tabla 1.18

		D 23 34 38 C D 40% 50% 10%													
prob	t(min)	Ø	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	% sól final
2000cc	H(mm)	0	4	6	8	10	12	14	17	19	22	23	25	29	28.74
1000cc	H(mm)	0	4	6	9	11	13	16	18	22	26	28	30	33	26.32
200cc	H(mm)	0	2	4	6	8	10	13	16	19	21	24	26	28	26.02
% sól. inicial = 24.72															

tabla 1.19

		D 23 34 43 C D 40% 50% 10%													
prob	t(min)	Ø	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	% sól final
2000cc	H(mm)	0	6	9	11	13	15	17	19	23	26	30	32	35	23.98
1000cc	H(mm)	0	4	6	8	10	12	16	19	23	25	27	30	33	22.33
200cc	H(mm)	0	4	7	9	11	14	18	22	24	26	28	30	34	18.37
% sól. inicial = 17.73															

tabla 1.20

		D 23 34 38 43 C I													
prob	t(min)	Ø	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	% sól final
2000cc	H(mm)	0	6	8	10	12	14	16	18	21	23	26	29	31	30.04
1000cc	H(mm)	0	5	7	9	11	12	14	14	16	17	19	22	25	29.96
200cc	H(mm)	0	2	3	5	7	9	10	11	13	15	17	19	22	29.87
% sól. inicial = 27.88															

Tabla 1.21

		D 23 34 38 43 C D 40% 30% 20% 10%													
prob	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	% sól final
2000cc	H(mm)	0	5	8	10	13	15	18	21	23	25	27	30	35	30.94
1000cc	H(mm)	0	3	5	7	9	11	13	15	18	22	26	29	33	30.56
200cc	H(mm)	0	4	5	7	11	14	17	20	23	25	27	30	34	29.27
% sól. inicial · 27.04															

tabla 1.22

		D 23 34 38 43 C D 30% 40% 10% 20%													
prob	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	% sól final
2000cc	H(mm)	0	3	5	7	11	14	15	17	19	23	26	29	33	31.06
1000cc	H(mm)	0	4	6	7	9	12	15	18	21	23	25	27	30	28.92
200cc	H(mm)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	30.89
% sól. inicial · 27.41															

tabla 1.23

		D 23 34 38 43 C D 40% 30% 20% 10%													
prob	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	% sól final
2000cc	H(mm)	0		7	9	11	13	15	17	21	24	29	32	35	30.04
1000cc	H(mm)	0	5	7	8	10	12	15	18	22	25	27	29	32	28.19
200cc	H(mm)	0	4	6	8	12	14	16	18	19	21	24	26	29	27.86
% sól. inicial · 25.84															

tabla 1.24

		C E D 34 38 43 C I													
prob	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	% sól final
2000cc	H(mm)	0	3	4	5	6	7	8	9	11	12	14	16	17	28.82
1000cc	H(mm)	0	2	3	4	5	6	6	8	9	11	13	14	16	28.62
200cc	H(mm)	0	2	3	4	5	5	5	6	8	10	12	13	14	27.77
% sól. inicial · 26.58															

Tabla 1.25

C E		D 23 34 38 43 C D 30% 40% 10% 20%												% sól final	
prob	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110		120
2000cc	H(mm)	0	4	6	7	9	11	13	15	17	20	23	25	27	29.78
1000cc	H(mm)	0	2	4	5	6	8	10	13	16	19	21	24	26	28.92
200cc	H(mm)	0	3	5	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	28.39
% sól. inicial = 25.66															

tabla 1.26

C E		D 23 34 43 C I												% sól final	
prob	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110		120
2000cc	H(mm)	0	6	9	13	17	20	25	29	31	35	37	39	42	30.73
1000cc	H(mm)	0	4	6	9	13	17	20	24	27	30	35	37	39	30.56
200cc	H(mm)	0	3	6	8	11	14	16	19	23	25	29	32	36	29.70
% sól. inicial = 26.91															

tabla 1.27

C E		D 23 34 43 C D 50% 40% 10%												% sól final	
prob	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110		120
2000cc	H(mm)	0	4	8	12	16	19	23	25	28	32	34	37	42	31.06
1000cc	H(mm)	0	3	7	9	11	15	18	21	23	25	28	31	34	30.89
200cc	H(mm)	0	3	6	8	12	14	16	18	21	23	25	27	30	30.47
% sól. inicial = 25.81															

tabla 1.28

C E		D 23 34 C I												% sól final	
prob	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110		120
2000cc	H(mm)	0	5	7	10	12	14	16	19	22	25	29	34	37	20.03
1000cc	H(mm)	0	4	6	8	12	14	16	18	21	24	26	28	32	24.27
200cc	H(mm)	0	3	5	7	9	11	13	16	18	20	21	23	26	23.03
% sól. inicial = 19.43															

Tabla 1.29

Prob	t(min)	C E D						C D						% sol final	
		0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110		120
2000cc	H(mm)	0	4	6	10	13	15	18	21	23	26	29	31	39	30.35
1000	H(mm)	0	3	5	6	8	10	12	15	19	23	25	27	29	30.13
200cc	H(mm)	0	3	5	6	8	10	12	14	16	18	21	22	23	29.44
% sol. inicial = 23.43															

tabla 1. 30

C E		D 23 43 C I													% sól final
prob	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
2000cc	H(mm)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	22.92
1000cc	H(mm)	0	2	3	5	6	8	10	12	15	18	21	24	26	23.03
200cc	H(mm)	0	2	4	6	6	8	9	13	16	18	20	21	22	22.63
% sól. inicial = 20.83															

tabla 1.31

C E		D 34 38 43 C D 50% 30% 20%													% sól final
prob	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	
2000cc	H(mm)	0	3	5	7	9	11	13	15	17	20	22	24	26	29.14
1000cc	H(mm)	0	2	4	5	7	10	12	13	16	18	19	21	24	29.78
200cc	H(mm)	0	1	3	5	7	8	10	12	15	18	21	23	25	30.27
% sól. inicial = 27.83															

tabla 1.32

D 23-43 C D															
prob	t(min)	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	% sól final
2000cc	H(mm)	0	5	7	9	10	13	15	17	19	21	23	25	27	22.71
1000cc	H(mm)	0	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	25	22.06
200cc	H(mm)	0	3	5	7	9	10	11	12	14	15	16	17	19	21.65
% sól. inicial : 21.46															

Tabla resumen de sedimentación

Mezclas	veloc. promed. mm\min	incrom. de la veloc.	% sólido promedio	incremento del % sólido
23-43 C I	0.172	0.017	19.68	3.18
23-43 C D	0.176		22.14	
23-43 C I C E	0.189		22.86	
34-38-43 C I	0.136	0.013	27.01	2.39
34-38-43 C D	0.159		27.43	
34-38-43 C I C E	0.149		29.40	
23-34-38-43 C I	0.197	0.041	28.05	1.78
23-34-38-43 C D	0.221		29.03	
23-34-38-43 CD CE	0.238		29.83	
intervalo de variación de la veloc. de sedimentación		intervalo de variación del % sólido		
0.013---0.041		1.78---3.18		

T A B L A S D E A N A L I S I S Q U I M I C O S

tabla 2.1

D 23					
contenido de elementos en %					
Clases	NI	CO	CU	ZN	Mn
- 0.071 +0.045	1.28	0.07	0.02	0.16	0.41
-0.045 +0	1.24	0.05	0.01	0.14	0.4

tabla 2.2

D 34					
contenido de elementos en %					
Clases	NI	CO	CU	ZN	Mn
- 0.071 +0.045	1.10	0.06	0.02	0.17	0.57
-0.045 +0	1.10	0.03	0.01	0.16	0.25

tabla 2.3

D 38					
contenido de elementos en %					
Clases	NI	CO	CU	ZN	Mn
- 0.071 +0.045	1.35	0.07	0.03	0.19	0.95
-0.045 +0	1.25	0.05	0.02	0.19	0.9

tabla 2.4

D 43					
contenido de elementos en %					
Clases	NI	CO	CU	ZN	Mn
- 0.071 +0.045	1.25	0.15	0.02	0.18	0.92
-0.045 +0	1.12	0.8	0.01	0.19	0.45

tabla 2.5

D 38-43					
contenido de elementos en %					
Clases	NI	CO	CU	ZN	Mn
- 0.071 +0.045	1.29	0.08	0.02	0.16	0.57
-0.045 +0	1.28	0.06	0.02	0.16	0.5

tabla 2.6

D 34-38					
contenido de elementos en %					
Clases	NI	CO	CU	ZN	Mn
- 0.071 +0.045	1.35	0.12	0.01	0.18	0.75
-0.045 +0	1.32	0.10	0.01	0.15	0.57

tabla 2.7

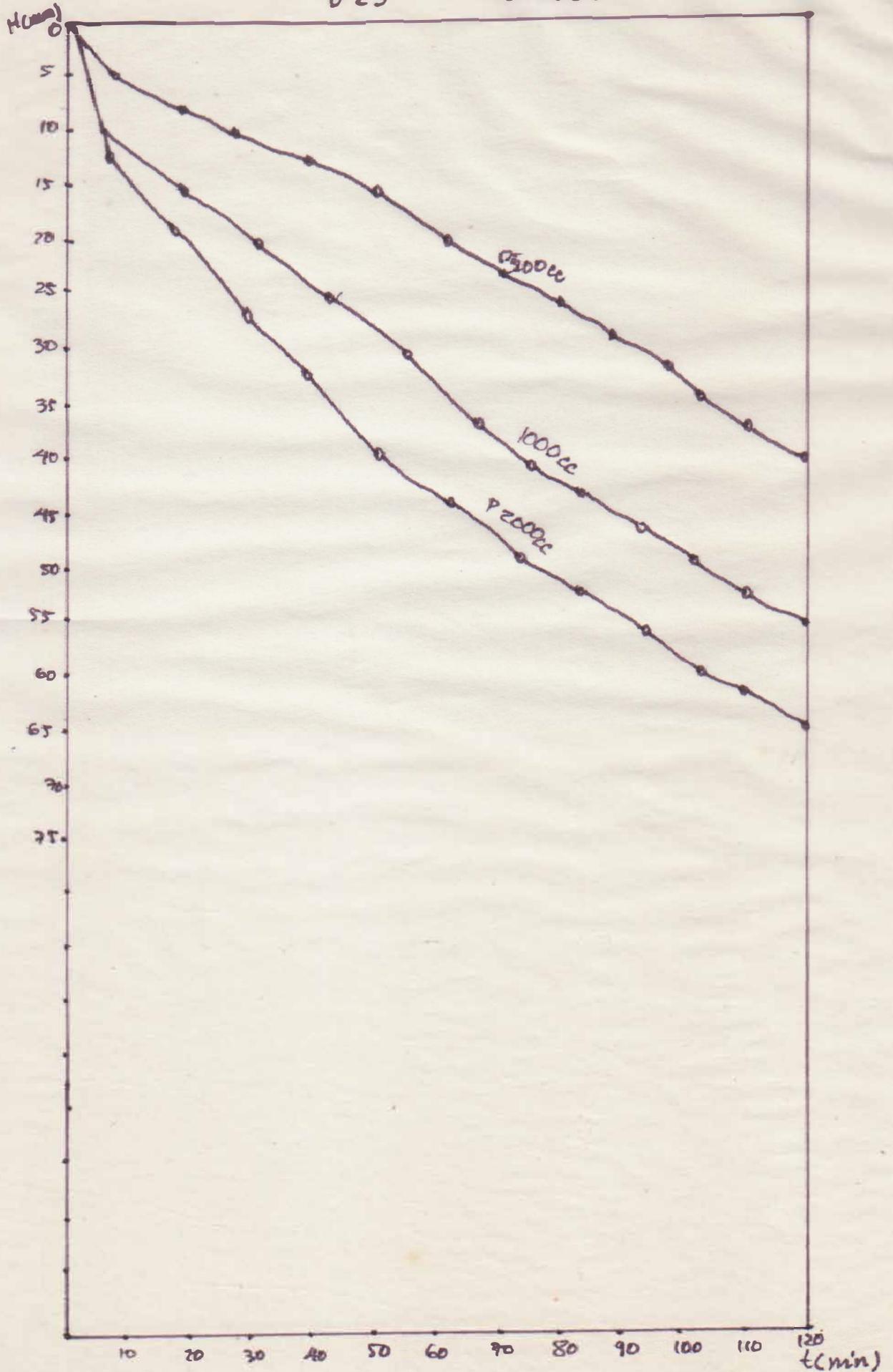
D 23-43 C D					
contenido de elementos en %					
Clases	NI	CO	CU	ZN	Mn
- 0.071 +0.045	1.38	0.12	0.02	0.21	0.78
-0.045 +●	1.32	0.092	0.02	0.18	0.62

GRAFICOS DE H VS T

9 No 7

D 23

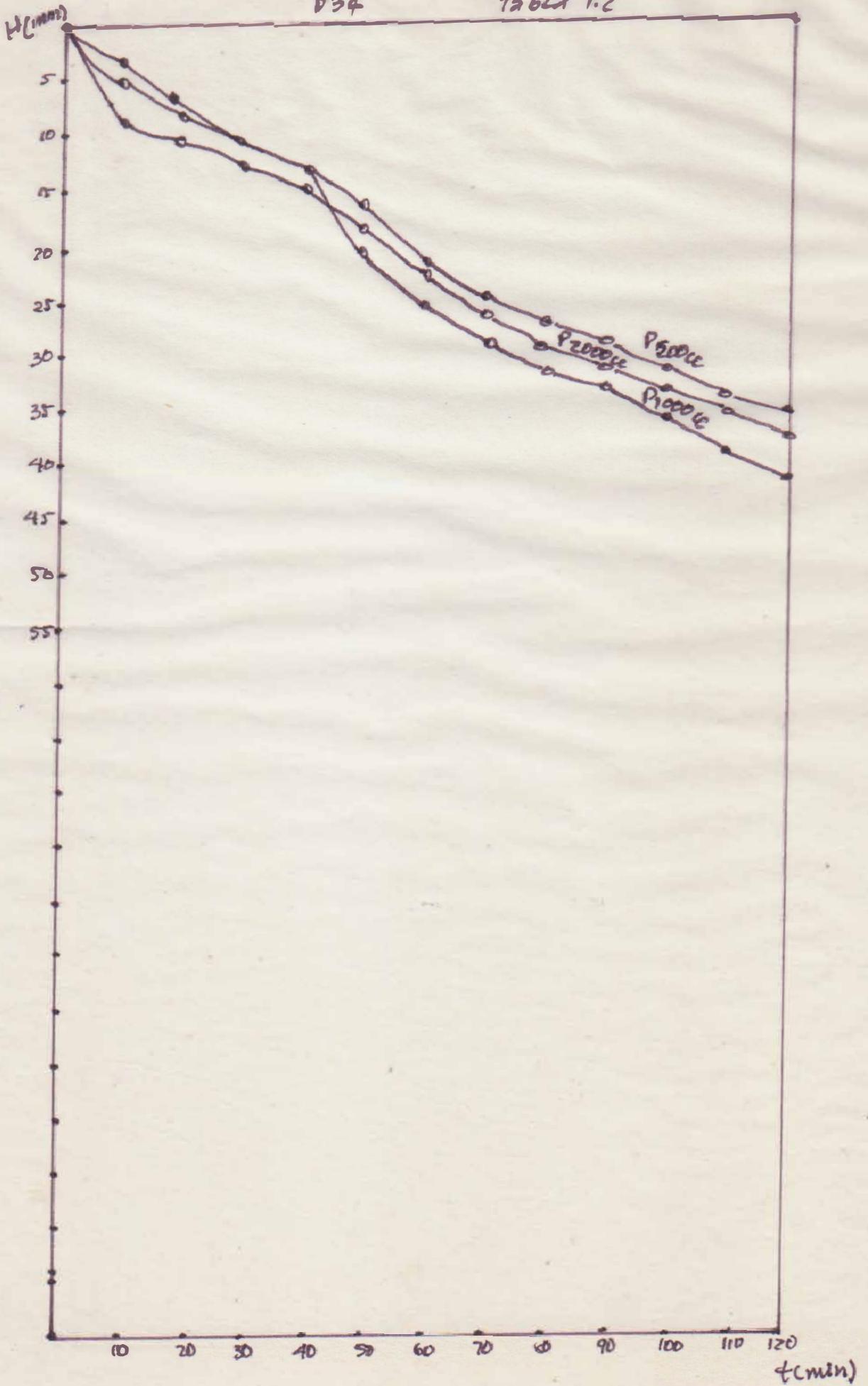
Table 1-1



g_r = 2

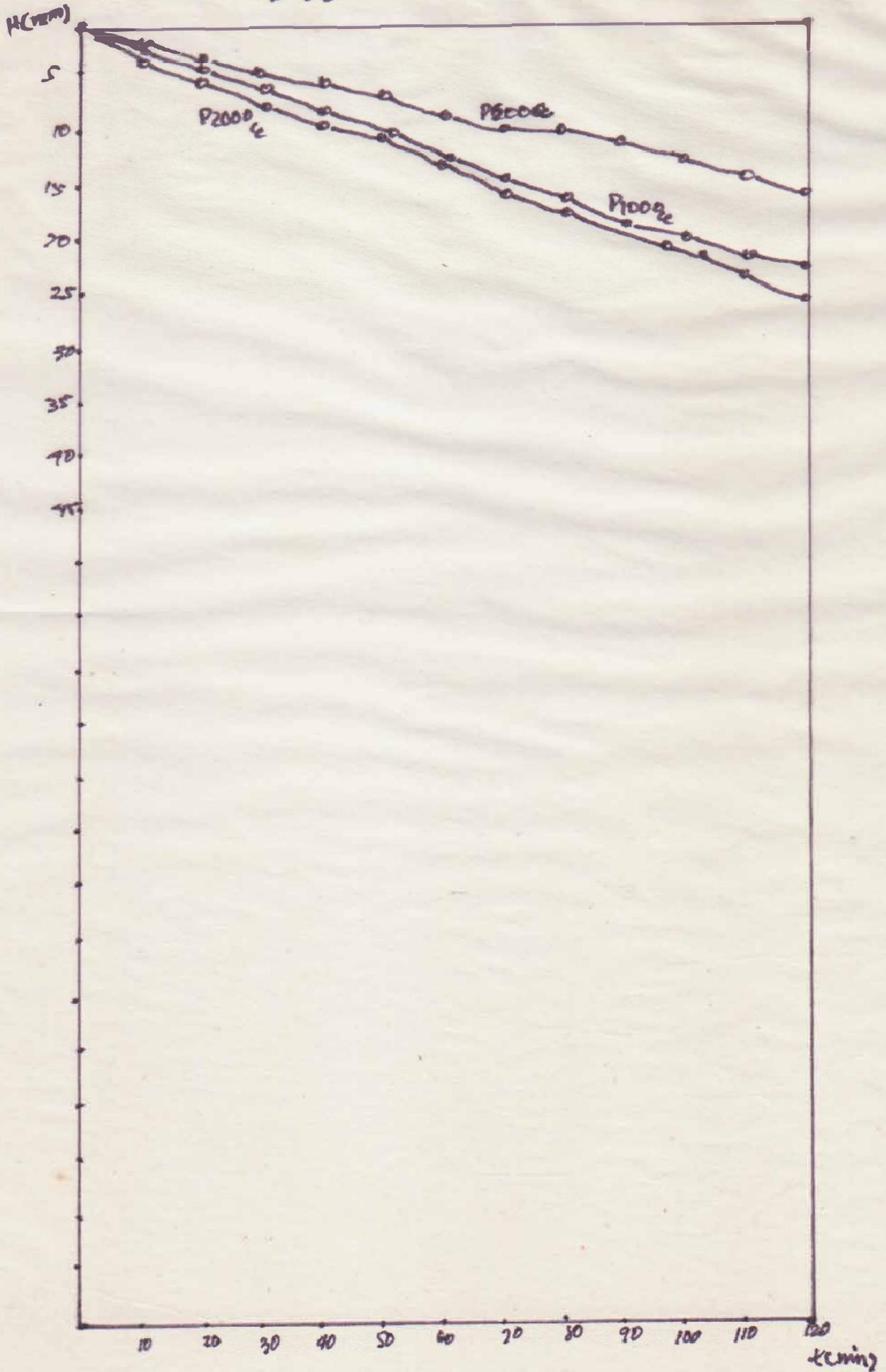
D34

Tabla 1.2



9 n° 3

D 38 tabla 1.3



9 N^o 4

D43 TABLA 1-4

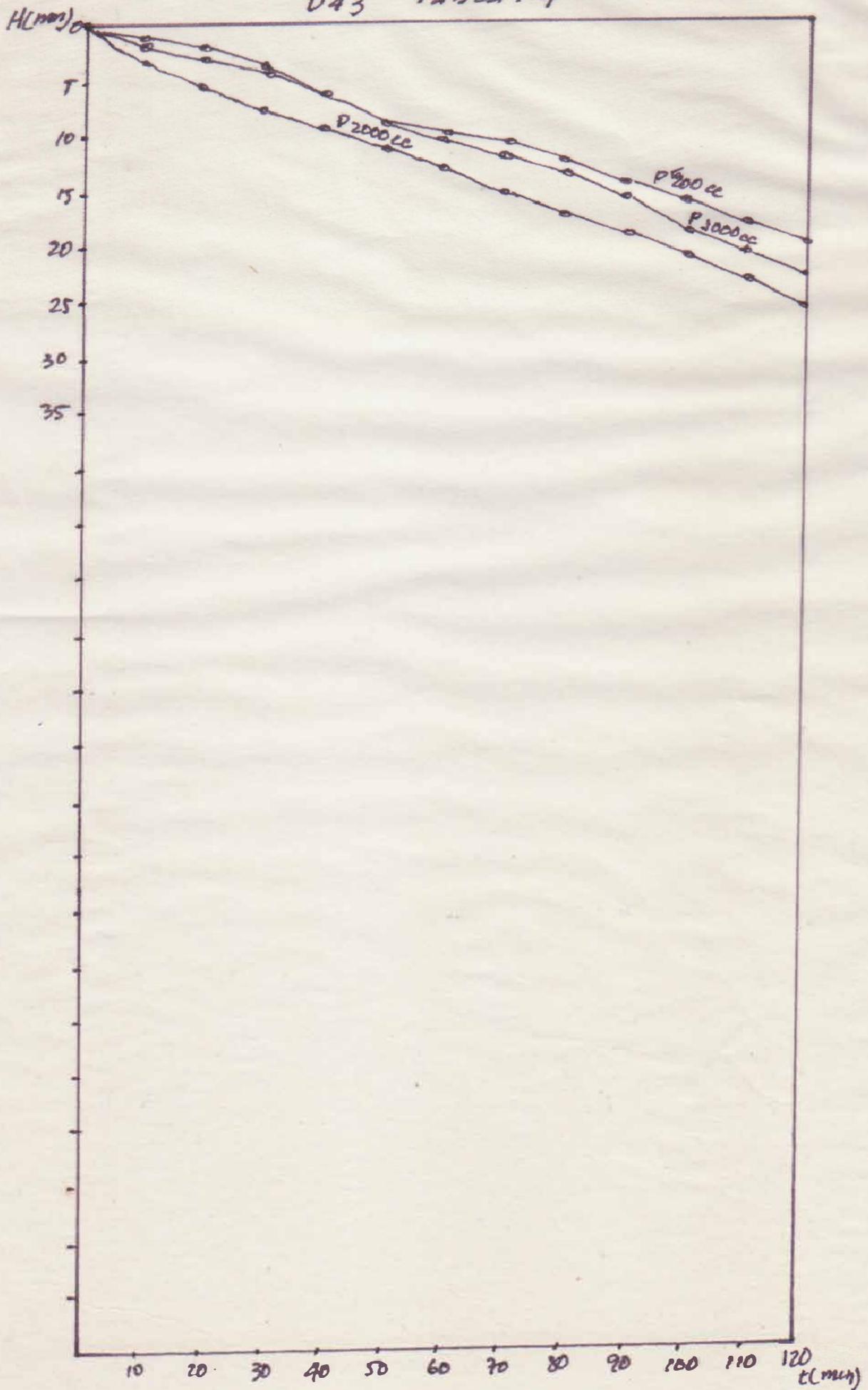
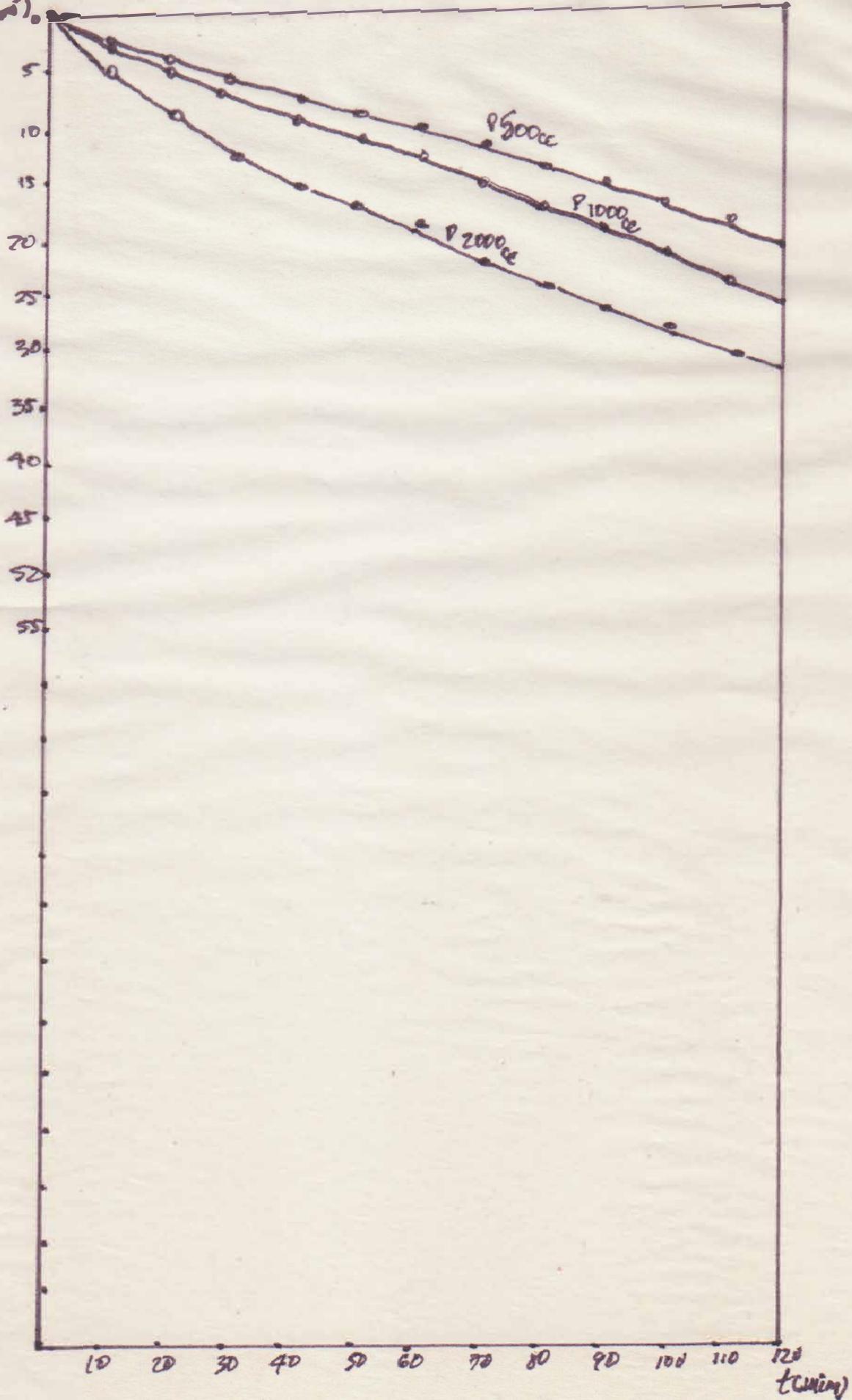


Table 1.16

g n°5
H(mm)

0.23-34-38 CD 50% 40% 70%



tablica 1-20
D 23-34-38-43 - CI

9.12.6

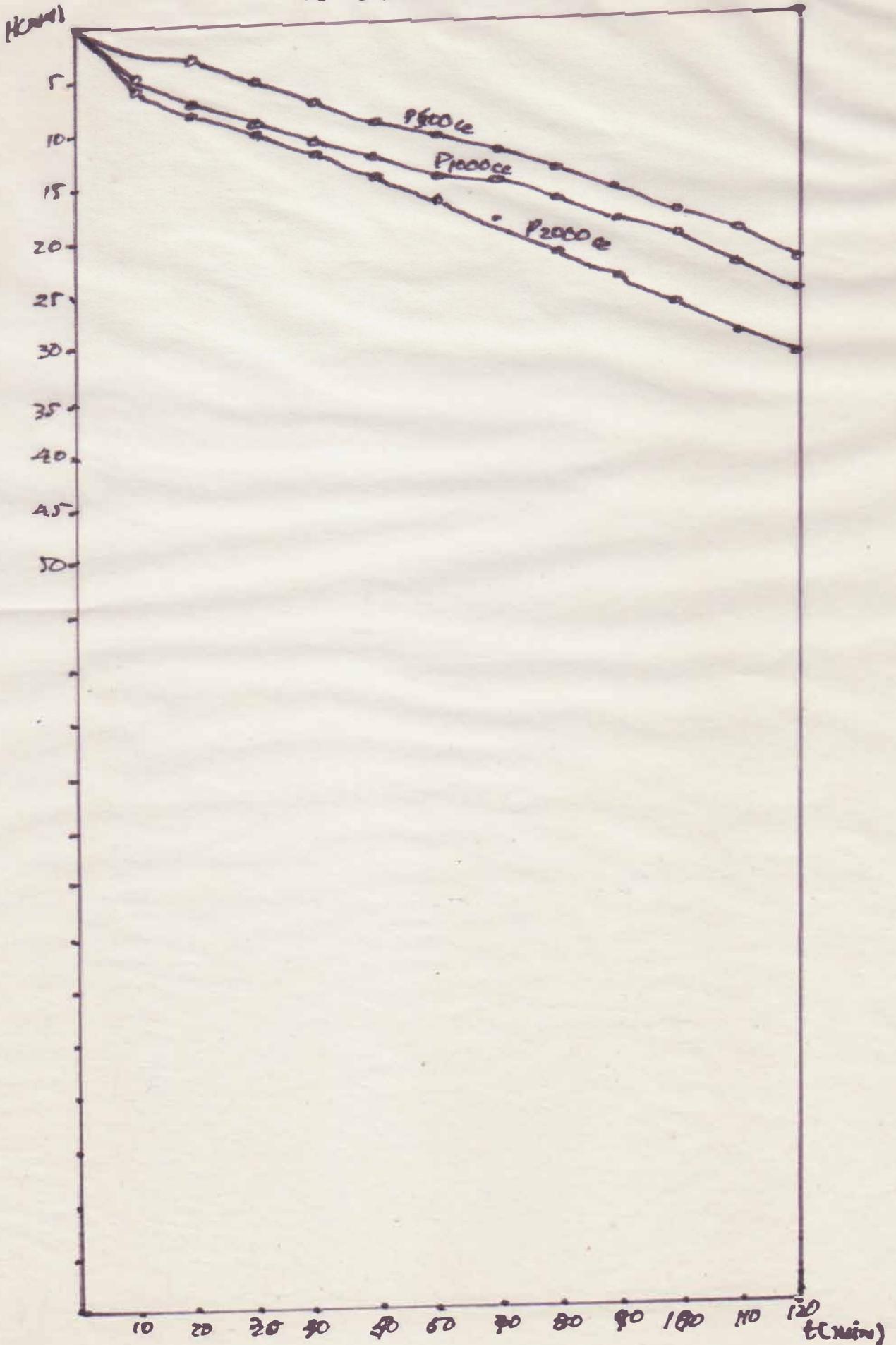


tabla 1.21

9127

D 23-34-38-43 CD 40% 30% 20% 10%

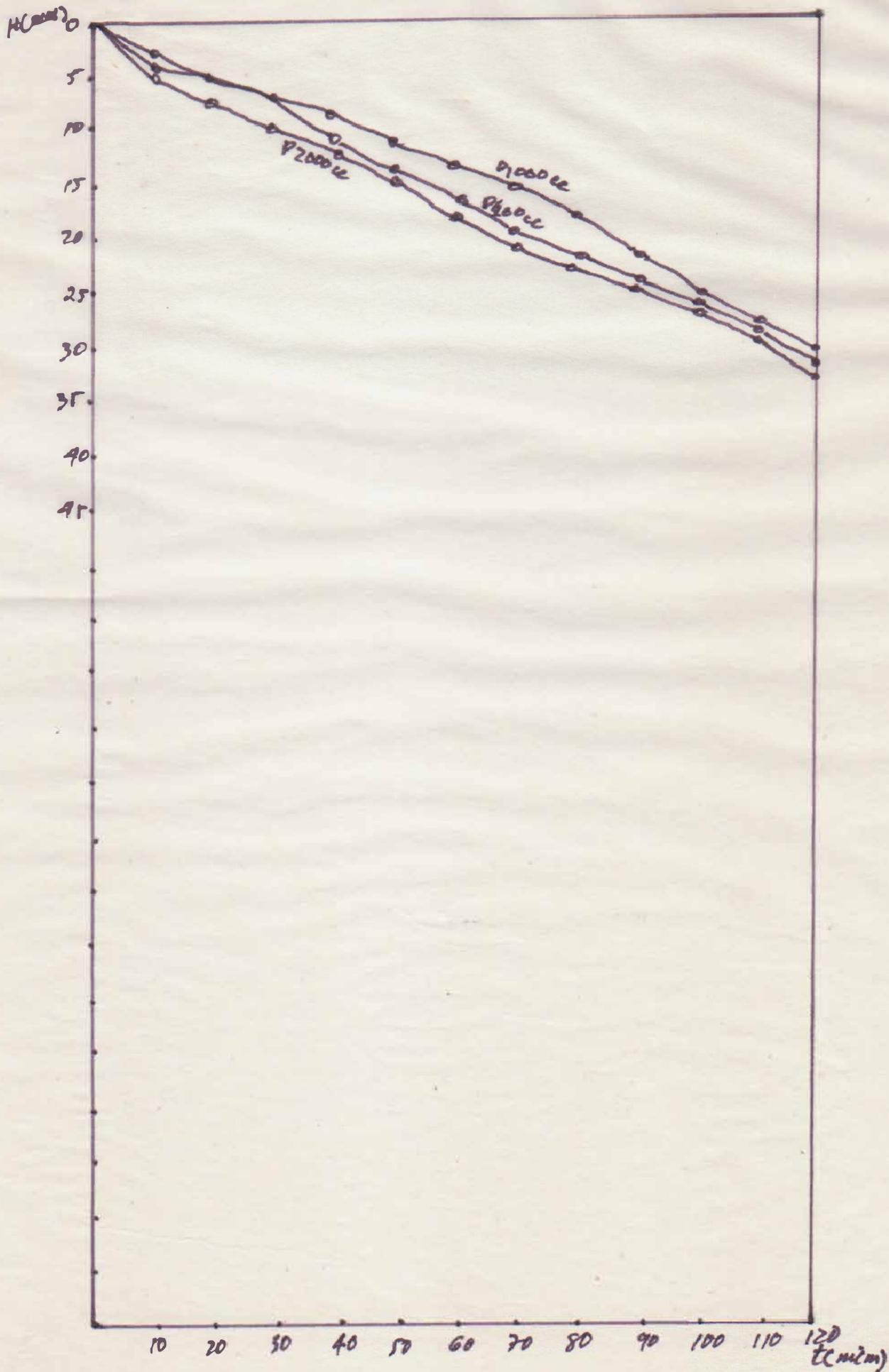
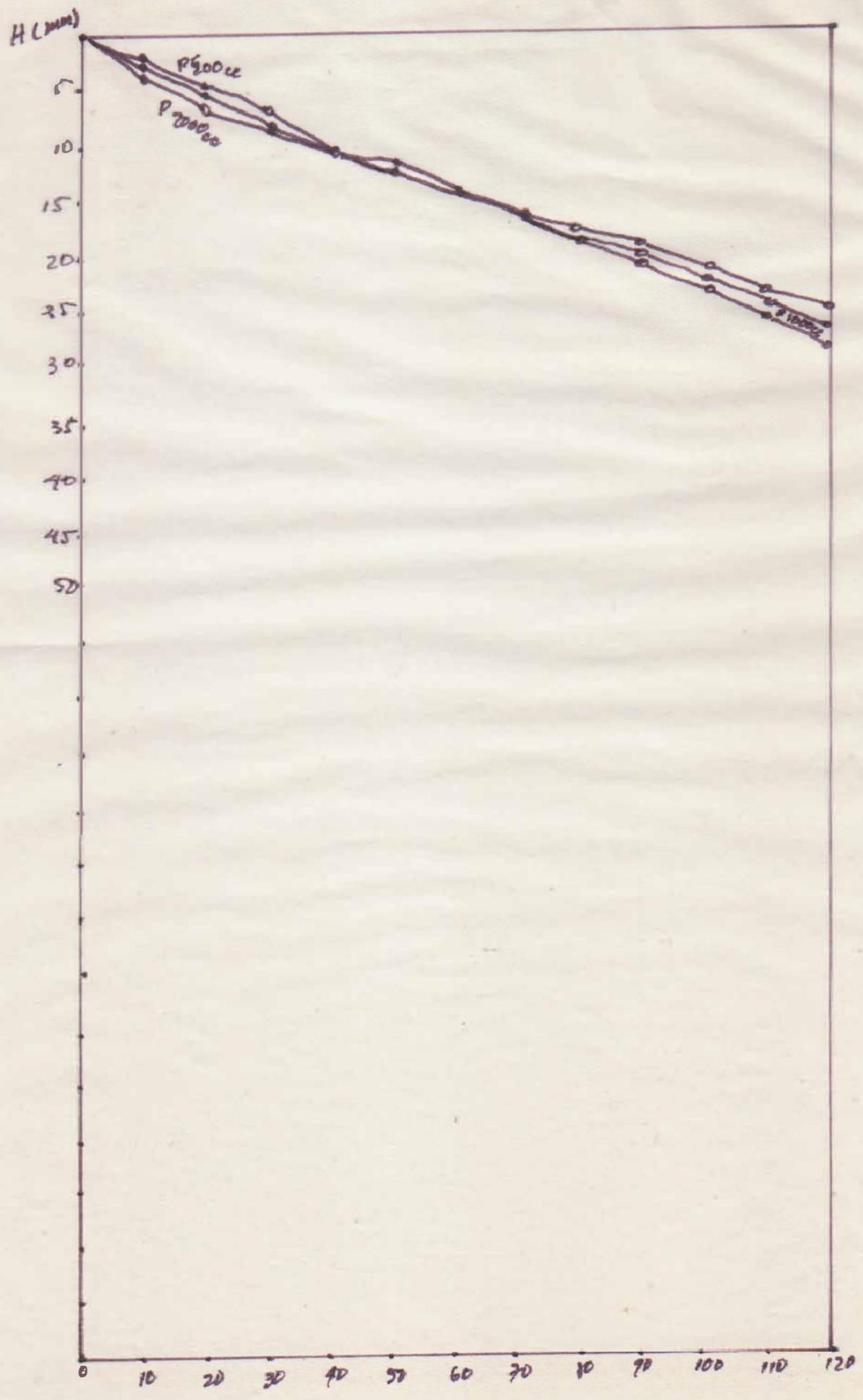


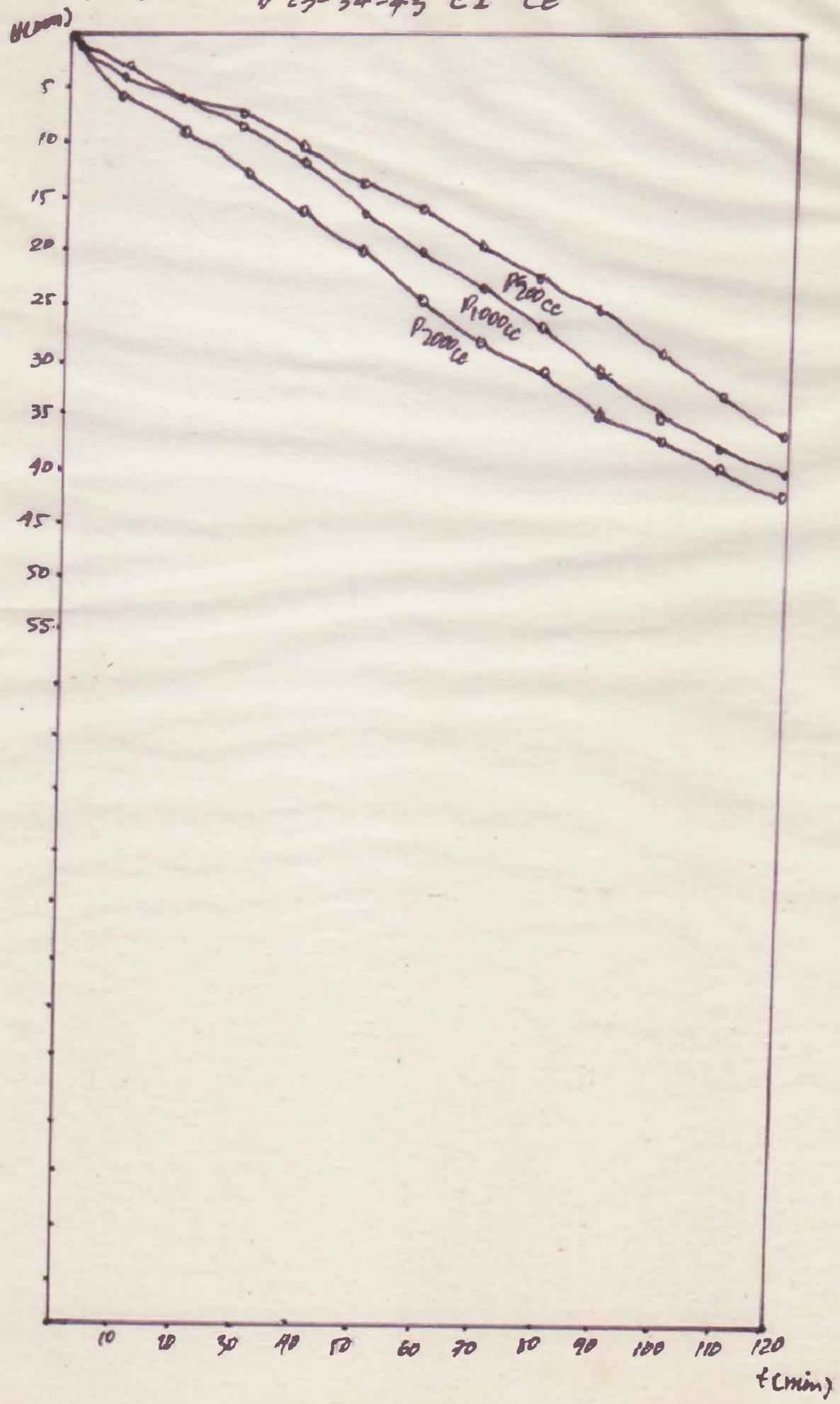
tabla 1.15
D 23-34-43 CI

9N=B



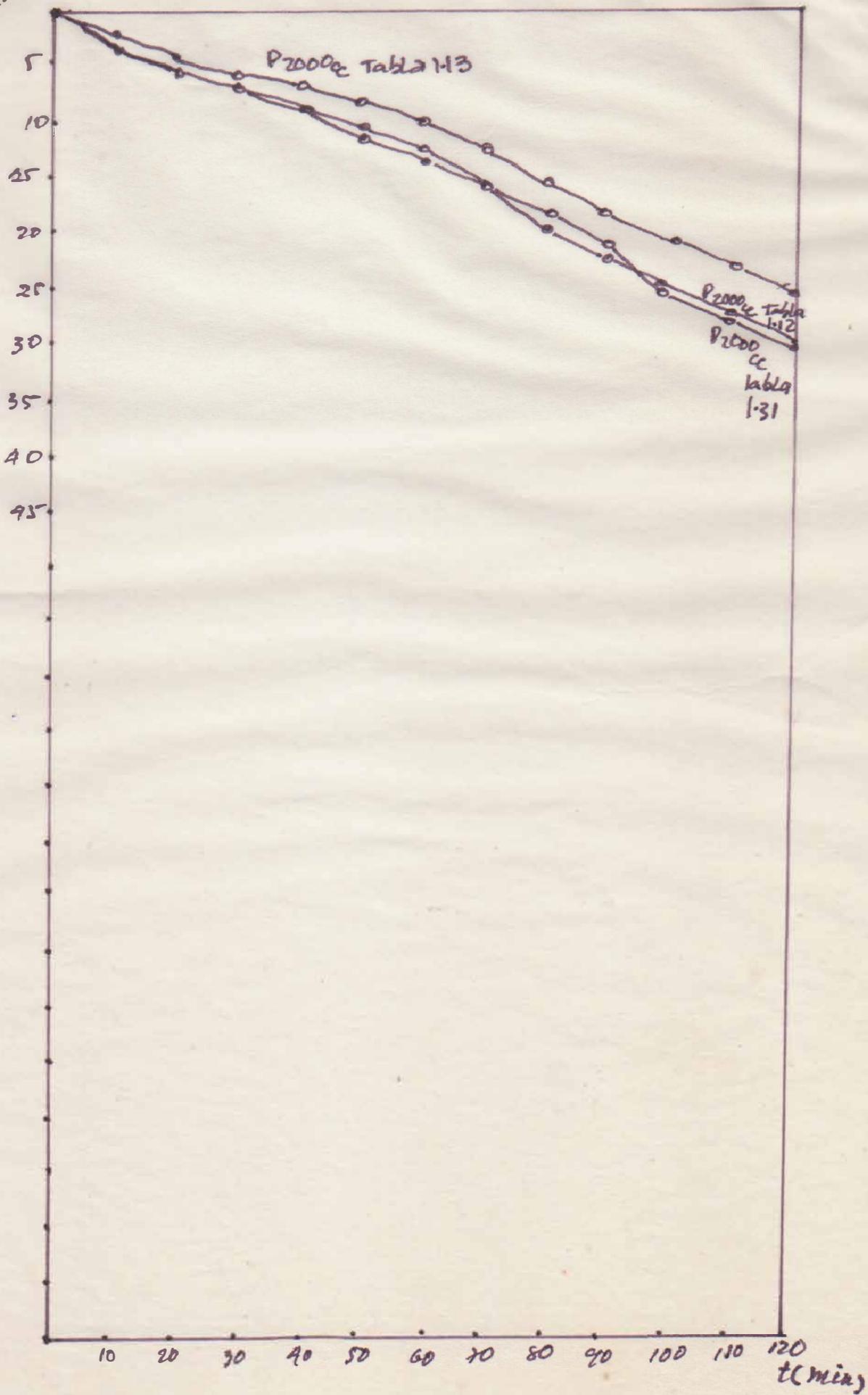
980-9

Tabla 1-26
D 23-34-43 CI CE



H(mm) 9 N° 10

CI CD CD
TABLAS: 1-13 1-31 1-12
CE
FRENTE: D 34 3D-43



MODELO OPERATORIO

