

IV CONGRESO PERUANO DE GEOLOGIA

ARCILLAS EXPANSIVAS EN EL PROYECTO CHIRA-PIURA

POR :

Alberto Martínez Vargas *

Guillermo Pérez Verdstequi **



* Profesor Principal de Geología Aplicada, Geotecnia y Yacimientos de Minerales no Metálicos. Programa Académico U.N.I. - Perú.

** Profesor de Hidrología. Programa Académico de Geografía Física U.N.M.S.M. - Perú.
Jefe de la División de Geodinámica del INGEOMIN.

C O N T E N I D O

Pags. N°

SUMARIO	1
INTRODUCCION	2
ASPECTO GEOLOGICO	3
Cretáceo Superior	6
Terciario Inferior	3
- Parte Inferior	3
- Parte Media	3
- Parte Superior	3
- Génesis	4
Terciario Superior	4
Depósitos Cuaternarios	4
Volcánico Pelados	4
Aspecto Estructural	5
ASPECTOS GEOTECNICOS	6
CONCLUSIONES	9

oooooooooooooooooooooooo

S U M A R I O

Las arcillas expansivas en el Norte del Perú, comienzan a preocupar a los geotécnicos por los primeros efectos y daños en los canales de derivación, diseñados para conducir un caudal de $70 \text{ m}^3/\text{seg.}$ en una longitud de 54 Kms. En este canal se detectaron 6,500 mts. de daños provocados por la acción de las arcillas "bentoníticas".

Por la importancia de la presa de Poechos, al ser la más grande del Perú, con una capacidad de mil millones de m^3 y cubrir con un espejo de agua de 7,000 Has., se estima que la distribución, como frecuencia de estos sedimentos, suelos y rocas en las formaciones geológicas puede constituir su análisis un diagnóstico de las posibilidades y medidas que controlen y corrijan en el futuro los diferentes daños y efectos en las obras.

Se analizan y representan algunas condiciones y propiedades de interés de los minerales de Montmorillonita de las arcillas denominadas bentoníticas, donde su estructura atómica refleja su comportamiento. Igualmente, se analizan medios de encontrar soluciones para su correcto tratamiento y control.

Se presentan los tipos y perfiles de suelos problemas y los diseños adoptados dentro de las alternativas para evitar su futura expansión y efectos en los canales existentes.

Finalmente se advierte y plantea que este caso es una de las formas de actuar de las arcillas expansivas y aun queda por estudiar otras infraestructuras que esté comprometida su estabilidad, como tomar las medidas y precauciones que eviten mayores problemas en el futuro.

Los autores son conscientes que geotécnicamente poco se ha avanzado en el conocimiento de las arcillas expansivas en nuestro medio, por lo que es necesario mayor estudio e investigación tanto en la determinación del tipo de mineral arcilloso como de sus propiedades de mecánica de suelos que conduzca a una correcta interpretación.

INTRODUCCION .-

En el mes de Julio de 1972, el Gobierno Peruano por intermedio de la empresa yugoeslava "ENERGOPROYECT" inició la construcción de la represa de tierra más grande del País el proyecto Chira-Piura (fig. 1), que almacena las aguas sobrantes del río Chira después de cubrir las necesidades del valle.

De este gigantesco reservorio, con capacidad de mil millones de metros cúbicos, forma un espejo de agua de 7,000 Has. de superficie, deriva un canal de 54 Kms. de longitud, diseñado para conducir un caudal de $70 \text{ m}^3/\text{seg.}$, por cuya vía el río Chira descarga parcialmente su caudal al río Piura.

El reservorio y el canal de derivación se encuentran emplazados geológicamente en terrenos del Cretáceo y del Triásico, cuyos complejos depósitos sedimentarios se caracterizan por la presencia de horizontes de arcillas expansivas. Justamente, la actividad de estos materiales (bentonitas) originaron problemas en el canal de derivación, al haberse desarrollado los trabajos en terrenos bentoníticos.

En el presente informe, los autores describen los problemas técnicos derivados de la acción de estas arcillas bentoníticas, los ensayos realizados con el fin de corregir y controlar sus efectos, igualmente se advierte que este tipo de arcillas constituye un peligro potencial para toda obra de ingeniería, siendo este peligro mayor en la zona Norte del Perú por sus frecuentes afloramientos.

ASPECTO GEOLOGICO

Geológicamente en el área de Poechos y sus proximidades ocurren afloramientos de rocas (fig. 2), cuyas edades se encuentran comprendidas entre el Cretáceo Superior (Formación Lancones) y el Triásico Superior (Formación Montera). La represa y el canal de derivación se ubican mayormente en terrenos del Triásico Inferior, que pertenece a la Formación Chira.

La característica principal de estos depósitos es la presencia de arcillas expansivas en sus estratos.

Cretáceo Superior .-

Los terrenos del Cretáceo Superior se encuentran representados por la Formación Lancones (Cenomaniano), que consisten de una secuencia volcánica de ambiente marino, interestratificado con lutitas negras quebradizas, horizontes calcáreos y areniscas, que afloran al Norte del pueblo de Lancones.

Los derrames son de naturaleza andesítica. Parte del reservorio se asienta en estos terrenos.

Terciario Inferior .-

El dique derecho e izquierdo así como la presa del reservorio de Poechos se encuentran asentados en los sedimentos de la Formación Chira, de edad Terciario Inferior.

La columna estratigráfica media de esta Formación presenta tres horizontes, cuya descripción es la siguiente :

Parte Inferior .-

Se compone de areniscas en capas delgadas de color beige, moderadamente coherentes, sumamente fosilíferas, interpuestas por areniscas limonitizadas, continúa hacia arriba areniscas tobáceas con gran contenido de foraminíferos.

Parte Media .-

Consiste de una secuencia de lutitas bentoníticas de color gris-beige, sumamente frágiles y livianas, finamente laminadas. Ocurren algunas intercalaciones de areniscas de color gris-plomizas, amarillentas. En la parte intermedia se presenta un paquete de un metro de potencia de areniscas gris marrón, muy duras, con estructura nodular y disyunción esferoidal rellenas con geodas y drusas de calcita.

Parte Superior .-

Se componen de lutitas diatomáceas, gris, marrones, muy plásticas cuando se humedecen, con escasas intercalaciones de capas de areniscas arcósicas que lateralmente pasan a alineaciones de nódulos achatados.

La porción superior está compuesta por lutitas cineríticas, gris marrones, con abundante venillas de yeso, por areniscas tobáceas muy finas, gris blanquecinas y delgadas capas bentoníticas muy plásticas.

Génesis .-

La naturaleza litológica y la abundancia de foraminíferos de la formación, indican acumulaciones en aguas tranquilas y cálidas, algo profundas y oscilantes.

En la figura N° 3 que presenta el perfil de los terrenos del dique derecho de la presa, se puede observar diferentes horizontes de bentonita, muchas de las cuales constituyen horizontes de referencia. Es igualmente remarcable las diferentes zonas de cizallamiento, dentro de bentonita donde forman una secuencia de 74 m. en la columna.

Terciario Superior .-

Los terrenos correspondientes al Terciario Superior se encuentran representados por la Formación Montero, en cuyos materiales tiene su desarrollo parte del canal de derivación.

Caracteriza a la Formación Montero, horizontes de areniscas amarillas, ligeramente inclinadas y falladas, algunas bien estratificadas y otras macizas. Los estratos son más calcáreos en su parte superior, razón por la cual los terrenos donde se emplaza el canal presenta una coloración blanquezca debido a la abundancia del carbonato de calcio.

Depósitos Cuaternarios .-

Los depósitos Cuaternarios se encuentran representados por amplias acumulaciones de materiales fluviales en forma de terrazas, donde tienen su asiento extensas áreas de cultivo. La abundancia y potencia de estos depósitos ha permitido la construcción de la represa de Poechos, mediante la explotación de varias canteras.

Volcánico Pelados .-

Los estratos de la Formación Chira en las proximidades de Poechos, se encuentran afectados por derrames volcánicos andesíticos, de color gris verdoso, muy alterado en superficie. Estas rocas están cruzadas por venas de calcita secundaria, a manera de soldaduras de antiguos agrietamientos.

De este volcánico se extrajo el material necesario para el enrocado del reservorio.

ASPECTOS GEOTECNICOS

En la información y análisis de las condiciones geológicas del área de influencia del Nor-Este peruano del Proyecto Chira-Piura, es evidente la existencia de minerales de arcillas del tipo montmorillonita *ácida*, en suelos, sedimentos y rocas sedimentarias que en el futuro deberá estudiarse con mayor detalle en su distribución y potencial de riesgo por sus efectos de expandirse en contacto con el agua.

Se advierte que el problema no fue detectado por estudios anteriores de geología y mecánica de suelos; pues fue necesario la presencia de daños en los canales, cuando estos fueron sometidos a prueba, de allí que esta experiencia pueda ser de utilidad en el futuro. Asimismo se tiene referencias de efectos en obras de viviendas con cimentaciones superficiales, como San Lorenzo, el grupo vecinal de pescadores en Paíta etc., ello confirma que los estudios sobre arcillas expansivas no fueron suficientes, o escaso de información relevante que signifique una contribución básica que pudiera emplearse.

La opinión del Dr. D. Nikodij de Yugoslavia sobre sus resultados de investigación (1) en dos muestras del canal afectado, debe de considerarse con precauciones por las conclusiones que puedan originar en la decisión a tomarse con otras obras en zonas de arcillas expansivas. El mencionado investigador dice "... La montmorillonita de los suelos analizados no tiene propiedades que podrían causar rotura del revestimiento de concreto en los canales "por lo que deja abierta la posibilidad de otras causas que no las menciona, como factores desconocidos frente a evidencia de daños existentes, es más, se insinúa una excesiva confianza sobre la suficiencia de estos suelos en su acción expansiva, cuyos efectos verdaderos apenas se han presentado en obras superficiales y en corto tiempo dentro de la vida útil del proyecto.

Un análisis de los resultados de investigación, como son: algunas propiedades indicadas en la fig. 6, granulometría en la fig. 8, difracción radiométrica en la Fig. 9, termo diferencial y termo gravimétrica en las figuras 10 y 11, solo confirman la presencia de suelos expansivos con características heterogéneas y desiguales, tanto en granulometría como en mineralogía, que indican suelos expansivos con hinchamiento a un ritmo lento.

Los autores, a la luz de los conocimientos actuales, son conscientes en manifestar que queda mucho por estudiar en el campo de las arcillas expansivas, y manifiestan que estas investigaciones deben de ser profundizadas con estudios de rayos X así como de micros-

copio electrónico de los minerales arcillosos, labor que se efectuará después de un muestreo y análisis de especímenes representativos de los diferentes suelos y rocas con contenido de arcillas expansivas, como consecuencia de detenidos estudios geológicos y de suelos con enfoque físico-químico en el conocimiento de su resistencia al esfuerzo cortante (2).

Para fines de ingeniería práctica no basta saber que existe o no arcillas expansivas sino se encuentra alternativas a las soluciones por tomarse, es así como CORBIN, (3), consulta al Dr. Holtz de E.E.U.U. y después de analizar algunas de las propiedades determinadas, y en base a su experiencia de casos similares en problemas de Mecánica de suelos, considera que lo más apropiado en el presente caso era nuevos diseños como se muestra en las figuras 4 y 5, que permitieran reducir la acción de expansión y otras propiedades de los suelos existentes, siendo su recomendación la eliminación parcial del suelo contaminado en los tramos donde existían mayores efectos y drenaje adecuado, solución parcial por no conocerse la situación de los tramos cubiertos por los canales, donde a pesar de no presentar daños pudiera contener arcillas expansivas que posteriormente actuarían. De ser así, la solución no sólo es parcial sino antieconómica, y su mantenimiento como reparación sumamente delicada; de otro lado no se puede olvidar que el problema no está resuelto para otras obras de mayor importancia y cuya sobrecarga si bien juega un papel importante para evitar la expansión libre, no es suficiente en el caso específico de la Presa de Poechos, en su margen derecha, donde existen potentes horizontes de arcillas expansivas (Fig. 3), que no escaparán a la contaminación del agua; la presencia de activación de cizallamiento antiguo constituye un riesgo en la estabilidad de la obra de volver activarse estas arcillas, por lo que debe determinarse y controlarse oportunamente sin esperar manifestaciones de daños, pues serían irreparables en el futuro.

Si consideramos que la propiedad más significativa en los suelos expansivos está vinculada como el contenido del mineral de Montmorillonita, sujeto a cambios volumétricos por contracción y/o humedecimiento, es claro que las condiciones de temperatura de la zona como el tipo de obra siempre serán favorables para este efecto, por lo que fenómenos de expansión y tixotropía debe de ser considerados en todas sus posibilidades y formas de presentarse.

COLUMNA LITOLOGICA
PRESA DE POECHOS
ESTRIBO PARCIAL DERECHO
 ESCALA 1 : 1000

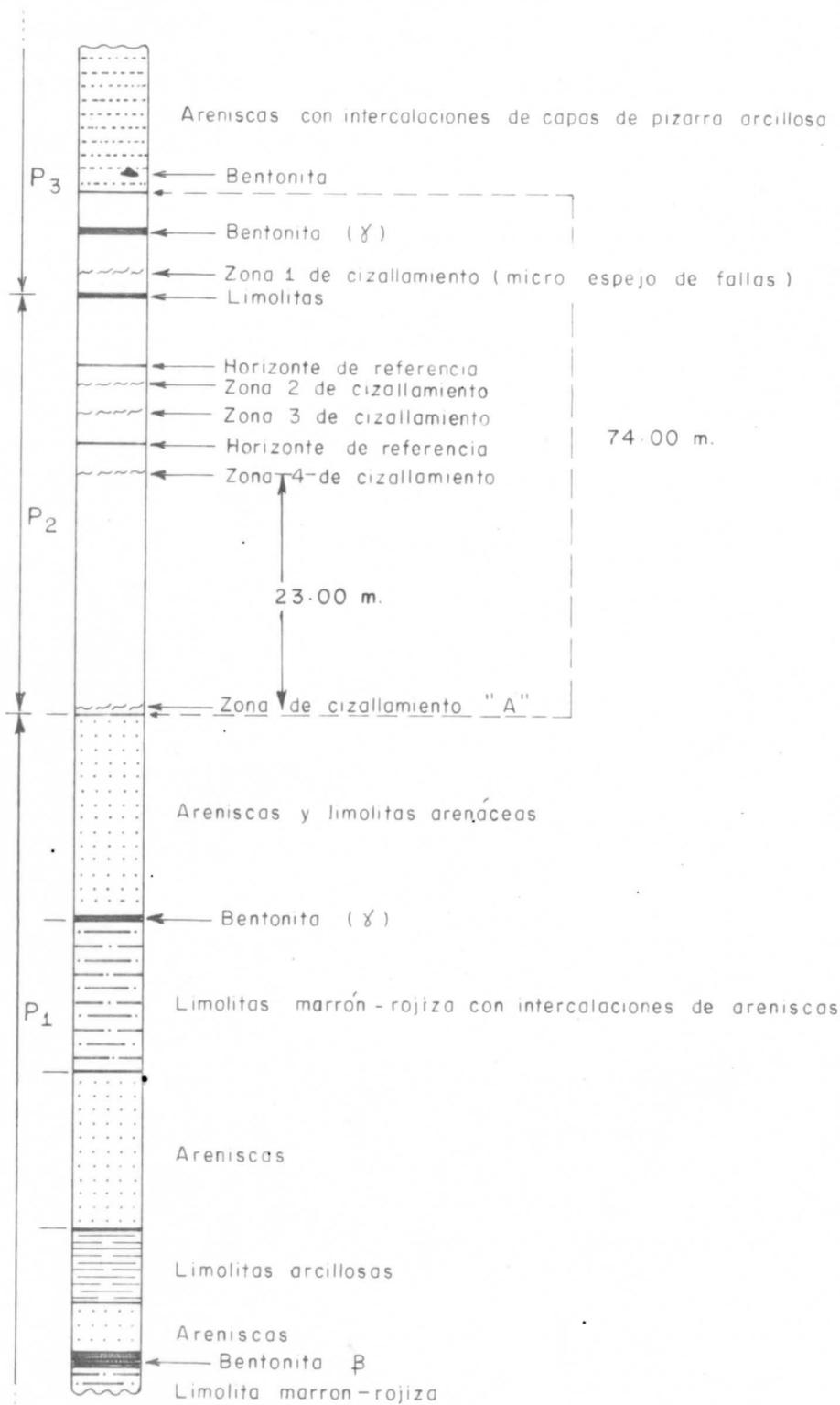


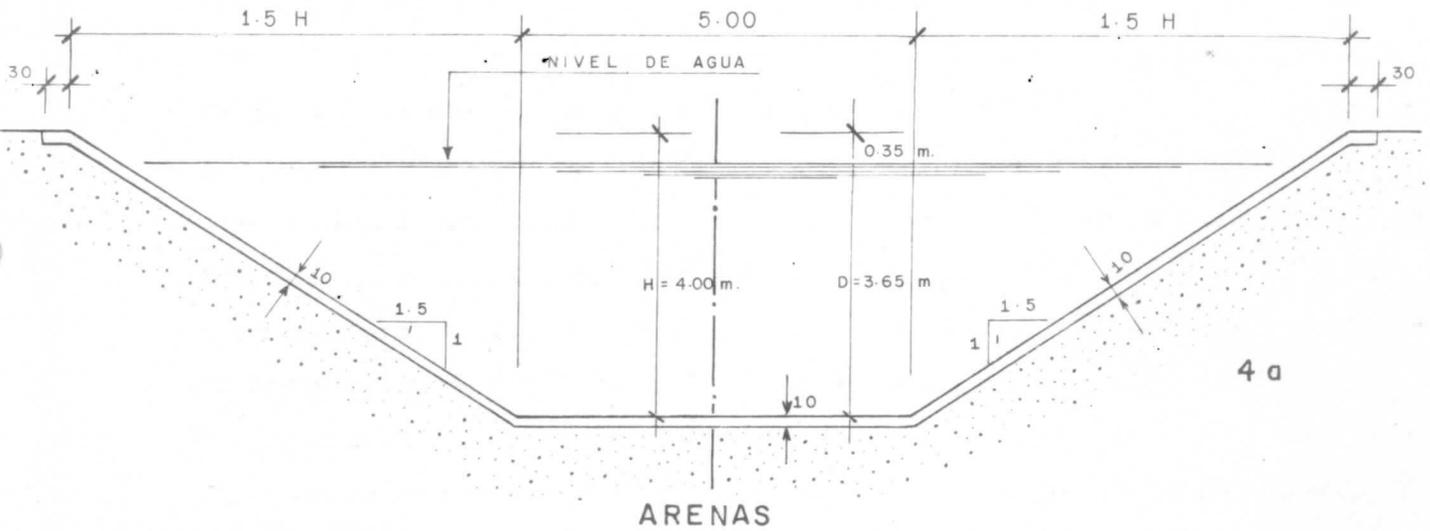
FIG 3

Aspecto Estructural .-

Durante el Terciario ocurrieron varios fallamientos en el Noreste del Perú. Olsson (1922) señala hasta tres clases de fallamientos que afectaron esta región. En el área de Poechos se han detectado muchas fallas en los terrenos de la Formación Chira, de orientación casi siempre Noreste-Suroeste.

DISEÑO 1

SECCION TRANSVERSAL DEL CANAL



DISEÑO II

SECCION TRANSVERSAL DEL CANAL CON DRENAJES EN LOS BORDES LATERALES Y EL FONDO

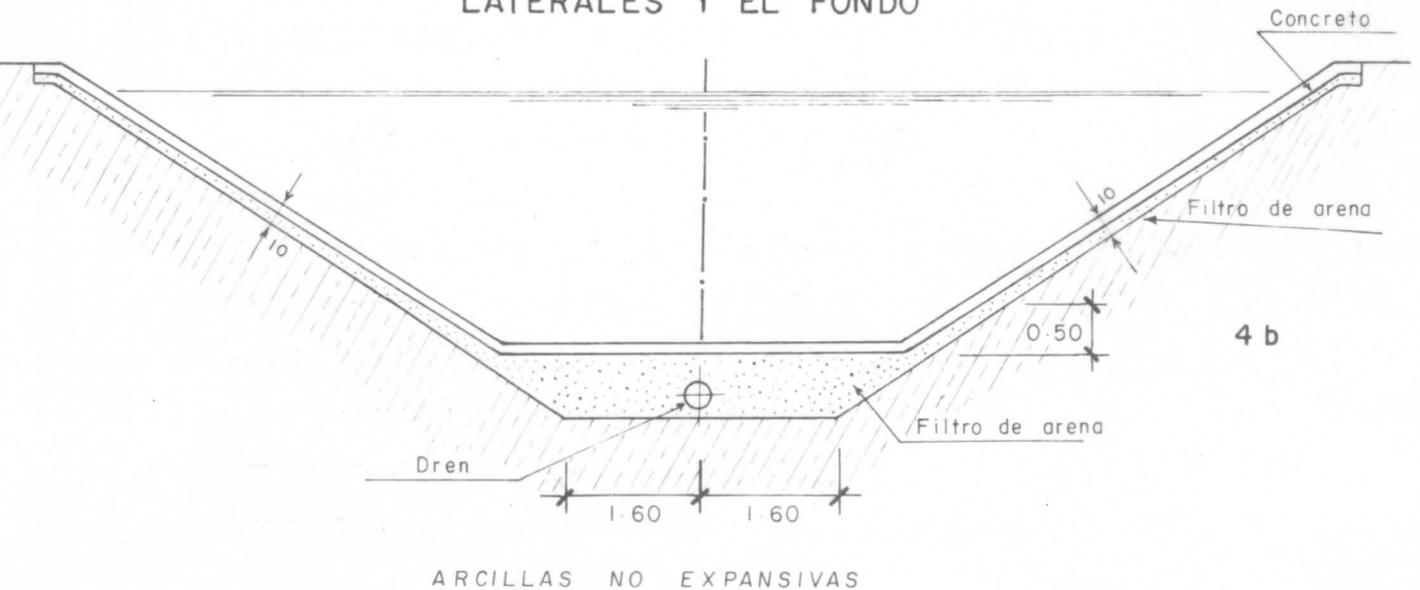
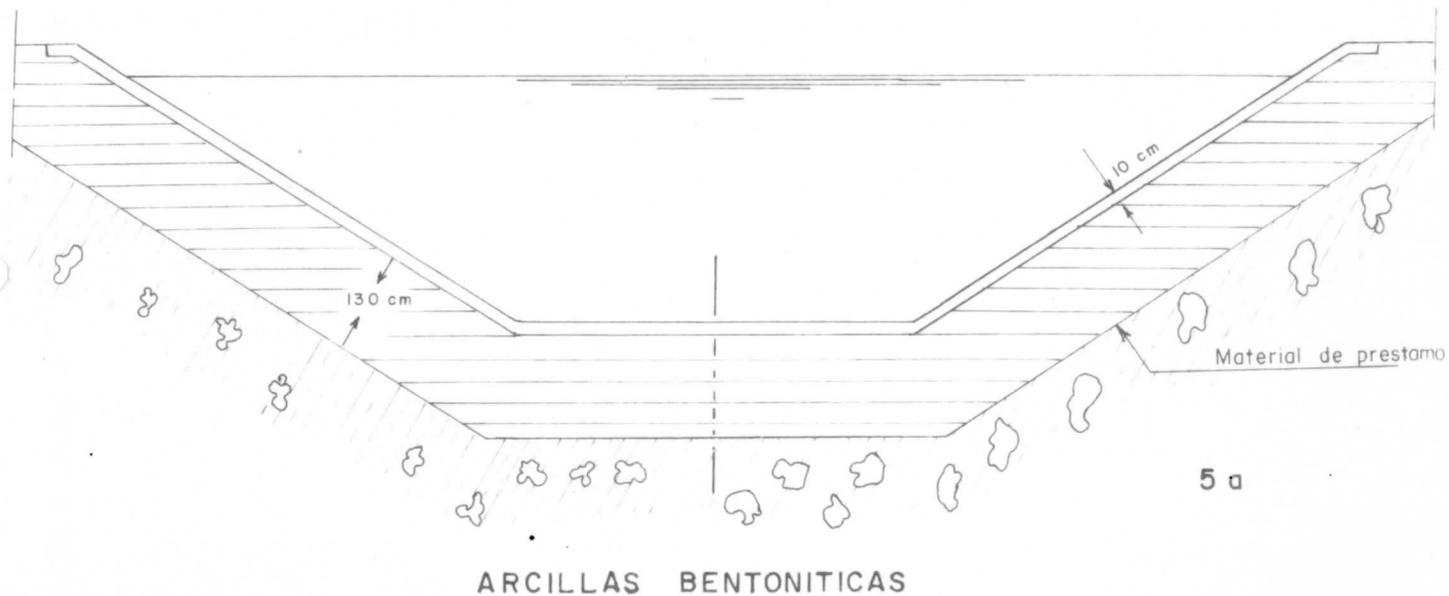


FIG. 4

SECCION TRANSVERSAL DEL CANAL EN TERRENO DE ARCILLAS BENTONITICAS



SECCION TRANSVERSAL DEL CANAL CON DRENAJE EN SU FONDO

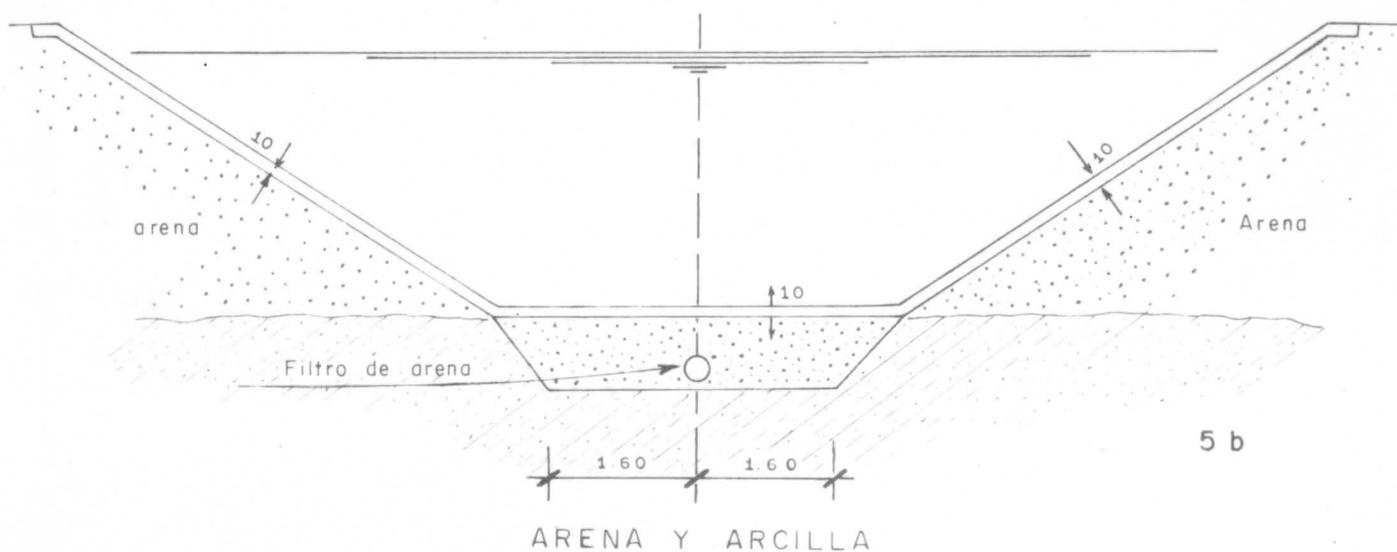


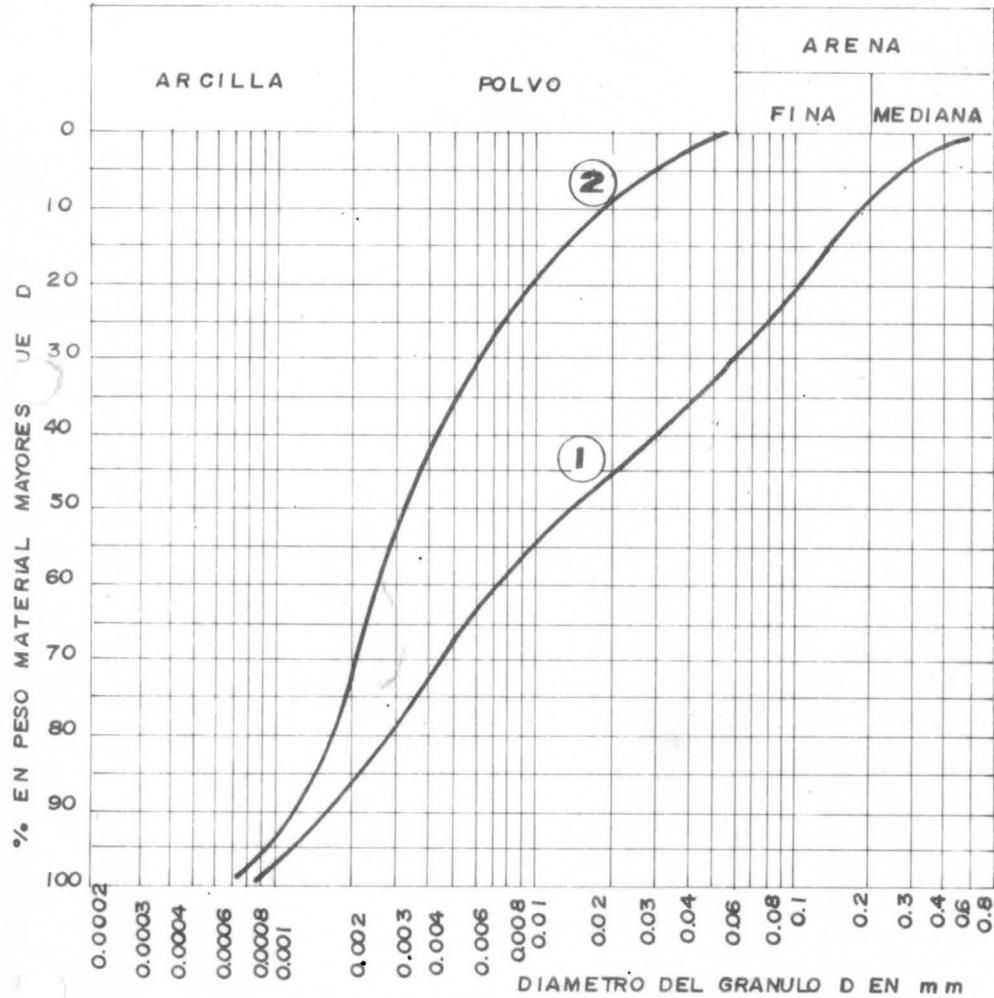
FIG 5

FACTORES EN EL CAMBIO VOLUMETRICO DE LAS ARCILLAS EXPANSIVAS
REFERIDAS AL PROYECTO CHIRA-PIURA

<u>FACTORES</u>	<u>CANAL</u>									
1.- <u>TIPO DE HUMEDAD DE ARCILLA</u> Mot. (Na) $> \frac{1}{2}$ AV (Estruct Atómica y Enlace)	Existe Montmorillonita (Na)									
2.- <u>CONTENIDO DE COLOIDES</u> > actividad del suelo	30 a 90% (coloides) 80 a 100% Montmo. (Na)									
3.- <u>CAMBIO EN EL CONTENIDO DE HUMEDAD</u> $W_f - W_i = \Delta w \%$	<table border="0" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">ω</td> <td style="text-align: center;">Aterado</td> </tr> <tr> <td>Max</td> <td style="text-align: center;">....3.8%</td> <td style="text-align: center;">100</td> </tr> <tr> <td>Min</td> <td style="text-align: center;">....10</td> <td style="text-align: center;">60</td> </tr> </table>		ω	Aterado	Max3.8%	100	Min10	60
	ω	Aterado								
Max3.8%	100								
Min10	60								
4.- <u>DENSIDAD INICIAL</u> Mide la actividad del material empleado por unidad de volúmen.	Max 2.02 gr./cm ³ Min 1.34									
5.- <u>CANTIDAD DE CARGA y/o, s/c</u> <u>CONTRA LA EXPANSION</u> Fuerza int - Fuerza ext. = carga y/o, s/c	Es pequeña 4,5 % carga : 0.007 a 0.021 Kg/cm ² . No es representativa.									
6.- <u>ESTRUCTURA DEL SUELO</u> > consolidación > expansión Las lutitas son las más importantes.	Existe de todo los tipos. N.C, PC., sedimentos sueltos.									
7.- <u>TIEMPO PARA QUE EL CONTENIDO DE HUMEDAD LLEGUE AFECTAR.</u> Depende del tipo de obra y condiciones de trabajo	3 - 10 años.									

FIGURA 7

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
SUELOS DEL CANAL DE DERIVACIÓN
PROYECTO CHIRA-PIURA



LEYENDA

1. N°-1 KM 38+700
2. N°-2 KM 40+820

	N°1		N°2	
ARENA > 60micrones	30.0		0.6	
LIMO. 60a 2 M	55.3		73.7	
ARCILLA < 2 M	14.7		25.7	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA "BENTONITA"				
FRACCIÓN M	N°1		N°2	
	RETENIDO	PASAN	RETENIDO	PASAN
6 00	—	—	—	—
+ 2 00	8.3	8.3	—	—
+ 100	12.1	20.4	—	—
+ 600	9.6	30.0	0.6	0.6
+ 10	24.8	54.8	21.7	22.3
+ 5	12.4	67.2	14.7	37.0
+ 2	18.1	85.3	37.3	74.3
- 2	14.7	100.0	25.7	100.0

FIG. 8

INVESTIGACIÓN DE DIFRACCIÓN RADIOGRÁFICA

SUELOS DEL PROYECTO CHIRA-PIURA

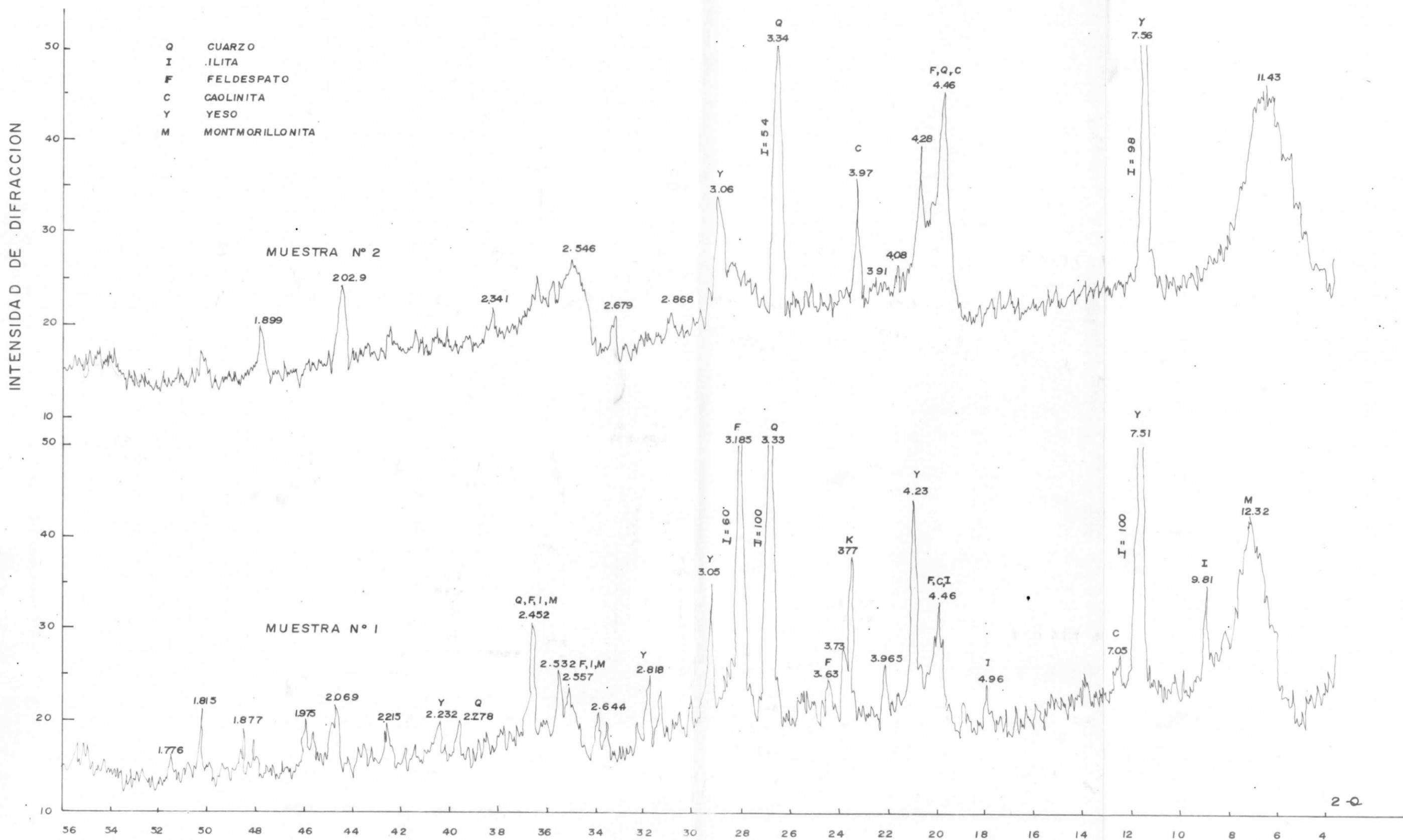


FIG. 9

ANALISIS TERMO DIFERENCIAL Y GRAVIMETRICO (D.T.A. y T.G.A.)
CURVAS PARA LA "BENTONITA"
CANAL DE DERIVACION Km. 40+820

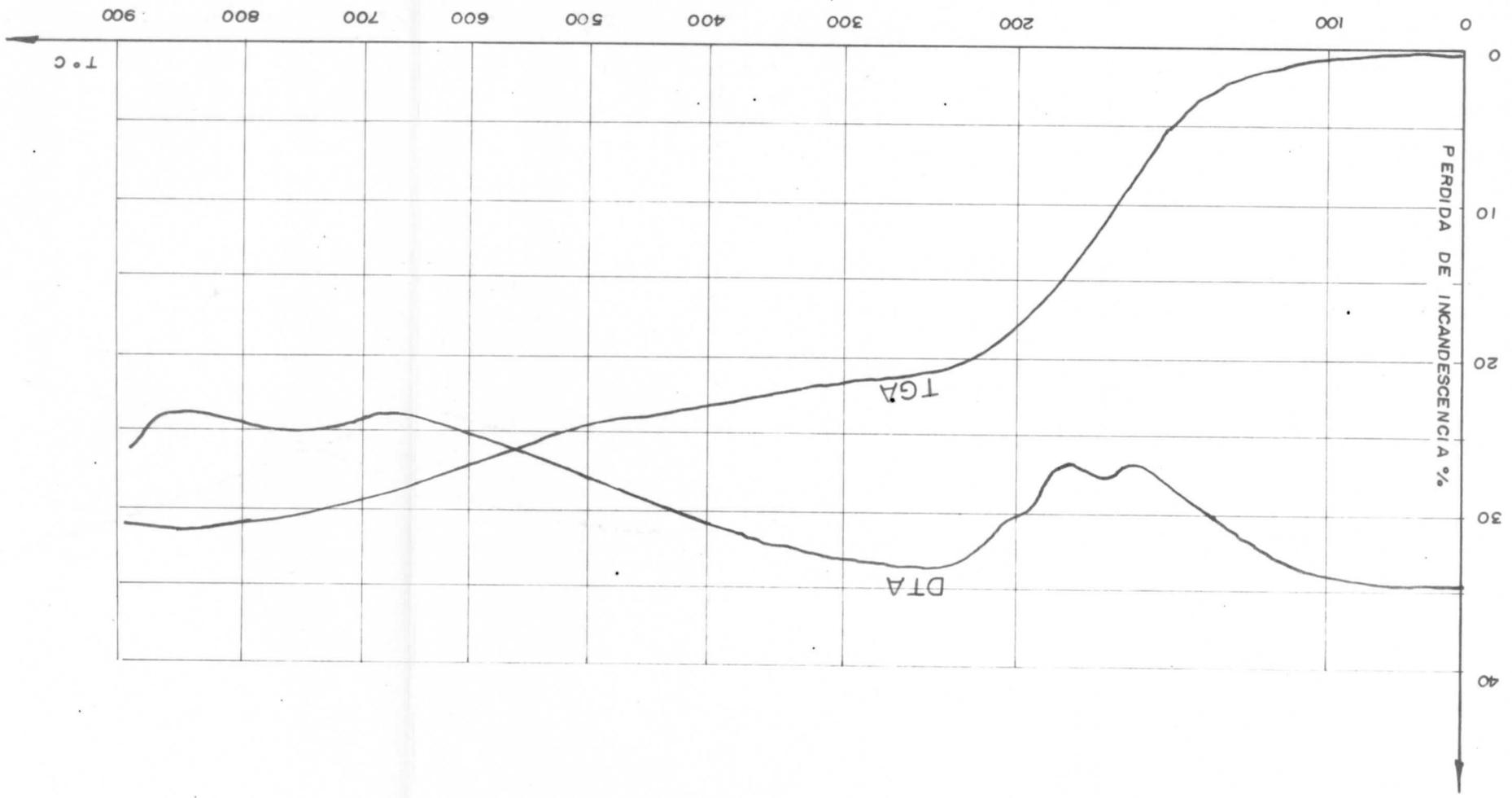


FIG. 11

ANALISIS TERMO DIFERENCIAL (DTA) y GRAVIMETRICO (TGA)
CURVAS PARA LA "BENTONITA" PROY CHIRA-PIURA
CANAL DE DERIVACION KM. 38+700

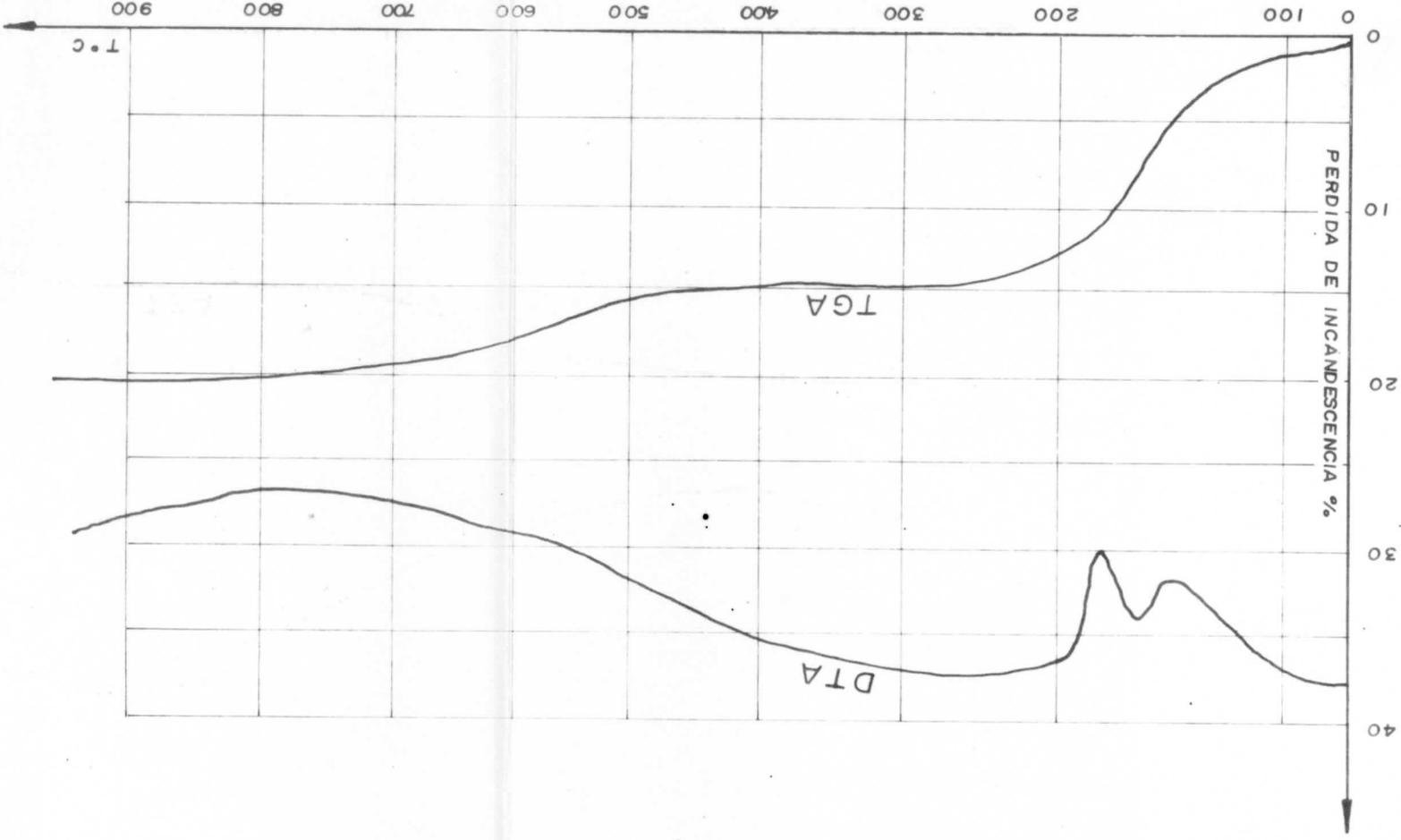


FIG. 10

CONCLUSIONES

- 1.- Las condiciones geológicas generales indican que la Formación Chira, es donde se emplazan la mayor cantidad de arcillas expansivas, siendo las lutitas la referencia más conspicua.
- 2.- Que no es menos importante la frecuencia de arcillas expansivas en sedimentos y suelos, donde falta estudios del Cuaternario que permita un análisis geotécnico sobre el potencial del fenómeno.
- 3.- En el área de influencia del Proyecto Chira-Piura, existen suelos expansivos como sedimentos y rocas con iguales o mayores condiciones de cambio volumétrico.
- 4.- Los efectos y daños en las lozas de los canales han permitido comprender la importancia y significado del mineral de arcilla Montmorillonita sódica, como plantear alguna solución.
- 5.- La posibilidad y el riesgo por el efecto de estos suelos expansivos existen en otras obras de mayor importancia, y es cuestión de tiempo para la expansión, que afortunadamente ha repercutido en obras superficiales en corto tiempo.
- 6.- Siendo la zona sísmica, y aún eliminando la expansión de las arcillas bentoníticas, existen otras propiedades que puede significar mayor riesgo como es la tixotropía de estas arcillas sensitivas que plantea la necesidad de dedicarle mayores estudios.
- 7.- En el Nor-Este Peruano y en las áreas donde existe condiciones y la presencia de arcillas expansivas, en el futuro los estudios de geología y mecánica de suelos deben de ser más concretos y con conceptos reológicos necesarios para determinar las características y comportamiento de estos suelos según su distribución, alcances y limitaciones vinculadas a la seguridad y estabilidad de las obras.

REFERENCIAS

- (1) ENERGOPROJET (1974) Informe sobre la Investigación de la composición mineralógica de la bentonita Proyecto Chira-Piura-Perú. Profesor Dragoslav Nikolic de la Facultad de Minas, Geología y Metalurgia, Belgrado (1973).
- (2) MARTINEZ VARGAS A. (1971) Análisis del esfuerzo cortante, enfoque físico-químico de la resistencia de los suelos. Publicación N° 43 U.N.I.
- (3) WOOD WARD -CLEVEN-CER. (1973) Inspection and Study of Expansive Soil reaches Chira - Piura Diversion Canal "Special Project 1974".
- (4) MARTINEZ VARGAS A. (1971) Geología de las Arcillas - Capítulo del curso de Yacimientos de no Metálicos. Apuntes mimeografiados - Dpto. de Geología U.N.I.
- (5) THERESE CAMEZ (1962) Etudes sur L' evolution des Mineraux argileux dans les sols des regions temperées. Université Strasbourg - S.G.A.L. N° 20. Francia.
- (6) CAILLERE SZ-HENIN.S. (1963) Mineralogie des Argiles. Masson - Paris - Francia.
- (7) MILLOT G. (1964) Geologie des Argiles Alterations Sedimentologie Geochimie. Masson - Paris - Francia.
- (8) SUKLJE L. (1969) Rheological Aspects of Soil Mechanics. Wiley - Interscience New - York.