

Universidad Nacional de Ingeniería
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA CIVIL



**" HUAYCOS Y DESBORDES
DEL RIO RIMAC "**

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

LUIS ALBERTO COTRINA CELIS

LIMA ✱ PERU ✱ 1,982

D E D I C A T O R I A

A LA MEMORIA DE MI HERMANA CARMELA
Y MI PADRE ALEJANDRO

A MI MADRE JULIA Y HERMANOS

IDALIA, SALVADOR, ANIBAL, ARMANDO,

POMPEYO, quienes dieron de sí todo para

lograr la culminación de mi carrera profesional.

RECONOCIMIENTO

Mi GRATITUD al LABORATORIO N° 2
" MECANICA DE SUELOS"
de la UNIVERSIDAD NACIONAL de INGENIERIA, quién
me brindó todas las facilidades del caso.

Mi sincero agradecimiento a mi Profesor y Asesor Ing° Genaro Humala Aybar, quien me orientó y brindó facilidades para conseguir apoyo de las diferentes Instituciones, tanto en la Carretera Central como en la UNI.

Mi agradecimiento profundo a los Ingenieros:

Mercedes Dongo de Mandoza

Carlos Calderón Seguirín

César Atala Abad

quienes colaboraron conmigo sin escatimar esfuerzo alguno.

Igualmente mi reconocimiento al Personal Técnico, Administrativo y de Servicio del Laboratorio de Mecánica de Suelos, por su gran ayuda.

También mi agradecimiento al Bachiller en Geología Sr. Manuel Aliaga, paisano y amigo que colaboró conmigo en el Capítulo IV correspondiente a Geología.

Mi gratitud a las diferentes entidades y amistades, que de una u otra manera me brindaron su apoyo.

INDICE

		<u>Página</u>
CAPITULO I		
Introducción	••••	I - 1
CAPITULO II		
Aspectos Generales	••••	II-1
Rio Rimac - Ubicación	••••	II-3
Cuenca del Rio Rimac	••••	II-4
Cauce del Rio Rimac	••••	II-7
Colmatación del cauce - conservación	••••	II-8
CAPITULO III		
Hidrología	••••	III-1
Precipitaciones	••••	III-3
Régimen de Lluvias	••••	III-6
Aforos	••••	III-10
Máximas Avenidas	••••	III-12
CAPITULO IV		
Geología - Aspectos geológicos de la Roca Madre	••••	IV-1
Meteorización	••••	IV-5
Erosión	••••	IV-7
Naturaleza de la Roca Madre	••••	IV-9
Naturaleza de los Materiales Aluviales	••••	IV-9
Características del Material Deslizado	••••	IV-9
Geomorfología de la Zona	••••	IV-10
Estudio Macroscópico de las Rocas (Muestras)	••••	IV-12

	<u>Página</u>
CAPITULO V	
Propiedades Mecánicas e Hidráulicas de los Materiales.....	V-1
CAPITULO VI	
Ensayos de Laboratorio	VI-1
Granulometría	VI-2
Límite Líquido	VI-5
Límite Plástico - Índice Plástico	VI-7
Peso Específico relativo de Sólidos	VI-7
Ensayo de Abrasión	VI-8
Ensayo C. B. R.	VI-13
CAPITULO VII	
Consecuencia de los Huaycos y Desbordes del Rio Rimac en las Viviendas	VII-1
En la Carretera	VII-2
En Centrales Hidroeléctricas	VII-5
En la Atarjea	VII-5
CAPITULO VIII	
Conclusiones y Recomendaciones	VIII-1
CAPITULO IX	
Anexos :	
•Fotos, Croquis y Planos.	
Secuencia de los Huaycos	IX-1
Maquinaria empleada	IX-4
Otros	IX-6
BIBLIOGRAFIA	

CAPITULO I

INTRODUCCION

La Cordillera Occidental Peruana, de configuración abrupta, de altitudes que fácilmente alcanzan a 5,000 m.s.n.m., con glaciares que coronan sus cimas, con precipitaciones pluviales periódicas excesivas, con ríos torrentosos que rápidamente van a dar a la mar, con climas variados, con quebradas profundas a veces encañonadas, con taludes empinados susceptibles de deslizamientos, etc., son causantes potenciales de una serie de fenómenos que pueden suscitarse en ésta cordillera y así comprometer la estabilidad de las obras viales, centrales hidroeléctricas, núcleos urbanos, etc., a la vez ésta peculiaridad de nuestras cordilleras, abre la posibilidad del desarrollo de una alta ingeniería nacional, a fin de conseguir la estabilidad de las obras civiles.

La presente Tesis, ha sido inspirada en los fenómenos denominados huaycos⁽¹⁾ y desbordamientos del río Rimac, que sobrevino en la carretera central, entre Chosica y Matucana (Verano de 1981) afectando directamente a las zonas denominadas La Esperanza, Río Seco, Cariñito y otras dentro del tramo de la carretera Chosica-Matucana; en consecuencia, esta Tesis tiene el propósito de dar a conocer y aportar investigaciones de las zonas mencionadas del punto de vista de Mecánica de Suelos.

Los factores favorables para la ocurrencia de éstos fenómenos, han sido el tipo de litología existente, propiedades físicas de las rocas, períodos largos de sequía y alta precipitación pluvial en la estación de verano.

(1) La palabra huaycos ver en el Anexo

Entre otros de los factores podemos citar, el emplazamiento de la carretera en la parte inferior de los cursos de las quebradas en proceso dinámico de erosión.

Estas cuencas de drenaje son de régimen temporal y permite una rápida disgregación del suelo que por gravedad se ha depositado en el fondo de las quebradas, constituyendo sedimentos inestables y fáciles de erosionar. En estos sedimentos se produce fácilmente el incremento de humedad hasta alcanzar la saturación debido a la infiltración hídrica, dando lugar a que el movimiento del mismo sea casi fluido.

Además de los fenómenos de remoción de flujo de lodos que presentan poca o nula resistencia al cizallamiento cuyo movimiento toma la apariencia física del material viscoso, se ha observado otros fenómenos de geodinámica externa como son: Erosión de riberas, derrumbes, desprendimientos, inundaciones.

CAPITULO II

ASPECTOS GENERALES

El Perú se encuentra ubicado en la zona torrida de la América del Sur, entre los paralelos $00^{\circ} 01' 48''$ Latitud Sur (Codo Rio Putumayo) y $18^{\circ} 21' 03''$ Latitud Sur (Punto Concordia) sobre el litoral, en la frontera entre las quebradas de Hospicio y de Escritos, y el Meridiano Greenwich (Punto Alarcón); con una superficie de $1'285,215 \text{ Km}^2$. (2)

La Costa es una estrecha faja de tierra de 2,560 Km. de longitud y de ancho variable entre 50 y 100 Km., que se extiende desde el Océano Pacífico hasta los contrafuertes occidentales de la Cordillera de los Andes, hasta el nivel 1,500 m.s.n.m. El clima es generalmente de carácter sub-tropical árido, con muy poca o nula precipitación. En la costa los rios que la cortan, son de régimen torrencial, y se originan por las lluvias que caen en la vertiente occidental de los Andes.

Un estudio hidrológico tiene la finalidad de determinar las descargas de diseño para cada una de las cuencas (microcuencas), con lo cual se permitirá dimensionar las obras de Ingeniería Civil.

Dado que en la zona donde han ocurrido los huaycos (Rfo Seco-Esperanza - Cariñito - Songos) no existen estaciones de aforos, para poder determinar con una probabilidad fiable sobre el caudal verdadero para las determinadas quebradas mencionadas, además todo corresponde al rfo San Mateo, que es una sub-cuenca del Rio Rimac.

(2) Convenio de Cooperación Técnica UNA - Minist. de Agricultura - 1963.

II-2

Sobre la información hidrológica en la cuenca del Rio Rimac y sus tributarios es abundante, aunque se encuentra dispersa, debido a que existen diversas instituciones que operan las estaciones hidrométricas, como son el Senamhi, Electrolima y la Dirección de Aguas de Regadío.

Para información de las zonas que comprende el tramo Chosica - Matucana, tenemos:

- | | | |
|-------------------|--|-----------------|
| - Chosica | - Ricardo Palma | - Santa Ana |
| - Culebrilla | - Cupiche | - Sol y Campo |
| - Control G.C. | - Corcona | - Baretina |
| - Carachacra | - Yanachacra | - Cocachacra |
| - Oscoya | - Rio Seco | - Tornamesa |
| - Esperanza | - Cariñito | - Milagro |
| - Puente Verrugas | - Quebrada Verrugas | - Cuesta Blanca |
| - Songos | - Planta Hidroeléctrica de Pablo Boner | - Carbuco |
| - Surco | - Quita Sombrero | - Salón Blanco |
| - San Juan | - Challape | - Huarquiña |
| - Monterrico | - Chucumayo | - Matucana. |

Después de Matucana sigue, considerando aguas arriba:

- | | | |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------|
| - Huaripachi | - Cocachaqui | - Llican |
| - Chocahuaro | - Huallatupi ⁽³⁾ | - Tambo de Viso |
| - Ocatara ⁽³⁾ | | |

(3) Zonas donde se recogieron muestras.

2.01 El Rio Rimac - Ubicación

El Rio Rimac tiene su origen en los deshielos del Nevado Uco, a 5,100 m.s.n.m. alimentándose con las precipitaciones que caen en la parte alta de su cuenca colectora y con los deshielos de los Nevados que existen en la cuenca.

La cuenca se halla comprendida entre las coordenadas geográficas: $76^{\circ} 05'$ y $77^{\circ} 10'$ de longitud oeste y $11^{\circ} 25'$ y $12^{\circ} 10'$ de Latitud Sur. Políticamente se halla ubicada en el Departamento de Lima, ocupando las provincias de Lima y Huarochiri.

Limita : Por el Norte con la cuenca del Rio Chillón
Por el Sur con las cuencas de los Rios Lurín y Mala
Por el Este con la cuenca del Rio Mantaro
Por el Oeste con el Océano Pacífico.

El Rio Rimac cuenta con un área de drenaje total hasta su desembocadura de $3,583 \text{ Km}^2$ recorriendo una distancia total de 138 - Km. y presenta una pendiente promedio de 3.62%. La superficie de la cuenca húmeda o umbrífera es de $2,211 \text{ Km}^2$, es decir, que el 61.2% del área total contribuye sensiblemente al escurrimiento superficial.⁽⁴⁾

El área afectada por los huaycos se encuentra ubicada en la cuenca del Rio Rimac, sub-cuenca San Mateo. Comprende 16 micro - cuencas que se ubican a ambas márgenes del Rio San Mateo y 15

(4) ONERN : Proyecto Marcapomacocha - Octubre de 1975.

en la margen izquierda y 1 a la margen derecha; cubriendo una extensión aproximada de 212 Km². Geográficamente las micro-cuencas están comprendidas entre 11° 47' y 18° 59' de Latitud Sur y entre 76° 19' y 76° 38' de Longitud Oeste y entre los 1,100 y 5,000 m.s.n.m. (5)

2.02 Cuenca del Rio Rimac

El relieve general de la cuenca es el que caracteriza prácticamente a la mayoría de los rios de la vertiente occidental, es decir, el de una hoya hidrográfica alargada, de fondo profundo y quebrado y de pendiente fuerte.

Presenta una fisiografía escarpada y en parte abruptas, cortada por quebradas de fuerte pendiente y estrechas gargantas. La parte superior de la cuenca alta presenta un gran número de lagunas, especialmente en la sub-cuenca del Rio Santa Eulalia, originadas por la reducida pendiente, lo que ha permitido el represamiento superficial, fenómeno que se ve favorecido, además por la presencia de nevados.

Los Rios San Mateo y Santa Eulalia cuentan, hasta su confluencia con una pendiente de 4.94% y 6.33% respectivamente; el curso inferior del Rio Rimac, desde la confluencia de los Rios San Mateo y Santa Eulalia, cuenta con una pendiente de 1.7%.

(5) Supervisión Vial.

A partir de la confluencia de dichos rios, el valle empieza a -
abrirse y es en este tramo que el Rio Rimac ha formado su cono -
de deyección sobre el cual se encuentra una importante zona
agrícola y la ciudad de Lima.

El Rio Rimac presenta dos sub-cuencas importantes, la del Rio -
Santa Eulalia y la del Rio San Mateo, al que también se le llama
Rio Rimac. La confluencia de ambos rios se produce cerca de la
localidad de Chosica. El Rio Santa Eulalia recibe el aporte de
numerosos rios o quebradas, siendo los más importantes Pillihua,
Yana y Potoga, por la margen izquierda y Sacsá, Pacococha y -
Carpa, por la margen derecha.

Aguas abajo de la confluencia existe una sola quebrada importante,
la de Jicamarca.

Características de la Red Hidrográfica de la Cuenca del Rio Rimac

Nombre del Rio	Extensión de la cuenca (K ²)			Long. Km.	Pendiente %
	Húmeda	Seca	Total		
1. Rimac	2,211	1,372	3,583	138	3.62
a. San Mateo	1,042	196	1,238	82	4.94
Blanco	113	--	113	16	8.75
Paral	67	--	67	20	11.00
Condorsoni	86	27	113	21	16.67
b. Santa Eulalia	1,081	30	1,111	64	6.33
Sacsá	173	--	173	26	6.92
Pillihua	107	--	107	17	10.59
Pacococha	69	--	69	16	8.44
Yana	128	--	128	24	5.42
Carpa	53	--	53	15	5.47
Potoga	48	--	48	15	15.33
c. Jicamarca	70	414	484	12	9.29
2. Rimac a Chosica	1,998	313	2,311	84	4.88

2.03 Cauce del Rio Rimac

La cuenca vertiente en un punto, o más precisamente en una sección transversal de un curso de agua, es definida como la totalidad de la superficie topográfica drenada por ese curso de agua y sus afluentes aguas arriba de dicha sección, todos los escurrimientos que tienen nacimiento en el interior de esta superficie deben atravesar la sección transversal considerada para continuar su trayecto hacia abajo. ⁽⁶⁾

El cauce del Rio Rimac en los últimos años (antes de 1981) han estado sufriendo angostamiento y todo debido al fuerte incremento de materiales. El cauce del Rio Rimac es variado debido casualmente a que en ciertos tramos el material de las márgenes son deslizables y, su forma de fluidez del agua cambia en un número determinado de Reynolds, es decir, que a pesar de tener la característica de Rio de régimen torrencial, por dichos deslizamientos de suelos a ambas márgenes se produce las pequeñas represas o asentamientos de material para variar el área del cauce del Rio y producir erosiones en otras partes.

Los excesos de agua del Rio Rimac durante su estación de avenidas vienen creando en los últimos años graves problemas por inundación de áreas agrícolas y de poblaciones marginales, debido a que las riberas y fajas marginales del Rio Rimac han sido desforestadas, permitiéndose el asentamiento de agricultores y, fundamentalmente debido a la velocidad de sus aguas en la parte alta has-

(6) Tratado de Hidrología Aplicada. G. Remenieras

ta Chaclacayo arrastrando consigo rocas de diferentes tamaños y grandes cantidades de lodo, lo que dá lugar a la formación de una plataforma en el lecho del río elevando su tirante hidráulico y ocasionando los desbordes con un gasto de $150 \text{ m}^3/\text{seg.}$ ⁽⁷⁾

2.04 Colmatación del Cauce - Conservación

La colmatación del cauce de todo río es producto del asentamiento de sedimentos y relleno de los vacíos que existen entre los cantos rodados y como consecuencia elevan el tirante hidráulico produciendo desbordes insignificantes pero efectivos en la erosión para posteriormente con una gran avenida produzcan grandes desbordes y daños incalculables (como el caso de Tomamesa - Cariñito) y mucho más si se trata de zonas donde el área es amplia y con pendiente favorable al flujo del agua; ya que según se ha visto el lecho antiguo del Río Rimac pasaba por la Carretera Central en esos tramos; e incluso mucho antes del desborde ocurrido en los meses de verano (1981) se notaba que la cota del cauce del Río Rimac era igual o un poco más que la carpeta de la carretera en ciertos tramos (Cariñito y salida de Tomamesa).

Respecto a la conservación del cauce del río es innegable que al hacer arrastrados los sedimentos, algunos de ellos tienden a asentarse produciendo colmatación. Su conservación debe ser continua y con maquinaria adecuada (Tractor y dragas de preferencia).

Todo cauce debe conservarse profundizando en la zona donde la

(7) Información del Proyecto Especial : Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones.

erosión sea mínima o en su defecto buscar zonas o riberas (margenes) de seguridad para ahondar y garantizar el flujo del agua en épocas de avenidas.

Además el material extraído debe servir como defensa a la otra margen más débil como protección auxiliar.

Los sedimentos arrastrados en épocas de avenidas y la falta de limpieza del cauce da lugar a que se colme el lecho del río originando el desborde de las aguas con un caudal de $150 \text{ m}^3/\text{seg}$. (Sucedió en Chosica).⁽⁸⁾

(8) Fuente: Ministerio de Vivienda

Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones.

CAPITULO III

HIDROLOGIA

El análisis de los aguaceros excepcionales de larga duración se impone en muchos otros casos. Así para calcular el caudal máximo (y económico óptimo) que deberá desaguar un aliviadero de Presa o la abertura de un puente, hay que basarse preferentemente en largas series de observaciones del caudal de la corriente de agua interesada; pero esas observaciones no existen o se extienden por un período demasiado corto para que se pueda estimar la frecuencia de una crecida de amplitud determinada; no es raro, sobre todo en los países subdesarrollados, que los datos disponibles sobre las lluvias sean más completos o se refieran a una más larga duración que las observaciones de caudal. Hay necesidad entonces de hacer un análisis detallado de los aguaceros y de su intensidad máxima con miras a predeterminedar la marcha del hidrograma de crecida y la frecuencia de los caudales catastróficos.

La observación simple muestra que la intensidad máxima $i_m = \frac{h}{t}$ de un aguacero, que da una altura de precipitación h en un intervalo de tiempo t , es tanto mayor cuanto más corta es su duración, pero para los estudios de drenaje de pequeñas superficies es indispensable precisar este punto establecido, según las observaciones disponibles, los diagramas que representan la intensidad máxima de las precipitaciones para diversos valores de t . Al clasificar las intensidades máximas así determinados se podrán trazar sus curvas de frecuencia y deducir de ellas la intensidad máxima correspondiente a un tiempo de recurrencia t , decir, a una "duración de retomo" de 1,2,3... años. (9)

(9) Tratado de Hidrología Aplicada. G. Remenieras.

En Hidrología es necesario estimar la magnitud de las avenidas que puedan presentarse en el punto dado con el objeto de proteger a las poblaciones ribereñas ubicadas a lo largo del Río y dar seguridad a las obras hidráulicas en proyectos.

El período de retomo o intervalo de recurrencia, está definido como el intervalo promedio de los años entre la ocurrencia de una avenida de magnitud dada y una avenida igual o mayor. ⁽¹⁰⁾

Como consecuencia de las fuertes lluvias producidas en el verano de 1981 y en años anteriores, las quebradas con poca escorrentía o nula durante todo el año, han producido descargas elevadas acompañadas de grandes masas de lodo y piedras, generando fuertes interrupciones en tramo aproximado de 30 Km. de carretera, así tenemos: Río Seco, Verrugas, Songos, etc., que han destruido tramos de carretera, así como cultivos y edificaciones, también por supuesto por los grandes desbordes del Río Rimac como los lugares correspondientes a Tomamesa, Cariñito, tal como se observará en las fotos.

En el estudio hidrológico he realizado el cálculo para período de retomo, por varios métodos, con los datos de aforo de la estación de Chosica. ⁽¹¹⁾

Y el estudio realizado por el "Consortio de Supervisión Vial" lo ha realizado haciendo correlación de Estaciones. Ha empleado el método de "Frecuencia Regional" para estimar las descargas máximas de cada una de las 16 microcuencas; debido a la falta de registros de descargas propios y debido

(10) Ingeniería de los Recursos Hidráulicos: Linsley - Y. Joseph B. Franzini

(11) Datos proporcionados por el Ing^o Arturo Rosell C. (ElectroPerú - ElectroLima.)

también a la falta de datos de intensidad de precipitación de la zona. Las características de las 16 microcuencas se adjunta al plano de cuencas hidrográficas.

3.01 Precipitaciones

Debido a que la información de la precipitación es insuficiente para determinar las descargas máximas de las microcuencas (en este caso: Zona de Huaycos y desbordes del Rio Rimac). Sólo se presenta un cuadro de precipitación media anual ya que es el elemento indicador de la variación de la producción de agua de cada microcuenca de estudio. ⁽¹²⁾

En base al cuadro de precipitaciones el consorcio ha realizado la correlación de la precipitación anual contra la altura, encontrándose un alto grado de proporcionalidad:

$$\left. \begin{array}{l} P.P. \text{ anual} = 1.511 \\ H = 1.536 \end{array} \right\} r = 0.97$$

Dentro del área de estudio entre la isoyeta de 100 mm y la de 400 mm es la que corresponde a la zona y se nota que las curvas de igual precipitación se distribuyen casi uniformemente conforme se incrementa la altura.

De aquí que nos puede dar una idea del régimen de las descargas en cada microcuenca, según están ubicados en la zona más seca o más húmeda, o lo que es lo mismo, en la parte baja o en la más elevada.

(12) Fuente: Consorcio de Supervisión Vial.

III-4

La ONERN en el cuadro N° 4-E da los siguientes datos:

Estación Meteorológica	Precipitación Pluvial Promedio Anual (mm)	Temperatura Prom. Anual (°C)	Altitud (m.s.n.m.)
Chosica	18.0	19.8	850
Santa Eulalia	106.8	---	1,050
Matucana	275.9	15.3	2,350

Respecto al cuadro tenemos:

Precipitación Media Mensual (mm).

Estación	Perfodo Registro	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Bellavista	1945-74	120.2	130.7	128.2	47.8	15.6	3.0	2.9	4.5	20.6	39.8	52.8	84.8	650.5
La Pirhua	1969-80	127.1	135.9	147.2	62.4	27.0	6.8	15.0	14.1	38.7	57.8	48.3	97.7	777.4
Matucana	1964-80	47.9	61.3	64.5	15.9	2.5	0.1	0.0	0.0	4.6	8.6	8.4	32.0	245.8
Sta. Eulalia	1963-77	20.7	20.3	40.6	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	1.0	2.1	0.7	5.3	91.6
Stgo. de Tuna	1963-80	43.8	109.1	109.5	14.2	0.8	0.0	2.9	0.0	2.9	48.5	19.4	54.9	447.2
Chililla	1969-79	83.4	93.3	103.5	8.4	0.9	0.0	0.1	0.0	1.5	3.7	3.1	15.6	273.9
San José de Parac	1965-69	80.5	90.0	128.4	19.2	1.2	0.0	0.0	1.0	1.7	7.4	18.2	47.3	398.7
Cantuta	1973-77	25.0	6.2	2.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	1.4	36.0

Es decir que el consorcio ha tomado información (en cuanto a precipitaciones) de las estaciones de la Cantuta, Santa Eulalia, Matucana, Santiago de Tuna, Bellavista; que están distribuidas en el área o cercanas.

3.02 Régimen de Lluvias

Respecto al presente sub-capítulo diremos que hay datos de lluvia total mensual para cada estación, así como lluvia máxima de 24 horas para algunas de ellas, ya que otros no se registran estos datos.

No existen datos de lluvias para períodos más cortos, debido a que todas las estaciones son pluviométricas, siendo algunas de ellas totalizadoras.

Dentro de este régimen de lluvias podemos darnos cuenta de acuerdo al régimen de escurrimiento de las microcuencas:

Según el recorrido de la zona cuando se han producido los huai-cos y posteriormente su forma de ser (fuera de los meses de Enero-Marzo) vemos que, las quebradas de Rio Seco, Esperanza (los más importantes) son quebradas que sólo presentan escorrentía en casos excepcionales en los meses de Enero-Abril. Sus laderas de fuerte pendiente son mayormente rocosas, desnudas, sin vegetación natural arbustiva ni arbórea, factores que inciden en la producción de aluviones, pues al producirse la precipitación sobre suelos secos, intemperizados y desnudos se forman masas de barro, piedras y agua que se deslizan causando fuertes daños a las vías existentes.

III-7

A partir de la cuenca Verrugas hasta la cuenca Uchumayo en Matucana, todas presentan un régimen de escorrenfia más prolongado existiendo en muchos de los casos agua de riego durante los meses de estiaje.

En el mes de Junio de 1981 estas quebradas tenían agua, en pequeñas cantidades. Las cuencas presentan un paisaje accidentado con laderas cubiertas de pastos naturales y alguna vegetación arbustiva sobre todo en los cauces y plantaciones de Eucalyptus en las laderas.

En sus laderas se desarrolla una agricultura y riego, aunque estas áreas son pequeñas en comparación al resto del área de las cuencas, que están conformadas generalmente por laderas rocosas y desnudas. Aquí la precipitación es más elevada llegando a los 400 mm; como promedio anual.

Las descargas máximas en estas quebradas se producen con menos efecto destructor debido a que las constantes precipitaciones han lavado la cuenca y es más frecuente encontrar aguas claras en dichos cauces. Sin embargo debido a que el período anterior al de 1981 ha sido estrechamente seco, las cuencas se han secado y ha existido sobre pastoreo lo que ha producido deslizamientos de grandes masas con la producción de las primeras lluvias en la zona.

Se observa también por los efectos destructores de las últimas lluvias, que además de haberse producido después de un período seco, periódicamente se acercan a las partes bajas precipitaciones muy intensas que son características en las partes altas.

Presentamos las características de las microcuencas:

Características de las Microcuencas del Rio San Mateo - Tramo: Cupiche- Ma
tucana.

Nombre de la Cuenca	Ubicación		Area (Km ²)	L (Km)	H (Km)	Tc. Minut.	(S)
	Km.*	Margen					
Cupiche	44.500	Izq.	9.41	5.25	1.50	30.4	0.62
Cerro Viejo	---	"	0.84	1.63	1.05	9.0	0.61
Guayabo	---	"	6.54	4.48	1.30	26.7	0.80
El Salado	51.320	"	15.04	6.75	1.65	39.1	0.57
Pate	51.600	"	10.84	7.75	2.20	41.1	0.49
Rio Seco	55.100	"	49.11	13.13	2.95	67.4	0.46
La Esperanza	57.510	"	4.13	2.60	1.70	12.8	0.71
Verrugas	60.100	"	9.48	5.88	2.55	28.2	0.80
Ushupa	66.550	"	7.14	5.75	2.25	28.8	0.72
Matalas	66.850	"	15.13	7.78	2.55	38.9	0.61
Cuchimachay o Surco	67.450	"	5.97	6.50	2.45	32.2	0.65
Chacamaza	68.250	"	7.34	5.53	2.35	27.1	0.72
Yamajune o Salón Blanco	70.500	Derech.	18.50	9.50	2.70	48.0	0.67
Barranco	72.350	Izq.	15.00	8.03	2.50	40.7	0.53
Lucumo	75.200	"	2.31	3.53	1.85	17.7	0.83
Uchumayo	75.700	"	35.31	10.00	2.63	51.5	0.59

* El kilometraje corresponde al de la Carretera Central.

También se presenta un cuadro de las estaciones meteorológicas e hidrológicas.

Cuenca	Area (K ²)	Q (m ³ /seg)
1	9.41	2.34
2	0.84	0.44
3	6.54	1.82
4	15.04	3.24
5	10.84	2.58
6	49.11	7.36
7	4.12	1.32
8	9.48	2.35
9	7.13	1.93
10	15.12	3.25
11	5.96	1.70
12	7.34	1.97
13	18.50	3.74
14	14.91	3.32
15	2.31	0.88
16	35.31	5.86

Fuente : Consorcio de Supervisión Vial.

3.03

Aforos

El Rio Rimac cuenta con 17 estaciones de aforo en funcionamiento, acondicionadas para medir el caudal de los rios de su red hidrográfrica; de estas 12 son limnigráfricas (Chosica, San Mateo, Rio Blanco, Surco, Sheque, Sacsá, Antisha, Milloc, Huinco, Callahuanca, Tamboraque y Tomayanacoto); y los restantes limnimétricas.

Para fines de análisis hidrológico se emplea básicamente los registros de la estación de Chosica, la que controla los recursos de una cuenca colectora total de $2,311\text{Km}^2$, de la cual 1998Km^2 constituyen la denominada cuenca húmeda.

La descarga máxima controlada en Chosica ocurrió en el año de 1925 con $600\text{ m}^3/\text{seg.}$ (Electrolima) y $500\text{m}^3/\text{seg.}$ (ONERN) - $580\text{ m}^3/\text{seg.}$ (Proyecto Especial Programa Nacional de Pequeñas y Medianas Irrigaciones) y la mínima en 1930 y fue de $5.63\text{ m}^3/\text{seg.}$

Los datos hidrométricos más antiguos existentes en la cuenca del Rio Rimac datan del año 1911, fecha desde la cual se dispone de descargas mensuales, contándose con información de descargas diarias desde el año 1921.

Los registros citados son conocidos como provenientes de la estación Chosica, aunque ésta ha operado en 3 estaciones diferentes:

Puente Chacrasana	(1921 - 1949)
Puente Los Angeles	(1949 - 1954)

Yanacoto (1955)

La estación Puente Ñaña operó en el período 1966-1967, pero fué desmontada al no dar buenos resultados.

Estación Chosica

La citada estación, de tipo limnigráfico, fué instalada en Octubre de 1968, mediante el Convenio ONERN-SENAMHI, con el propósito de conocer las disponibilidades de agua en la cabecera del Valle de Rimac.

La sección de afloramientos es estable, existiendo evidencias de haberse elevado el tirante del agua hasta la altura de 3m., los taludes del cauce se encuentran estabilizados por muros de concreto. El limnógrafo es de marca Stevens Tipo A-35.

Durante los períodos 1956 y 1964 y 1964 - 1968, las descargas del Rio Rimac fueron estimadas sumando las descargas medidas en las estaciones Antisha y Surco en el primer caso y, Sheque y Surco en el segundo.

La masa promedio del Rio Rimac en 62 años de registros se estima en $930 \times 10^6 \text{ m}^3$. Una vez cubierta las necesidades poblacionales, industriales y agrícolas hay un excedente de $360 \times 10^6 \text{ m}^3$ (balance hidrológico a marzo de 1981).

Y según la fuente de información tenemos:

Máxima descarga	1921	480 m ³ /seg.
" "	1925	580 m ³ /seg.

III-12

Máxima descarga del día	1981 (Feb. 12)	305 m ³ /seg.
" " " "	1981 (Mar. 10)	304 m ³ /seg.

Fuente: Ministerio de Agricultura
Senamhi
Ministerio de Vivienda

Promedio de descarga en verano 1981 90 a 95 m³/seg.

Lo que respecta a los aforos podemos ver en el cuadro correspondiente a : Estaciones Meteorológicas e Hidrológicas.

3.04 Máximas Avenidas

Las descargas máximas anuales registradas en el Río Rimac, en la estación Chosica, han sido las siguientes:

Año	Descarga Máx. m ³ /seg.	Año	Descarga Máx. m ³ /seg.
1918	141.900	1930	320.100
1919	137.250	1931	97.630
1920	178.480	1932	180.000
1921	95.000	1933	225.000
1922	99.000	1934	200.000
1923	97.000	1935	250.000
1924	90.500	1936	65.500
1925	600.000	1937	105.000
1926	187.090	1938	175.000
1927	137.660	1939	205.000
1928	183.490	1940	254.500
1929	139.800	1941	385.400

III-13

Año	Descarga Máx. m ³ /seg.	Año	Descarga Máx. m ³ /seg.
1942	315.800	1955	380.000
1943	261.000	1956	155.000
1944	130.000	1957	100.000
1945	94.500	1958	99.800
1946	185.000	1959	175.000
1947	130.000	1960	77.400
1948	130.000	1961	70.400
1949	108.000	1962	84.100
1950	98.500	1963	92.200
1951	316.000	1964	78.800
1952	164.000	1965	108.100
1953	175.000	1966	100.600
1954	202.000	1967	100.500

Teniendo en cuenta las máximas avenidas veremos los cálculos para poder encontrar las máximas avenidas probables para cualquier período de Retorno.

Dentro de los métodos probabilísticos tenemos:

a) Método de la curva de Duración:

Para la utilización de este método, requiere de por lo menos - 30 años de registros. Para el caso del Rio Rimac se utiliza, 50 años de registro.

Metodología:

- Ordenar las descargas máximas de mayor a menor.

III-14

- Calcular el período de retorno $T = \frac{n}{m}$ donde:

n = número de observaciones

m = " " orden.

- Se grafica en papel semilogarítmico.

En ordenadas las descargas en $m^3/\text{seg.}$

En abscisas los períodos de retorno.

METODO DE LA CURVA DE DURACION

M	Q $m^3/\text{seg.}$	$T \frac{n}{m}$	M	Q $m^3/\text{seg.}$	$T \frac{n}{m}$
01	600.000	50.00	21	175.000	2.38
02	385.400	25.00	22	164.000	2.27
03	380.000	16.66	23	155.000	2.17
04	320.000	12.50	24	141.900	2.08
05	316.000	10.00	25	139.800	2.00
06	315.800	8.33	26	137.660	1.92
07	261.000	7.14	27	137.250	1.85
08	254.500	6.25	28	130.000	1.78
09	250.000	5.55	29	130.000	1.72
10	225.000	5.00	30	130.000	1.66
11	205.000	4.54	31	108.100	1.61
12	202.000	4.16	32	108.000	1.56
13	200.000	3.84	33	105.000	1.51
14	187.090	3.57	34	100.600	1.47
15	185.000	3.33	35	100.500	1.42
16	183.490	3.12	36	100.000	1.38
17	180.000	2.94	37	99.800	1.35
18	178.480	2.77	38	99.000	1.31
19	175.000	2.63	39	98.500	1.28
20	175.000	2.50	40	97.630	1.25

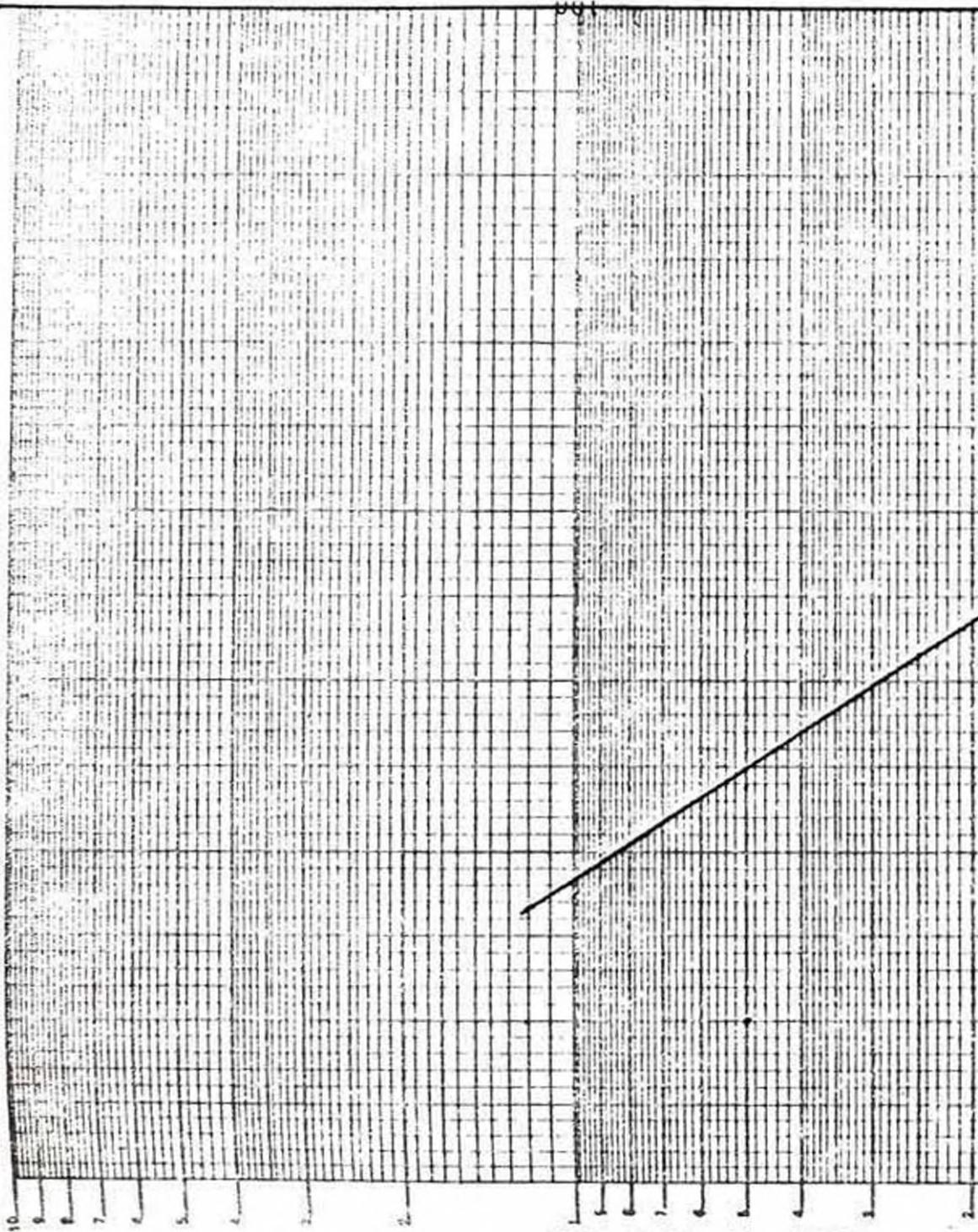
III-15

M	Q m ³ /seg.	T $\frac{n}{m}$	M	Q m ³ /seg.	T $\frac{n}{m}$
41	97.000	1.21	46	84.100	1.08
42	95.000	1.19	47	78.800	1.06
43	94.500	1.16	48	77.400	1.04
44	92.200	1.13	49	70.400	1.02
45	90.500	1.11	50	65.500	1.00

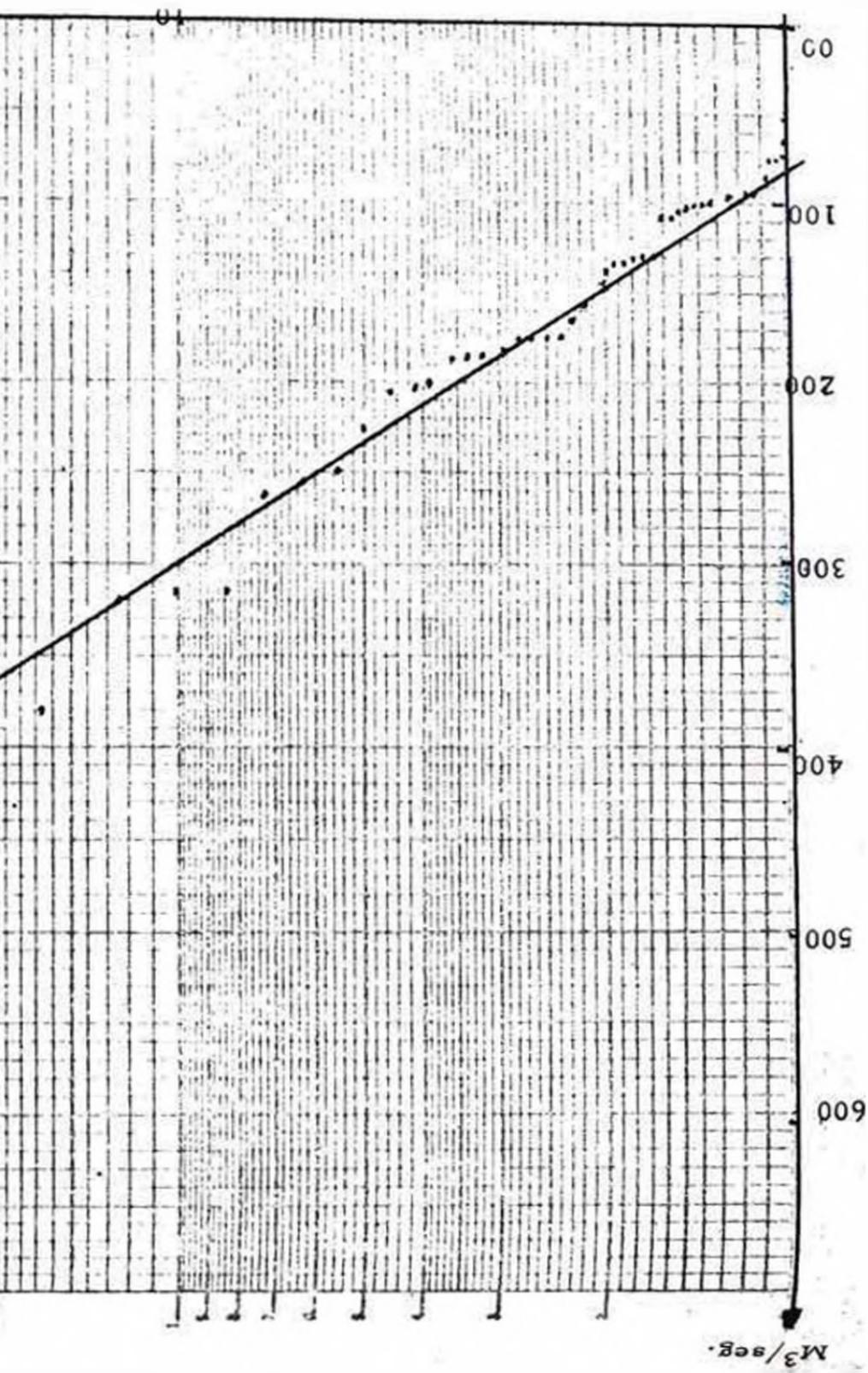
Así tenemos la gráfica correspondiente.

L

801



CURVA DE DORSION



b) Método Gumbel Gráfico

Es el que más aceptación tiene y su probabilidad se corrobora con la aplicación de la fórmula de Pearson.

Metodología:

- Ordenar de mayor a menor las descargas máximas
- Calcular el periodo de retomo en la forma siguiente:

$$T = \frac{n-1}{m}$$

donde:

n = Número de variables registradas

m = " " mayor a menor.

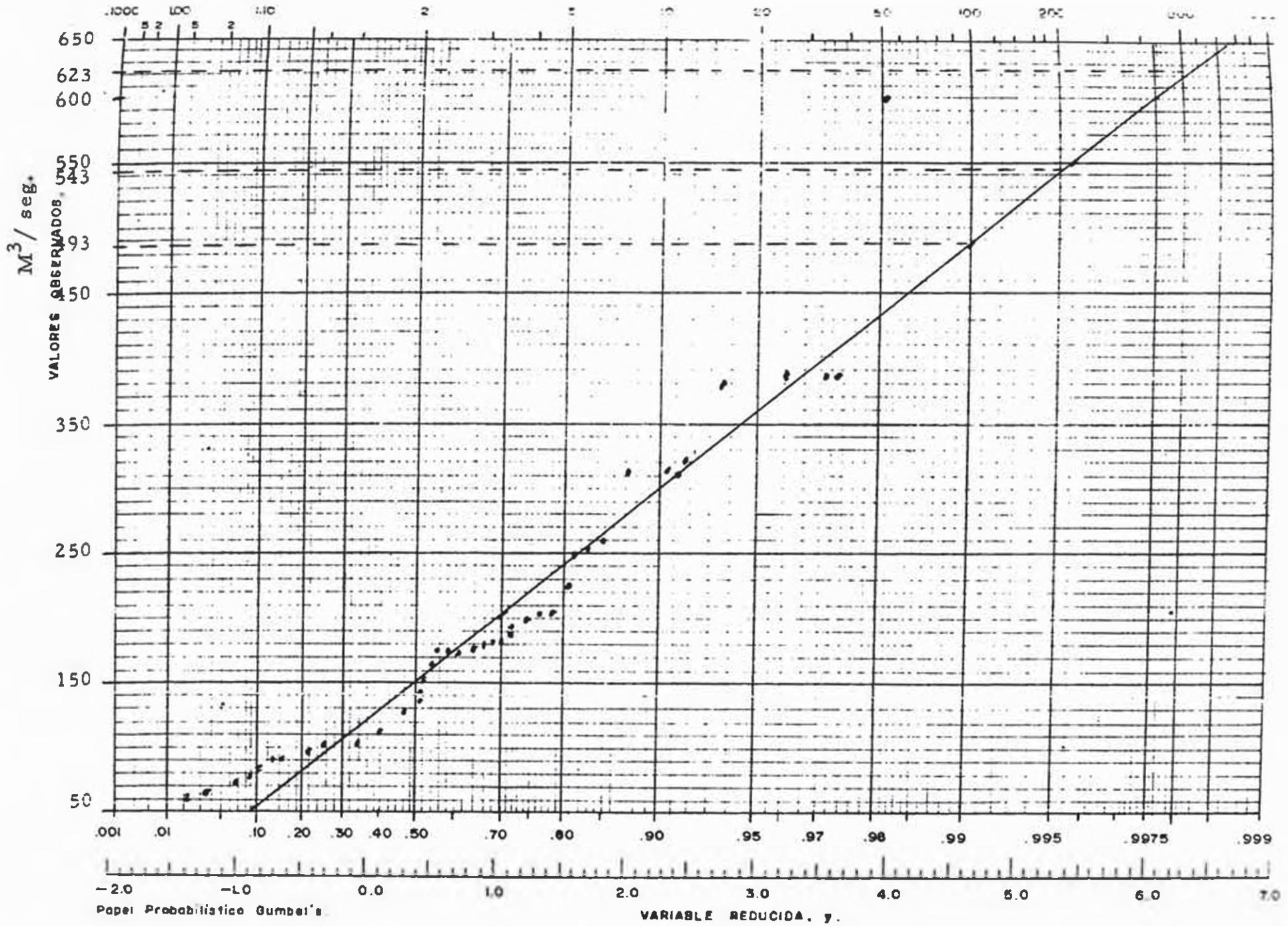
METODO GUMBEL GRAFICO

M	Q m ³ /seg.	T $\frac{n-1}{m}$	M	Q m ³ /seg.	T $\frac{n-1}{m}$
01	600.000	51.00	13	200.000	3.92
02	385.400	25.50	14	187.090	3.64
03	380.000	17.00	15	185.000	3.40
04	320.000	12.75	16	183.490	3.18
05	316.000	10.20	17	180.000	3.00
06	315.800	8.50	18	178.480	2.83
07	261.000	7.28	19	175.000	2.68
08	254.500	6.37	20	175.000	2.55
09	250.000	5.66	21	175.000	2.42
10	225.000	5.10	22	164.000	2.31
11	205.000	4.63	23	155.000	2.21
12	202.000	4.25	24	141.900	2.12

III-17

M	Q m ³ /seg.	$T \frac{n-1}{m}$	M	Q m ³ /seg.	$T \frac{n-1}{m}$
25	139.800	2.04	38	99.000	1.34
26	137.660	1.96	39	98.500	1.30
27	137.250	1.88	40	97.630	1.27
28	130.000	1.82	41	97.000	1.24
29	130.000	1.75	42	95.000	1.21
30	130.000	1.70	43	94.500	1.18
31	108.000	1.64	44	92.200	1.15
32	108.000	1.59	45	90.500	1.13
33	105.000	1.54	46	84.100	1.10
34	100.600	1.50	47	78.800	1.08
35	100.500	1.45	48	77.400	1.06
36	100.000	1.41	49	70.400	1.04
37	99.800	1.37	50	65.500	1.02

Se presenta la gráfica correspondiente.



Papel Probabilístico Gumbel's

VARIABLE REDUCIDA, y .

c) Método de Fuller

Lo ideal para este método es las descargas máximas diarias.

Metodología:

- Ordenamiento decreciente de los eventos
- Obtener la media de las descargas registradas
- Determinación de los valores del coeficiente "r", que se obtiene de dividir el valor de la descarga correspondiente entre el valor promedio de las mismas.
- Cálculo de las medias progresivas.

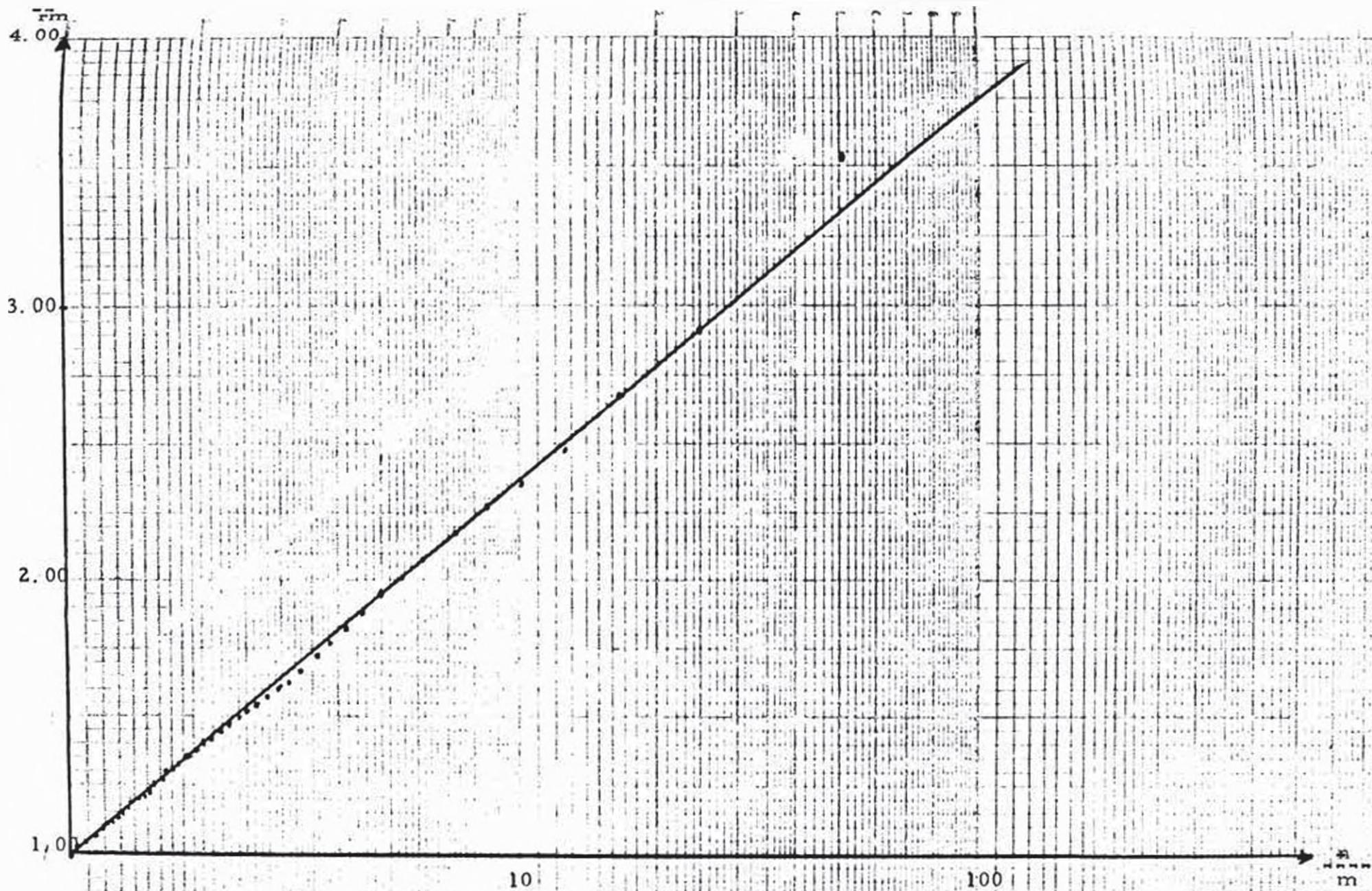
M	Q (m ³ /seg)	$r_m = \frac{Q}{\bar{Q}}$	$m = \frac{E r_m}{m}$	$T = \frac{n}{m}$
01	600.000	3.5369	3.5369	50.00
02	385.400	2.2718	2.9043	25.00
03	380.000	2.2400	2.6828	16.66
04	320.000	1.8863	2.4837	12.50
05	316.000	1.8627	2.3595	10.00
06	315.800	1.8615	2.2765	8.33
07	261.000	1.5385	2.1710	7.14
08	254.500	1.5002	2.0872	6.25
09	250.000	1.4736	2.0190	5.55
10	225.000	1.3263	1.9497	5.00
11	205.000	1.2084	1.8823	4.54
12	202.000	1.1907	1.8247	4.16
13	200.000	1.1789	1.7750	3.84
14	187.090	1.1028	1.7270	3.57
15	185.000	1.0905	1.6846	3.33

III-19

M	Q _o (m ³ /seg)	$rm = \frac{Q}{Q}$	$rm = \frac{Erm}{m}$	$T = \frac{n}{m}$
16	183.490	1.0816	1.6469	3.12
17	180.000	1.0610	1.6124	2.94
18	178.480	1.0521	1.5813	2.77
19	175.000	1.0315	1.5523	2.63
20	175.000	1.0315	1.5263	2.50
21	175.000	1.0315	1.5027	2.38
22	164.000	0.9667	1.4784	2.27
23	155.000	0.9136	1.4538	2.17
24	141.900	0.8364	1.4281	2.08
25	139.800	0.8240	1.4039	2.00
26	137.660	0.8114	1.3811	1.92
27	137.250	0.8090	1.3599	1.85
28	130.000	0.7663	1.3387	1.78
29	130.000	0.7663	1.3190	1.72
30	130.000	0.7663	1.3006	1.66
31	108.100	0.6372	1.2792	1.61
32	108.000	0.6366	1.2591	1.56
33	105.000	0.6189	1.2397	1.51
34	100.600	0.5930	1.2207	1.47
35	100.500	0.5924	1.2027	1.42
36	100.000	0.5894	1.1857	1.38
37	99.800	0.5882	1.1695	1.35
38	99.000	0.5835	1.1541	1.31
39	98.500	0.5806	1.1394	1.28
40	97.630	0.5755	1.1253	1.25
41	97.000	0.5717	1.1118	1.21
42	95.000	0.5600	1.0986	1.19

M	Q. (m ³ /seg)	$rm = \frac{Q}{Q}$	$rm = \frac{Em}{m}$	$T = \frac{n}{m}$
43	94.500	0.5570	1.0860	1.16
44	92.200	0.5434	1.0737	1.13
45	90.500	0.5334	1.0617	1.11
46	84.100	0.4957	1.0494	1.08
47	78.800	0.4645	1.0370	1.06
48	77.400	0.4562	1.0249	1.04
49	70.400	0.4149	1.0124	1.02
50	65.500	0.3861	0.9999	1.00

Se presenta el gráfico correspondiente



Además podemos ver con la fórmula de Pearson que juntamente con la distribución de Gumbel, obteniendo los valores de

$$\begin{aligned} K &= 3.2 && \text{para } 100 \text{ años} \\ K &= 3.7 && \text{" } 200 \text{ años} \\ K &= 4.5 && \text{" } 500 \text{ años} \end{aligned}$$

Cumple con los gráficos, sobre todo con el Gumbel gráfico. Así tenemos:

$$Q = \bar{Q} + \sqrt{V} K$$

donde $K = -\frac{\sqrt{6}}{\pi} \left[\gamma + \text{Ln Ln} \frac{T}{(T-1)} \right]$ y

$$T = \frac{N+1}{m} \quad \text{y}$$

$m =$ El orden de cada descarga anual y

$N =$ Es el número de años observados.

Pero como se indica líneas arriba; según la fórmula

$$Q = \bar{Q} + \sqrt{V} K$$

Donde Q es el caudal probable de ocurrencia para un período de retorno según los años.

$\bar{Q} =$ Es el caudal promedio de todos los años observados.

$\sqrt{V} =$ Varianza de los datos dados.

$K =$ Constante que se obtiene de una gráfica para Pearson (13).

(13) Hand Book of applical Hidrology: Ven te chow . Editorial Mc. Graw Hill : Capitulo 8 - pag. 25.

Entonces tenemos según los datos lo siguiente:

$$Q = 8481.9 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$\bar{Q} = 169.6416 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

$$\sigma = 100.93$$

$$K = 3.2 \text{ para los 100 años}$$

Luego:

$$Q = \bar{Q} + \sigma K$$

$$Q = 169.6416 + 100.93 (3.2)$$

$$Q = 492.6176 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Para período de retomo de 200 años

$$K = 3.7$$

Tendremos:

$$Q = \bar{Q} + \sigma K$$

$$Q = 169.6416 + 100.93 (3.7)$$

$$Q = 543.0826 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Y para un período de retomo de 500 años

Tenemos:

$$K = 4.5$$

$$Q = \bar{Q} + \sigma K$$

$$Q = 169.6416 + 100.93 (4.5)$$

$$Q = 623.826 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Como puede apreciarse los cálculos que se realizan son para poder dar el diseño a obras de Ingeniería Civil.

Teniendo presente el máximo caudal que puede presentarse du -

rante la vida útil de la obra y poder resistir tal efecto hidrostático y por ende salvaguardar posibles percances.

El estudio hidrológico de cualquier zona requiere principalmente de datos de estaciones pluviométricas para hacer correlaciones bastante exactas y tener una probabilidad razonable y por ende disminuir en si el costo de la obra a realizar y proteger - debidamente cualquier poblado, aparte por supuesto del estudio geotécnico que es factor bastante importante.

Nota.- Debe señalarse que en Marzo de 1925, la máxima avenida registrada en el Rio Rimac arrasó la mira existente, la misma que fue reemplazada a fines de Abril de ese mismo año. Por este motivo no existe información desde el 20 de Marzo hasta - el 30 de Abril de 1925.⁽¹⁴⁾

(14) ONERN: Proyecto Marcapomacocha- Octubre de 1975.

A continuación se presenta el siguiente cuadro:

CUADRO N° 11-RH

Estación	Rio	Periodo de Observación	Entidad que la Opera	Observaciones
Chosica	Rimac	1968 a la fecha	ONERN- Senamhi	
San Mateo	San Mateo	1968 a la fecha	ONERN- Senamhi	
Surco	San Mateo	1956 a la fecha	E. E. E. E. A. A.	
Antisha	Santa Eulalia	1950 a la fecha	E. E. E. E. A. A.	Vertedero
Huinco	Toma C. H. Callahuanca	1971 a la fecha	E. E. E. E. A. A.	Desde 1972 se miden los exc. no captados.
Tamboraque	Toma C. H. Matucana	1971 a la fecha	E. E. E. E. A. A.	Desde 1971 se miden los exc. no captados.
Toma Yanacoto.	Toma C. H. Huampaní	1960 a la fecha	E. E. E. E. A. A.	Desde 1972 se miden los exc. no captados.

CAUDALES MAXIMOS PARA DIFERENTES TIEMPOS DE RECURRENCIA

(Estaciones Surco y Tamboraque)

Estación	Período de Retorno (año)	Caudal (Q) (m ³ /seg.)
Surco 887 K ²	5	84
	10	98.58
	25	117.00
	50	130.15
	100	143.30
Tamboraque 612 K ²	5	67.00
	10	75.47
	25	86.66
	50	94.61
	100	102.57

CAPITULO IV

GEOLOGIA

Del punto de vista del aspecto geológico de la zona se considera simple, porque está constituido mayormente por la predominancia de Rocas volcánicas e intrusivas.

Dentro de las rocas volcánicas las más abundantes son las andesitas en sus diferentes tipos, en menor proporción, brechas volcánicas, dacitas, riolitas, y volcánicas vitrificadas.

Entre las rocas intrusivas los más abundantes son los tonalitos, granodioritos, monzonitos y granitos.

4.01 ASPECTOS GEOLOGICOS DE LA ROCA MADRE

Prácticamente todos los afloramientos presentes en la zona de estudio, forman parte del batolito costanero, inmensa intrusión ignea, que a su vez forma parte de la Cordillera de los Andes.

Desde el punto de vista geológico se le considera un batolito de la edad terciaria - cretácica, según el mapa geológico generalizado del Perú.

Todo este cuerpo intrusivo está compuesto por diferentes clases de rocas que son clasificadas atendiendo a la composición mineralógica.

IV-2

En la zona de estudio además de estas rocas características del batolito costanero también están presentes derrames lávicos o rocas volcánicas caracterizados por una notoria línea de flujo que se confunde muy a menudo con una falsa estratificación.

ROCAS PLUTONICAS.-

Las rocas plutónicas en general se caracterizan por su mayor grado de cristalización, esto es, los cristales son bien desarrollados se notan macroscópicamente; esta característica es debido a las condiciones favorables que tuvieron para su formación, es decir la disminución paulatina de temperatura de la masa magmática que le dió origen.

Dentro de las rocas plutónicas presentes en la zona en mención tenemos:

a) Dioritas

Nomenclaturados en los mapas geológicos con el símbolo Kt_i-di se caracteriza por poseer un color que varía del gris al gris oscuro, con matices verdosos, esto cuando algunos de sus componentes está alterado.

Es de grano fanerítico (grueso), de textura granular que varía de mediana a fina.

Los emplazamientos de estas rocas se encuentran formando, en muchos lugares, cerros maciformes, así como en bloques grandes, apreciándose claramente sus diaclasas.

b) Tonalita, Granodiorita

Nomenclaturado en el mapa geológico con el símbolo Kti-^{to}/gr, una gran parte de los afloramientos consiste en tonalitas con gradación a granodiorita.

Sus contactos, por lo tanto no son muy apreciables, tal vez por ser graduales.

Su composición es poco variable, de un afloramiento a otro, mostrando cambios de textura, color y proporción de minerales.

La Tonalita presenta color de tono gris claro a gris mediano, es holocristalino, textura granular.

La Granodiorita muestra un color gris claro o blanquesino a un tono ligeramente rosáceo de grano mediano, holocristalino.

Sus emplazamientos presentan cerros maciformes y cuando sufren la acción destructora del intemperismo producen bloques redondeados, igualmente es común en estas rocas el dioclasmiento.

c) Tonalita-Granodiorita

El afloramiento de esta plutonita se caracteriza porque sus colores varían desde gris ligeramente oscuro a tonos claros, blanquesino hasta algo rosado cuando hay incremento de ortosa; la textura es holocristalina granular, grises a mediana, raramente aplítica.

ROCAS VOLCANICAS

Representado por el volcánico Matucana, nomenclaturado por el símbolo TQv-m en el mapa geológico.

Se caracteriza por su menor grado de cristalización, los cristales no están bien desarrollados, no se notan macroscópicamente, es decir, que tienen una textura afanítica; todo esto es debido a que la roca tuvo condiciones desfavorables para su cristalización, puesto que la realiza con un cambio brusco de temperatura, ya que la lava emerge violentamente del interior de la corteza, en donde está afectada de temperatura muy elevada hacia el exterior encontrándose con temperatura del medio ambiente, lo que significa un cambio muy brusco y por ende no da tiempo a la cristalización respectiva.

Dentro de estas rocas volcánicas presentes en la zona podemos notar las siguientes:

Andesita

Se caracteriza por tener color gris verdusco, una textura afanítica masiva.

Riodacita

Se caracteriza por tener un color verde-claro de textura afanítica masiva.

Dacita

Se caracteriza por tener color gris claro, textura afanítica y es

estructura masiva.

4.01.01 METEORIZACION

En la zona de estudio la acción intempérica ha actuado en forma muy activa, atacando a los afloramientos rocosos produciendo la disgregación de los mismos, en fragmentos de diferente tamaño y forma, al mismo tiempo formando una variedad fascinante de paisajes. Se observan diferentes fenómenos de denudación y claros testigos de la acción meteórica.

Como decíamos líneas arriba en la zona existe una gran variedad de paisajes, esto es, que se nota una topografía diferente y es debido esto a que los fenómenos no han actuado del mismo modo en todos los afloramientos ya que no todos tienen la misma composición mineralógica, las mismas estructuras, etc.

De esto podemos sacar en conclusión que la topografía de un lugar es función de la composición mineralógica, estructuras, condiciones geológicas de un afloramiento, para las condiciones climáticas dadas.

Prácticamente en la zona podemos notar que el fenómeno de meteorización se realiza bajo dos procesos: Físicos y Químicos.

a) Proceso Químico

El proceso químico es quizá el más preponderante en la zona en mención, se produce debido a la acción del vapor de agua,

IV-6

al oxígeno, al anhídrido carbónico, etc.

Estos elementos se encuentran en el medio ambiente y cuando entran en contacto directo con las rocas atacan a los minerales componentes de las mismas, convirtiéndolas en óxidos, carbonatos, hidratos. Los minerales más atacados son los silicatos duros y compactos.

También podemos afirmar que la acción química es mayor cuanto mayor sea la humedad, es decir son proporcionales; y esto es fácil de entender pues un ambiente muy húmedo cuando contiene gran porcentaje de vapor de agua, principal agente corrosivo de las rocas.

b) Procesos Físicos

Estos procesos físicos son un poco más restringidos en la zona por cuanto estos generalmente se basan en la variación brusca de temperatura, cosa que no sucede. Pero existen otras clases de procesos como es por ejemplo la acción del viento cargado de partículas de roca que realizan un trabajo de desgaste de la roca.

Pero en forma general como ya mencioné líneas arriba, su acción es muy limitada en la zona.

La consecuencia de la acción de los fenómenos meteorológicos es la producción de material disgregado de diferente diámetro, estando en función del grado de meteorización. Los fragmentos

van desde bloques de regular tamaño hasta fragmentos microscópicos que van a formar el material de cobertura para luego por procesos físico-químicos y orgánicos pasan a formar suelos.

Notándose estos suelos en las partes de topografía moderada en donde la gravedad no ha podido actuar. Estos suelos son bien aprovechados por los moradores de las zonas de daños, notándose esto por las plantaciones de diferentes productos.

Los materiales mayores que no forman suelos permanecen in-situ hasta las épocas de grandes precipitaciones, los que producen los famosos huaycos muy comunes en las épocas de Enero, Febrero y Marzo.

4.01.02 EROSION

En toda la zona de estudio es apreciable las amplias terrazas antiguas y modernas que caracterizan al valle del Rio Rimac; sin duda alguna podemos decir que este valle es el resultado del trabajo de Erosión y depositación realizado durante miles de años por las aguas del mismo Rio.

También podemos afirmar que las aguas del Rio se vieron incrementados enormemente por el período de deshielo glaciar de la Cordillera Occidental, dando como resultado un aumento en la competencia de la corriente que a su vez hace posible un gran aumento de la carga límite. Como consecuencia de todo esto el rio realiza su mayor trabajo erosivo en estas primeras épocas. Hoy se ve reforzado con las precipitaciones de las ma

sas de verano cuya acción junto con la de los organismos, gravedad y acción erosiva del Río, producen una serie de desprendimientos y deslizamientos de material lodoso.

4.01.03 NATURALEZA DE LA ROCA MADRE

Las características geológicas de la Roca Madre de toda la zona responden a las características de dos grupos principales de Rocas Igneas, como son:

Las Volcánicas y Plutónicas.

La zona en estudio principalmente es una zona de intrusión ignea, caracterizándose dichas rocas por su textura fanerítica de variada composición mineralógica, que da como resultado una serie de rocas como por ejemplo las Dioritas, tonalitas, grano - dioritas, tonalita-granodiorita.

Como segundo grupo en forma más restringida se presentan las rocas volcánicas, caracterizándose éstas por su textura afanítica y como estructura mayor una pseudo estratificación, como ejemplo de esto tenemos la *dasita*, *riodasita*, *andesita*, etc.

Estos dos grupos de roca tienen una respuesta diferente a la meteorización por cuanto su naturaleza es diferente, notándose en las volcánicas un mayor diaclasamiento y fracturamiento. Caracterizándose las plutónicas por su desescamación.

4.01.04 NATURALEZA DE LOS MATERIALES ALUVIONALES

Podemos afirmar que los materiales aluvionales tienen su origen precisamente en la fragmentación de la Roca Madre como consecuencia de los fenómenos de meteorización.

La Roca Madre como ya describimos anteriormente se encuentra soportando una gran acción meteórica llevada a cabo por elementos como el agua, el oxígeno, que da como resultado un gran fracturamiento de la roca maciza y dando como producto fragmentos rocosos de diferentes dimensiones y formas, resaltando en un gran porcentaje los fragmentos angulosos.

4.02 CARACTERISTICAS DEL MATERIAL DESLIZADO

El material deslizado tiene como característica la misma composición mineralógica que la roca madre que le da origen.

En la zona en estudio es notorio la gran cantidad de material fragmentado que va desde fragmentos de gran dimensión hasta una fragmentación microscópica. Estos fragmentos permanecen in situ en las zonas, donde la pendiente es suave formando grandes acumulaciones que con el correr del tiempo se transforman en suelos; en otros casos cuando la pendiente es apreciable y con la ayuda y lubricación del agua proveniente de las precipitaciones estos materiales forman verdaderas masas fangosas aluvionales y son deslizados violentamente cuesta abajo causando verdaderos daños en las zonas que se presentan.

GEOMORFOLOGIA DE LA ZONA

En la Carretera Central, en la zona comprendida entre Chosica y Matucana encontramos una geomorfología muy interesante, - siendo los principales agentes modeladores: El Rio Rimac en primer lugar y los torrentes en segundo lugar.

Podemos citar dentro de los principales modelados geomorfológicos lo siguiente:

a) Al sur oeste de la localidad de Matucana aproximadamente en el Km. 75, se observa un cono aluvial de reciente emplazamiento que está afectado a la carretera central, está sobre poniéndose a otro cono al nivel antiguo,

Este cono aluvial tiene su eje una dirección aproximadamente al oeste. La quebrada que dió origen presenta fuertes cambios de pendiente pero no se observa depósitos colgados en su cauce.

b) En el Km. 70 aflora un cono aluvial antiguo sobre el cual se sobre impone depósitos aluviales recientes que están afectando a la carretera.

La quebrada por donde se ha deslizado estos depósitos presenta fuertes cambios de pendiente, es de cauce encañonado. Al parecer con una capacidad para transportar un abundante volumen de sedimentos.

Su cuenca de recepción es amplia y con abundante zonas de -

cultivo que podrían alimentar materias para la formación de aluviones.

c) El Km. 63+200, se observa que la carretera está afectada - por una intensa erosión del Rio Rimac a causa de un antiguo deslizamiento de una masa de rocas que ha producido un estrechamiento y desplazamiento del cauce del Rio originando un cambio de su pendiente y dirección del flujo de descarga.

d) En el Km. 63 en el Puente Songos, está construido un cimiento en terreno estable, mientras que el otro cimiento en un antiguo cono aluvial donde la desembocadura de la quebrada estaría pasando cerca a la base del puente.

La quebrada está ubicada en la ladera de la margen derecha - del valle, su cauce es estrecho y encañonado.

Tiene una amplia cuenca de recepción, está alimentada en las alturas por numerosos tributarios pequeños y limitada por terrenos de cultivo.

e) En el Km. 51 se observa que la carretera está afectada por un cono aluvial reciente que está superponiéndose a un depósito antiguo. Este cono aluvial desemboca perpendicular al Rio Rimac y es de poca amplitud. La quebrada que originó este depósito tiene una amplia cuenca de recepción con numerosos - tributarios.

f) En el Km. 44 que está la quebrada Cupiche se observa la carretera construida sobre un cono aluvial algo reciente que se

superpone discordante a otros conos aluviales más antiguos. Este cono aluvial ha originado un estrechamiento y deslizamiento del curso del Rio Rimac, originando un cambio de la pendiente de este.

La quebrada Cupiche drena en forma perpendicular al Rio Rimac, en todo su curso yacen terrazas aluviales y hacia la punta superior se observan depósitos colgados y una amplia cuenca de recepción.

En el aspecto geomorfológico se observa que las distintas unidades geomórficas están asociadas a las condiciones geológicas e hidrológicas y al esquema tectónico de la región.

4.04 ESTUDIO MACROSCOPICO DE LAS ROCAS

Para este estudio realizado en el Laboratorio de Geología N° 8 de la UNI empezaremos dando a conocer características de los nombres utilizados, así tenemos:

Fanerítica : Es una textura donde los cristales son visibles a simple vista.

Porfirítica : Cristales desarrollados dentro de una matriz de grano mucho más fino.

Riodasita : Es la misma composición de Andesita, pero contiene cuarzo.

Muestra Alterada: No se nota sus propiedades físicas, luego es difícil determinar el tipo de roca.

Muscovita : Mica blanca

IV-13

Feldespato : Silicatos calco-sódicos de dos clases: plagioclasas y ortoclasas.

Notas:

- Minerales básicos : Plagioclasas, ortosa y cuarzo
- Minerales accesorios : Hornblenda, mica, biotita.
- Minerales secundarios : Pirita, clorita.

- Cuando es Fonerfca generalmente es Intrusiva
- Cuando hay presencia de epfdo (silicato) la roca es tipo - volcánica.
- Una andesita no debe aparecer cuarzo.
- Si reacciona al Hcl tiene carbonato.

Elementos Utilizados para el Estudio

- Microscopio Estereoscópico (aumento máximo 40 veces)
- Punzón (como indicador)
- Martillo (para partir la muestra)
- Acido clorhídrico (Hcl).

Así tenemos:

IV-14

MUESTRA N° 1

M-1-a

Color : Gris-verdoso
Estado : Fresco
Reacción al Hcl : Parcialmente
Textura : Afanítica
Estructura : Masiva
Tipo : Ignea - Volcánica
Nombre : Andesita

Composición Mineralógica

Plagioclasa, horblenda, resto matriz.

La roca se encuentra cubierta parcialmente con óxido de Fe.

M-1-b

Color : Verde - claro
Estado : Fresco
Reacción al Hcl : Parcialmente
Textura : Afanítica
Estructura : Masiva
Tipo : Ignea-Volcánica
Nombre : Riodacita

Composición Mineralógica

Plagioclasa, cuarzo, horblenda.

[V-15

MUESTRA N° 2

Color	:	Verde-claro
Estado	:	Fresco
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Afanítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Volcánica
Nombre	:	Riodacita

Composición Minerológica

Plagioclasa, cuarzo.

Se encuentra algo mineralizado.

IV-16

MUESTRA N° 3

Color	:	Gris-claro
Estado	:	Parcialmente fresco
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Fanerítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Intrusiva
Nombre	:	Granito

Composición Mineralógica

Ortosa, Plagioclosa, cuarzo, clorita.

Los Feldespatos (algunos) están alterando a caolín.

IV-17

MUESTRA N° 4

Color	:	Gris-claro
Estado	:	Fresca en un 90%
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Afanítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Volcánica
Nombre	:	Dacita

Composición Mineralógica

Matriz = grisácea.

IV-18

MUESTRA N° 5

M-5-a

Color : Verde-amarillento
Estado : Parcialmente alterado
Reacción al Hcl : Negativo
Textura : Afanítica
Estructura : Masiva
Tipo : Ignea-Volcánica
Nombre: : Riodacita

Composición Mineralógica

Plagioclasa, Ortoza, cuarzo, mica.

M-5-b

Color : Grisáceo
Estado : Fresco
Reacción al Hcl : Parcialmente
Textura : Afanítica
Estructura : Masiva
Tipo : Ignea-Volcánica
Nombre : Riodacita

Composición Mineralógica

Plagioclasa, ortoza, cuarzo, resto matriz.

M-5-c

Color	:	Gris=claro
Estado	:	Totalmente alterado
Reacción al Hcl	.	-----
Textura	.	-----
Estructura	.	-----
Tipo	.	-----
Nombre	.	-----

Los Feldspatos se encuentran en proceso de alteración.
Contiene bastante óxido de Fe.

MUESTRA N° 6

M-6-a

Color	:	Blanco-grisáceo
Estado	:	Alterado parcialmente
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Fanerítica
Estructura	:	La roca se encuentra en desintegración
Tipo	:	Ignea-Intrusiva
Nombre	:	Granodiorita

Composición Mineralógica

Plagioclasa, cuarzo, ortosa, biotita.

Algunas biotitas (micas) se encuentran transformándose a cloritas.

M-6-b

Color	:	Gris-verdoso
Estado	:	Fresco
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Afanítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Volcánica
Nombre	:	Riodacita

Composición Mineralógica

Ortosa, cuarzo y una matriz algo verdosa.

IV-21

MUESTRA N° 7

Color	:	Negro-pardo
Estado	:	Fresco
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Afanítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Volcánica
Nombre	:	Andesita

Composición Mineralógica

Plagioclasa, resto matriz.

IV-22

MUESTRA N° 8

Color	:	Grisdceo
Estado	:	Fresco
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Afanítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Volcánica
Nombre	:	Riodacita

Composición Mineralógica

Feldespato, cuarzo, resto matriz.

IV-23

MUESTRA N° 9

Color	:	Gris
Estado	:	Fresco
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Afanítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Volcánica
Nombre	:	Riodacita

Composición Mineralógica

Plagioclasa, cuarzo, epidota.

La muestra se encuentra algo mineralizado.

IV-24

MUESTRA N° 10

Color	:	Grisáceo
Estado	:	Fresco
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Fanerítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Intrusiva
Nombre	:	Granodiorita

Composición Mineralógica

Plagioclasa, ortosa, cuarzo, mica negra (biotita), hornblenda.
Algunas micas se están transformando a clorita.

IV-25

MUESTRA N° 11

Color	:	Blanco-grisáceo
Estado	:	Fresco
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Fanerítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea - Intrusiva
Nombre	:	Granodiorita

Composición Mineralógica

Plagioclasa, cuarzo, ortosa, biotita y minerales opacos.

IV-26

MUESTRA N° 12

Color : Verdoso-claro
Estado : Fresco
Reacción al Hcl : Negativo
Textura : Afanítica
Estructura : Masiva
Tipo : Ignea-Volcánica
Nombre : Andesita

Composición Mineralógica

Plagioclasa (se determina someramente), resto matriz (lo más fino).

IV-27

MUESTRA N° 13

M-13-a

Color : Claro (Melanócrata)
Estado : Fresco
Reacción al Hcl : Negativo
Textura : Fanerítica
Estructura : Masiva
Tipo : Ignea-Intrusiva
Nombre : Granodiorita

Composición Mineralógica

Plagioclasa, cuarzo, ortosa, biotita.

M-13-b

Color : Gris-oscuro
Estado : Fresco
Reacción al Hcl : Negativo
Textura : Afanítica
Estructura : Masiva
Tipo : Ignea-Volcánica
Nombre : Andesita

Composición Mineralógica

Plagioclasa, resto es una masa.

MUESTRA N° 14

M-14-a

Color : Negro
Estado : Fresco
Reacción al Hcl : Muy parcialmente
Textura : Porfirítica
Estructura : Masiva
Tipo : Ignea-Volcánica
Nombre : Andesita

Composición Mineralógica

Horblenda, todo es matriz.

M-14-b

Color : Blanco-grisáceo
Estado : Algo alterado
Reacción al Hcl : Negativo
Textura : Afanítica
Estructura : Masiva
Tipo : Ignea - Volcánica
Nombre : No definido

Composición Mineralógica

Feldespatos en conjunto, y cuarzo, epidota (Es un silicato).
Los feldespatos se hallan alterados.

M-14-c

Color	:	Gris-Amarillento
Estado	:	Alterado
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Fanerítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Intrusiva
Nombre	:	Granodiorita

Composición Mineralógica

Plagioclasa, ortosa, cuarzo, biotita.

Los Feldespatos están casi en su totalidad alterados, igual con la mica.

La muestra está cubierta casi en su totalidad por óxido de Fe.

IV-30

MUESTRA N° 15

M-15-a

Color	:	Gris-claro
Estado	:	Fresco
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Afanítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Volcánica
Nombre	:	Dacita

Composición Mineralógica

Ortosa, cuarzo, hornblenda.

M-15-b

Color	:	Rojizo
Estado	:	Alterado casi total
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Afanítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Intrusiva
Nombre	:	?? (Por lo que está alterado).

Composición Mineralógica

La muestra se encuentra con óxido de Fe.

IV-31

MUESTRA N° 16

M-16-a

Color : Negro-grisáceo
Estado : Fresco
Reacción al Hcl : Negativo
Textura : Fanerítica
Estructura : Masiva
Tipo : Ignea-Intrusiva
Nombre : Tonalita

Composición Mineralógica

Plagioclasa, ortosa, cuarzo, hornblenda, biotita.

M-16-b

Color : Blanco
Estado : Alterado
Reacción al Hcl : Negativo
Textura : Fanerítica
Estructura : Masiva
Tipo : Ignea-Intrusiva
Nombre : ?? (Por lo alterado)

Composición Mineralógica

Feldespato, cuarzo, clorita.

Los Feldespatos en su totalidad se encuentran alterándose a -
caolín.

M-16-c

Color	:	Verde-grisáceo
Estado	:	Fresco
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Fanerítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Volcánica
Nombre	:	Andesita

Composición Mineralógica

Pura matriz.

MUESTRA N° 17

M-17-a

Color	:	Plomo-grisáceo
Estado	:	Fresco
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Fanerítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Intrusiva
Nombre	:	Granodiorita

Composición Mineralógica

Plagioclasa, ortosa, cuarzo, biotita. (se están alterando)

M-17-b

Color	:	Blanco-grisáceo
Estado	:	Alterado total
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Fanerítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea
Nombre	:	No definido

Composición Mineralógica

Cuarzo, feldespatos. Los feldespatos se encuentran totalmente alterados a caolín y óxido de Fe.

M-17-c

Color	:	Grisáceo
Estado	:	Parcialmente alterado
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Fanerítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Intrusiva
Nombre	:	Granito

Composición Mineralógica

Ortosa, cuarzo, plagioclasa, hornblenda, biotita.

Feldspatos se encuentran algo alterados.

Las micas están transformándose a clorita.

Las hornblendas se están transformando a óxido de Fe.

IV-35

MUESTRA N° 18

Color	:	Violeta
Estado	:	Fresco
Reacción al Hcl	:	Parcialmente
Textura	:	Afanítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Volcánica
Nombre	:	Andesita

Composición Mineralógica

Plagioclasa, ortosa.

Muestra algo mineralizado, cubierto parcialmente con óxido de Fe.

IV-36

MUESTRA N° 19

M-19-a

Color	:	Violeta-Morado
Estado	:	Fresco
Reacción al Hcl	:	Parcialmente
Textura	:	Afanítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Volcánica
Nombre	:	Andesita

Composición Mineralógica

Plagioclasa, resto es matriz.

M-19-b

Color	:	Verde-claro
Estado	:	Fresco
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Afanítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Volcánica
Nombre	:	Andesita

Composición Mineralógica

Plagioclasa, resto matriz (color verde cubierto de óxido de Fe - parcialmente.)

IV-37

MUESTRA N° 20

M-20-a

Color	:	Verduzco
Estado	:	Parcialmente alterado
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Afanítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Volcánica
Nombre	:	Andesita

Composición Mineralógica

Plagioclosa, resto matriz verdoso (existe bastante óxido de Fe).

M-20-b

Color	:	Blanco-Amarillento
Estado	:	Alterado
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Porfido-Afanítico
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea-Volcánica
Nombre	:	No determinado por alterado.

Composición Mineralógica

Se nota Feldespato, cuarzo y óxido de Fe.
Los Feldespatos están totalmente alterados.

MUESTRA N ° 21

M-21-a

Color	:	Gris=Verdoso
Estado	:	Fresco
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Porfido-Afanítico
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	Ignea=Volcánica
Nombre	:	Andesita

Composición Mineralógica

Plagioclasa, parte de la roca se encuentra mineralizado por la pirita.

M-21-b

Color	:	Blanco=Amarillento
Estado	:	Totalmente alterado
Reacción al Hcl	:	Negativo
Textura	:	Afanítica
Estructura	:	Masiva
Tipo	:	No determinado por encontrarse
Nombre	:	Totalmente los minerales alterados.

Composición Mineralógica

La muestra se encuentra en estado de caolinización e impregnación de óxido de Fe.

IV-39

MUESTRA DE LA CANTERA

Color : Gris-violeta
Estado : Superficialmente algo alterado
Reacción al Hcl : Negativo
Textura : Afanítica
Estructura : Masiva
Tipo : Ignea-Volcánica
Nombre : Riodanita

Composición Mineralógica

Cuarzo, ortosa y minerales con óxido de Fe.

CAPITULO V

PROPIEDADES MECANICAS E HIDRAULICAS DE LOS MATERIALES

Entre las propiedades índice podemos apreciar lo siguiente:

- Las muestras ensayadas presentan un límite líquido no mayor de 28%
- Su índice de plasticidad no supera a 9.5%.
- Su peso específico relativo de sólidos está comprendido entre 2.62 y 2.68.

Los Ensayos Estandar de Laboratorio se pueden apreciar en las cinco (5) hojas que se presentan en el Capítulo VI.

En la zona comprendida entre el Km. 22 y Km. 79 de la Carretera Central, - la granulometría del material predominante del Rio Rimac, varía para cantos - rodados pequeños entre 120 mm - 160 mm., y para cantos medianos entre 150 mm - 330 mm., y para bolones entre 500 mm y 1110 mm. En esta zona existen materiales transportados, pero también existen gran cantidad de material que - han sido aportados por las laderas, ya que el porcentaje de material de dimen- siones grandes llega a porcentajes apreciables, sobre todo en las partes altas - de la zona, en la cual los aportes locales o de laderas toman gran importancia.*

- Los materiales deslizados de las Esperanza, Monterrico y Cariñito poseen ma- teriales que son cementados, ya que se ha observado en los meses de Junio y - Julio cuando se visitó de nuevo las zonas tenían gran resistencia al picado.

- Dado la Topografía abrupta de las zonas mencionadas los materiales detríti - cos adquieren propiedades mecánicas de transporte por efecto del factor diná- mico originado por las precipitaciones pluviales.

* Estudio Sedimentológico de los Arrastres Sólidos Fluviales en el Valle Rimac: Gustavo Alberto Posth Mavila.

- La acción de las aguas de escorrentía, las que conjuntamente con la meteorización ejercen como agentes en el modelado del relieve, dejando de manifiesto sus efectos por la presencia de quebradas y pequeñas gargantas con sección "V" debido fundamentalmente a su estado juvenil en que se encuentran estos terrenos.

- Si tomamos en cuenta el clima, sobre todo entre Rio Seco y Matucana (Km. 55 - 100 - Km. 76) nos encontramos que corresponde a Montano bajo que tiene especial importancia por ser semiárida, teniendo especial significado en el comportamiento hidrológico en relación a la creación y potencialidad de los huaycos.

- El estudio macroscópico nos indica estado y composición de las gravas (muestras ensayadas), las cuales se han deslizado por las quebradas.

Los suelos que predominan en las zonas mencionadas, según la clasificación AASHO, son suelos granulares, con índices de grupo igual a cero.

Además observamos que de acuerdo a la clasificación predomina el grupo A-1, tal como se aprecia en el cuadro respectivo del capítulo correspondiente a Ensayos.

Naturalmente estos suelos granulares, tipificados como friccionantes, tienen permeabilidades relativamente altas, razón por la cual, el agua pluvial discurre fácilmente por la masa de éstos suelos, y en consecuencia a los taludes naturales los desestabilizan.

CAPITULO VI

ENSAYOS DE LABORATORIO

Para realizar los ensayos de laboratorio programados, se tomaron muestras del material deslizado por efecto de las lluvias y sin considerar las piedras de gran tamaño, sino tomándose en cuenta principalmente el suelo y gravas no mayor de 3". Estas muestras provienen de las siguientes zonas:

Muestra Cantera	:	Zona entre Tomamesa y la Esperanza.
Muestra 1	:	Rio Seco, margen derecha.
Muestra 2	:	Rio Seco, margen derecha, altura puente San Bartolo.
Muestra 3	:	Rio Rimac, altura de Tomamesa.
Muestra 4	:	Lecho del Rio Rimac, entre Tomamesa y la Esperanza.
Muestra 5	:	Zona la Esperanza.
Muestra 6	:	Zona: 350 metros más arriba del huayco la Esperanza.
Muestra 7	:	Zona Cariñito
Muestra 8	:	Puente Verrugas.
Muestra 9	:	Zona Km. 60 + 800
Muestra 10	:	Zona cuesta Blanca Km. 61 + 500.
Muestra 11	:	Puente Songos, aguas abajo.
Muestra 12	:	Puente Songos, estribo derecho.
Muestra 13	:	Quebrada Songos
Muestra 14	:	Zona Surco, Quebrada.
Muestra 15	:	Zona Surco, margen izquierda del Rio Rimac.
Muestra 16	:	Zona Quita Sombrero.
Muestra 17	:	Quebrada Salón Blanco, margen derecha.
Muestra 18	:	Zona Monterrico
Muestra 19	:	Zona Chucumayo, altura estribo izquierdo del puente Matucana.

Muestra 20 : Zona Huallatupi
Muestra 21 : Zona Ocatara

6.01 Dentro de los ensayos realizados tenemos:

A) Granulometría

Se analizaron un total de 22 muestras en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la UNI.

La metodología que se ha seguido es la siguiente:

- a) Se pesa el material seco.
- b) Se lava dicho material en un balde, con el fin de extraer las piedras limpias.
- c) Al lavar las muestras el agua se pasa por la malla # 200 con el fin de que pase sólo las arcillas y limos.
- d) Este proceso se realiza hasta que el agua tenga un color claro; y poder de este modo tener poco polvo al tamizarlo mecánicamente.
- e) El material lavado se coloca en una bandeja y se coloca al horno.
- f) Al día siguiente (24 horas) se pesa, obteniéndose de esta manera parte de peso de limo y arcilla (por diferencia).
- g) Luego se tamiza, teniendo presente los siguientes tamices: 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 3/8", 1/4", N° 4, N° 10, N° 20, N° 30, N° 40, N° 60, N° 100, N° 200 y el platillo.
- h) Después del tamizado, se procede a pesar el material retenido;
- i) Luego se realiza los cálculos respectivos para posteriormente graficar la curva y luego clasificarlo, tal como se aprecia en los ejemplos y gráficos realizados.

Para la clasificación de suelos, se utiliza el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), que se adjunta:

Ejemplo:

De la Cantera

- El porcentaje correspondiente para identificar arena o grava.
- El porcentaje que pasa la malla # 200 está entre 5% y 12% indicador de doble símbolo . *
- El coeficiente de uniformidad C_u se obtiene teniendo presente la curva granulométrica para los diámetros de 10%, 60%, así tenemos:

$$D_{60} = 4.760 \text{ mm.}$$

$$D_{10} = 0.074 \text{ mm.}$$

Así:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{4.760}{0.074} > 6$$

- El coeficiente de Curvatura es teniendo en cuenta además el diámetro de 30%.

$$\text{Así } C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} = \frac{(1.10)^2}{(4.760)(0.074)} = (\text{Entre 1 y 3})$$

Y como el IP (Índice Plástico) está entre 4 y 7.

Tenemos la siguiente clasificación según la tabla (Símbolos dobles)*

SP - (SM - Sc).

* Ver Tabla adjunta: SUCS.

VI-4

Otro Ejemplo Tenemos: El correspondiente al Huayco de la Esperanza:

- El porcentaje correspondiente al % acumulado retenido para el N° 4 es del orden de 61.51% y el del 25.63 % correspondiente al de la malla N° 200; luego corresponde a grava.

- El porcentaje que pasa la malla N° 200 está sobre 12% y es de 12.86%.

- El coeficiente de uniformidad (C_u), según la curva granulométrica tenemos:

Para el $D_{60} = 12.7$ mm.

Para el $D_{10} = 0.04$ mm.

Así tenemos:

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = \frac{12.70}{0.04} > 4 \text{ (Según Tabla).}$$

- El coeficiente de curvatura es teniendo en cuenta además el diámetro de 30%, y según la curva granulométrica tenemos:

$$D_{30} = 2.3 \text{ mm.}$$

Luego tenemos:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}} = \frac{(2.3)^2}{(12.7)(0.04)} = \text{de 1 y 3}$$

Teniendo presente la tabla vemos que según el Índice plástico que - esté comprendido entre 4 y 7 requiere de doble símbolo.

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO

ME N° FECHA: Mayo de 1981
 Hecho por : Tesis " Huajcos y Desbordes del Río Rimac "
 Lugar de origen del Material : Carretera Central
 Tipo de muestra : Muestra : Canteras Profundidad :
 Peso muestra seca al aire grs.
 Peso muestra seca al horno 5000 (W) grs.
 Peso muestra lavada y seca al horno 4504 (W₀) grs.
 W - W₀ 496
 % Humedad

TAMIZAS	Abertura (mms.)	Peso retenido (grs.)	% Parcial retenido	% ACUMULADO	
				Retenido	Pasando
	76.200				
	50.300				
"	38.100				100.00
	25.400	215.20	4.30		95.70
	19.050	155.10	3.10		92.60
	12.700	429.90	8.60		84.00
	9.525	351.60	7.03		76.97
	6.350	499.10	9.98		66.99
	4.760	351.10	7.02	40.03	59.97
)	2.000	1009.30	20.19		39.78
)	0.840	681.00	13.62		26.16
)	0.590	202.20	4.04		22.12
)	0.420	164.10	3.28		18.84
)	0.250	184.20	3.68		15.16
0	0.177				
00	0.149	133.20	2.67		12.49
00	0.074	108.80	2.19	49.67	10.30
almo	0.000	10.20	0.38		9.92
- W ₀)		496.00	9.92		

Observaciones : Material utilizado para el pase de los vehículos durante los huajcos...
 cos . (en la vía provisional y en algunas zonas de la antigua vía)

ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

FORME N° FECHA: Mayo de 1981
 Solicitado por : Tesis Huacos y Desbordes del Rio Rimac
 Proyecto :
 Procedencia del Material : Carretera Central
 Sitio N° Esperanza Muestra: 5 Profundidad:
 Peso de muestra grs. Peso muestra secada al aire grs.
 Peso de muestra secada al horno 1731 (W) grs.
 Peso de Muestra lavada y secada al horno 1518 (W₀) grs.
 W - W₀ 213
 % Humedad

TAMIZAS	Abertura (mms.)	Peso retenido (grs.)	%Parcial retenido	%ACUMULADO	
				Retenido	Pasando
3"	76.200				
"	50.300				
1/2"	38.100				100.00
"	25.400	142.80	8.25		91.75
3/4"	19.050	215.50	12.45		79.30
1/2"	12.700	322.65	18.64		60.66
3/8"	9.525	180.00	10.40		50.26
1/4"	6.350	135.30	7.82		42.44
N°4	4.760	68.45	3.95	61.51	38.49
N°10	2.000	153.70	8.88		29.61
N°20	0.840	96.40	5.57		24.04
N°30	0.590	37.90	2.19		21.85
N°40	0.420	27.75	1.60		20.25
N°60	0.250	47.25	2.73		17.52
N°80	0.177				
N°100	0.149	40.50	2.34		15.18
N°200	0.074	40.15	2.32	25.63	12.86
Platillo		9.65	0.56		12.30
(W - W ₀)		213.00	12.30		

Observaciones :

ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

RME N° FECHA: Mayo de 1981
 Titulo por : TESIS. " Inundaciones y Desbordes del Rio Rimac "
 Objeto :
 Proveniencia del Material : Carretera Central
 N° Muestra: 7 Profundidad:
 Masa de muestra grs. Peso muestra secada al aire grs.
 Masa de muestra secada al horno 1383 (W) grs.
 Masa de Muestra lavada y secada al horno 1167 (Wo) grs.
 W - Wo 216
 % Humedad 19.22

LAS	Abertura (mms.)	Peso retenido (grs.)	%Parcial retenido	%ACUMULADO	
				Retenido	Pasando
	76.200				
	50.300				100.00
1/2"	38.100	149.40	10.80		89.20
	25.400	105.50	7.63		81.57
1"	19.050	143.80	10.40		71.17
2"	12.700	181.70	13.14		58.03
3"	9.525	110.00	7.95		50.08
4"	6.350	87.70	6.34		43.74
4	4.760	50.50	3.65	59.91	40.09
10	2.000	106.20	7.68		32.41
20	0.840	74.00	5.35		27.06
30	0.590	27.00	1.95		25.11
40	0.420	25.40	1.84		23.27
60	0.250	37.80	2.73		20.54
80	0.177				
100	0.149	33.20	2.40		18.14
200	0.074	33.00	2.39	24.34	15.75
estribo		1.80	0.13		15.62
(W - Wo)		216.00	15.62		

Observaciones :

ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

FORMA N° FECHA: Mayo de 1981
 citado por : . . . TESIS "Huaycos y Desbordes del Rio Rimac"
 Proyecto :
 procedencia del Material : . . . Carretera Central
 Muestra N° Muestra: 9 Profundidad:
 de muestra grs. Peso muestra secada al aire grs.
 de muestra secada al horno 1320 (W) grs.
 de Muestra lavada y secada al horno 1005 (W₀) grs.
 W - W₀ 215
 % Humedad

TAMIZAS	Abertura (mms.)	Peso retenido (grs.)	% Parcial retenido	% ACUMULADO	
				Retenido	Pasando
'	76.200				
'	50.300				10000
1/2"	38.100	225.50	17.08		82.92
'	25.400	287.70	21.79		61.13
1/4"	19.050	55.60	4.22		56.91
1/2"	12.700	22.92	1.73		55.18
1/8"	9.525	18.85	1.43		53.75
1/4"	6.350	25.50	1.93		51.82
1/4"	4.760	13.50	1.02	49.20	50.80
1/10"	2.000	55.00	4.17		46.63
1/20"	0.840	78.25	5.93		40.70
1/30"	0.590	47.73	3.62		37.08
1/40"	0.420	42.65	3.23		33.85
1/60"	0.250	71.90	5.45		28.40
1/80"	0.177				
1/100"	0.149	63.30	4.79		23.61
1/200"	0.074	77.50	5.87	33.06	17.74
batillo		19.10	1.45		16.29
W - W ₀)		215.00	16.29		

Observaciones :

ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

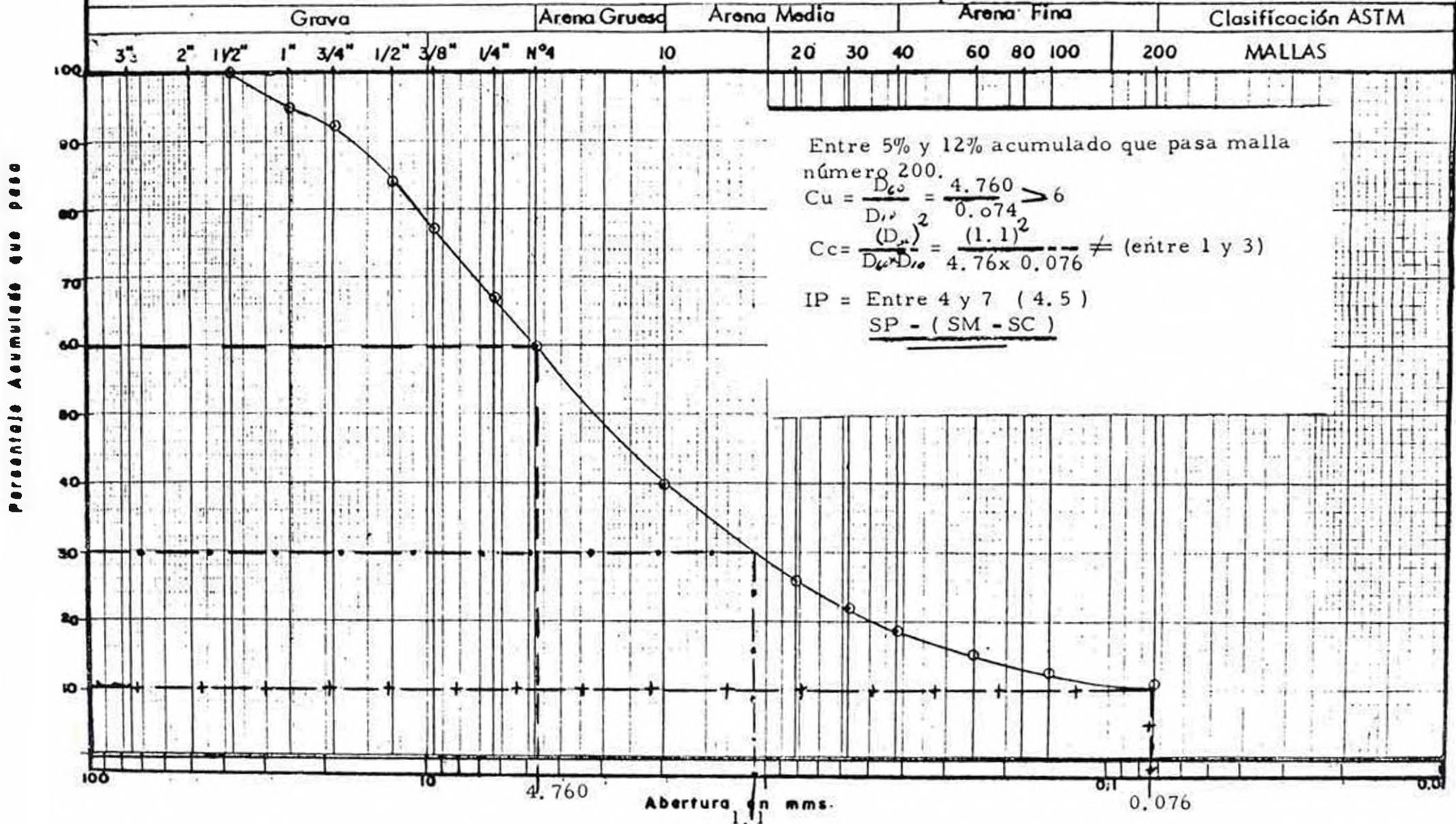
N° FECHA : . . . Mayo de 1981
 Elaborado por : TESIS " Huaycos y Desbordes del Rio Rimac "
 Lugar de Toma :
 Ubicación del Material : Carretera Central
 N° Muestra : 13 Profundidad :
 Tipo de muestra grs. Peso muestra secada al aire grs.
 de muestra secada al horno 1444 (W) grs.
 de Muestra lavada y secada al horno 1238 (W_o) grs.
 W - W_o 206
 % Humedad

TAMIZAS	Abertura (mms.)	Peso retenido (grs.)	%Parcial retenido	%ACUMULADO	
				Retenido	Pasando
	76.200				
	50.300				
1/2"	38.100				100.00
	25.400	132.00	9.14		90.86
"	19.050	144.50	9.99		80.87
"	12.700	190.10	13.16		67.71
"	9.525	60.30	4.18		63.53
"	6.350	65.50	4.54		58.99
5	4.760	36.80	2.54	43.55	56.45
10	2.000	105.20	7.29		49.16
20	0.840	138.60	9.59		39.57
30	0.590	74.30	5.15		34.42
40	0.420	59.60	4.13		30.29
60	0.250	87.60	6.06		24.23
80	0.177				
100	0.149	66.50	4.61		19.62
200	0.074	71.60	4.96	41.79	14.66
300		5.60	0.39		14.27
- Wo)		206.00	14.27		

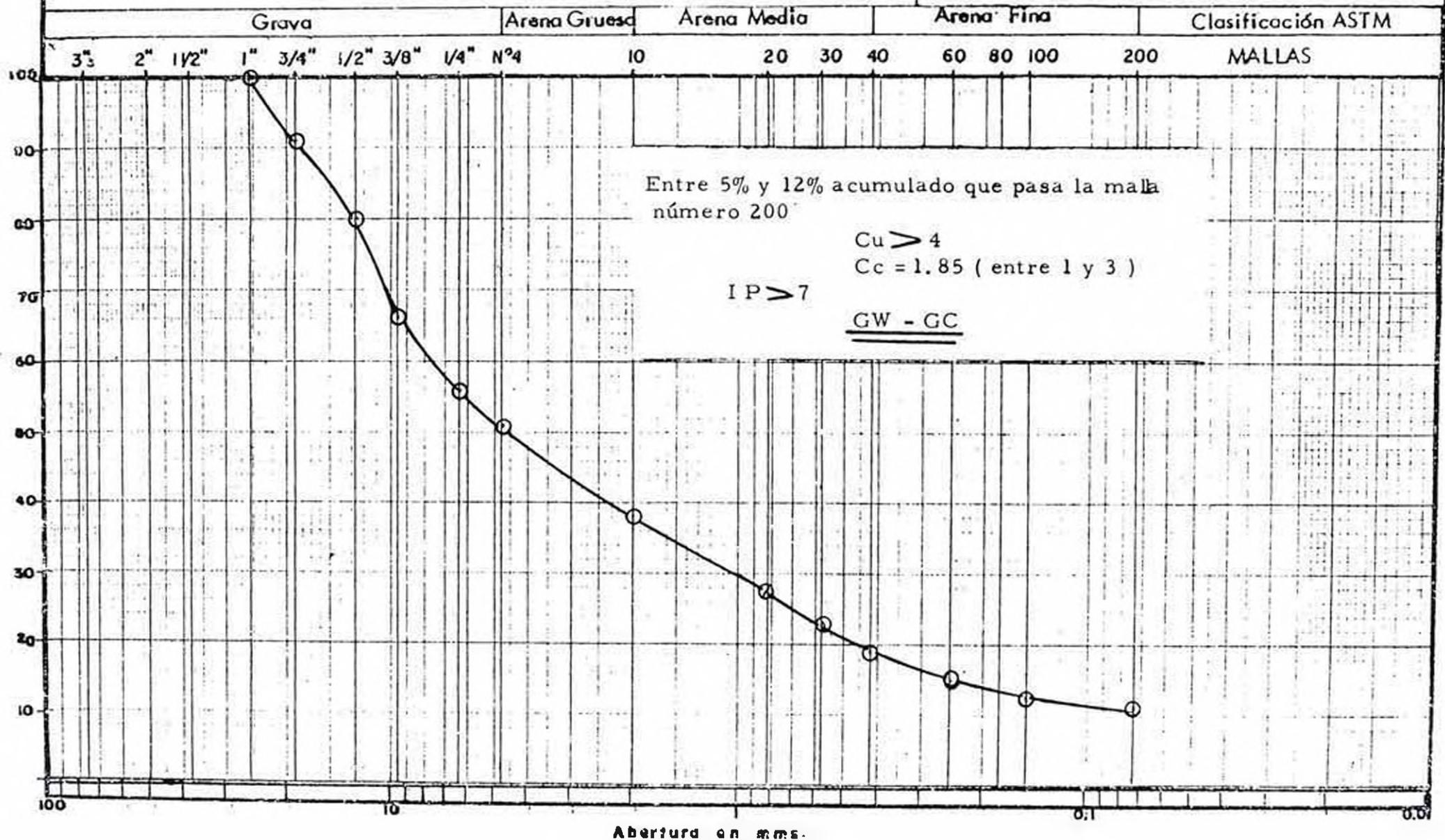
Observaciones :

MUESTRA : CANTERA
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

Solicitado : TESIS
Procedencia : Carretera Central
Obra : Huaycos y Desbordes
Zona: Esperanza - Cantera
Fecha : Mayo de 1981



MUESTRA : 1
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO



Porcentaje Acumulado que pasa

Apertura en mms.

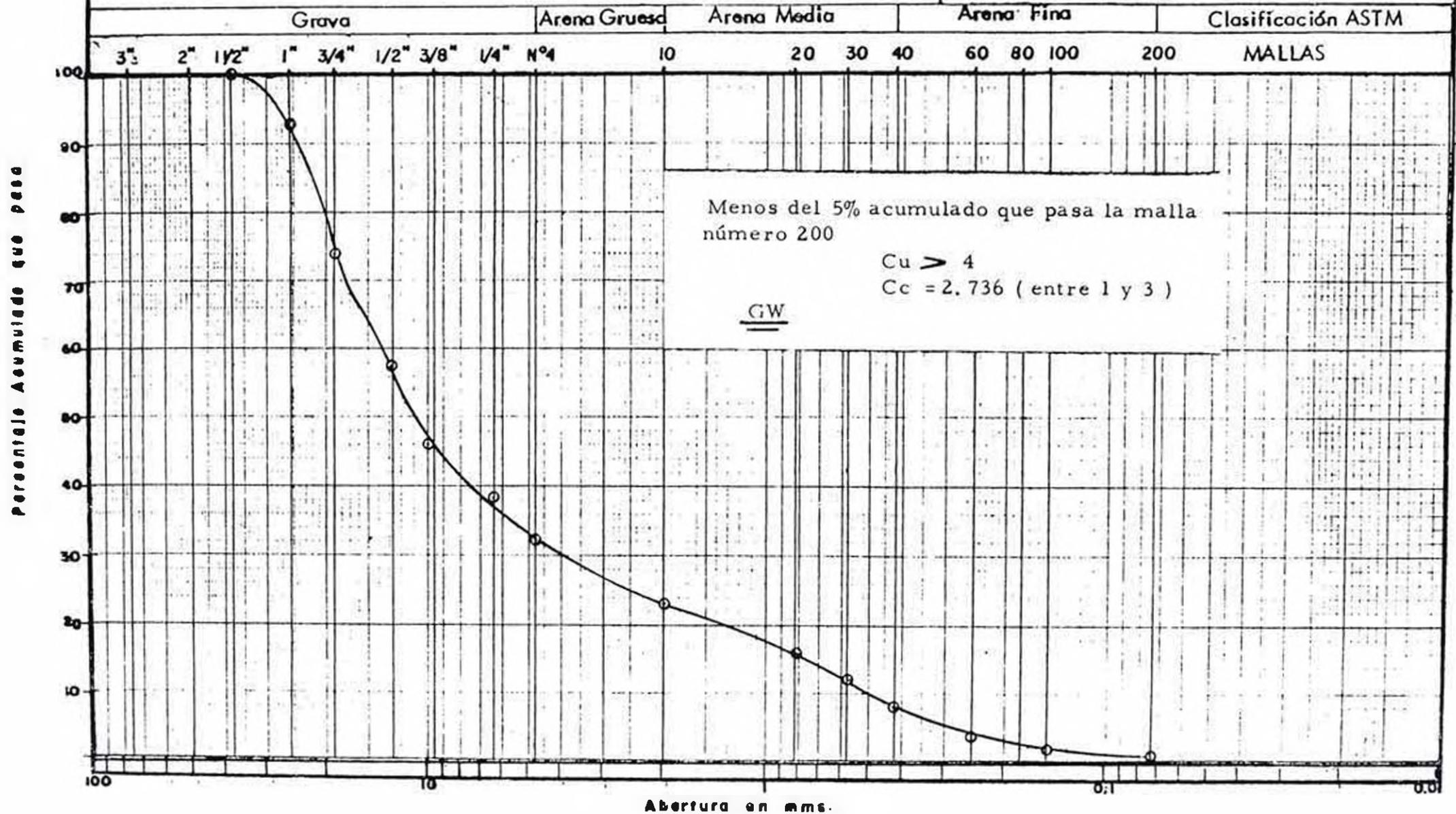
MUESTRA : 2
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

Solicitado : TESIS

Procedencia : Carretera Central
 Huaycos y Desbordes

Obra : Zona : Rio Seco

Fecha : Mayo de 1981



MUESTRA : 3
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

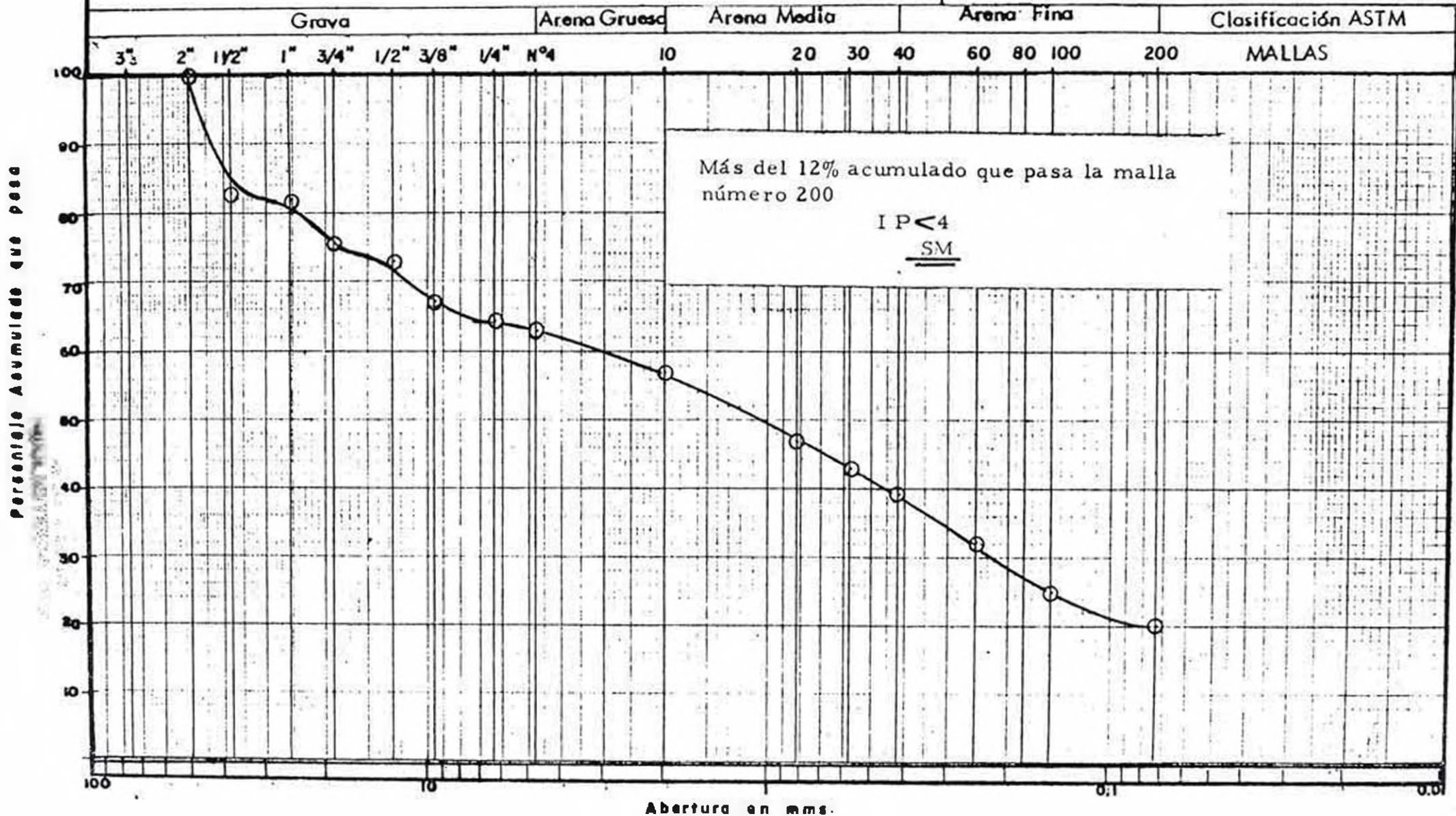
Solicitado : 1 E515

Procedencia : Carretera Central

Obra : Huaycos y Desbordes

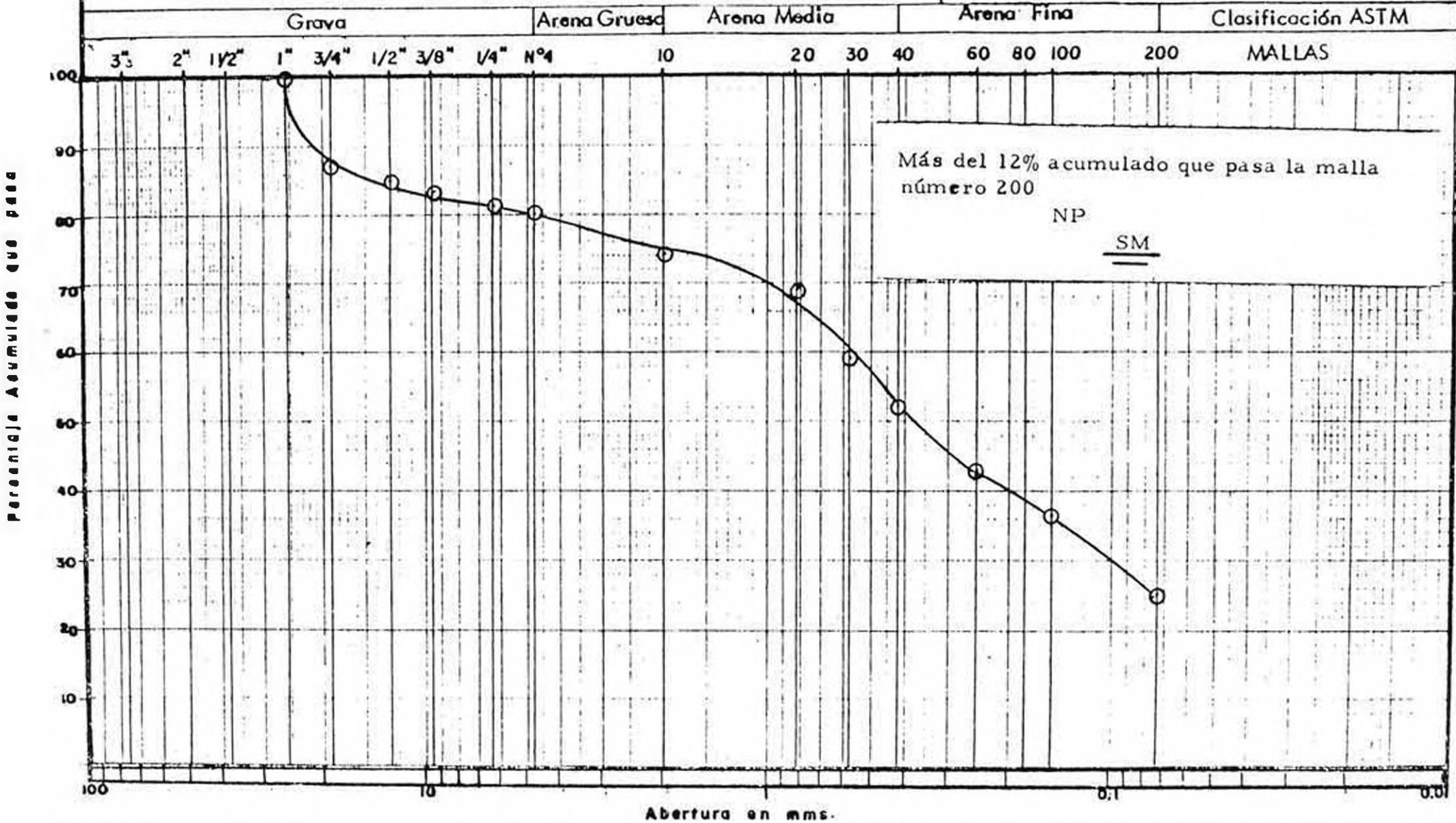
Zona: Rio Rimac- Tornamesa

Fecha : Mayo de 1981



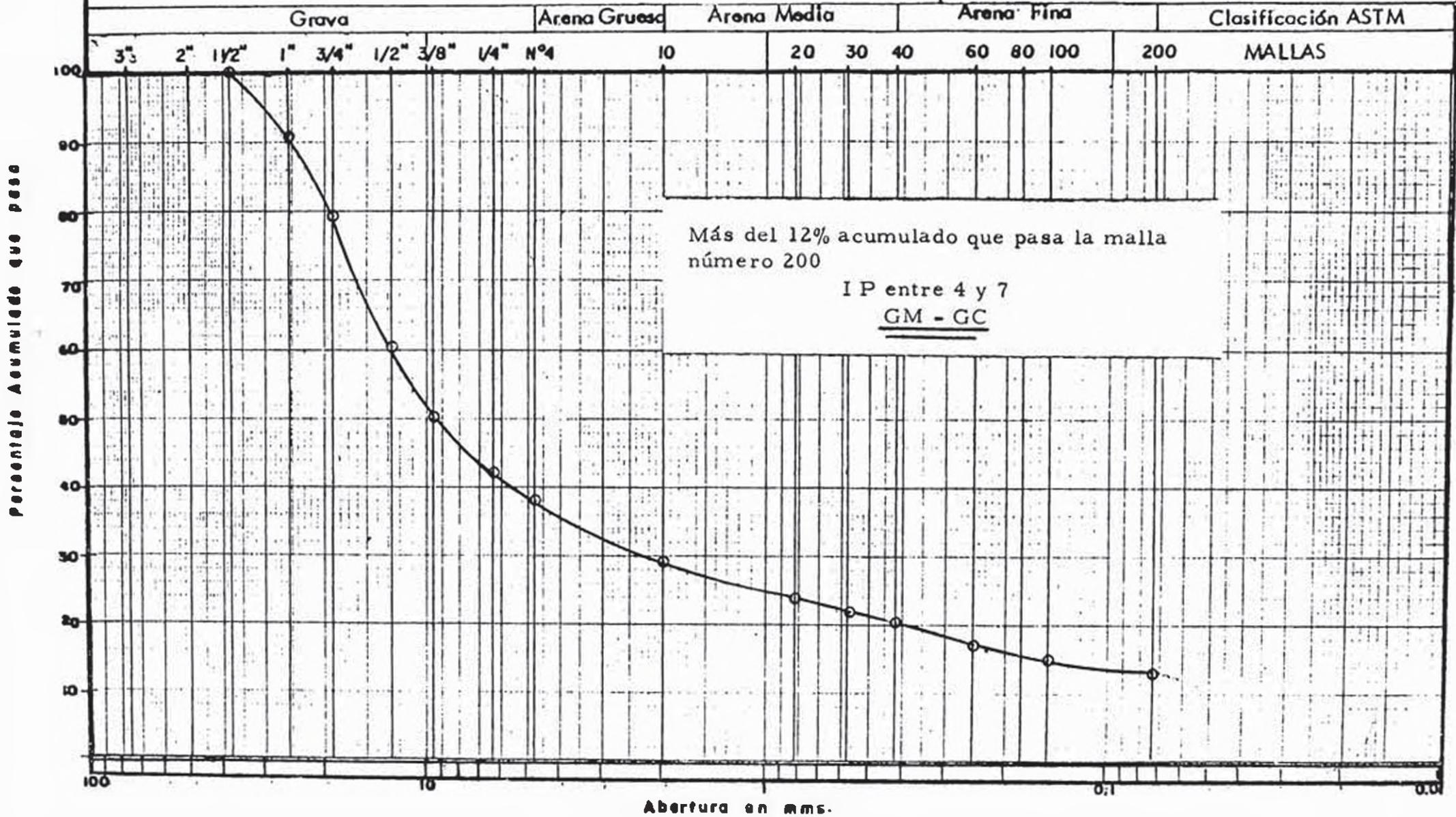
Solicitado : TESIS
 Procedencia : Carretera Central
 Obra : Huaycos y Desbordes
 Fecha : Esperanza-Rio Rimac
 : Mayo de 1981

MUESTRA : 4
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

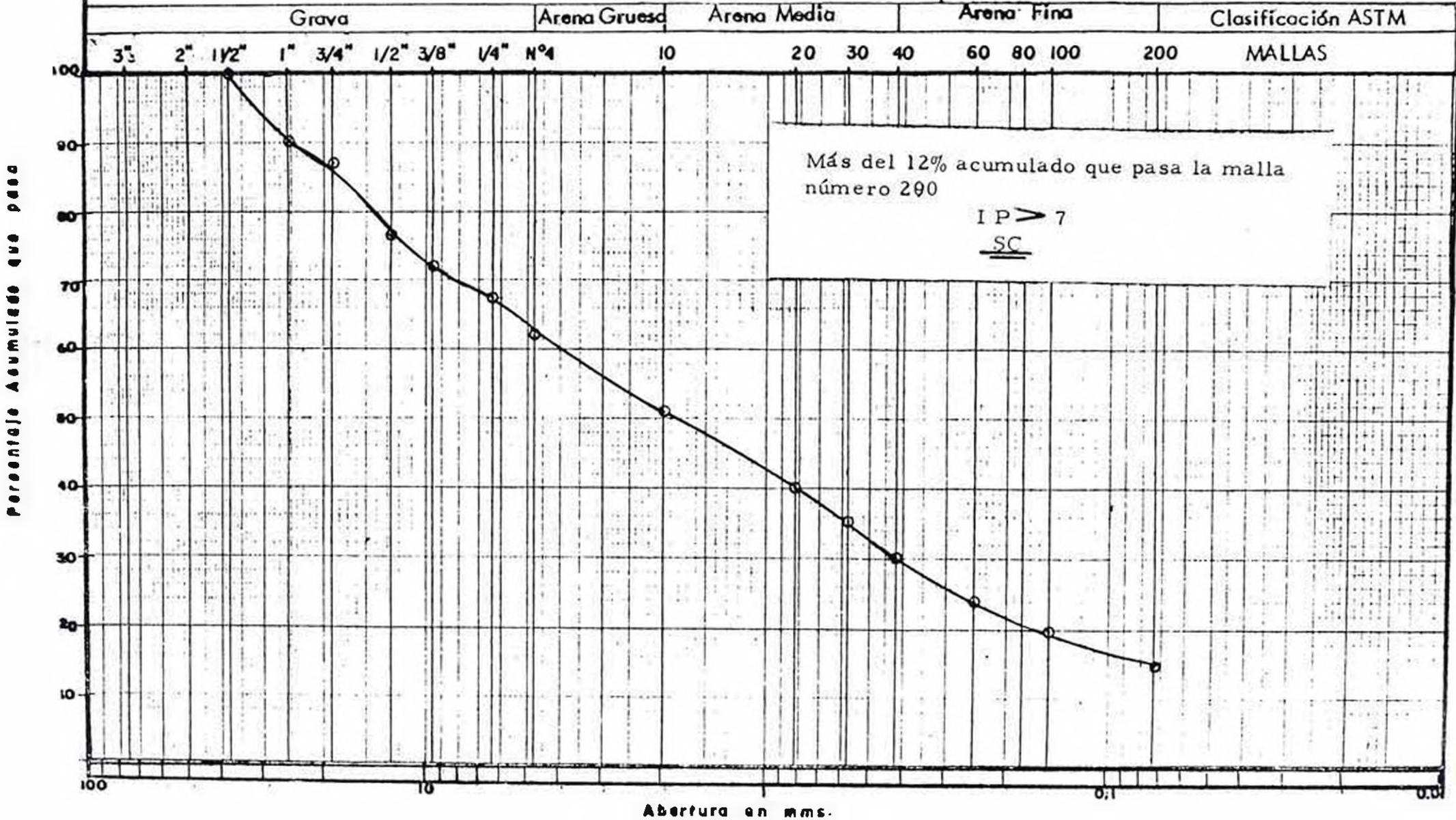


MUESTRA : 5
ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO

Solicitado : TESIS
 Procedencia : Carretera Central
 Obra : Huaycos y Desbordes
 Fecha : Zona Esperanza
 : Mayo de 1981



MUESTRA : 6
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

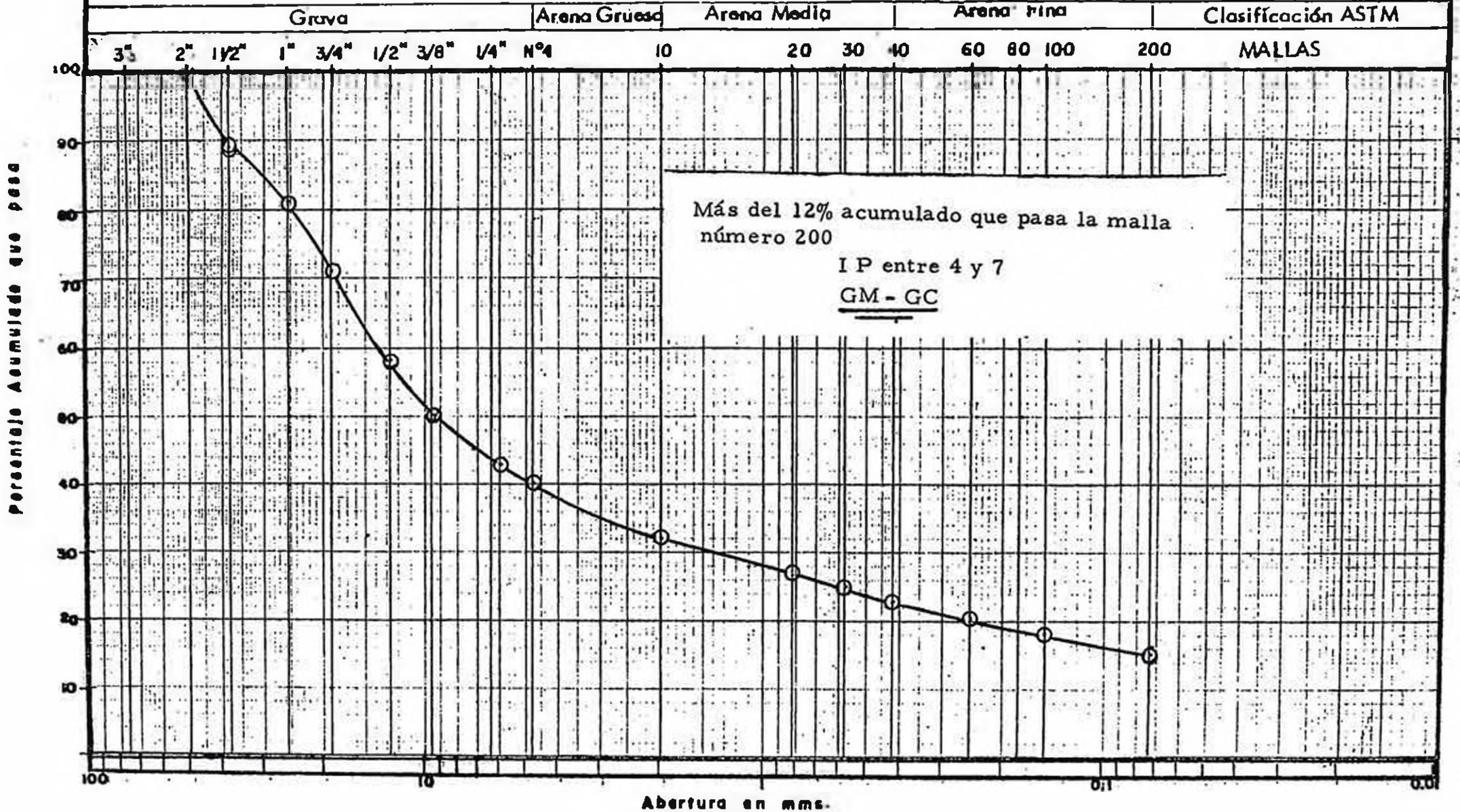


Porcentaje Acumulado que pasa

Abertura en mms.

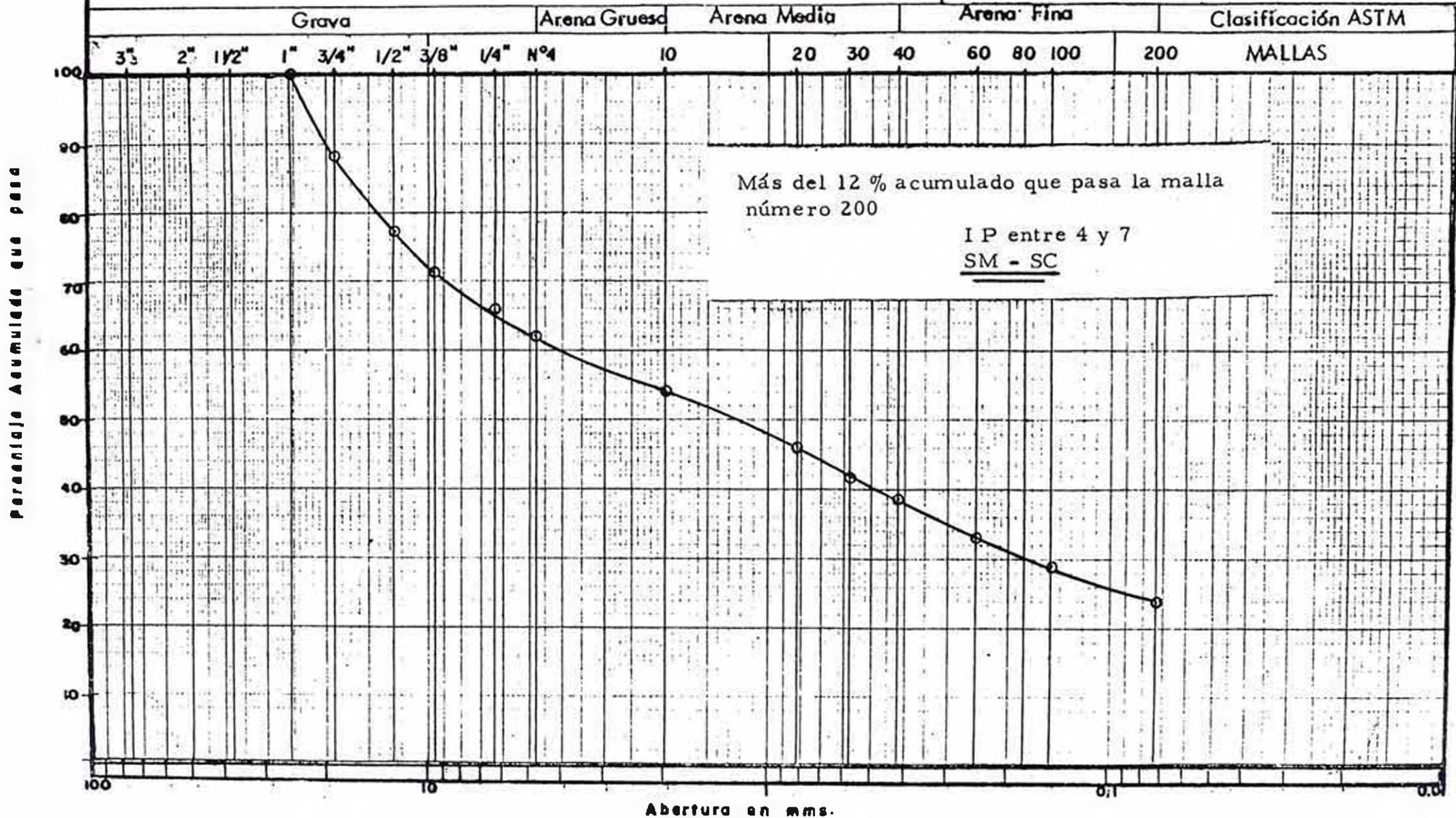
MUESTRA : 7
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

Solicitado : TESIS
 Procedencia : Carretera Central
 Obra : Huaycos y Desbordes
 Fecha : Zona : Cariñito
 : Mayo de 1981



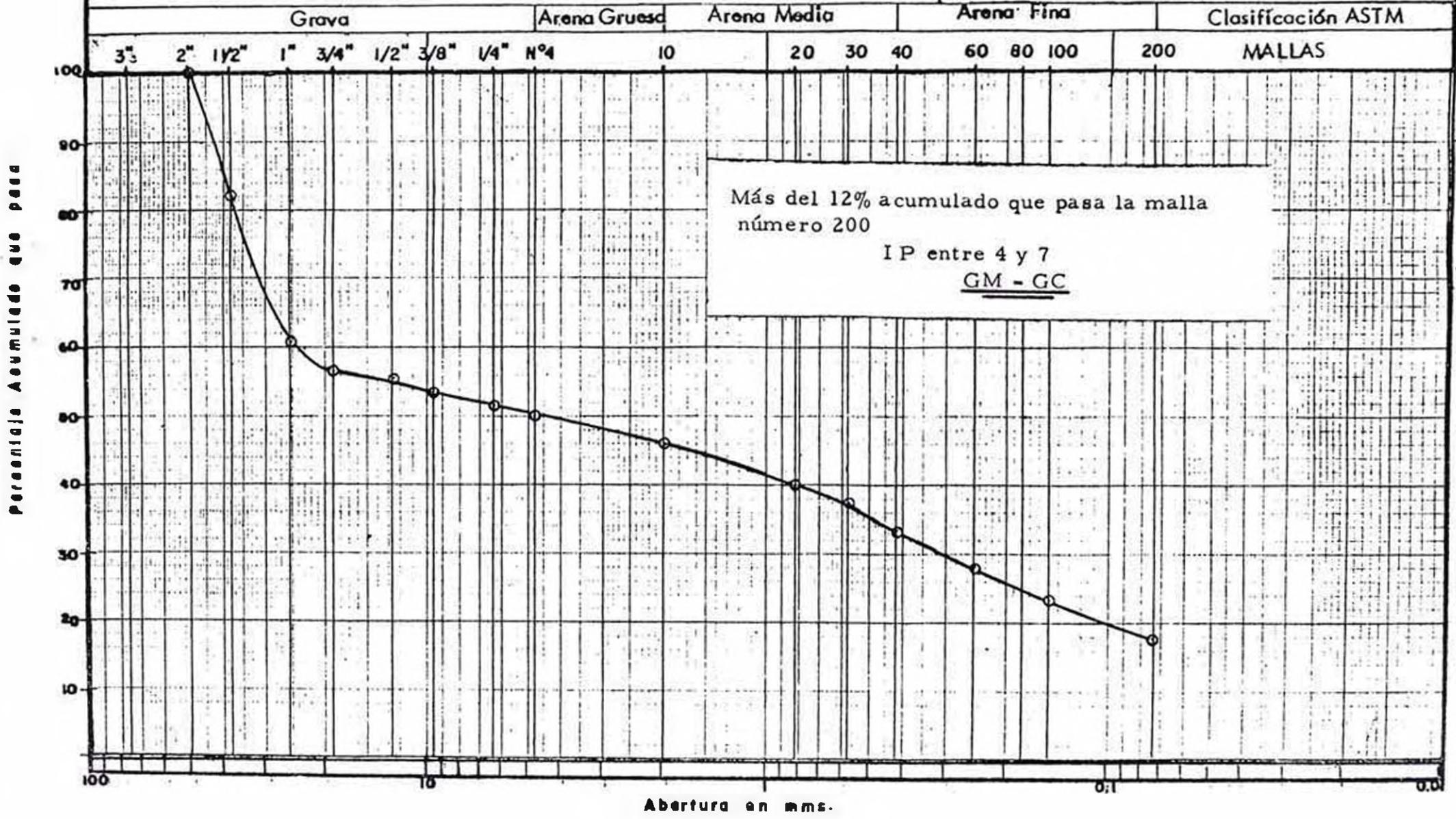
MUESTRA : 8/
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

Solicitado : TESIS
 Procedencia : Carretera Central
 Obra : Huaycos y Desbordes
 Zona : Verrugas
 Fecha : Mayo de 1981



MUESTRA : 9
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

Solicitado : TESIS
 Procedencia : Carretera Central
 Obra : Huaycos y desbordes
 Zona : Km. 60 + 800
 Fecha : Mayo de 1981



Más del 12% acumulado que pasa la malla número 200
 IP entre 4 y 7
GM - GC

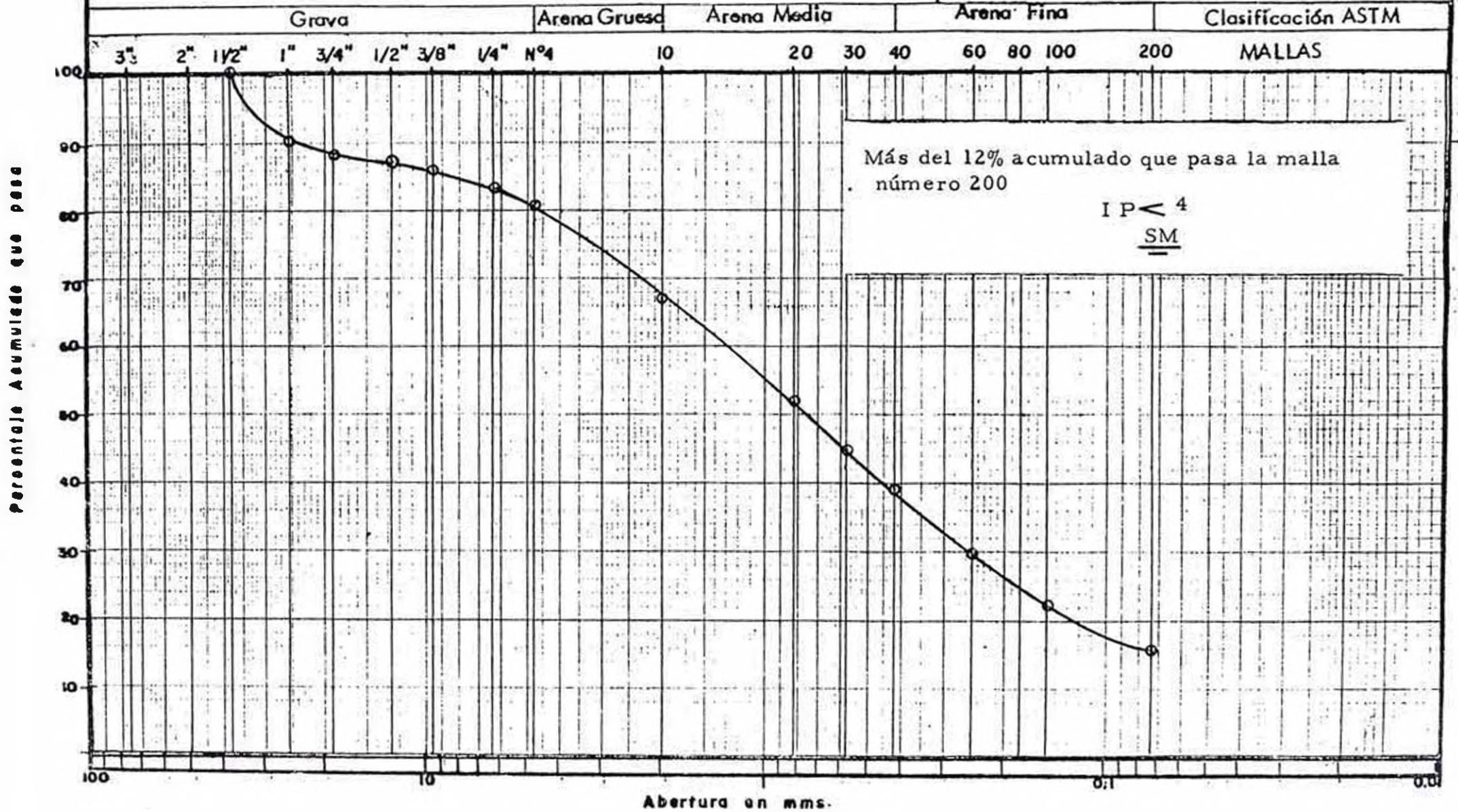
Porcentaje Acumulado que pasa

Abertura en mms.

LABORATORIO N°2-MECANICA DE SUELOS

MUESTRA : 10
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

1 E 510
Procedencia : Carretera Central
Obra : Huaycos y Desbordes
Zona : Cuesta Blanca
Fecha : Mayo de 1981



MUESTRA : 11
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

Solicitado : TESIS
 Procedencia : Carretera Central
 Obra : Huaycos y Desbordes
 Fecha : Songos-Rio Rimac
 : Mayo de 1981

Grava

Arena Gruesa

Arena Media

Arena Fina

Clasificación ASTM

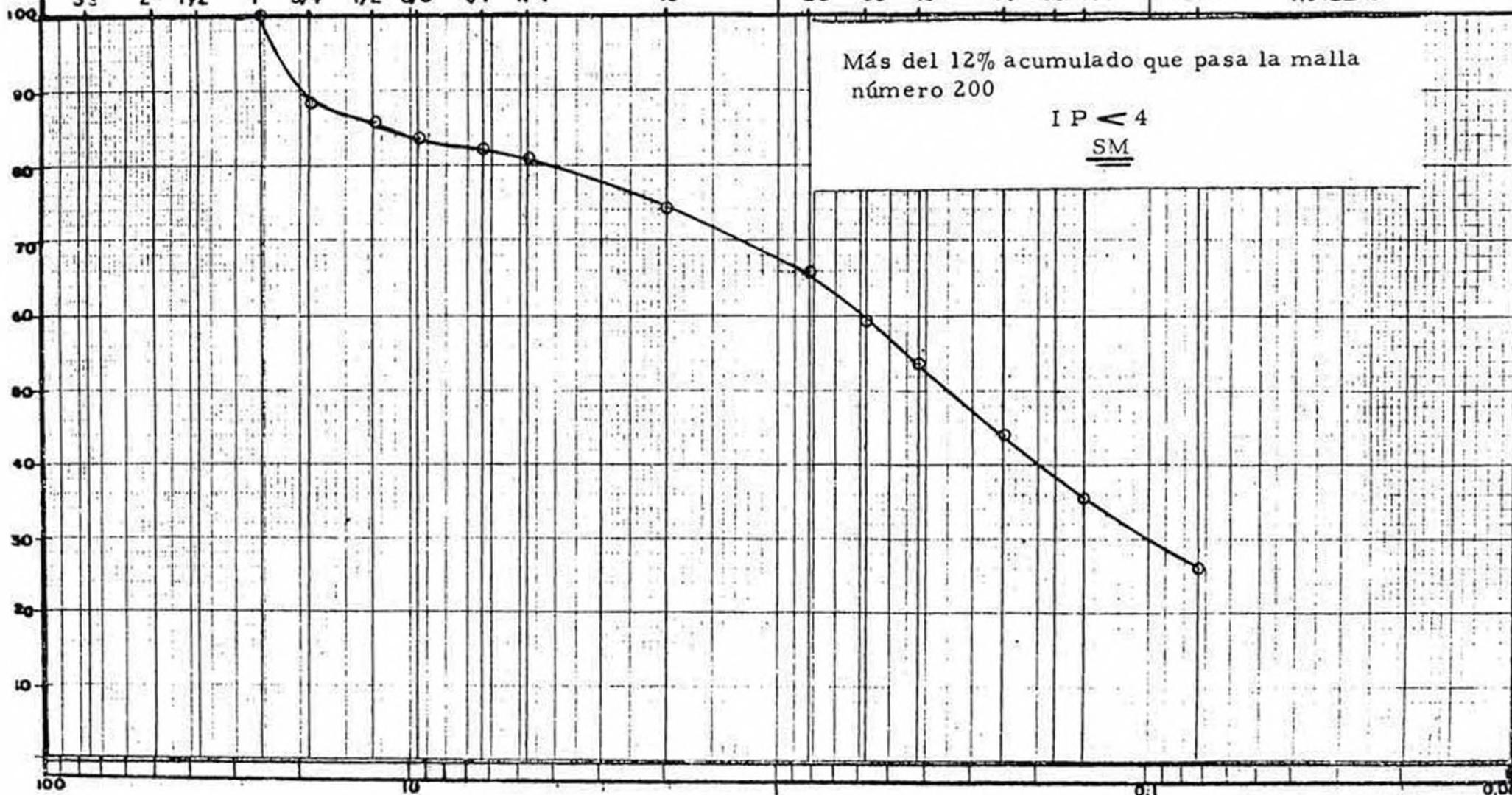
3" 2" 1 1/2" 1" 3/4" 1/2" 3/8" 1/4" N°4

10

20 30 40 60 80 100

200 MALLAS

Porcentaje Acumulado que pasa



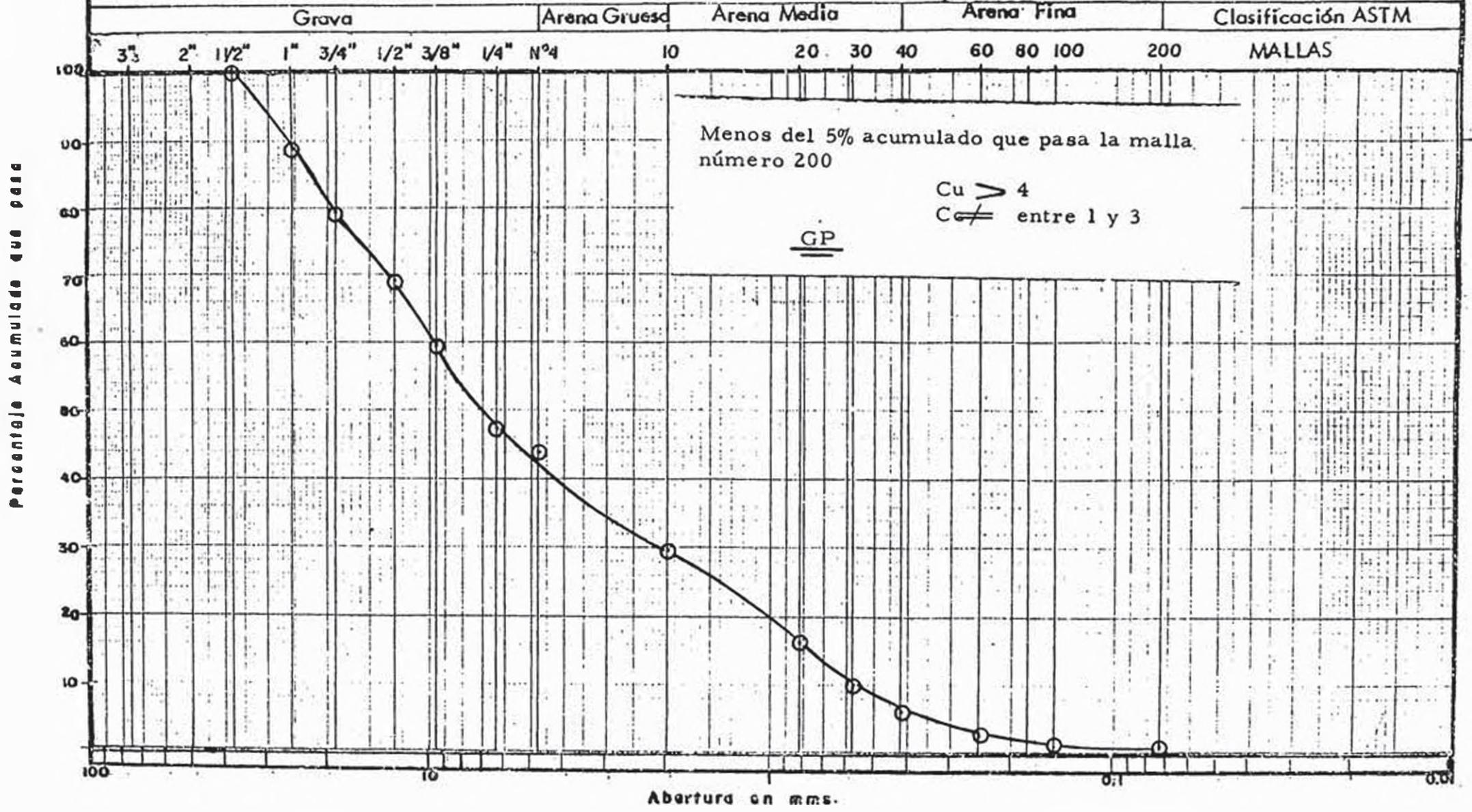
Más del 12% acumulado que pasa la malla número 200

IP < 4
SM

Abertura en mms.

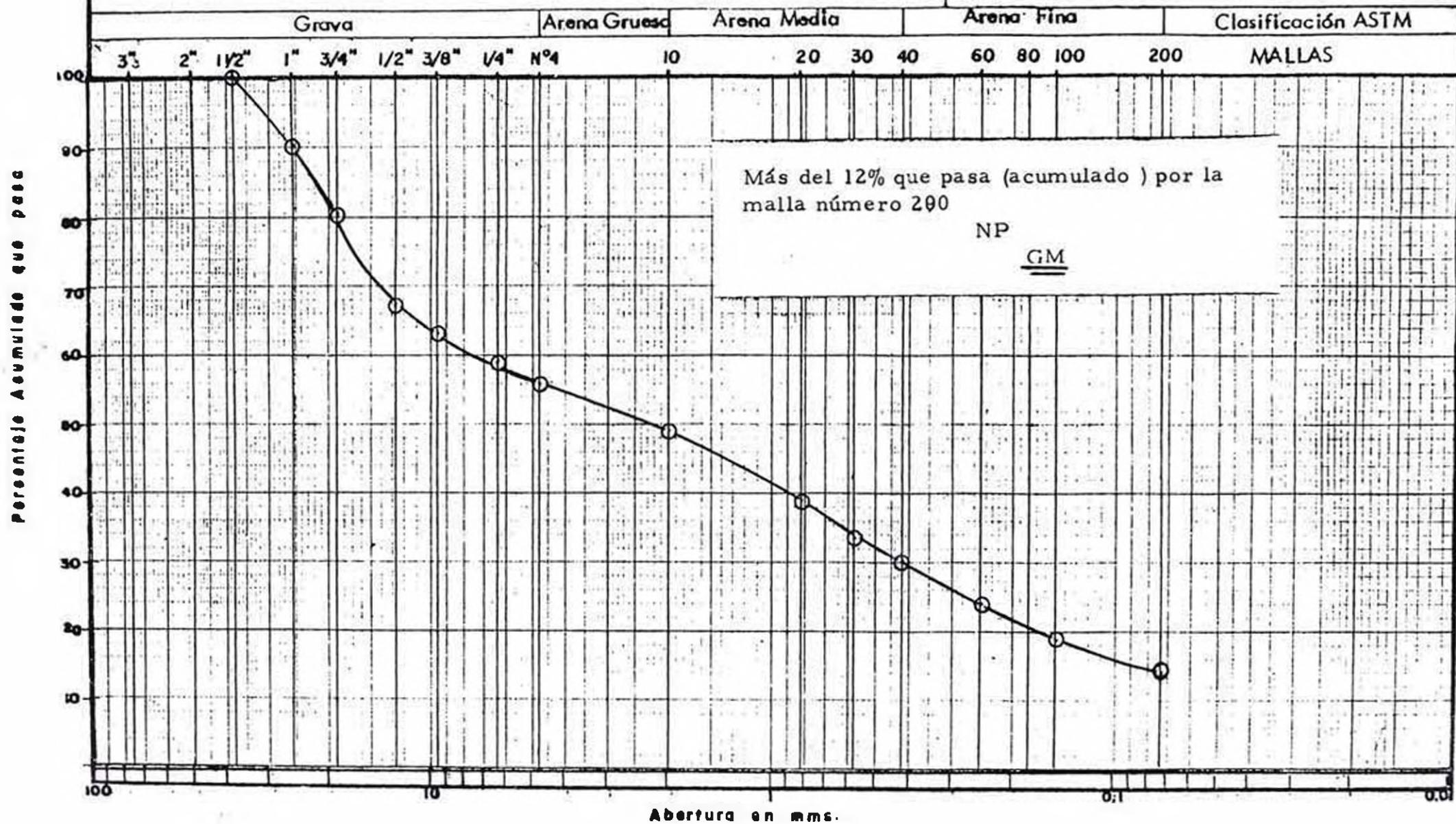
MUESTRA : 12
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

DOICITUUO : TESIS
 Procedencia : Carretera Central
 Obra : Huaycos y Desbordes
 Songos-Puente
 Fecha : Mayo de 1981



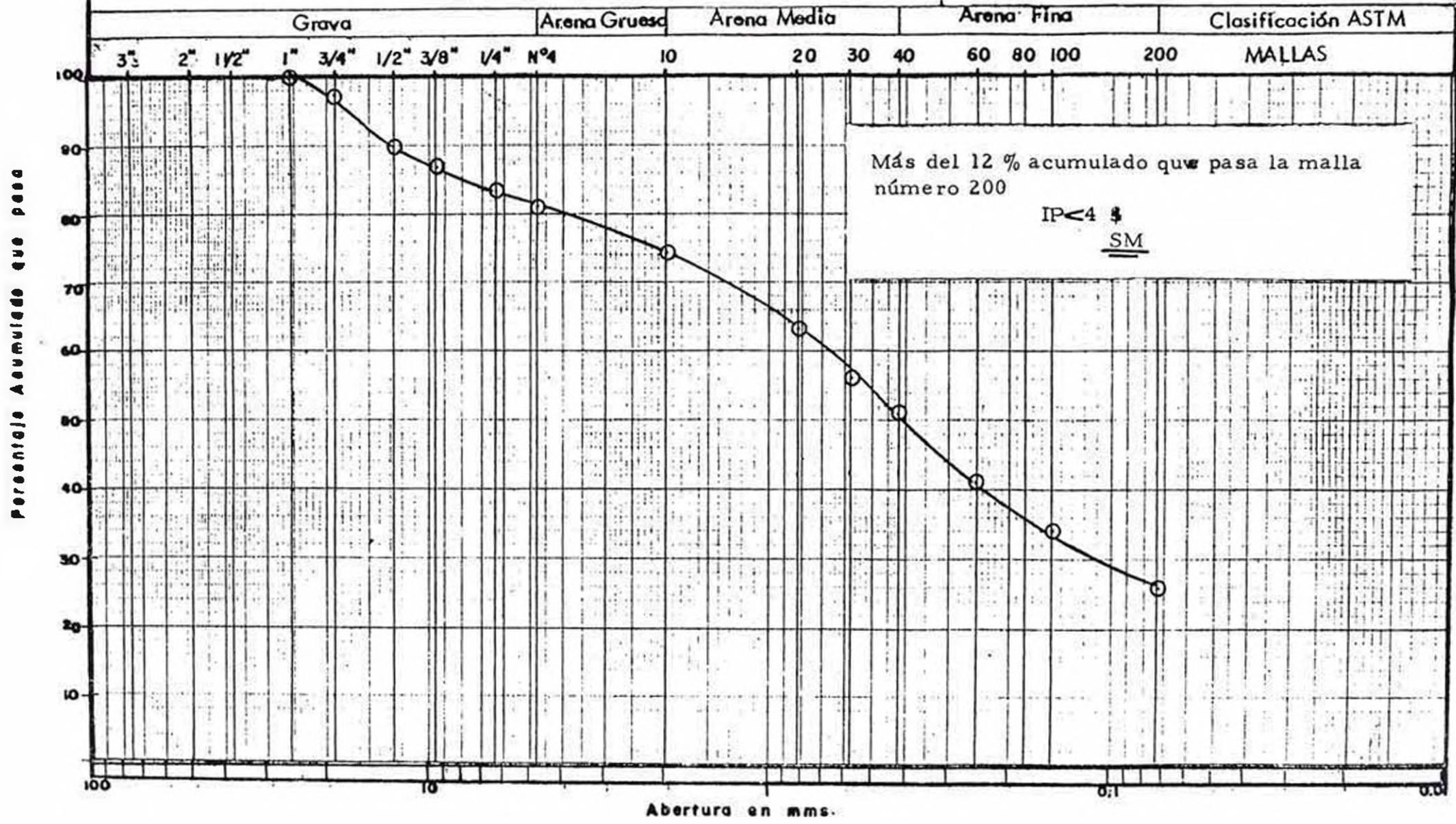
MUESTRA : 13
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

Solicitado : TESIS
 Procedencia : Carretera Central
 Obra : Huaycos y Desbordes
 Fecha : Songos- Quebrada
 : Mayo de 1981



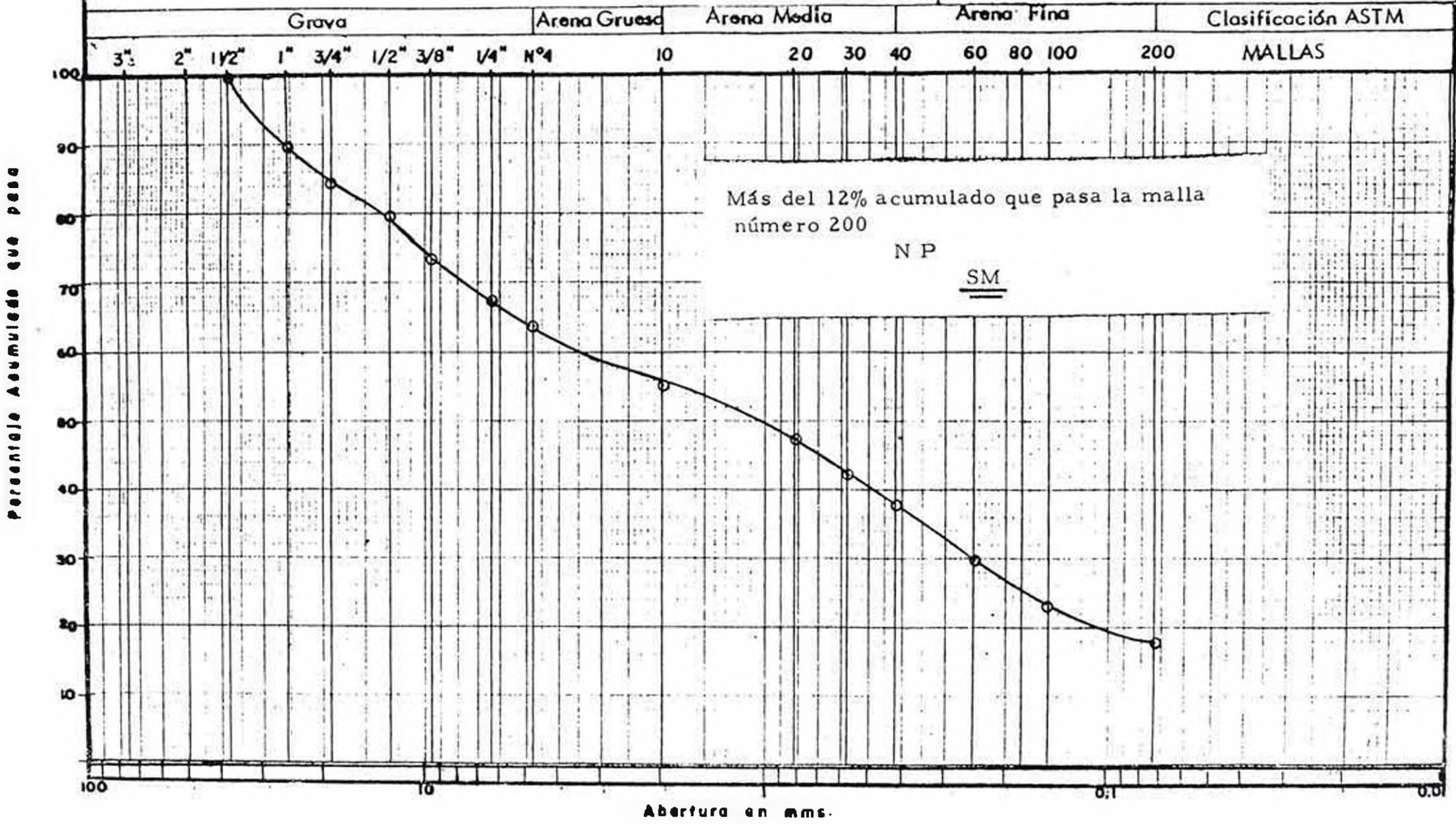
MUESTRA : 14
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

Solicitado : TESIS
 Procedencia : Carretera Central
 Obra : Huaycos y Desbordes
 Zona : Zona Surco
 Fecha : Mayo de 1981



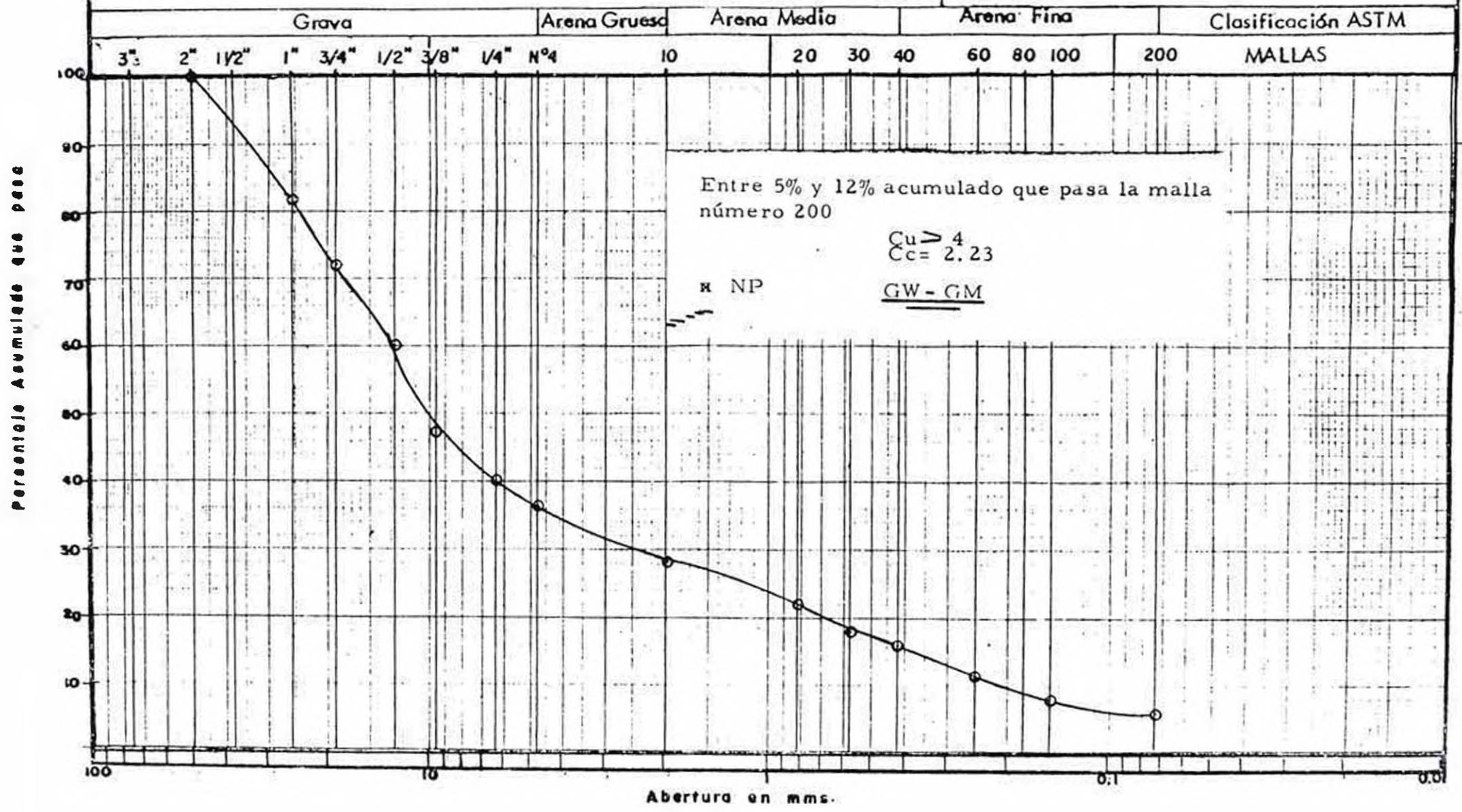
MUESTRA : 15
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

Solicitado : TESIS
 Procedencia : Carretera Central
 Obra : Huaycos y Desbordes
 Zona : Surco
 Fecha : Mayo de 1981



Solicitado : TESIS
 Procedencia : Carretera Central
 Obra : Huaycos y Desbordes
 Zona : Quita Sombrero
 Fecha : Mayo de 1981

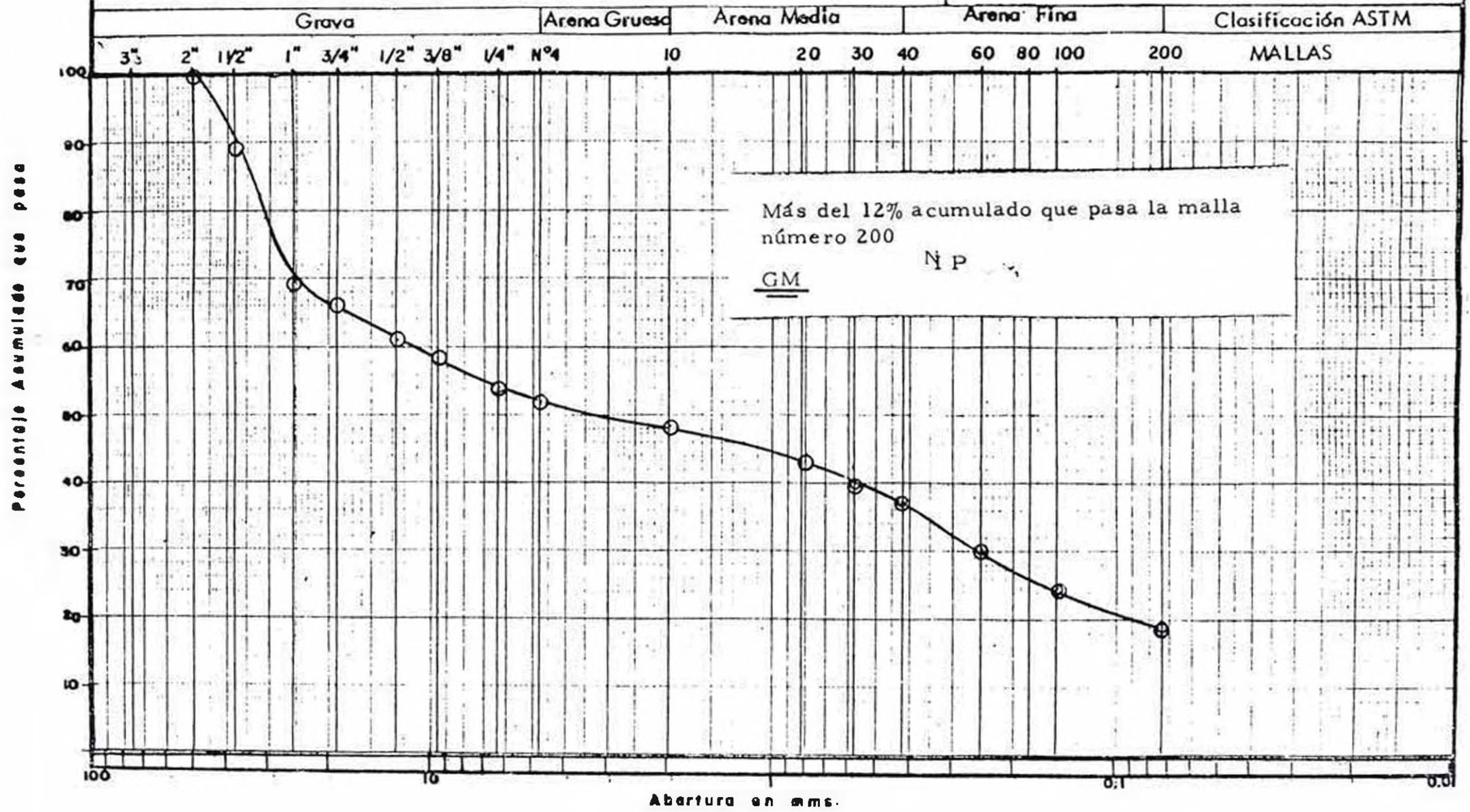
MUESTRA : 16
ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO



LABORATORIO N°2-MECANICA DE SUELOS

MUESTRA : + 17 ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

Procedencia : Carretera Central
 Obra : Huaycos y Desbordes
 Zona : Salón Blanco
 Fecha : Mayo de 1981



LABORATORIO N°2-MECANICA DE SUELOS

MUESTRA: 18

ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

SOLICITADO

TESIS

Procedencia : Carretera Central

Obra : Huaycos y Desbordes

Zona : Monterrico

Fecha

: Mayo de 1981

Grava

Arena Gruesa

Arena Media

Arena Fina

Clasificación ASTM

3" 2" 1 1/2" 1" 3/4" 1/2" 3/8" 1/4" N°4

10

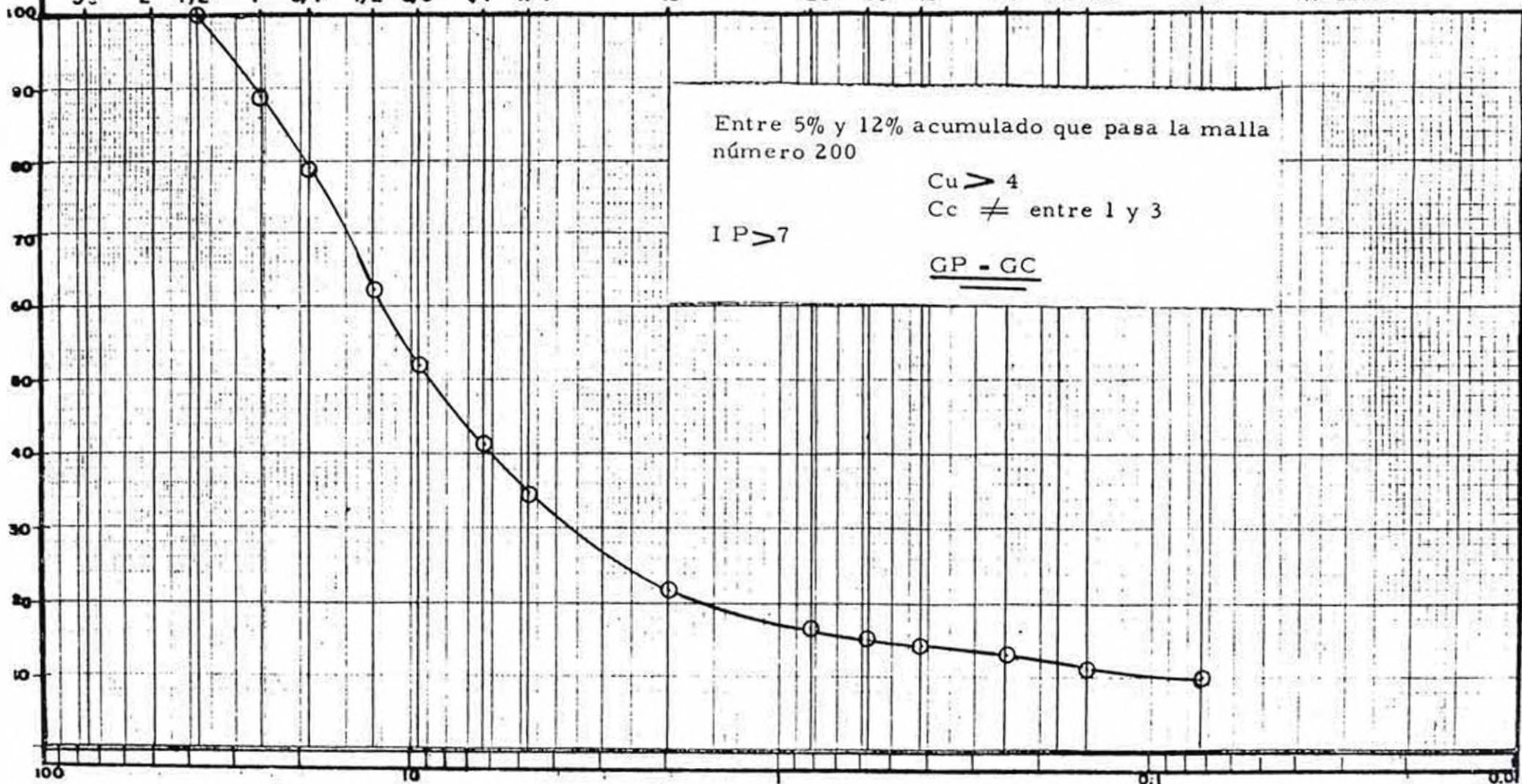
20 30 40

60 80 100

200

MALLAS

Porcentaje Acumulado que pasa



Entre 5% y 12% acumulado que pasa la malla número 200

$C_u > 4$

$C_c \neq$ entre 1 y 3

$I_P > 7$

GP - GC

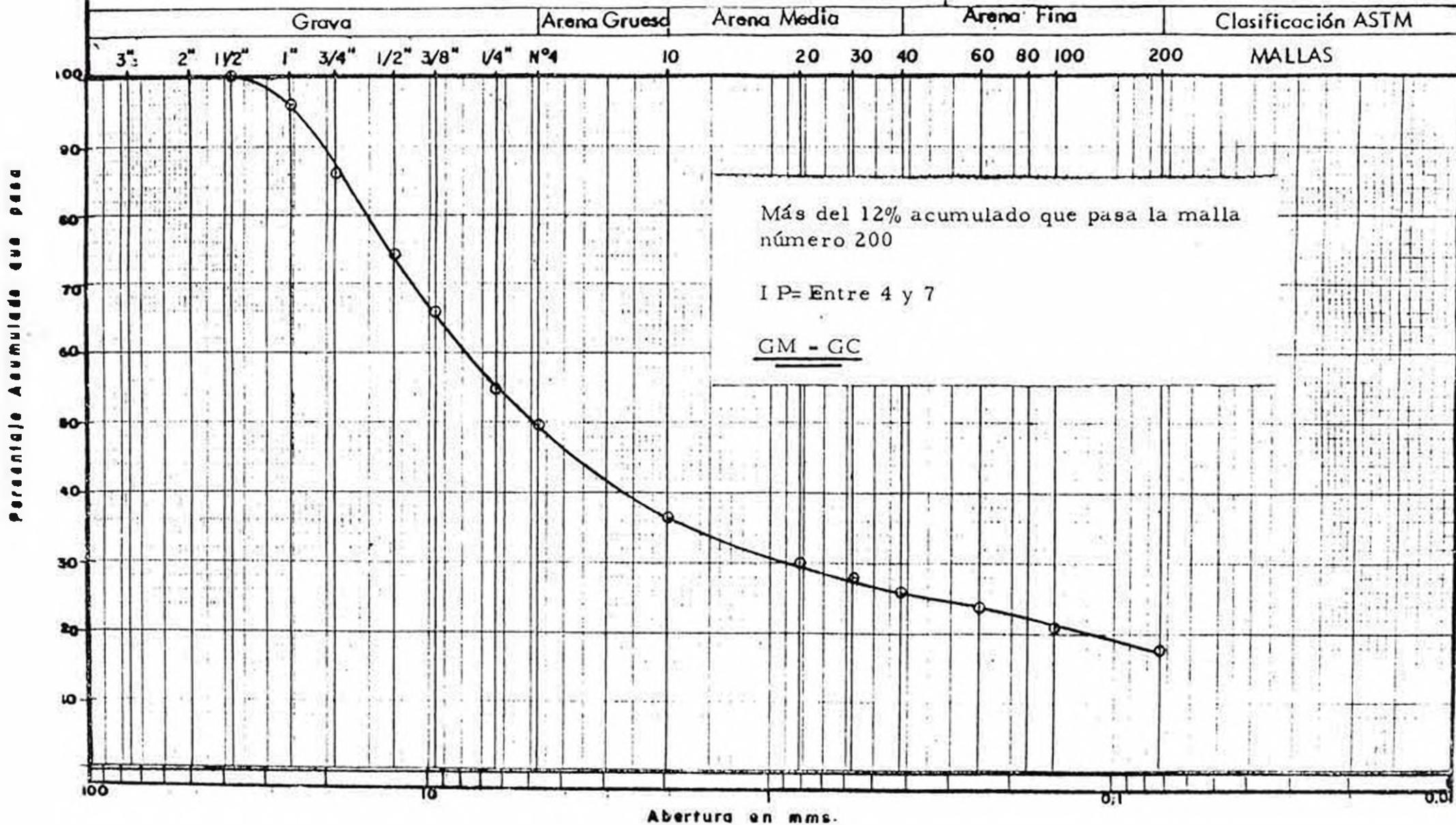
Abertura en mms.

LABORATORIO N°2-MECANICA DE SUELOS

MUESTRA : 20

ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

Solicitado : TESIS
 Procedencia : Carretera Central
 Obra : Huaycos Y Desbordes
 Zona: Huallatupi
 Fecha : Mayo de 1981

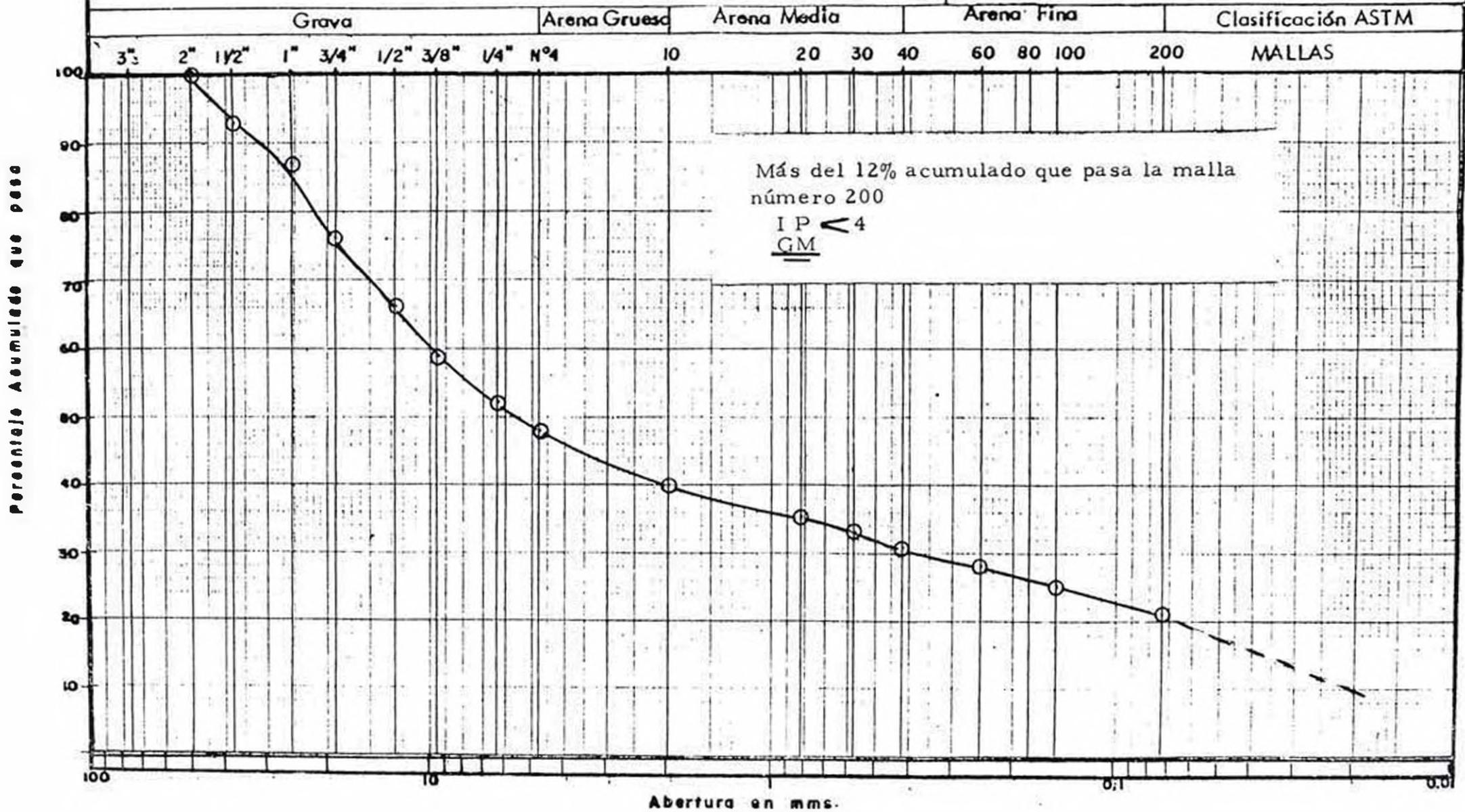


LABORATORIO N°2-MECANICA DE SUELOS

MUESTRA : 21

ANALISIS MECANICO POR TAMIZADO

Solicitado : TESIS
 Procedencia : Carretera Central
 Obra : Huaycos y Desbordes
 Zona: Ocatara
 Fecha : Mayo de 1981



Así tenemos:

Límite Líquido : 26.22%

Límite Plástico : 19.47%

Luego : $IP = L.L. - L.P. = 6.75\%$

Porcentaje que está dentro del rango mencionado (4 y 7). Luego diremos que es: $GM = GC$.

Se presentan todas las curvas granulométricas.

B) Límite Líquido : (L.L.)

Límite Líquido (L.L.) es el contenido de agua del material en el límite superior de su estado plástico. *

Se realizaron un total de 17 ensayos. Estos ensayos se realizan sobre material que pasa la malla N° 40 y el procedimiento es el siguiente:

- a) Se toma de 200 a 300 gramos del material y se la humedece adecuadamente en una vasija evaporada, a fin de que la humedad se distribuya uniformemente en la masa de la muestra.
- b) Después de 24 horas se realiza el ensayo.
- c) Para el Límite Líquido se usa la Copa de Casagrande con su respectivo acanalador (tanto para suelos cohesivos como friccionantes), según ASTM 423-66.

Si en el ensayo no se logra la cerradura con los 25 golpes, existe una Tabla para la corrección respectiva y encontrar su Límite Líquido real, el cual no debe variar en 1% con el correspondiente a 25 golpes.

* Ensayos de suelos fundamentales para la Construcción: International Road Federation.

VI-6

pes, tal como se observa en los ejemplos.

Se presenta la tabla correspondiente a la corrección, y se aprecia que para 25 golpes corresponde la unidad.

Nº de Golpes	Factor Multiplicador de corrección
10	09192
11	09272
12	09347
13	09416
14	09480
15	09541
16	09598
17	09651
18	09702
19	09757
20	09797
21	09841
22	09883
23	09923
24	09962
25	10000
26	10036
27	10072
28	10106
29	10144
30	10170
31	10200
32	10229

LABORATORIO N°2-MECANICA DE SUELOS

LIMITES DE CONSISTENCIA

Operador: F. Ramos.

Fecha: Mayo 1981

citado por: TESIS Informe N°
 objeto: "HUAYCOS Y DESBORDES DEL RIO BIMAG"
 obra N°: Canteras Muestra N°: Esperanza Profundidad:

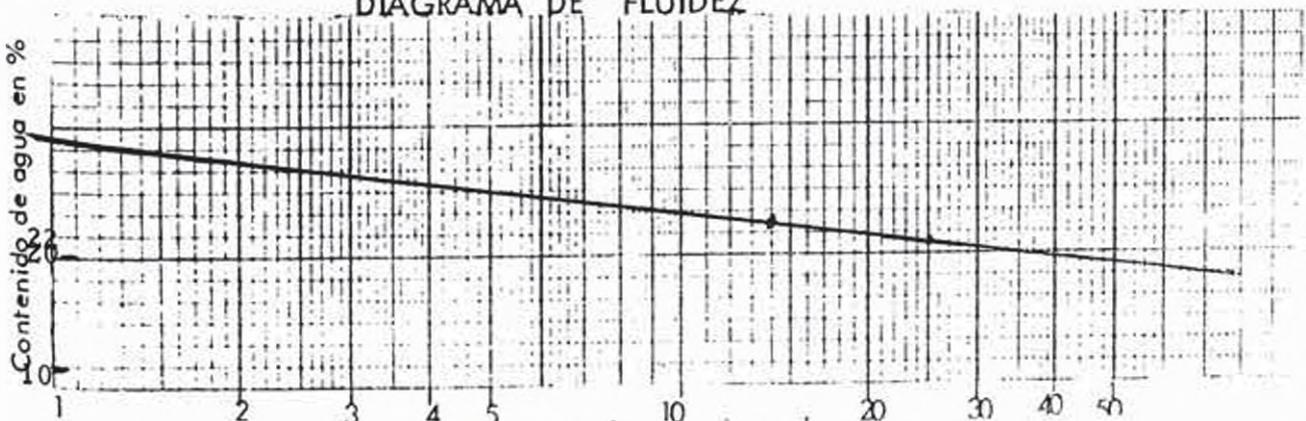
Categoría	LIMITE PLASTICO		LIMITE LIQUIDO	
	1	2	3	4
Índice de fluidez				
Índice de plasticidad	180	111	6	3
Número de golpes			25	14
Peso del frasco + suelo húmedo (gr)	23.85	22.53	38.29	43.10
Peso frasco + suelo seco (gr)	23.51	22.19	35.37	39.13
Peso del agua (1-2) (gr)	0.34	0.34	2.92	3.97
Peso del frasco (gr)	21.48	20.23	21.90	21.59
Peso suelo seco (2-4) (gr)	2.03	1.96	13.47	17.54
Contenido de humedad (3/5 x 100) (%)	16.75	17.35	21.68	22.62

17.05
LIMITE DE CONTRACCION

21.45
 21.57

Vasija de contracción N°	
Peso vasija de contracción + peso suelo húmedo (gr)	
Peso vasija de contracción + peso suelo seco (gr)	
Peso agua contenida (2-3) (gr)	
Peso vasija de contracción (gr)	
Peso suelo seco (W ₀) (3-5) (gr)	
Contenido de humedad (w) (4/6 x 100) (%)	
Volumen de la vasija de contracción (V) (cm ³)	
Volumen de la torta de suelo seco (V ₀) (cm ³)	
(V-V ₀) = (8-9) (cm ³)	
$\frac{V-V_0}{W_0} \times 100 = \frac{10}{6} \times 100$ (%)	
Límite de contracción (7-11) (%)	

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

AV. TUPAC AMARU S/M. APARTADO 1301 TELEFONO 81-1070 - CABLES: UNI - LIMA - PERU

LABORATORIO N°2-MECANICA DE SUELOS

LIMITES DE CONSISTENCIA

Operador: L. Cotrina

citado : TESIS Informe N°
 "Huaicos y Desbordes del Rio Rimac"

Fecha : Mayo 1981

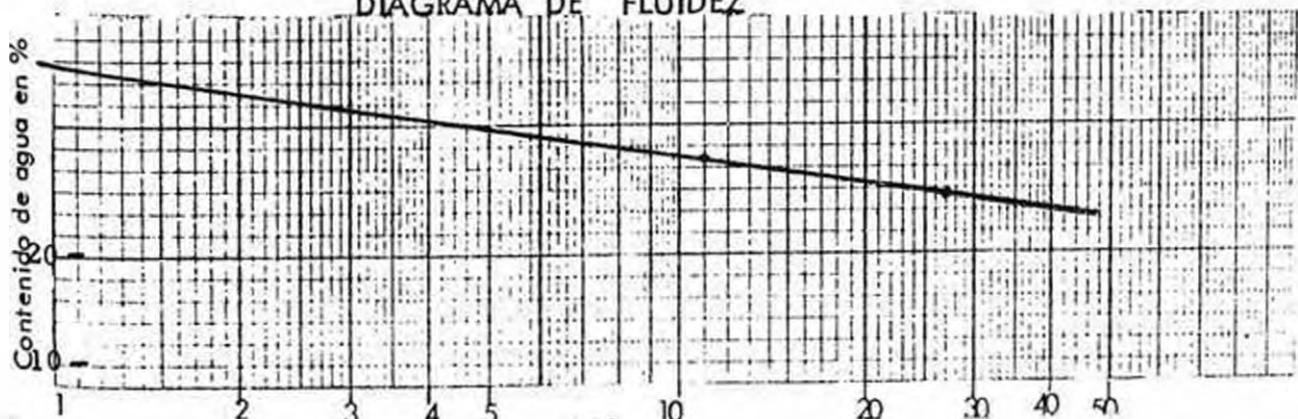
recto :
 Muestra N° 5 Profundidad:

Escala N°	LIMITE PLASTICO		LIMITE LIQUIDO	
	32	4	9	16
de golpes			27	11
Peso del frasco + suelo húmedo (gr)	3.88	3.38	14.05	20.16
Peso frasco + Suelo seco (gr)	3.63	3.20	11.65	16.20
Peso del agua (1-2) (gr)	0.25	0.18	2.40	3.96
Peso del frasco (gr)	2.34	2.28	2.33	2.36
Peso suelo seco (2-4) (gr)	1.29	0.92	9.32	13.85
Contenido de humedad (3/5 x 100) (%)	19.37	19.56	25.75	28.59

$\frac{19.37}{19.56} = 0.99$
LIMITE DE CONTRACCION 25.93 26.50
26.22

Vasija de contracción N°	
Peso vasija de contracción + peso suelo húmedo (gr)	
Peso vasija de contracción + peso suelo seco (gr)	
Peso agua contenida (2-3) (gr)	
Peso vasija de contracción (gr)	
Peso suelo seco (W ₀) (3-5) (gr)	
Contenido de humedad (w) (4/6 x 100) (%)	
Volumen de la vasija de contracción (V) (cm ³)	
Volumen de la torta de suelo seco (V ₀) (cm ³)	
0) (V-V ₀) = (8-9) (cm ³)	
1) $\frac{V-V_0}{W_0} \times 100 = \frac{10}{6} \times 100$ (%)	
2) Límite de contracción (7-11) (%)	

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

AV. TUPAC AMARU S/M. APARTADO 1301 TELEFONO 81-1070 - CABLES: UIII - LIMA - PERU

LABORATORIO N°2-MECANICA DE SUELOS

LIMITE DE CONSISTENCIA

Operador: A. Llamoja

citado :: TESIS Informe N°.....

Fecha : Mayo 1981 ..

recto : Huaycos y Desbordes del Rio Rimac

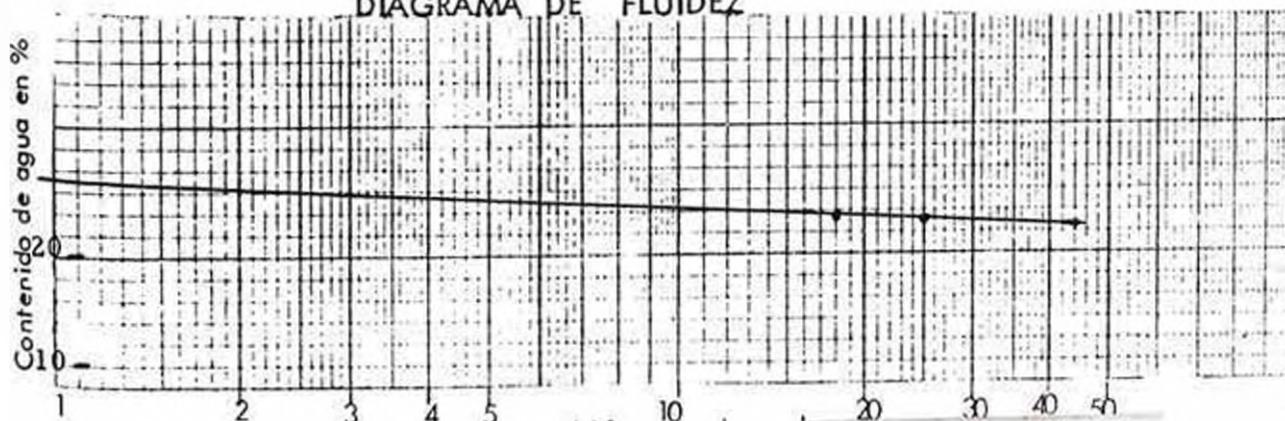
o N°..... Muestra N°..... 7..... Profundidad.....

Escala N°	LIMITE PLASTICO		LIMITE LIQUIDO	
	4	34	6	12
de golpes			18	25
Peso del frasco + suelo húmedo (gr)	6.21	7.16	12.98	12.61
Peso frasco + Suelo seco (gr)	5.34	6.42	10.90	10.70
Peso del agua (1-2) (gr)	0.57	0.74	2.08	1.91
Peso del frasco (gr)	2.28	2.39	2.21	2.46
Peso suelo seco (2-4) (gr)	3.06	4.03	8.69	8.24
Contenido de humedad (3/5 x 100) (%)	18.63	18.36	23.94	23.18

18.50
23.23
LIMITE DE CONTRACCION 23.21

Vasija de contracción N°	
Peso vasija de contracción + peso suelo húmedo (gr)	
Peso vasija de contracción + peso suelo seco (gr)	
Peso agua contenida (2-3) (gr)	
Peso vasija de contracción (gr)	
Peso suelo seco (W _o) (3-5) (gr)	
Contenido de humedad (w) (4/6 x 100) (%)	
Volumen de la vasija de contracción (V) (cm ³)	
Volumen de la torta de suelo seco (V _o) (cm ³)	
V - V _o = (8 - 9) (cm ³)	
$\frac{V - V_o}{W_o} \times 100 = \frac{10}{5} \times 100$ (%)	
2) Limite de contracción (7-11) (%)	

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



LABORATORIO N°2-MECANICA DE SUELOS

LIMITES DE CONSISTENCIA

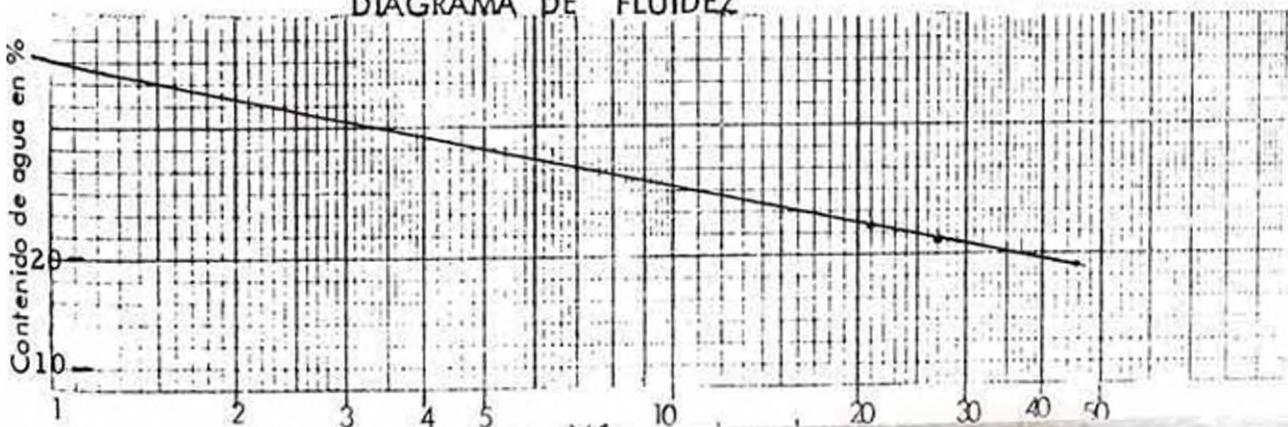
Operador: Dr. Cotrina C.
 Mayo 1981

citado : TESIS Informe N°
 Proyecto : " Huaycos y Desbordes del rio Rimac "
 Muestra N° 9 Profundidad:

Escala N°	LIMITE PLASTICO		LIMITE LIQUIDO	
	3	16	34	32
de golpes			27	21
Peso del frasco + suelo húmedo (gr)	3.69	3.97	21.53	14.98
Peso frasco + Suelo seco (gr)	3.49	3.75	18.13	12.69
Peso del agua (1-2) (gr)	0.20	0.22	3.40	2.29
Peso del frasco (gr)	2.30	2.35	2.39	2.34
Peso suelo seco (2-4) (gr)	1.19	1.30	15.74	10.35
Contenido de humedad (3/5 x 100) (%)	16.81	16.92	21.60	22.13
	16.87		21.76	21.78
	<u>LIMITE DE CONTRACCION</u>		21.77	

Vasija de contracción N°	
Peso vasija de contracción + peso suelo húmedo (gr)	
Peso vasija de contracción + peso suelo seco (gr)	
Peso agua contenida (2-3) (gr)	
Peso vasija de contracción (gr)	
Peso suelo seco (W _o) (3-5) (gr)	
Contenido de humedad (w) (4/6 x 100) (%)	
Volumen de la vasija de contracción (V) (cm ³)	
Volumen de la torta de suelo seco (V _o) (cm ³)	
1) (V-V _o) = (8 - 9) (cm ³)	
1) $\frac{V-V_o}{W_o} \times 100 = \frac{10}{8} \times 100$ (%)	
2) Limite de contracción (7-11) (%)	

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



LABORATORIO N°2-MECANICA DE SUELOS

LIMITES DE CONSISTENCIA

Operador: L. Cotrina C.

Titulo: Tesis: "Influencia de los Desbordes del Rio Rimac" N°.....

Fecha: Mayo de 1981.

Ciclo:

N° de Muestra N° 15 Profundidad:

	LIMITE PLASTICO	LIMITE LIQUIDO
N°		
N°		11
golpes		15
peso del frasco + peso suelo húmedo (gr)		19.60
peso del frasco + peso suelo seco (gr)		16.69
peso del agua (2) (gr)	NO PLASTICO	2.91
peso del frasco (gr)		2.35
peso suelo seco (4) (gr)		14.34
contenido de humedad (3/5 x 100) (%)		20.29

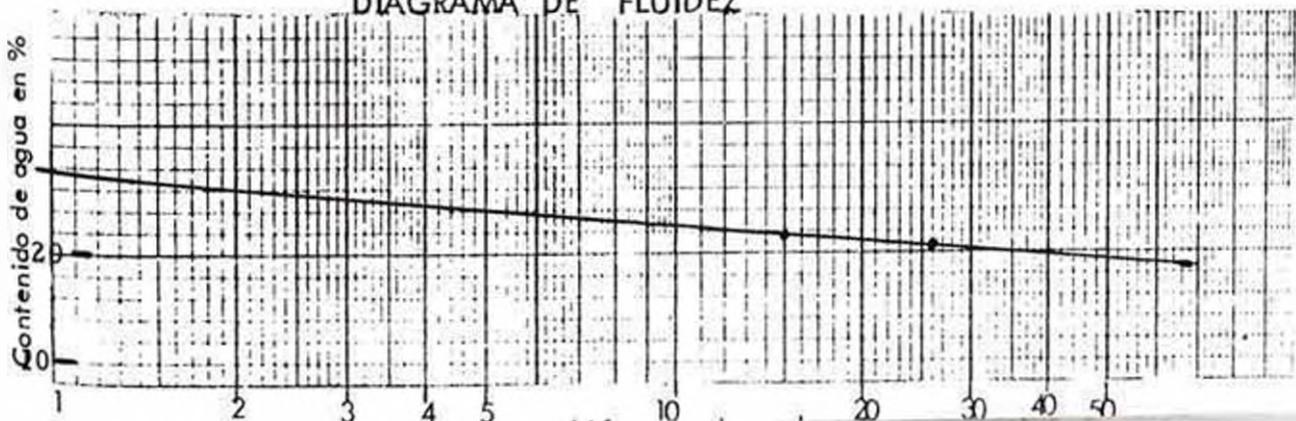
20.36 20.98

LIMITE DE CONTRACCION

20.67

vasija de contracción N°	
peso vasija de contracción + peso suelo húmedo (gr)	
peso vasija de contracción + peso suelo seco (gr)	
peso agua contenida (2-3) (gr)	
peso vasija de contracción (gr)	
peso suelo seco (Wo) (3-5) (gr)	
contenido de humedad (w) (4/6 x 100) (%)	
volumen de la vasija de contracción (V) (cm3)	
volumen de la torta de suelo seco (Vo) (cm3)	
$(V - V_0) = (8 - 9)$ (cm3)	
$\frac{V - V_0}{V_0} \times 100 = \frac{10}{6} \times 100$ (%)	
limite de contracción (7-11) (%)	

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



<u>N° de Golpes</u>	Factor Multiplicador de corrección
33	10259
34	10287
35	10315

C) Límite Plástico (L.P.)

El Límite plástico (L.P.) es el contenido de agua del material, en el Límite inferior de su estado plástico.*

Para este ensayo se utiliza el mismo material que se utiliza para el ensayo de Límite Líquido.

Para el Límite Plástico se usa una superficie plana y limpia; según ASTM D424-59.

D) Índice Plástico (IP)

El Índice Plástico (IP) es el resultado de la diferencia de Límite Líquido y el Límite Plástico. Dicho Índice nos sirve para poder entrar al gráfico y dar la clasificación del SUCS y AASHO.

E) Peso Específico Relativo de Sólidos (Ss)

Según ASTM D 854-58.

Para este ensayo se utilizaron los siguientes frascos:

<u>Frasco N°</u>	<u>Peso del Frasco</u>	<u>Peso del Frasco + Agua</u>
10	103.2 grs.	352.5 grs.

*Ensayos de Suelos Fundamentales para la Construcción. International Road Federation.

PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SUELOS (S_r)

Titulo: TESIS " Huaycos y Desbordes del Informe N°
 Proyecto: Rio Rímac " Lugar: Carretera Central
 Muestra N° Profundidad:

peso del frasco + peso suelo seco (gr.)	1	267.2	
peso del frasco volumétrico (gr.)	2	167.2	
peso del suelo seco (1-2) (gr.)	3	100.0	MUESTRA
peso del frasco + peso suelo + peso agua (gr.)	4	727.2	CANTERA
peso del frasco + peso del agua (gr.)	5	665.3	ESPERANZA

$$S_r = \frac{3}{(3+5) - (2)} = \frac{100}{38.1} = 2.62$$

peso del frasco + peso suelo seco (gr.)	1	203.2	
peso del frasco volumétrico (gr.)	2	103.2	
peso del suelo seco (1-2) (gr.)	3	100.0	Zona Rio Seco
peso del frasco + peso suelo + peso agua (gr.)	4	414.9	MUESTRA 2
peso del frasco + peso del agua (gr.)	5	352.5	

$$S_r = \frac{3}{(3+5) - (4)} = \frac{100}{37.6} = 2.65$$

peso del frasco + peso suelo seco (gr.)	1	261.3	
peso del frasco volumétrico (gr.)	2	167.2	Zona Esperanza
peso del suelo seco (1-2) (gr.)	3	94.1	
peso del frasco + peso suelo + peso agua (gr.)	4	724	MUESTRA 5
peso del frasco + peso del agua (gr.)	5	665.3	

$$S_r = \frac{3}{(3+5) - (4)} = \frac{94.1}{35.4} = 2.65$$

PESO ESPECIFICO RELATIVO DE SUELOS (S_r)

Título : TESIS "Huaicos y Desbordes del Río Rimac" Informe N°
 Tema : Río Rimac
 Lugar :
 N° : Muestras N° Profundidad

del frasco + peso suelo seco (gr)	1	204.2	
del frasco volumétrico (gr)	2	104.3	Zona Cariñito
del suelo seco (1-2) (gr)	3	99.9	
del frasco + peso suelo + peso agua (gr)	4	415.5	MUESTRA 8 7
del frasco + peso del agua (gr)	5	353.4	

$$S_r = \frac{3}{(3+5)-(4)} = \frac{99.9}{37.8} = 2.64$$

del frasco + peso suelo seco (gr)	1	267.2	
del frasco volumétrico (gr)	2	167.2	Zona Verrugas
del suelo seco (1-2) (gr)	3	100.0	
del frasco + peso suelo + peso agua (gr)	4	727.4	MUESTRA 8
del frasco + peso del agua (gr)	5	665.3	

$$S_r = \frac{3}{(3+5)-(4)} = \frac{100}{37.9} = 2.63$$

del frasco + peso suelo seco (gr)	1	268.7	
del frasco volumétrico (gr)	2	168.7	Zona Surco
del suelo seco (1-2) (gr)	3	100	MUESTRA 15
del frasco + peso suelo + peso agua (gr)	4	728.7	
del frasco + peso del agua (gr)	5	666.7	

$$S_r = \frac{3}{(3+5)-(4)} = \frac{100}{38} = 2.63$$

VI-8

Frasco N°	Peso del Frasco	Peso del Frasco + Agua
5	104.3 grs.	353.4 grs.
1	168.8 grs.	666.8 grs.
6	168.7 grs.	666.7 grs.
2	167.2 grs.	665.3 grs.
0	168.8 grs.	666.7 grs.

- Además la bomba de vacíos.

Para mayor ilustración se presentan algunos ejemplos realizados, los demás datos se aprecian en el consolidado de Ensayos Estandar de Laboratorio.

También se presenta un cuadro de los ensayos realizados según el formato del Laboratorio de Mecánica de Suelos de la UNI.

Tipo de Suelo	S _s	
Arena	2.65	-- 2.67
Arena limosa	2.67	-- 2.70
Arcilla inorgánica	2.70	-- 2.80
Suelos con micas ó hierro	2.75	-- 3.00
Suelos orgánicos	Variable, puede ser inferior a 2.00	

6.02 Ensayo de Abrasión: (Máquina de los Angeles)

Utilidad

Este ensayo se realiza, para valorar la calidad de los áridos, de-

Terminando el desgaste por abrasión, del agregado grueso, menor de 1 1/2" (38mm), utilizando la "Máquina de los Angeles".

Equipo Empleado

- a) Tamices
- b) Balanzas
- c) Máquina de los Angeles
- d) Esferas

a) Tamices

Debe ceñirse a las especificaciones AASHO de acuerdo al tamizado previo que se hace, se determina el tipo de graduación a la que pertenece, el material ensayado.

Tamaño de Pasa	Tamiz Retenido	A	B	C	D	E	F	G
3"	2 1/2"					2500		
2 1/2"	2"					2500		
2 "	1 1/2"					5000	5000	
1 1/2"	1"	1250					5000	5000
1"	3/4"	1250						5000
3/4"	1/2"	1250	2500					
1/2"	3/8"	1250	2500					
3/8"	1/4"			2500				
1/4"	N° 4			2500				
N° 4	N° 8				5000			

b) Balanza

Deberá ser sensible a 0.1% de la carga ensayada.

c) Máquina de los Angeles

Consiste en un cilindro de acero de 28 pulgadas de diámetro y 20 pulgadas de longitud con sus extremos cerrados, en cuyo centro y sin penetrar en el interior van acoplados dos ejes sobre los que horizontalmente va provisto de una abertura para introducir la muestra, y en su interior y adosado a la pared, lleva un empaño de 3,5" de ancho.

d) Esferas

La carga abrasiva consiste en esferas de acero. Esta carga abrasiva, dependerá de la granulometría. Se coloca dentro del tambor.

Tabla para Determinar la Carga a Aplicarse

Nº Vueltas	Granulometría	Nº Esferas	Peso de la Carga (gr)
500	A	12	5000 ± 25
500	B	11	4584 ± 25
500	C	8	3330 ± 20
500	D	6	2500 ± 15
1000	E	12	5000 ± 25
1000	F	12	5000 ± 25
1000	G	12	5000 ± 25

Las esferas (carga abrasiva) tienen un diámetro aproximado de 47.6 mm. y su peso está comprendido entre 390 y 445 gramos.

Procedimiento

- Se componen una muestra según una de las 7 granulometrías y con los pesos que se fijan en las normas.
- La muestra junto con la carga abrasiva (Esferas), cuyo número se fija según la granulometría escogida, para hacer independiente los resultados de lo que se emplea, se echan dentro del cilindro, haciéndola girar a una velocidad de 30 a 33 R.P.M. y dando a 500 a 1,000 vueltas, según la muestra empleada.
- Se saca el material, se separa por el tamiz N° 12 (1.68mm) los limos formados, y el material retenido.
- La diferencia en peso entre la muestra inicial y el material retenido en el tamiz N° 12, expresado en tanto por ciento, nos da el coeficiente de desgaste de los Angeles.

En el ensayo se escogió la graduación "A"

N° Vueltas	N° Esferas	Carga Abrasiva
500	12	500 ± 25

Retenido:

1"	1250 gr.
3/4"	1250 gr.
1/2"	1250 gr.
3/8"	1250 gr.
	5000 gramos.

Material retenido tamiz N° 12 = 3,963 gr.

Peso de las 12 esferas = 5,020 grs.

VI-12

$$\text{Coeficiente de desgaste} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso retenido tamiz}}{\text{Peso inicial}} \times 100.$$

Luego:

$$\text{Coeficiente de desgaste} = \left(\frac{5000 - 3,963}{5000} \right) \times 100$$

$$\text{Coeficiente de desgaste} = \frac{1037}{5000} \times 100 = 20.74\%.$$

Luego el material es bueno para base.

Se presenta hoja de cálculos.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
LABORATORIO N° 2 MECANICA DE SUELOS

RESISTENCIA A LA ABRASION
MAQUINA DE LOS ANGELES

Proyecto : TESIS " Huaycos y Desbordes del Rio Rimac "
 Muestra : Cantera - Esperanza
 Operador : Luis Cotrina C. Calculos : Luis Cotrina C.

ANALISIS GRANULOMETRICO

PESO MUESTRA SECADA AL AIRE : 5000 grs.

MALLA	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% ACUMULADO QUE PASA
3"			
2 1/2"			
2"			
1 1/2"			100
1"	1250	25	75
3/4"	1250	25	50
1/2"	1250	25	25
3/8"	1250	25	
1/4"			
N° 4			
Paño			

PORCENTAJE DE DESGASTE

Tipo de graduación A 500 Rev. 12 Esferas
 Peso muestra al comenzar el ensayo 5000 grs.
 Peso material retenido en el tamiz N° 12 3963
 Peso material que pasa el tamiz N° 12 1037
 Porcentaje de desgaste 20.74 %

Observaciones : Peso de las 12 Esferas = 5020 grs.

Fecha : Junio de 1981

INFORME N°58

SOLICITADO POR : TESIS 'Huaycos y Desbordes del Rio Rimac'
 OBRA : Carretera Central
 LUGAR : Rio Seco hasta la Esperanza
 FECHA : Mayo de 1981

ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO
 Tornamesa Esperanza

OZO N° (ZONA)		Rio Seco	Rio Seco	Rio Rimac	Rio Rimac	Esperanza
MUESTRA		1	2	3	4	5
PROFUNDIDAD (mt)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
MAYOR DE 3"		-	-	-	-	-
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA LA MALLA (de porción de material menor de 3")	3"					
	2"			100.00		
	1 1/2"		100.00	82.86		100.00
	1"	100.00	93.25	82.86	100.00	91.75
	3/4"	91.61	74.34	75.04	87.11	79.30
	1/2"	80.28	57.06	73.38	85.38	60.60
	3/8"	65.94	46.70	67.09	83.65	50.26
	1/4"	55.91	37.52	64.82	81.85	42.44
	N°4	51.60	32.71	62.88	80.51	38.49
	N°10	38.62	23.22	56.38	74.53	29.61
	N°20	27.70	15.60	47.40	69.33	24.04
	N°30	22.80	11.75	43.22	58.94	21.85
	N°40	19.07	8.52	38.81	51.90	20.25
	N°60	15.03	3.83	32.08	43.78	17.52
	N°100	12.89	1.61	25.67	37.78	15.18
N°200	11.89	0.52	19.92	25.51	12.86	
LIMITES DE CONSISTEN CIA	L.L.(%)	27.61	--	17.65	25.06	26.22
	L.P.(%)	18.26	--	14.46	N.P.	19.47
	I.P.(%)	9.35	--	3.19	N.P.	6.75
	LC.(%)	--	--	--	--	--
Peso Especifico de Sólidos -Relativo		2.63	2.65	2.66	2.68	2.65
Contenido de humedad (%)		--	--	--	--	--
Clasificación (SUCS)		GV - GC	GW	SM	SM	GM - GC
Clasificación AASHO		A-2-4(0)	A-1a (0)	A-1b(0)	A-2-4(0)	A-2-4 (0)

LABORATORIO N°2-MECANICA DE SUELOS

Hoja.2...de.5.

INFORME N°58

SOLICITADO POR : TESIS " Huaycos y Desbordes del Rio Rimac"
 OBRA : Carretera Central
 LUGAR : Esperanza hasta Cuesta Blanca
 FECHA : Mayo de 1981

ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

POZO N° (ZONA)		Rio Rimac Esperanza	Cariñito	Verrugas	Km 60 + 800	Cuesta Blanca
MUESTRA		6	7	8	9	10
PROFUNDIDAD (mt)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
% MAYOR DE 3"		--	--	--	--	--
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA LA MALLA (de porción de material menor de 3")	3"		100.00			
	2"		100.00		100.00	
	1 1/2"	100.00	89.20		82.92	100.00
	1"	90.76	81.57	100.00	61.13	90.76
	3/4"	87.07	71.17	88.72	56.91	88.58
	1/2"	77.36	58.03	77.35	55.18	87.78
	3/8"	72.45	50.08	71.44	53.75	86.07
	1/4"	66.96	43.74	66.04	51.82	83.68
	N°4	62.66	40.09	62.79	50.80	81.24
	N°10	51.11	32.41	53.67	46.63	67.51
	N°20	40.25	27.06	45.85	40.70	51.53
	N°30	35.10	25.11	42.10	37.08	44.59
	N°40	30.85	23.27	38.83	33.85	38.76
	N°60	24.54	20.54	33.38	28.40	29.70
	N°100	19.79	18.14	28.82	23.61	22.61
N°200	15.31	15.75	24.24	17.74	16.07	
LIMITES DE CONSISTENCIA	L.L.(%)	23.12	23.21	22.38	21.77	21.32
	L.P.(%)	16.07	18.50	17.47	16.87	17.68
	I.P.(%)	7.05	4.71	4.91	4.90	3.64
	LC.(%)	--	--	--	--	--
Peso Especifico de Sólidos Relativo		2.68	2.64	2.63	2.66	2.66
Contenido de humedad (%)		--	--	--	--	--
Clasificación (SUCS)		SC	GM - GC	SM - SC	GM - GC	SM
Clasificación AASHO		A-2 -4 (0)	A-1b (0)	A-1b (0)	A-1b (0)	A-1b (0)

INFORME N°58

SOLICITADO POR : TESIS "Huaicos y Desbordes del Rio Rimac "
 OBRA : Carretera Central
 LUGAR : Songos hasta Surco
 FECHA : Mayo de 1981

ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

		Rio Rimac	Puente	Quebrada		
POZO N° (ZONA)		Songos	Songos	Songos	Surco	Surco
MUESTRA		11	12	13	14	15
PROFUNDIDAD (mt)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
% MAYOR DE 3"		--	--	--	--	--
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA LA MALLA (de porción de material menor de 3")	3"					
	2"					
	1 1/2"		100.00	100.00		100.00
	1"	100.00	88.85	90.86	100.00	89.20
	3/4"	88.11	79.60	80.87	97.10	84.34
	1/2"	86.14	68.98	67.71	90.85	79.15
	3/8"	84.16	59.81	63.53	87.04	73.38
	1/4"	82.29	49.91	58.99	83.69	67.25
	N°4	81.00	44.34	56.45	81.61	63.77
	N°10	74.45	29.48	49.16	74.37	55.64
	N°20	65.68	16.29	39.57	63.18	47.11
	N°30	59.57	10.22	34.42	56.69	42.09
	N°40	54.13	6.02	30.29	51.05	37.63
	N°60	44.12	1.94	24.23	41.91	29.73
	N°100	35.42	0.68	19.62	34.12	23.50
N°200	26.25	0.24	14.66	26.66	17.68	
LIMITES DE CONSISTENCIA	L.L.(%)	22.42	--	16.50	25.19	20.67
	L.P.(%)	18.86	--	N.P.	22.63	N.P.
	I.P.(%)	3.56	--	N.P.	2.56	N.P.
	LC.(%)	--	--	--	--	--
Peso Especifico de Sólidos Relativo		2.67	2.68	2.68	2.65	2.63
Contenido de humedad (%)		--	--	--	--	--
Clasificación (SUCS)		SM	GP	GM	SM	SM
Clasificación AASHO		A-2-4(0)	A-1a (0)	A-1b (0)	A-2-4 (0)	A-1b (0)

INFORME N°58

SOLICITADO POR : TESIS " Huaycos 'y Desbordes del Rio Rimac"
 OBRA : Carretera Central
 LUGAR : Quita Sombrero hasta Huallatupi
 FECHA : Mayo de 1981

ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

OZO N° (ZONA)		Quita Smbreto	Salón Blanco	Monterrico	Chucumayo	Huallatupi
MUESTRA		16	17	18	19	20
PROFUNDIDAD (mt)		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6 MAYOR DE 3"		--	--	--	--	--
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA LA MALLA (de porción de material menor de 3")	3"					
	2"	100.00	100.00			
	1 1/2"	91.38	89.76	100.00	100.00	100.00
	1"	82.70	69.76	88.38	78.46	95.79
	3/4"	72.62	67.29	78.56	64.37	86.28
	1/2"	60.25	61.46	62.81	52.77	74.69
	3/8"	47.22	58.47	52.10	45.93	66.30
	1/4"	40.53	54.11	41.49	41.50	55.42
	N°4	36.70	52.65	34.38	38.77	49.89
	N°10	28.42	48.12	21.81	33.47	36.90
	N°20	21.88	43.07	16.73	29.64	30.22
	N°30	18.78	40.18	15.58	28.00	28.01
	N°40	16.26	37.18	14.56	26.53	26.46
	N°60	11.93	30.88	13.16	23.92	24.04
	N°100	8.50	24.93	11.78	21.22	21.78
N°200	5.76	19.06	10.00	17.41	17.96	
LIMITES DE CONSISTENCIA	L.L.(%)	--	--	26.79	--	25.26
	L.P.(%)	--	--	19.61	--	19.42
	I.P.(%)	N.P.	N.P.	7.18	N.P.	5.84
	LC.(%)	=	--	--	--	--
Peso específico de Sólidos Relativo		2.67	2.68	2.67	2.66	2.64
Contenido de humedad (%)		--	---	--	--	--
Clasificación (SUCS)		GW - GM	GM	GP - GC	GM	GM - GC
Clasificación AASHO		A-1a (0)	A-1b (0)	A-2-4 (0)	A-1b (0)	A-1b (0)

LABORATORIO N°2-MECANICA DE SUELOS

Hoja..5..de..5.

INFORME N°58

SOLICITADO POR : TESIS " Huaycos y Desbordes del Rio Rímac "

OBRA : Carretera Central

LUGAR : Esperanza y Ocatara

FECHA : Mayo de 1981

ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

Cantera

OZO N° (ZONA)	Ocatara	Esperanza		
MUESTRA	21	Cantera		
PROFUNDIDAD (mt)	0.00	0.00		
% MAYOR DE 3"	--	--		
PORCENTAJE ACUMULADO QUE PASA LA MALLA (de porción de material menor de 3")	3"			
	2"	100.00		
	1 1/2"	93.36	100.00	
	1"	87.44	95.70	
	3/4"	76.41	92.60	
	1/2"	66.39	84.00	
	3/8"	59.47	76.97	
	1/4"	52.15	66.99	
	N°4	47.88	59.97	
	N°10	40.18	39.78	
	N°20	35.13	26.16	
	N°30	33.18	22.12	
	N°40	31.70	18.84	
	N°60	28.76	15.16	
	N°100	25.66	12.49	
N°200	21.41	10.30		
LIMITES DE CONSISTENCIA	L.L.(%)	27.04	21.57	
	L.P.(%)	23.11	17.05	
	I.P.(%)	3.93	4.52	
	LC.(%)	--	--	
Peso Especifico de Sólidos Relativo	2.63	2.62		
Contenido de humedad (%)	--	--		
Clasificación (SUCS)	GM	SP - (SM -SC)		
Clasificación AASHO	A-1b (0)	A-1a (0)		

6.03 Ensayo C.B.R. : California Bearing Ratio (Relación de Soporte California).

Para realizar el ensayo del C.B.R. previamente se hace el ensayo de Compactación, dicho ensayo sirve para determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad. Este óptimo viene a ser el contenido de humedad que da el más alto peso unitario en seco.

La compactación realizada en el Laboratorio (Proctor Modificado) reproduce aproximadamente la densidad que se obtiene en obra con equipos mecánicos pesados.

En el Laboratorio de la UNI se realizó el ensayo contando con el siguiente equipo:

- Molde de compactación con base y collarín de 4" de diámetro.
- Pisón de 10 libras y altura de caída de 18".
- Balanza grande de 20 kgs. y un gramo de aproximación.
- Regla de acero para nivelar los extremos de la muestra compactada .
- Brocha, cuchara, comba, probeta, clavo, bandeja para la mezcla; tarros para el contenido de humedad.
- Balanza de 200 grs. de capacidad y de 0.01 gr. de sensibilidad para determinaciones de humedad.

El procedimiento fue el siguiente :

- a) La muestra mezclada en proporción a la granulometría hecha o realizada hasta tener los 3 kilos que usualmente se toma (Es decir el porcentaje a la grava).

Así tenemos para nuestro caso que el 40% de todo el material corresponde a grava y ésta se toma sólo la correspondiente a las mallas 3/4" y N° 4, es decir, existe el reemplazo de dicho porcentaje aquella grava que pasa la malla 3/4" y queda retenido en la N° 4.

b) La muestra antes de compactarlo se le debe agregar agua en proporción de 2% para cada punto, es decir, que para el primer punto (Proctor) será 60 c. c., para el segundo punto será 120 c. c y así sucesivamente.

c) La compactación se realiza en 5 capas y cada capa recibirá 25 golpes del Pisón de 10 libras.

d) Una vez realizada la compactación se le saca el collarín, pero previamente se le afloja las paredes con algo punzante, en este caso con un clavo.

e) Se le enrasa con la regla de acero en forma suave.

f) Luego se le quita la base y se lo pesa el molde con la muestra.

g) Luego de la parte central tanto de la muestra como de la altura del molde se extrae una cantidad necesaria para el contenido de humedad.

Para conocimiento claro se presenta el ensayo realizado (2 Proctor Modificado) y los datos principales son:

VI-15

Peso del molde usado : 1,840 grs.

Capacidad del molde : 944 c.c.

Nota: Si el material usado en el ensayo no está bien aireado o secado y contiene una humedad apreciable, es indispensable tomar dicho contenido de humedad para restarle del hallado en cada punto.

Igual cosa se hará en el ensayo C.B.R.

Para ver el agua que se necesita para los moldes.

Una vez obtenido los resultados se grafica: Densidad Seca versus contenido de Humedad; del gráfico en mención se obtiene el óptimo contenido de humedad (OCH) y la máxima densidad seca (MDS); datos que nos sirven para el ensayo de C.B.R.

Se hace notar que la energía de compactación para este caso es de 56, 250 libras - pie por cada pie cúbico.

Para el Ensayo Razón Soporte California (C.B.R.) existen dos partes que son:

1º Parte Primera, que consta de las siguientes fases:

1-a) Datos Preliminares

1-b) Compactación

1-c) Humedad

1-d) Hinchamiento

2° Parte Segunda, que consta de las fases siguientes:

2-a) Datos Preliminares

2-b) Penetración

2-c) Humedad después de la Penetración.

Para la primera parte en lo concerniente a datos Preliminares, según hoja de control encontramos como interrogante a lo siguiente:

- Peso de la muestra seca por compactar y se escoge un total de 6,000 grs. siempre proporcional, tanto grava como fino según el proctor Modificado hecho.

- El contenido de humedad de la muestra, antes de realizar la prueba de compactación de los 3 moldes; y nos arroja 1.12%.

- Agua por agregar se obtiene de la siguiente manera:

$$W\% = \frac{W_{H_2O}}{W_{m, s}}$$

$$\text{Luego: } O.C.H - C.H. \text{ natural} = \frac{W_{H_2O}}{6,000}$$

$$\text{Reemplazado } 0.0648 - 0.0112 = \frac{W_{\text{agua}}}{6,000 \text{ gr.}}$$

$$W_{\text{agua}} = (6,000) (0.0536) = 321.6 \text{ grs.}$$

$$W_{\text{agua}} = 321.6 \text{ cc.}$$

Realizado estos cálculos se procede a la parte correspondiente a

compactación. Para esta fase tan importante se debe tener presente si el molde a utilizar reúne las condiciones estándar para aplicar el número de golpes establecidos en los textos y manuales, ya que todo depende del disco espaciador tal como vamos a comprobar en el ensayo que se realizó y para lo cual se nota - en la hoja de datos los números de golpes dados.;

- Cálculo del número de golpes para el equipo de la UNI en moldes de 6" de diámetro interior.

Teniendo presente para el Proctor Método D (material para tamiz 3/4") la energía que le corresponde es de: 55,986 libras-pie por cada pie cúbico. Sabiendo que le corresponde un volumen de $1/13,33 \text{ pie}^3$ y con un disco espaciador de 2.416" (espesor) y - la altura del molde de 7". (Ver gráfico).

En el caso del Laboratorio de Mecánica de Suelos de la UNI el disco espaciador sólo tiene 5 cm. de espesor.

Luego partiendo de la fórmula correspondiente a la energía de compactación tenemos:

$$E_c = \frac{Nn Wh}{V}$$

Donde:

E_c = Energía de compactación

N = Número de golpes

n = Número de capas

W = Peso del Pistón

h = Altura de caída del Pistón.

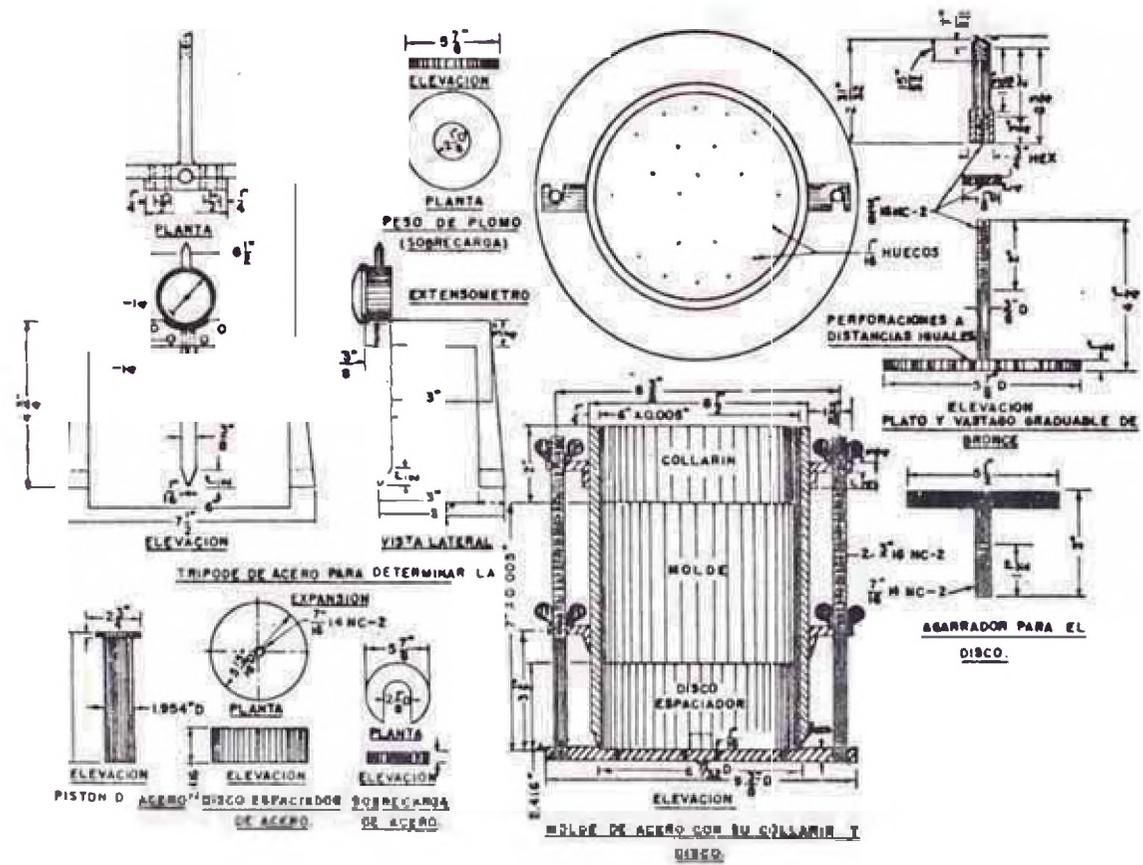


Figura II-28 Equipo empleado para los ensayos de compactación e hinchamiento

$V =$ Volúmen de la muestra.

Para verificación tenemos:

$$E_c = \frac{56 \times 5 \times 10 \times 18/12''}{1/13.33} = 56,986 \frac{\text{lb-pie}}{\text{pie}^3}$$

Para el caso de la UNI tenemos:

Nueva altura correspondiente a la muestra por compactar:

$$h_o = 7'' - 1.9685'' = 5.0315''$$

\downarrow
 5 cm.
 \downarrow
 Disco espaciador

Luego volúmen nuevo será: $V_o = r^2 h_o$

Reemplazando: $V_o = \frac{(3.1416) (6/12)^2 (5.0315/12)}{4}$

$$V_o = 0.0823273 \text{ pie}^3$$

Luego al reemplazar en la ecuación de energía de compactación tenemos:

$$56,986 = \frac{(N_o) (5) (10) (18/12)}{0.0823273}$$

Despejando N_o y resolviendo tenemos:

$$N_o = 61.45 \text{ golpes}$$

Como se puede apreciar el número de golpes para el primer molde será de 61.45 y no 56 por la variación del disco espaciador.

Luego averiguaremos para 25 golpes qué número le corresponde con el nuevo volumen.

$$\text{Así tenemos: } E = \frac{(25) (n) (W) (h)}{1/13.33} \dots\dots\dots 1$$

$$E = \frac{(N_1) (n) (W) (h)}{0.0823273} \dots\dots\dots 2$$

Dividiendo 1 : 2 tenemos:

$$1 = \frac{(25) (13.33) (0.0823273)}{N_1}$$

Entonces:

$$N_1 = 27.43 \text{ golpes}$$

Y siguiendo los mismos pasos tenemos el valor para N_2 (correspondiente al de 12 golpes).

$$N_2 = (12) (13.33) (0.0823273)$$

$$N_2 = 13.16 \text{ golpes.}$$

Resumiendo tendremos:

Molde I	Molde II	Molde III
61.45 golpes	27.43 golpes	13.16 golpes

Luego la compactación se procede igual al proctor modificado, -

teniendo presente el número de golpes, además en el momento de la compactación se deben sacar las muestras correspondientes a la fase de humedad y corresponde a la primera, tercera y quinta capa para la nomenclatura de abajo, centro y arriba - respectivamente, realizando los cálculos tal como se ilustra - en la hoja respectiva para los dos C. B. R. realizados.

La fase correspondiente al hinchamiento se logra haciendo el siguiente proceso:

- La parte superior compactada quedará en la parte inferior pero cubierto con papel filtro y la base que presenta perforación para el flujo del agua y la saturación respectiva.
- La parte que ocupaba el disco espaciador se reemplaza con - pesas como sobrecarga y un vástago regulable.
- Luego se instala el trípode y el extensómetro y será éste el - que nos indique si hay o no hinchamiento, para nuestro caso - no existió tal efecto.

Para la segunda parte del ensayo se puede ver que empieza después de ver el saturado (usualmente se deja de 3 a 4 días).

En datos preliminares se nota el valor de peso molde + suelo - húmedo después de saturado y por ende se consigue la cantidad de agua absorbida. (Ver hoja de datos).

La fase siguiente corresponde a la Penetración y se realizó en el Laboratorio de Ensayos de Materiales en una prensa hidráulica

ca, la cual permite aplicar la carga a una velocidad de 0,05 - pulgada por minuto.

Luego se tiene los pesos de sobrecarga y sólo se reemplaza al vástago regulable con el pistón de penetración que tiene 3 pulgadas cuadradas de sección,

- Se acondiciona el extensómetro (con imán) para ver la penetración y la lectura respectiva del dial en el anillo. (Ver hoja de datos).

- Seguidamente se procede a tomar muestras de ambos extremos para averiguar la humedad promedio de cada uno de los moldes.

Una vez realizado todos los pasos indicados se procede a graficar la curva correspondiente a:

Presión - Penetración

La cual se presenta y se le hace la corrección respectiva, para luego saber la presión efectiva y le corresponde a la de 0,15 - de la Penetración normal, es decir, para 0,1" corregido la presión es de 0,15" normal. Igual proceso es para los otros dos moldes.

También se hace para 0,2" corregido y se ve la presión que le corresponde.

En seguida se averigua el C.B.R. que le corresponde de acuerdo a la penetración corregida y tendremos para el primer molde

(N° 7 para nuestro caso). (También para el molde N° 6 para el otro ensayo C. B. R. realizado).

El cálculo es el siguiente:

Considerando los patrones tenemos: ($0.1'' = 1,000 \text{ lb/pulg.}^2$).

$$\text{Para } 0.1'' \quad \frac{1466.7}{1000} \times 100 = \frac{\text{Presión correspondiente (correg.)}}{\text{Patrón}}$$

Luego: Para $0.1''$ corresponde CBR = 146%

Y para $0.2''$ corresponde CBR = 222%.

Igual cálculo se hacen con los otros dos moldes correspondientes.

Entonces tenemos:

Molde 7
61 golpes $\left\{ \begin{array}{l} \text{Para } 0.1'' = 146\% = \text{CBR} \\ \text{Para } 0.2'' = 222\% = \text{CBR} \end{array} \right.$

Molde 8
27 golpes $\left\{ \begin{array}{l} \text{Para } 0.1'' = 30\% = \text{CBR} \\ \text{Para } 0.2'' = 50\% = \text{CBR} \end{array} \right.$

Molde 9
13 golpes $\left\{ \begin{array}{l} \text{Para } 0.1'' = 26\% = \text{CBR} \\ \text{Para } 0.2'' = 39\% = \text{CBR} \end{array} \right.$

Para el otro ensayo CBR realizado:

Molde 6
61 golpes $\left\{ \begin{array}{l} \text{Para } 0.1'' = 146\% = \text{CBR} \\ \text{Para } 0.2'' = 222\% = \text{CBR} \end{array} \right.$

Molde 7 27 golpes	Para 0.1" =	30%	= CBR
	Para 0.2" =	48%	= CBR
Molde 8 13 golpes	Para 0.1" =	28%	= CBR
	Para 0.2" =	41%	= CBR

Una vez comprobado que para 0.2" de penetración es mayor el CBR que para 0.1" en los dos ensayos, los textos y manuales recomiendan tomar el mayor pero dejando criterio como para este caso que el recomendable es para 0.2", tal como puede apreciarse en la gráfica correspondiente a:

Densidad Seca - CBR

En dicha gráfica se ha dibujado tanto para 0.1" como para 0.2" por cuestión de información o ilustración, pero en la práctica debe aparecer sólo para 0.1" o 0.2" .

Una vez hecha la gráfica se toma en consideración el 95% de la máxima densidad seca y se observa que CBR le corresponde.

Pero algunos casos hay que ver el rango del CBR para 98% de la MDS y en ese caso se tomaría el correspondiente a 0.1" .

Además los manuales recomiendan que si en el primer ensayo de CBR para 0.2" de penetración sale mayor que para 0.1", se debe repetir la prueba, por tal motivo se ha realizado las dos pruebas

para la comprobación y lo lógico es tomar el mayor si es que -
los resultados salen iguales o similares.

También se presenta en anexos pruebas de CBR realizados por -
el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, pero de otras -
canteras.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

AV. TUPAC AMARU S/N. APARTADO 1301 TELEFONO 81-1070 · CABLES UNI · LIMA · PERU

ENSAYO DE COMPACTACION

PRUEBA N° FECHA: Junio de 1981.....
 CITADO POR: TESIS.....
 DESCRIPCION : "Huelcos y Desbordes del Rio Rimac".....
 PRUEBA N°..... MUESTRA: Cántera..... PROFUNDIDAD:.....
 FECHA: Junio..... OPERADOR : L. Cotrima Celis.....

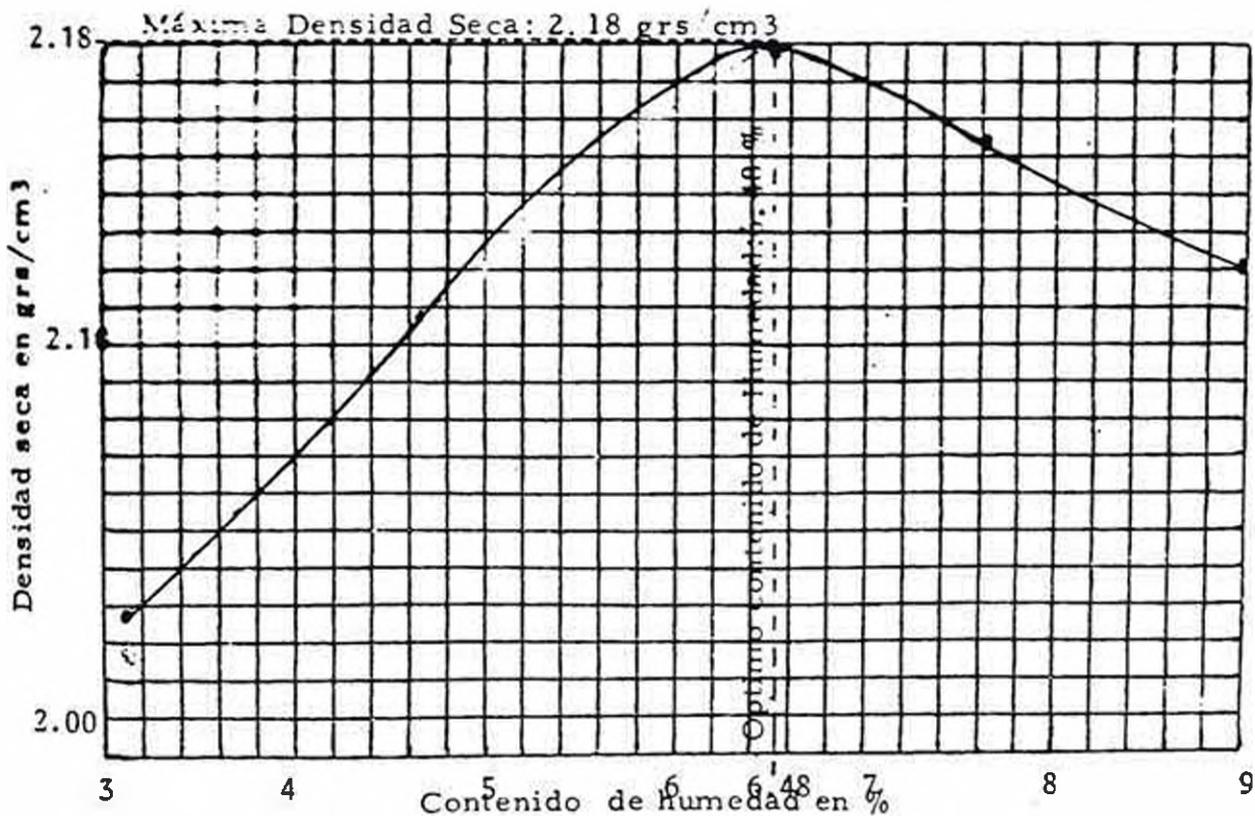
Proctor Modificado ASTM D 1557					
Prueba N°	I	II	III	IV	V
Peso molde + suelo compactado	3815	3924	4030	4020	4022
Peso del molde	1840	1840	1840	1840	1840
Peso del suelo compactado (1-2)	1975	2084	2190	2189	2182
Densidad húmeda	2.0921	2.2076	2.3199	2.3188	2.3114
Densidad seca	2.0284	2.1094	2.1790	2.1545	2.1207

CONTENIDO DE HUMEDAD

Frasco N°	1	2	3	4	5
Peso frasco + suelo húmedo	94.91	89.51	100.32	106.54	112.75
Peso del frasco + peso suelo seco	92.56	86.25	95.23	100.09	104.82
Peso agua contenida (1-2)	2.35	3.26	5.09	6.45	7.91
Peso del frasco	17.68	16.21	16.50	15.62	16.84
Peso del suelo seco (2-4)	74.88	70.04	78.73	84.47	87.98
Contenido de humedad : 3/5x100	3.1583	4.6544	6.4651	7.6358	8.9906

Máxima Densidad Seca : 2.18 grs/cm³

Optimo Contenido de Humedad : 6.48 %



ENSAYO RAZON SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.) PRIMERA PARTE

FORME N° TESIS FECHA: Junio de 1981
 LICITADO POR : Carretera Central
 PROCEDENCIA :
 MUESTRA : Canteras PROFUNDIDAD:
 OPERADOR : Luis Cotrina C. REVISADO POR: Ing. César Atala A.

DATOS PRELIMINARES

DENSIDAD MAXIMA SECA : 2.18... gr/cm³
 HUMEDAD OPTIMA : 6.48... %
 PESO DE LA MUESTRA SECA : 6000.. gra.
 CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA : 1.12... %
 AGUA POR AGREGAR : 321.6. cm³

COMPACTACION

N°	7	8	9
Capas	5	5	5
golpes por capa	61	27	13
molde 4' suelo húmedo	9600	9290	9116
molde	4230	4250	4235
suelo húmedo	5370	5040	4881
en molde (muestra)	2331.26	2331.26	2331.26
ad húmeda	2.3035	2.1619	2.0937

HUMEDAD

N°	7			8			9		
	Arriba	Centro	Abajo	Arriba	Centro	Abajo	Arriba	Centro	Abajo
Clasificación	II	III	5	2	7	3	26	11	9
suelo húmedo	72.87	75.92	78.45	74.47	75.07	78.38	75.80	72.12	79.22
suelo seco	69.66	72.11	75.62	71.11	71.60	75.64	72.77	69.18	76.48
agua	3.21	3.81	2.83	3.36	3.47	2.74	3.03	2.94	2.74
arena	18.17	15.76	16.55	16.48	16.93	18.05	16.13	14.87	16.88
suelo seco	51.49	56.35	59.07	54.63	54.67	57.59	56.59	54.31	59.60
grado de humedad	6.23	6.76	4.79	6.15	6.35	4.76	5.35	5.41	4.69
med promedio (%)	5.93			5.75			5.15		
med seca (gr./cm ³)	2.1745			2.0443			1.9911		

HINCHAMIENTO

Nota. -- No se produjo hinchamiento.

CURA	Molde N° 7			Molde N° 8			Molde N° 9		
	Dial	Pulg.	%	Dial	Pulg.	%	Dial	Pulg.	%
	igual			igual			igual		

Observaciones :

ENSAYO RAZON SOPORTE CALIFORNIA (C. B. R.) SEGUNDA PARTE

PRUEBA N° FECHA. Junio de 1981.....
 ELABORADO POR: TESIS.....
 OBJETO: "Huelcos y Desbordes del rio R. Mac."
 MATERIA: Cantera LOCALIDAD: Esperanza.....

DATOS PRELIMINARES

	7	8	9
ESTRUC. + SUELO HUMEDO DESPUES DE SATURADO ::	9652	9373	9245
ESTRUC. + SUELO HUMEDO ANTES DE SATURAR ::	9600	9290	9116
EL AGUA ABSORVIDA ::	52	83	129

PENETRACION

PENETRACION EN PULG.	PRESION PATRON en lbs/plg ²	MOLDE N° 7			MOLDE N° 8			MOLDE N° 9		
		Dial	Lbs	Corregido	Dial	Lbs	Corregido	Dial	Lbs	Corregido
				lbs/lbs/plg ²			lbs/lbs/plg ²			lbs/lbs/plg ²
25		135	297	99	80	176	58.6	90	198	66
50		225	495	165	135	297	99	160	352	117.3
75		465	1025	341	200	440	146.6	230	506	168.7
100	1000	860	1892	630.7	280	616	205.3	325	715	238.3
150		2000	4400	1466.7	550	1210	403.3	560	1232	410.7
200	1500	3388	7436	2478.7	855	1881	627	760	1672	557.3
250		4560	10032	3344	1140	2508	836	950	2090	696.7
300	1900	5680	12496	4165.3	1420	3124	1041.3	1120	2464	821.3
350	2300	7600	16720	5573.3	1955	4301	1433.7	1435	3157	1052.3
400	2600	9330	20526	6842	2480	5456	1818.7	1760	3872	1290.7

HUMEDAD DESPUES DE LA PENETRACION

N°	7	7	8	8	9	9
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
PROFUNDIDAD	32	3	6	27	26	✓
SUELO HUMEDO	21.84	32.36	23.94	38.74	71.18	89.33
SUELO SECO	21.07	30.14	22.58	36.06	67.49	83.95
AGUA	0.77	2.22	1.36	2.68	3.69	5.38
GRASA	2.34	2.30	2.21	2.34	15.99	17.06
SUELO SECO	18.73	27.84	20.37	33.72	51.50	66.89
INDICE DE HUMEDAD	4.11	7.97	6.67	7.94	7.16	8.04
VALOR PROMEDIO	6.04		7.30		7.60	

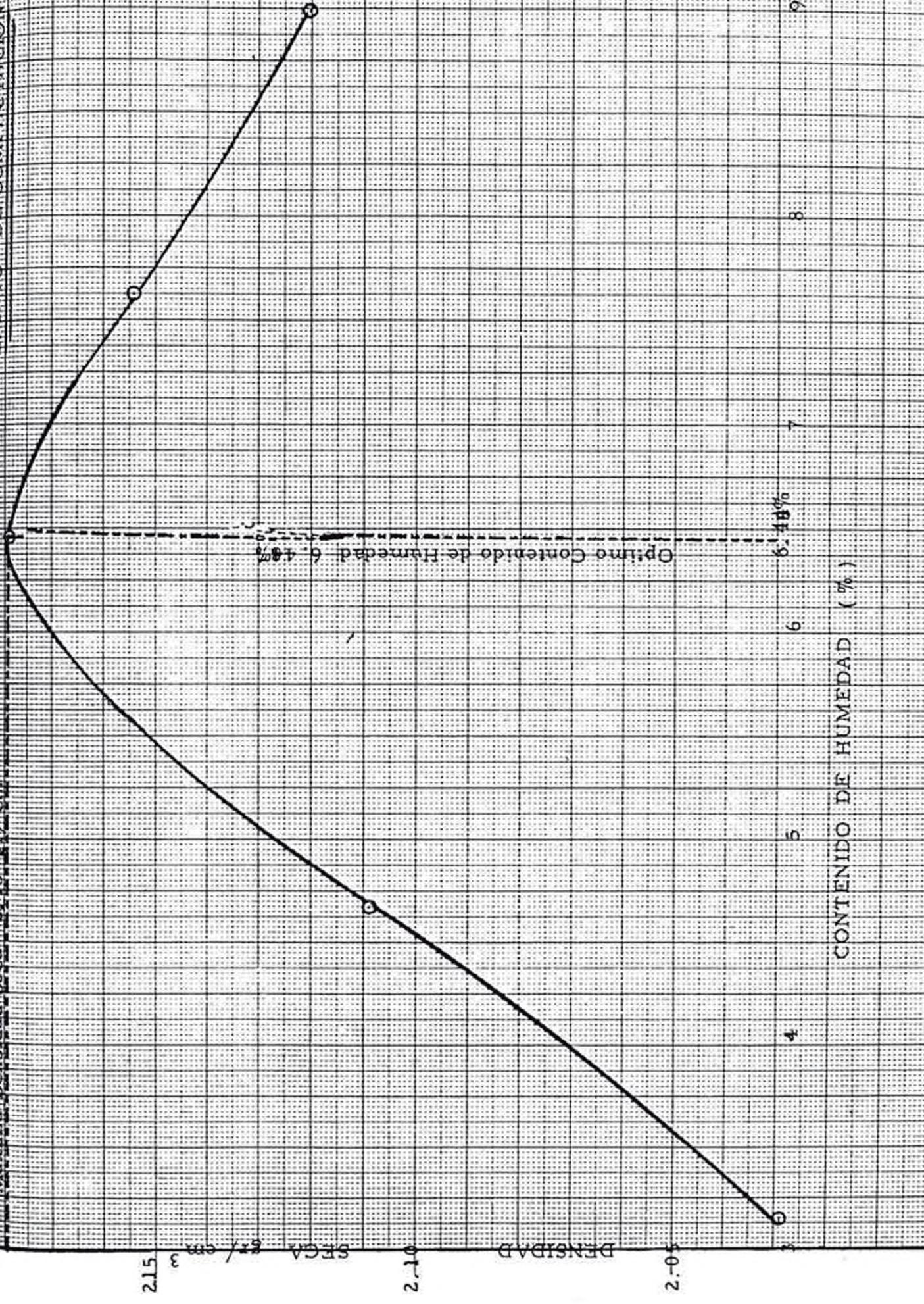
C. B. R.

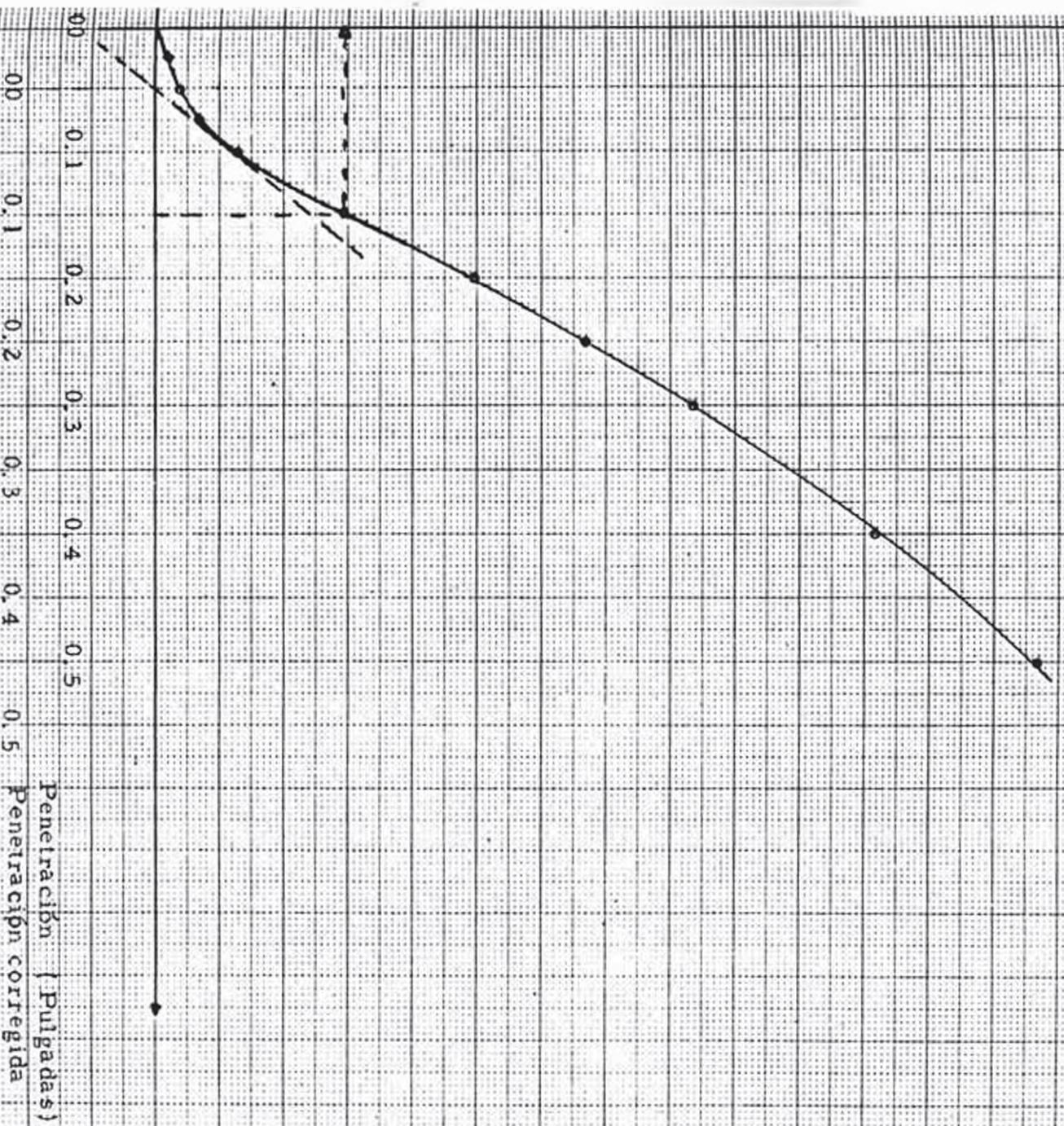
1. 100 pulg. de penetración . 146% (7) ... 30% (8) ... 26% (9).....
 2. 200 pulg. de penetración . 222% (7) ... 50% (8) ... 39% (9).....
 OBSERVACIONES:.....

DENSIDAD gr / cm³

CONTENIDO DE HUMEDAD (%)

Optimo Contenido de Humedad 6.48%

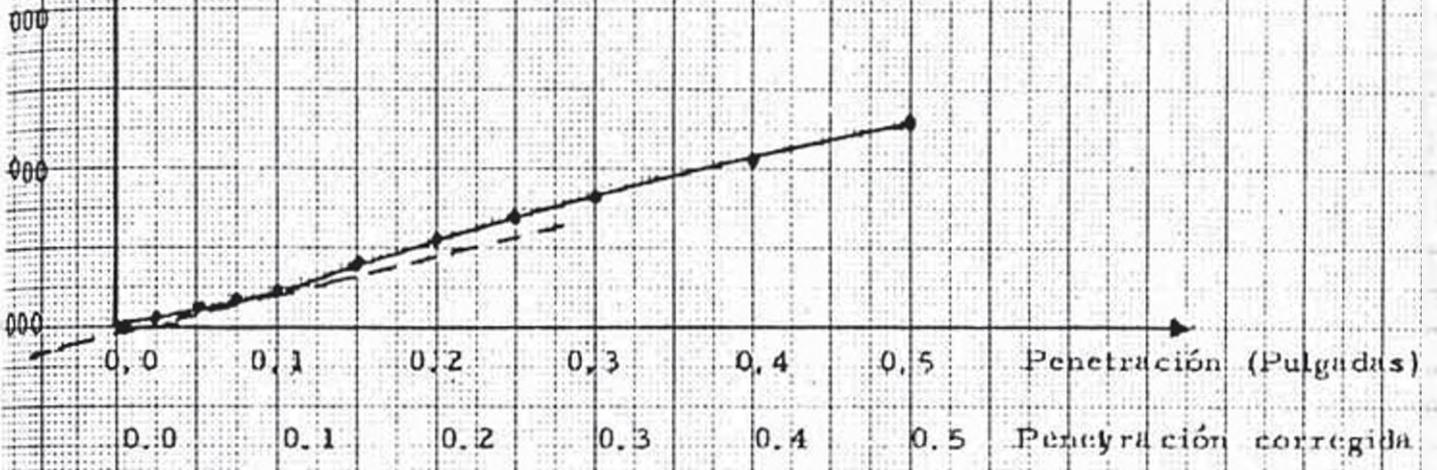


CURVA : PRESION - PENETRACIONMOLDE : 7

Presión
/pulg²

CURVA : PRESION-PENETRACION

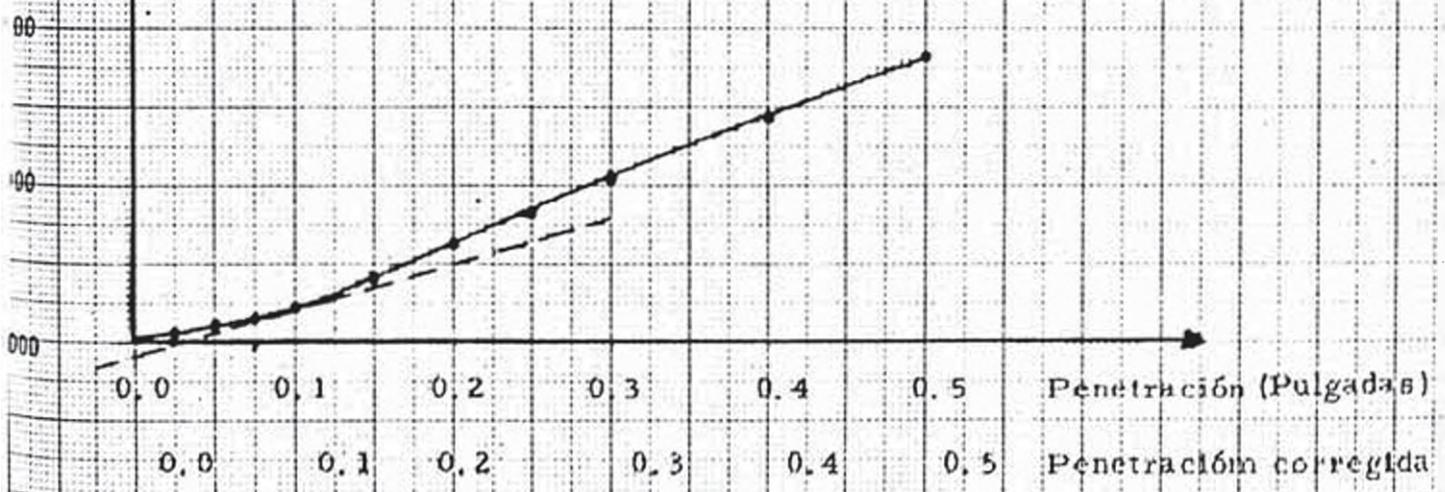
MOLDE : 9



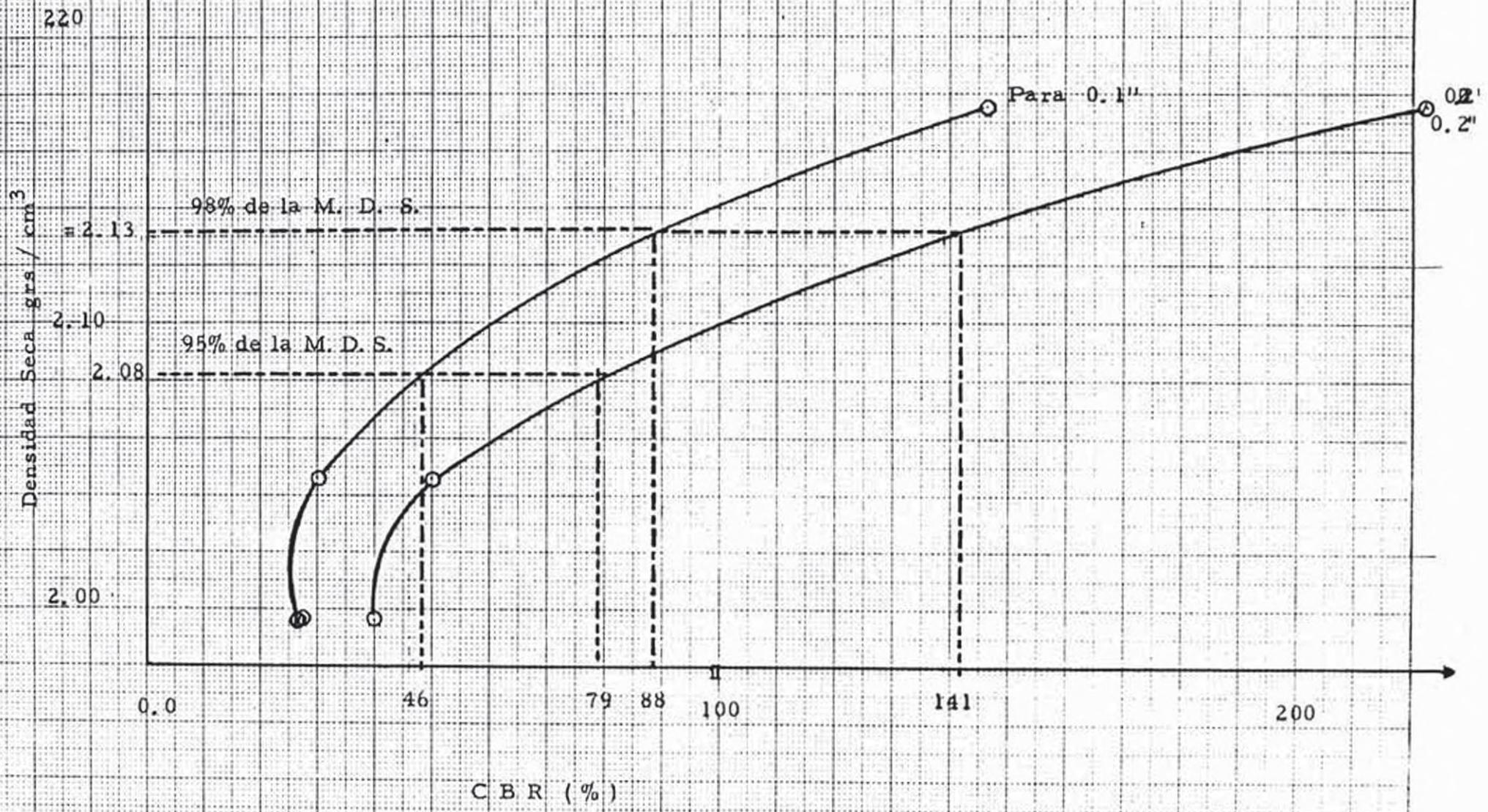
Presión
/pulg²

CURVA : PRESION - PENETRACION

MOLDE : 8



CURVA : DENSIDAD SECA - C B R



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

AV. TUPAC AMARU S/N. APARTADO 1301 TELEFONO 81-1070 - CABLES: UNI - LIMA - PERU

ENSAYO DE COMPACTACION

PRUEBA N° FECHA:.. Junio de 1981.....
 CITADO POR:.. TESIS.....
 DESCRIPCION :..... "Hualcos y Desbordes del Rio Rimac".....
 MUESTRA:.. Canterá..... PROFUNDIDAD:.....
 OPERADOR :.. L. Cotrina C.....

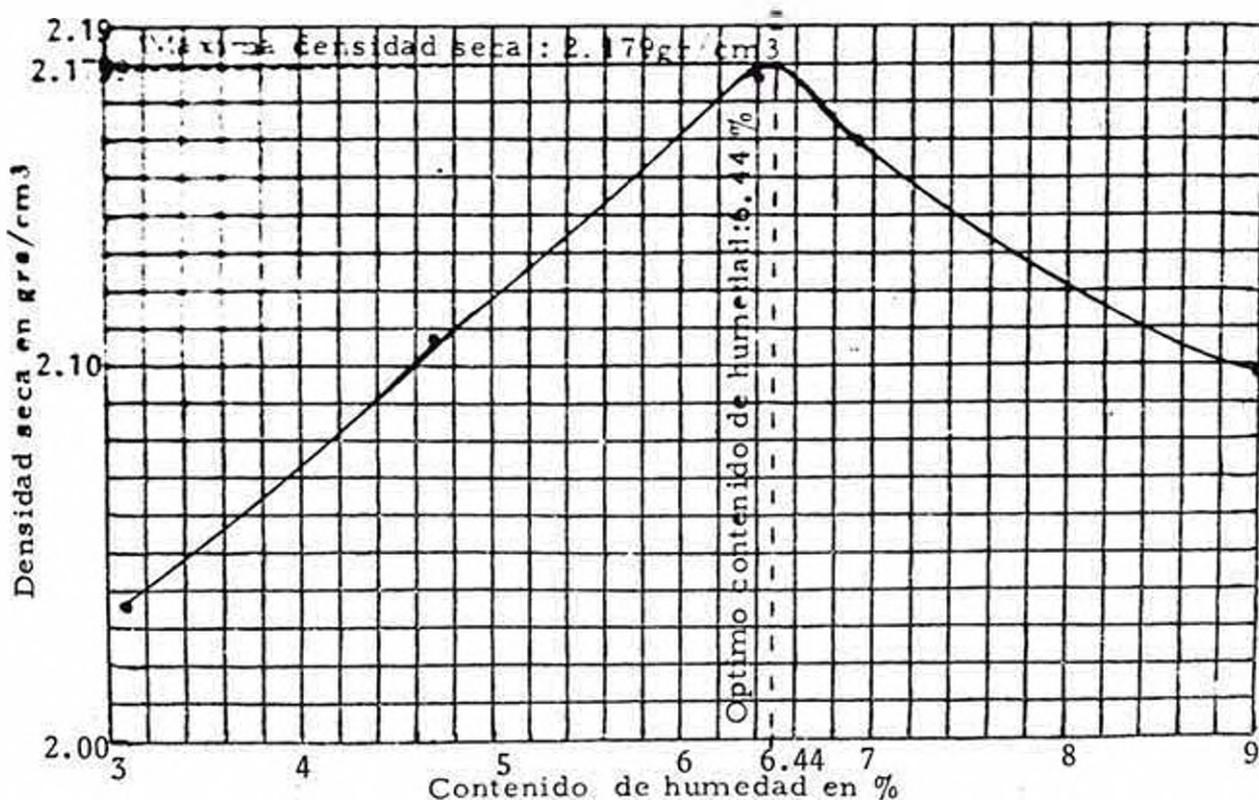
Proctor modificado ASTM D 1557					
Prueba N°	I	II	III	IV	V
Peso molde + suelo compactado	3821	3921	4027	4022	3994
Peso del molde	1840	1840	1840	1840	1840
Peso del suelo compactado(1-2)	1981	2081	2187	2182	2154
Densidad húmeda	2.0985	2.2044	2.3167	2.3114	2.2817
Densidad seca	2.0357	2.1038	2.1772	2.1626	2.0947

CONTENIDO DE HUMEDAD

Frasco N°	I	II	III	IV	V
Peso frasco + suelo húmedo	101.61	76.99	99.69	132.46	122.49
Peso del frasco + peso suelo seco	99.10	74.30	94.57	124.98	113.73
Peso agua contenida (1-2)	2.51	2.69	5.12	7.44	8.76
Peso del frasco	17.70	18.01	14.65	16.85	15.55
Peso del suelo seco (2-4)	81.40	56.29	79.92	108.13	98.18
Contenido de humedad :3/5x100	3.0835	4.7788	6.4064	6.8806	8.9223

Máxima Densidad Seca : 2.179 grs/cm³

Optimo Contenido de Humedad : 6.44 %



ENSAYO RAZON SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.) PRIMERA PARTE

INFORME N° FECHA: Junio de 1981
 SOLICITADO POR : Tesis
 PROCEDENCIA : Carretera Central
 POZO N° MUESTRA : Canteras PROFUNDIDAD:
 OPERADOR : Luis Cotrina Celis REVISADO POR: Ing° César Atala A.

DATOS PRELIMINARES

DENSIDAD MAXIMA SECA : 2.179 gr/cm³
 HUMEDAD OPTIMA : 6.44 %
 PESO DE LA MUESTRA SECA : 6000 grs.
 CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA : 1.12 %
 AGUA POR AGREGAR : 319.2 cm³

COMPACTACION

e N°	6	7	8
capas	5	5	5
golpes por capa	61	27	13
molde 4' suelo húmedo	9618	9280	9135
molde	4240	4230	4250
suelo húmedo	5378	5050	4885
peso en molde (muestra)	2331.26	2331.26	2331.26
densidad húmeda	2.3069	2.1662	2.0954

HUMEDAD

e N°	6			7			8		
	Arriba	Centro	Abajo	Arriba	Centro	Abajo	Arriba	Centro	Abajo
Arriba N°	2	26	9	3	11	11	11	5	7
4' suelo húmedo	70.95	74.92	79.94	74.74	73.05	78.45	73.80	74.48	76.17
4' suelo seco	67.76	71.19	77.04	71.44	69.55	75.67	70.80	71.47	73.57
agua	3.19	3.73	2.90	3.30	3.50	2.76	3.00	3.01	2.60
altura	16.48	16.18	16.88	18.05	14.87	18.17	15.76	16.55	16.93
suelo seco	51.28	55.01	60.16	53.39	54.68	57.50	55.04	54.92	56.64
coeficiente de humedad	6.22	6.78	4.82	6.18	6.40	4.80	5.45	5.48	4.59
humedad promedio (%)	5.94			5.79			5.17		
densidad seca (gr/cm ³)	2.1775			2.0476			1.9924		

HINCHAMIENTO

Nota. - No hubo hinchamiento.

HORA	Molde N°			Molde N°			Molde N°		
	Dial	Pulg.	%	Dial	Pulg.	%	Dial	Pulg.	%

Observaciones :

ENSAYO RAZON SOPORTE CALIFORNIA (C. B. R.) SEGUNDA PARTE

NOMBRE N° FECHA.. Junio de 1981.....
 ELABORADO POR:.. TESIS.....
 OBJETO :..... " Huaycos y Desbordes del Rio Rimac ".....
 LUGAR: Cantera..... LOCALIDAD: Esperanza.....

DATOS PRELIMINARES

	6	7	8
MOLDE + SUELO HUMEDO DESPUES DE SATURADO :	9668	9360	9265
MOLDE + SUELO HUMEDO ANTES DE SATURAR :	9618	9280	9135
DEL AGUA ABSORVIDA :	50	80	130

PENETRACION

PENETRACION PULGS.	PRESION PATRON en lbs/plg ²	MOLDE N° 6			MOLDE N° 7			MOLDE N° 8		
		Dial	Lbs	Corregido lbs/lbs/plg ²	Dial	Lbs	Corregido lbs/lbs/plg ²	Dial	Lbs	Corregido lbs/lbs/plg ²
0.025		125	275	91.6	75	155	55	85	187	62.3
0.050		220	484	161.3	125	275	91.6	150	330	110
0.075		455	1001	333.6	195	429	143	215	473	157.6
0.100	1000	855	1881	627	285	627	209	320	704	234.6
0.150		1995	4389	1463	545	1199	399.6	550	1210	403.3
0.200	1500	3370	7414	2471.3	840	1848	616	750	1650	550
0.250		4555	10021	3340.3	1130	2486	828.6	955	2101	700.3
0.300	1900	5670	12474	4158	1410	3102	1034	1125	2475	825
0.400	2300	7590	16698	5566	1950	4290	1430	1440	3168	1056
0.500	2600	9325	20515	6838.3	2470	5434	1811.3	1750	3850	1283.3

HUMEDAD DESPUES DE LA PENETRACION

PENETRACION PULGS.	6		7		8	
	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo
N°	26	3	11	5	7	2
MOLDE + SUELO HUMEDO	33.82	48.45	36.73	51.73	72.59	88.54
MOLDE + SUELO SECO	33.12	46.25	35.38	49.13	68.89	83.14
DEL AGUA	0.70	2.20	1.35	2.60	3.70	5.40
DEL AGUA PARA SUELO SECO	16.18	18.05	14.87	16.55	16.93	16.48
DEL AGUA PARA SUELO SECO	16.94	28.20	20.51	32.58	51.96	66.66
PERCENTAJE DE HUMEDAD	4.13	7.80	6.58	7.98	7.12	8.10
VALOR PROMEDIO	5.97		7.28		7.61	

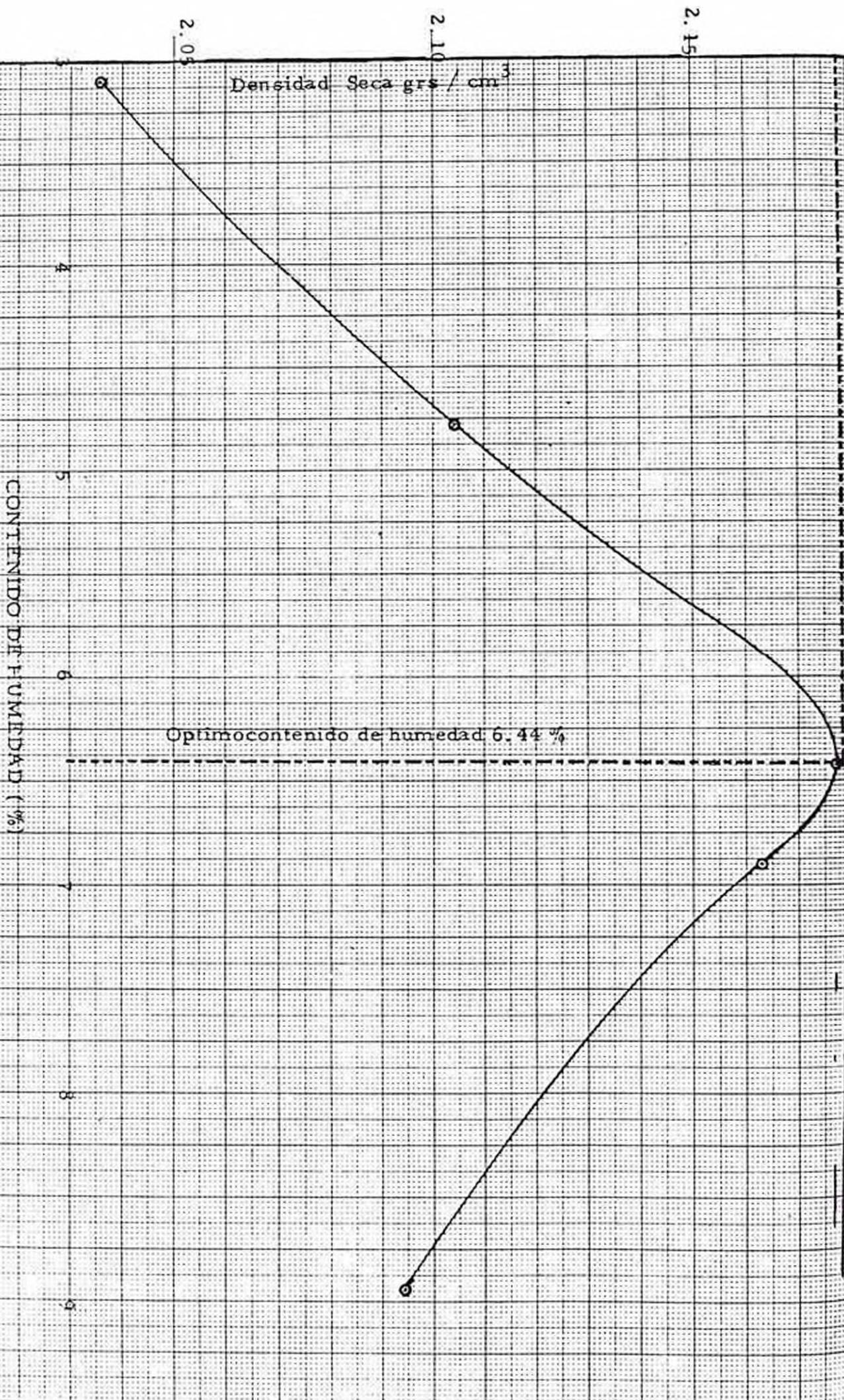
C. B. R.

0.100 pulg. de penetración ... 146% (6) ... 30% (7) ... 28% (8)
 0.200 pulg. de penetración ... 222% (6) ... 48% (7) ... 41% (8)

OBSERVACIONES:.....

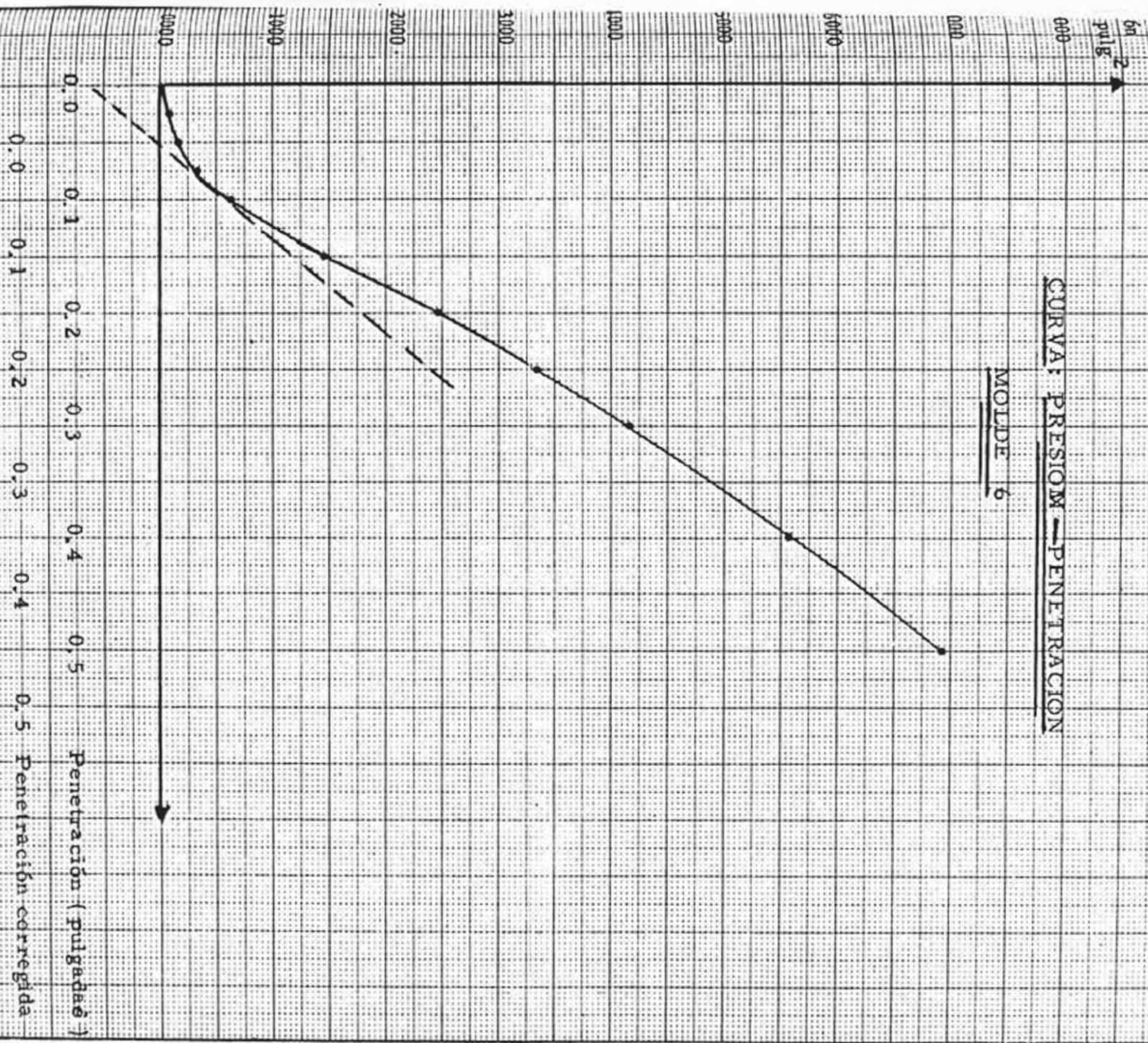
Máxima Densidad Seca 21179 grs / cm³

ENSAYO DE COMPACTACIÓN



CURVA: PRESION - PENETRACION

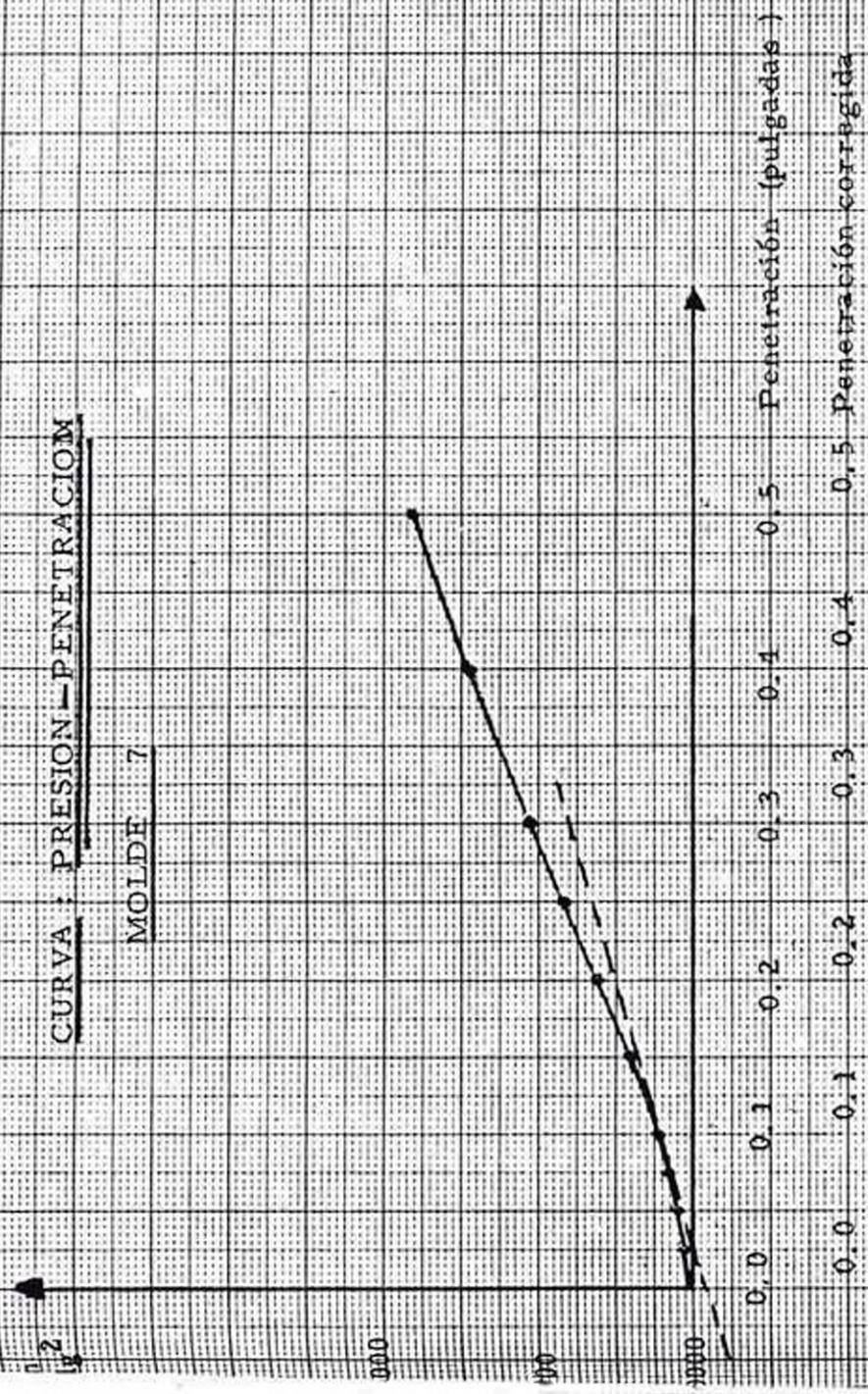
MOLDE 6



Penetración (pulgadas)

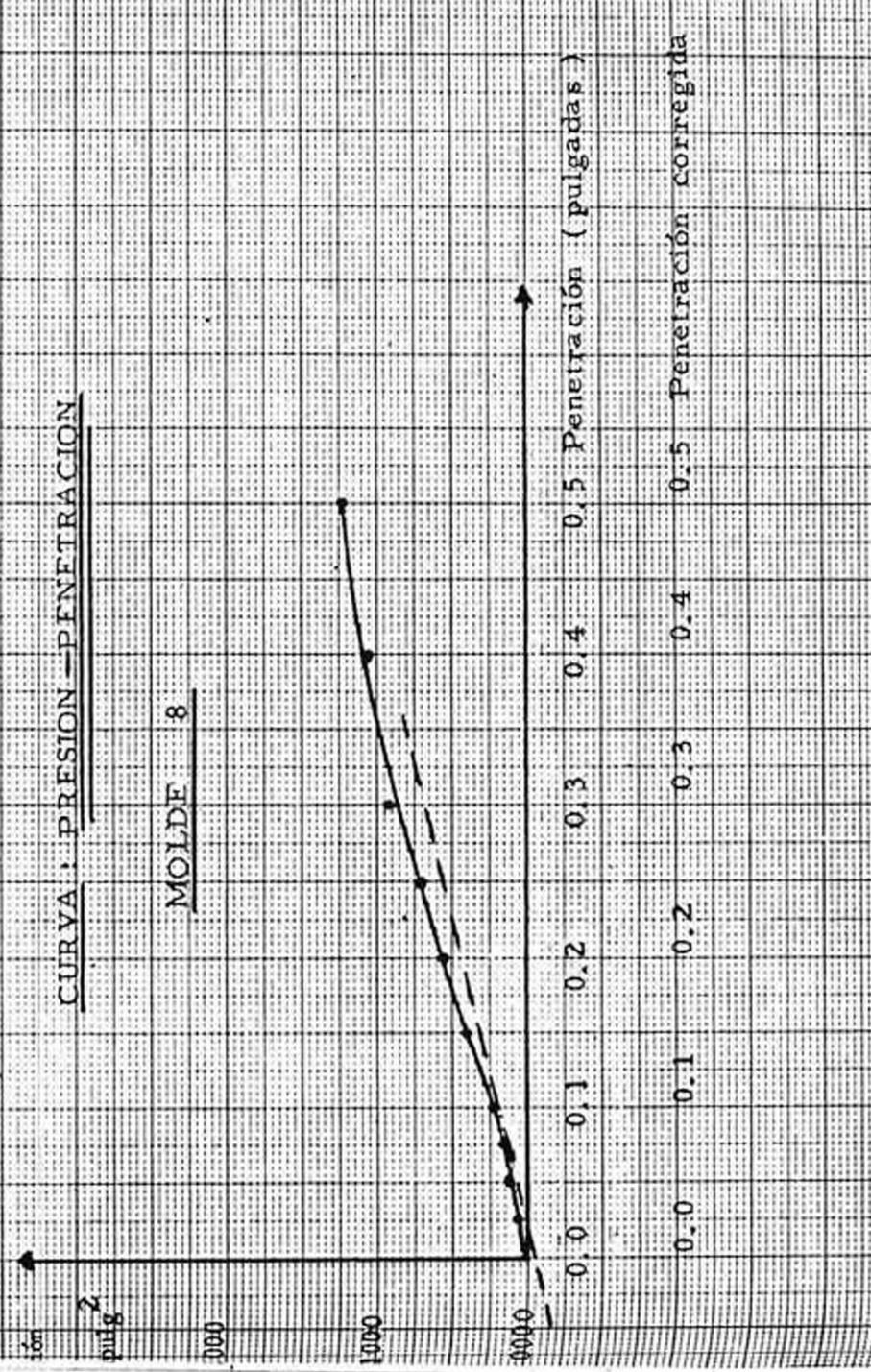
CURVA : PRESION - PENETRACION

MOLDE 7

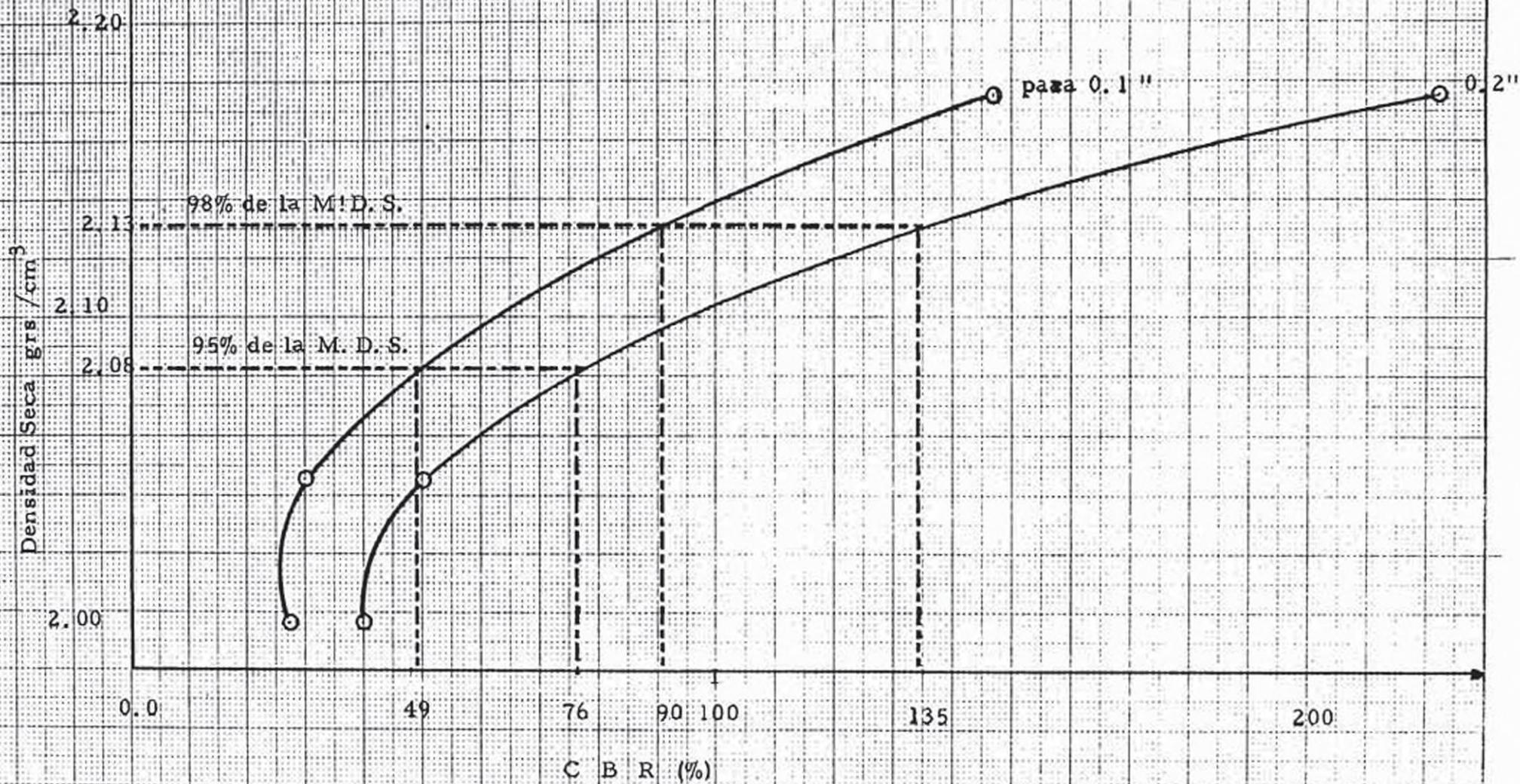


CURVA : PRESION - PENETRACION

MOLDE 8

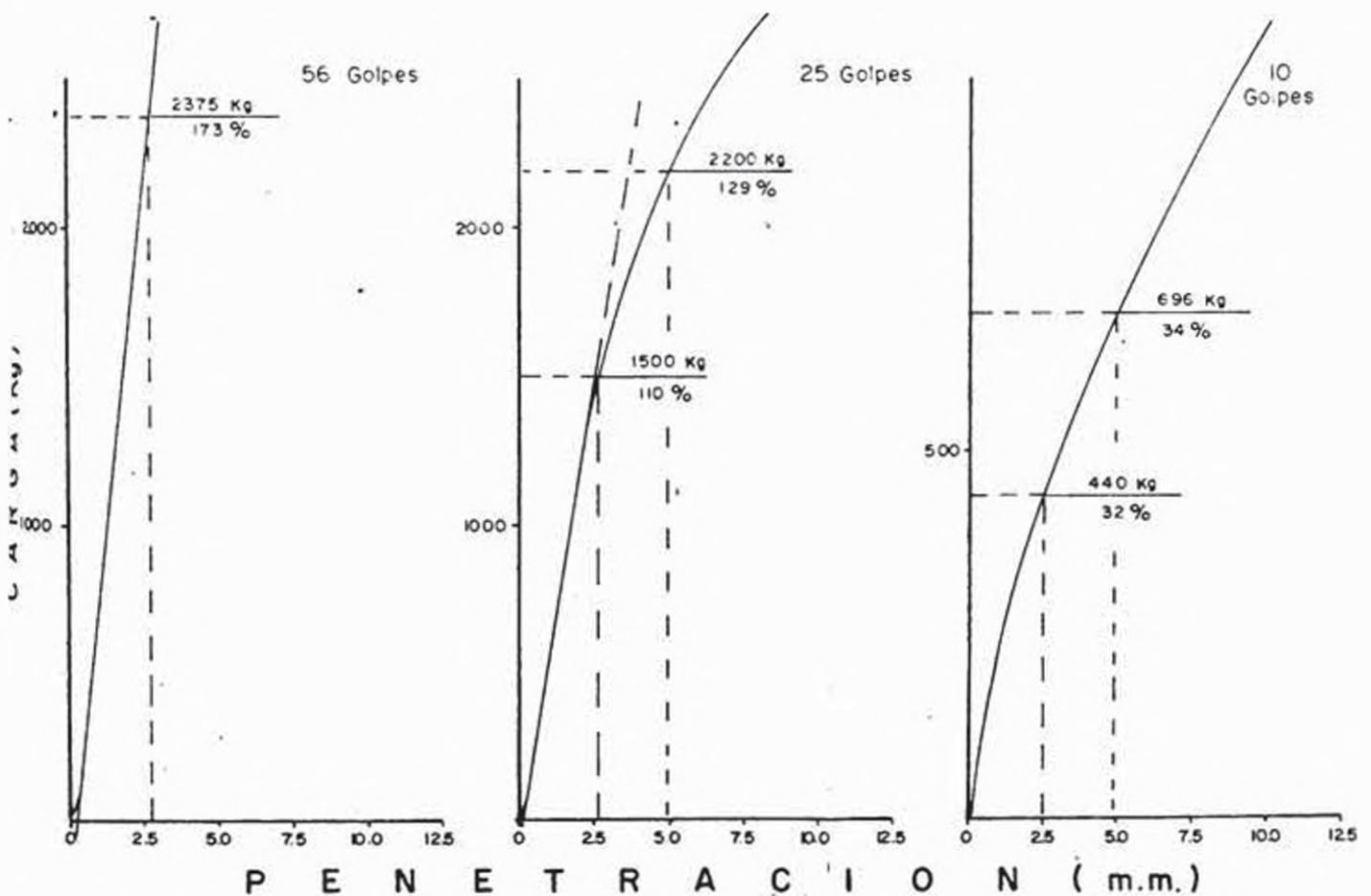
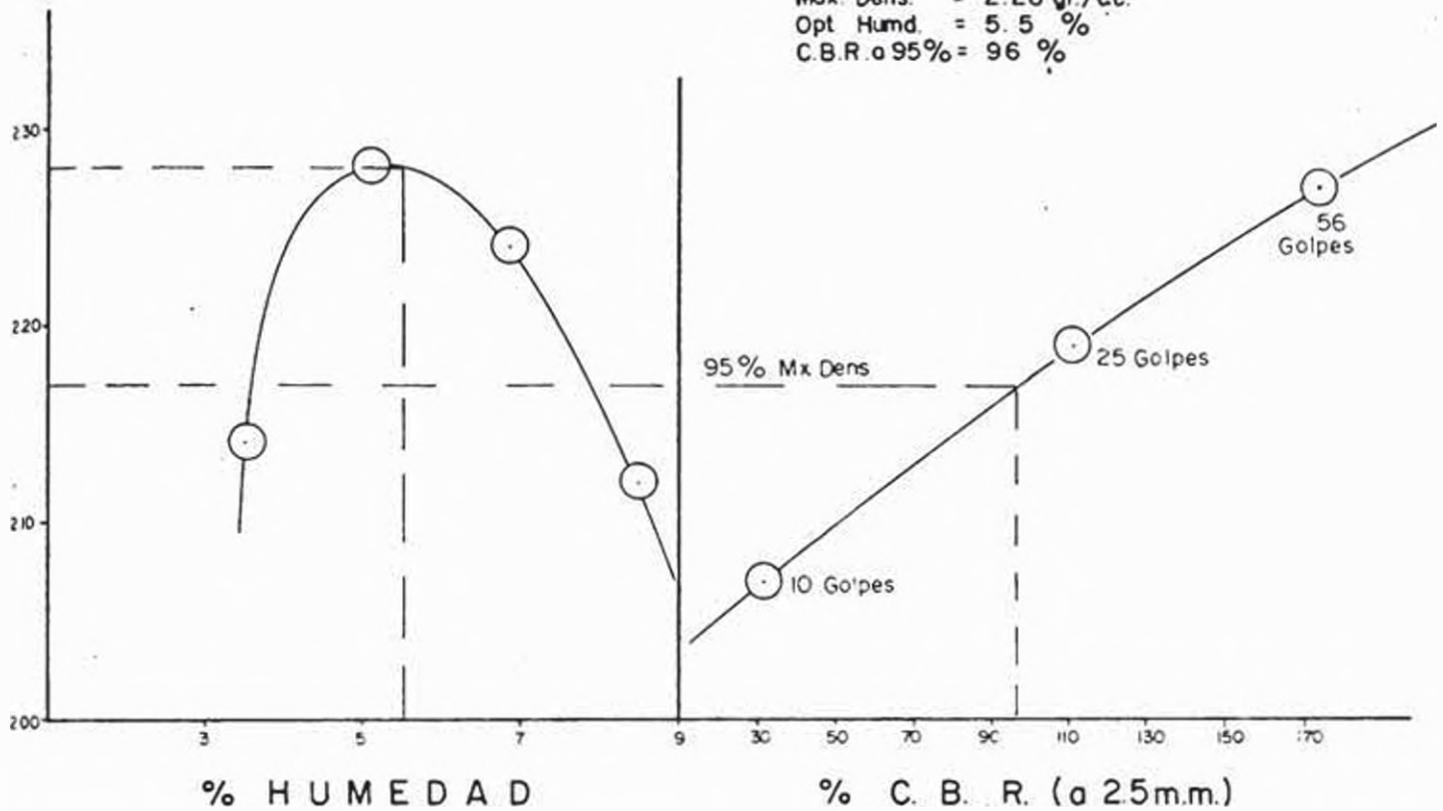


CURVA : DENSIDAD SECA—C B R

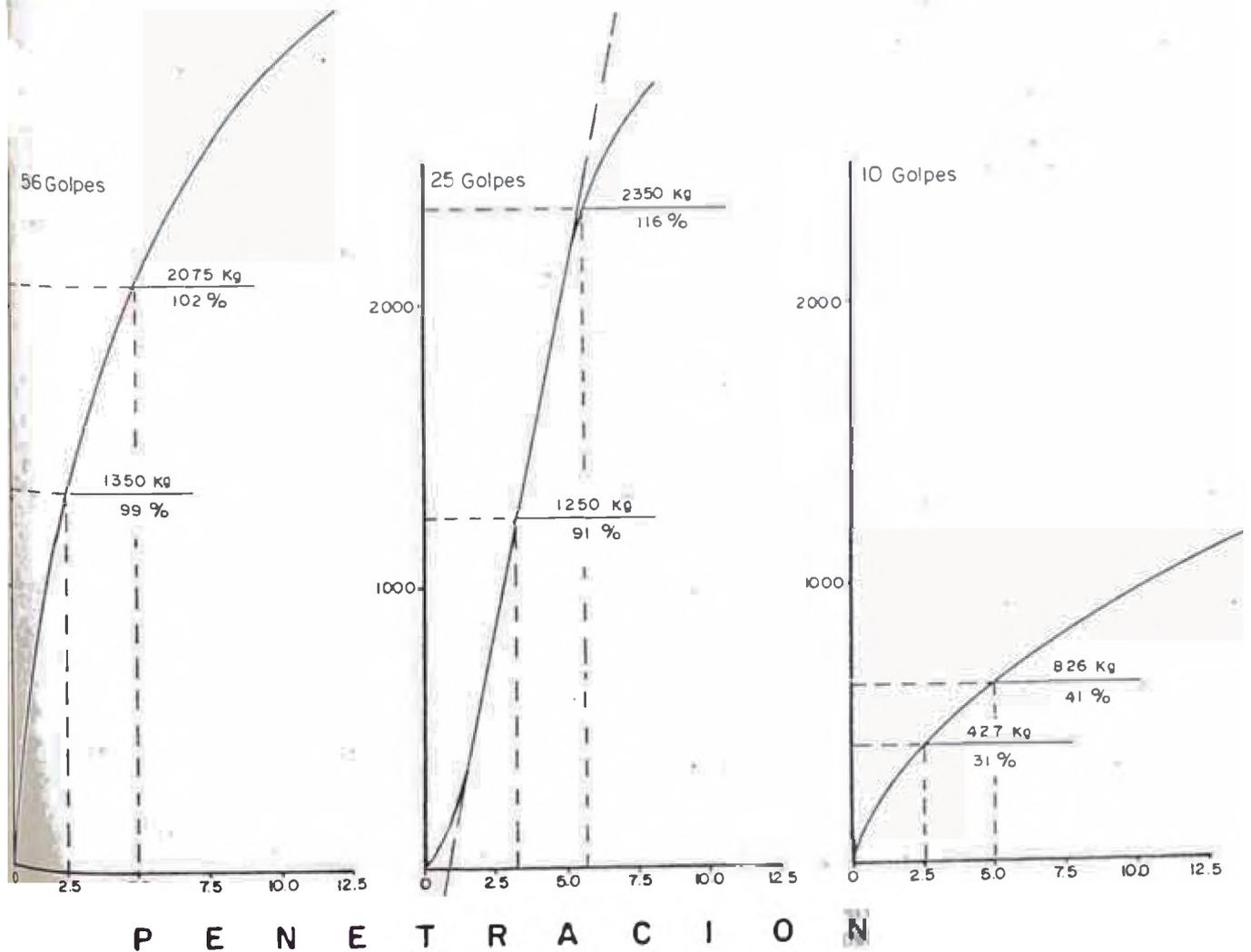
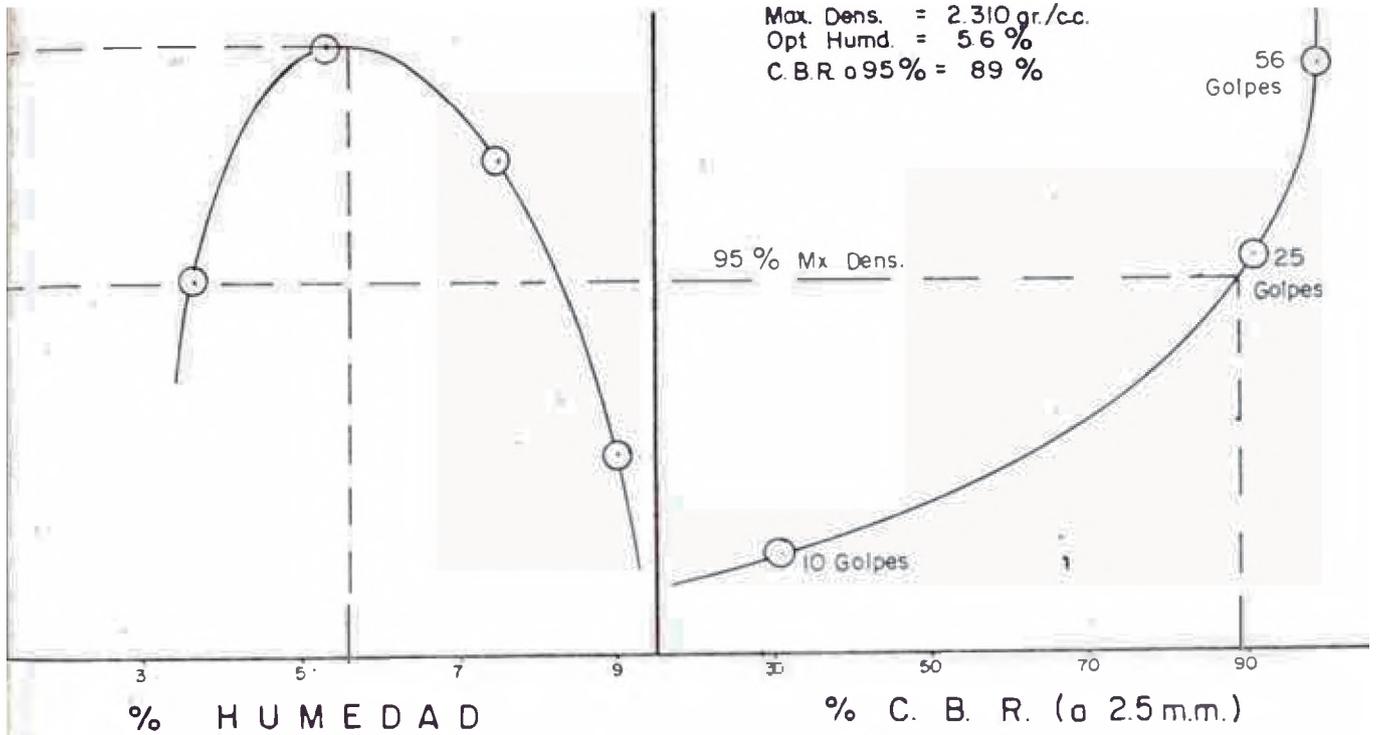


CARRETERA CENTRAL
 SAN MATEO - MOROCOCHA
 Km. 130+000 al 130+500

Max. Dens. = 2.28 gr./cc.
 Opt Humd. = 5.5 %
 C.B.R. a 95% = 96 %



CARRETERA CENTRAL
 SAN MATEO - MOROCOCHA
 Km 130+500 al 131+000



CAPITULO VII

CONSECUENCIAS DE LOS HUAYCOS Y DESBORDAMIENTOS

Los huaycos y desbordamientos del Rio Rimac acaecidos en los meses de Enero, Febrero y Marzo de 1981, causaron enormes perjuicios en lo siguiente:

7.01 En las Viviendas

En las zonas pobladas como Tornamesa, Cariñito, el Milagro, Esperanza, Monterrico, las destrucciones de viviendas han sido en forma masiva.

Tornamesa ha sido el lugar donde las casas han sido arrasadas más por el desborde del Rio Rimac que por los huaycos y el promedio de destrucción corresponde al 80% de las casas que existían; quedando únicamente 8 viviendas en buen estado.

En la zona de Esperanza, las dos casas existentes quedaron totalmente destruidas por el huayco, siendo dicho huayco el más grande.

En Cariñito, el efecto destructor fue debido tanto por los huaycos como desbordes del Rio Rimac, quedando sólo un restante en mal estado.

En el Milagro, el agente destructor fue el desborde del Rio Rimac, que estropeo la planta de agua mineral en un 40%.

VII-2

En la zona de Monterrico (cerca a Matucana) el huayco destruyó - 7 viviendas, también afectó en algo al campamento del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

En Chosica, se produjo inundaciones parciales, así como a la altura del puente colgante, el mercadillo "Señor de los Milagros" (margen izquierda), a la altura del cine Perú (margen derecha), Pueblo Joven Clorinda Málaga de Prado, etc.

En la Cantuta, el pueblo joven Rimac. También en el puente "Los Angeles" en Chaclacayo, márgenes derecha e izquierda.

Debe hacerse notar que aparte de los huaycos y desbordamientos el Rio Rimac tiene gran poder de erosión en sus riberas y que va desestabilizándolas en forma progresiva poniendo así en peligro a las - construcciones que existen cerca a estas riberas.

Para mayor visión de los estragos ocurridos se presentan fotografías.

7.02 En la Carretera

El tramo de la Carretera Central, comprendido entre Matucana y Ricardo Palma, que predominantemente ocupa la margen izquierda del Rio Rimac, es el tramo que más ha sufrido los fenómenos de huaycos y desbordes del Rio Rimac.

Las zonas que han sido afectadas tanto por huaycos, desbordes, erosión e inundaciones tenemos:

VII-3

Km. 47, el Rio afectó en parte la subrasante de la carretera. Desde el Km. 47 + 600 al Km. 43 + 300 existe una defensa del Rio de una altura promedio de 3 mts. que ha estrechado el cauce del rio, el cuál por sedimentación ha levantado su fondo de cauce, dando lugar a que en las crecientes de Enero, Febrero y Marzo de 1981 inunde la carretera en la zona de Corcona (k. 43).

Km. 51 + 800, está en el cono de deyección de una quebrada inestable.

Km. 54 al Km. 55, los muros en forma general han fallado por socavación del Rio Rimac, habiéndose producido en gran parte fracturación de ellos; con la caída de los huaycos de la quebrada de Rio Seco (Km. 55 + 100), se produjo la obstrucción total del puente que existe en dicha quebrada.

Desde el Km. 55 + 500 hasta el Km. 59 + 500, la carretera ha sido destruída en gran parte por efecto de la acción del Rio Rimac (desbordes), así como también por los huaycos de la quebrada La Esperanza (Km. 57 + 500) y la quebrada del Km. 59 + 050 denominada la Cascada.

Desde el puente Verrugas (Km. 60 + 100), en que pasa la carretera a la margen derecha, hasta el puente Songos (Km. 63 + 100) en que vuelve a cruzar la carretera a la margen izquierda, la vfa también ha sido afectada por los huaycos de las quebradas del Km. 60 - 700, Km. 61 + 150, Linday y Songos siendo la de mayor magnitud la de Songos. (Ver fotografía).

VII-4

El tramo del Km. 63 + 200 al Km. 64 + 100 se ha presentado erosión de riberas.

Tramo del Km. 65 + 100 al Km. 65 + 150 los muros de defensa se encuentran socavadas.

En el tramo de la carretera Km. 67 al Km. 68 + 500 ha sufrido principalmente la acción de los huaycos en la Quebrada de Surco (Km. 67 + 450) y la erosión de las riberas del Km. 67 + 400 al Km. 67 + 600.

En el tramo de la carretera, Km. 69 al Km. 70 + 700, los huaycos de la quebrada (Km. 70 + 500) logró obstruir el puente existente por estar éste en el cono de deyección de dicha quebrada. La falta de limpieza del cauce de esta quebrada ha ocasionado que aguas arriba se desborde el huayco afectando a la carretera en la zona del Km. 70 + 300.

Km. 74 al Km. 75 la carretera en este tramo se ha visto afectado por inundación, huayco y erosión de los muros existentes.

Los huaycos de la quebrada del km. 75 + 200 ha discurrido sobre la plataforma de la carretera hasta el km. 74 + 800.

Por otro lado los huaycos han hecho desaparecer el pavimento en los siguientes sectores :

Km. 56 + 700 al Km. 58 + 700

Km. 58 + 800 al Km. 59 + 200

VII-5

Km. 59 + 300	al Km. 59 + 500
Km. 59 + 950	al Km. 60 + 300
Km. 60 + 720	al Km. 60 + 945
Km. 61 + 150	al Km. 61 + 600
Km. 62 + 750	al Km. 63 + 050
Km. 67 + 500	al Km. 67 + 540
Km. 70 + 500	al Km. 70 + 600

7.03 En Obras Civiles de Centrales Hidroeléctricas

Los huaycos han afectado en lo mínimo, dado que la ubicación de los mismos se encuentran en la margen derecha.

Sólo parte de la bocatoma (ver fotografía) que está ubicado en Chosica y que solamente ha sufrido rebalse, por supuesto han tenido problemas en lo referente a transporte de sedimentos.

En lo referente a la zona en consideración se localiza a la central Hidroeléctrica de Pablo Boner; que no ha sufrido percance alguno.

7.04 En la Planta de tratamiento de la Atarjea

El problema ocasionado, se debió a la contaminación por medio de la turbidez de las aguas del Rfo Rimac ocasionado por los huaycos y erosión de las lluvias, aparte del transporte de sólidos hacia la Atarjea.

El agua con que la Empresa de Saneamiento de Lima (ESAL) suministra al área que sirve es principalmente de escurrimiento superficial.

El Rfo Rimac es quien transporta los sólidos a la Planta de tratamiento de la Atarjea, la cual se encuentra ubicada en la margen

VII-6

izquierda del Rio a 6 kilómetros del centro de la ciudad de Lima y al pie de los cerros Santa Rosa y Quiroz ocupando un terreno de 120 ha. de extensión.

La planta está diseñada para captar un caudal de $15\text{m}^3/\text{seg.}$ de agua cruda y entregar a la red de suministro $7.5\text{m}^3/\text{seg.}$ de agua potable.

Al producirse los huaycos, el Rio Rimac al aumentar su caudal (Epo- cas de Avenidas), arrastra gran cantidad de sedimentos que producen colmatación violenta en las Pozas "desarenadoras" y más aún si se tiene en cuenta la gran turbulencia de las aguas.

Como los desarenadores retienen el lodo y la arena y de las pozas desarenadoras el agua se bombea a otras pozas de precloración; entonces surge el gran problema que el agua turbia pasa de esa manera y trae consigo problemas para poder sedimentar cuerpos extraños, además de tener que subsanar primordialmente la colmatación de sedimentos en las pozas desarenadoras.

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La Carretera Central está construida en su mayor parte sobre antiguos depósitos aluviales del Rio Rimac y de las principales quebradas tributarias.
- La Carretera Central está expuesta a severas acciones de la naturaleza que se traducen en:

Deslizamientos de laderas

Huaycos

Avenidas

Erosión del Rio, etc.

- Entre los riesgos de deslizamientos, en general son críticos entre Matucana y la Quebrada La Esperanza, principalmente por la disposición del material rocoso, existencia de laderas con fuerte pendiente.
- Los mayores riesgos de deslizamientos ocurren generalmente, durante la estación de lluvias en aquellas laderas con gran altura y con fuerte pendiente y afectadas por sistemas de fallas, fracturas y diaclasas.
- También existen riesgos de deslizamientos aunque en menor magnitud, en aquellas laderas donde yacen tierras de cultivos en las partes altas, por la eliminación de la vegetación, por pastoreo -

VIII-2

- del ganado y la red de caminos de herradura que cruzan estas laderas de rocas muy fracturadas.
- Aquellos troncos que atraviezan una serie de conos aluviales superpuestos de las principales quebradas, están más expuestas a la erosión de la quebrada, debido a que dichos trazos están en una posición topográfica más baja que los conos aluviales más jóvenes.
- Debilitamiento de las laderas en zonas de trabajo ocasionado por el mantenimiento de la Carretera Central y Secundarias, construcción de acueductos, canales de riego. Mantenimiento de la vía del Ferrocarril Central, etc., que originan pequeñas avalanchas de rocas en forma de escombros.
- Los movimientos pendiente abajo o deslizamientos de rocas y suelos.
- El drenaje principal se realiza a través del Rio Rimac al cual desaguan numerosas quebradas que determinan un patrón de drenaje mixto, rectangular en la parte inferior o sea cerca a la desembocadura y dedrítico en la parte media y superior.
- Las inundaciones se produce donde el Valle ensancha su cauce presentando un fondo amplio y plano (como Tomamesa y Cariñito), factor que permite en períodos de aguas extraordinarias (caso Enero, Febrero y Marzo de 1981) el desbordamiento del cauce del Rio, ayudado por otros factores como colmatación de cauce, huaycos y su sedimentación en el cauce, el embalse res

VIII-3

pectivo y el desbordamiento inevitable; comprometiendo y en algunos casos destruyendo la carretera (caso zona Tomamesa , La Esperanza).

Ejemplo de estos fenómenos tenemos: Del Km. 47 + 120 al Km. 48 + 700 (Control de Corcona), en el tramo de Tomamesa Km. 55 + 200 al Km. 56 + 700, del Km. 63 + 300 al Km. 64 + 100, del Km. 68 + 700 al Km. 69 + 100 y del Km. 74 + 350 al Km. 74 + 500.

- El desprendimiento de materiales, en épocas lluviosas es inevitable en la Quebrada La Esperanza, por más que se produzca sequía; y en épocas de grandes precipitaciones en la zona los huaycos de mayor proporción es en dicha quebrada.
- Respecto a la erosión de riberas, este fenómeno se produce debido al fuerte incremento de materiales de transporte que ejercen los huaycos; además por la deposición de los materiales de corte o desperdicio efectuado en el cauce, lo que permite una fácil erosión dinámica de los materiales sueltos, comprometiendo de esta forma a los terrenos estables.

Entre los tramos afectados por erosión de riberas en el verano - de 1981, son:

Km. 46 + 740 al Km. 46 + 800

Km. 46 + 920 al Km. 46 + 960

Km. 50 + 060 al Km. 54 + 110

Km. 54 + 320 al Km. 54 + 370

Km. 54 + 540 al Km. 54 + 562

VIII-4

Km. 59 + 450	al Km. 59 + 700
Km. 59 + 800	al Km. 60 + 100
Km. 67 + 400	al Km. 67 + 600
Km. 68 + 300	al Km. 68 + 700

Del Km. 72 + 600 al Km. 72 + 700 la curva de lazo existente en la carretera se ha desarrollado en antiguo lecho del río, - siendo necesario su protección con la construcción de un muro.

Dentro de las recomendaciones más saltantes podemos mencionar:

- Controlar permanentemente la colmatación del cauce y el material de canto rodado del mismo cauce ubicarlo como refuerzo - de riberas o de muros si es que existen.
- Profundizar el cauce en zonas donde existen obras de arte y viviendas cercanas.
- De la misma manera se debe ampliar las alcantarillas en donde han existido problemas de acumulación de materiales, aparte - por supuesto de profundizar su cauce respectivo de las quebradas correspondientes; así podemos mencionar Río Seco, puente que está ubicado en el Km. 55 + 100 y es quién ha sufrido consecuencia de acumulación de materiales del Río Seco en la quebrada del mismo nombre, y obligando al material pasar por encima de la losa del Puente paralizando de esta manera el tránsito vehicular.

VIII-5

Caso parecido ha ocurrido en la alcantarilla cercana al puente Songos. Pero consideremos que el material transportado pertenece a gravas no mayor de 8" de diámetro.

Se hace mención de grava no mayor de 8" para su paso por la alcantarilla o cualquier otra obra de arte, porque si el material es de dimensiones bastante grandes es necesario proteger esa estructura como ha sucedido en Songos, donde por coincidencia al venirse un primer huayco en la quebrada obstruyó la alcantarilla, limpiándose y dejando una pequeña luz como dren para el agua, posteriormente se presentó un huayco de proporciones y gracias al material acumulado y la cama formada tipo chaflón se salvó la estructura en mención porque las rocas que lograron pasar fueron de un peso de 15 a 18 toneladas y su deslizamiento se produjo sin chocar con la alcantarilla, llegando al otro extremo de la orilla del río, donde es roca y produciéndose el embalse en el puente de Songos el día 20 de Marzo de 1981, tal como se aprecia en la foto. Lo recomendable es poder proteger tales obras de arte construyendo una estructura tal que esté por encima y diseñada con el fin de obligar al material (Rocas de gran volumen) que logre pasar dichas obras de arte sin tocarlo. (Debería ser considerando flujo de líneas de corriente).

En lo referente a las zonas con problemas se recomienda lo siguiente:

Es necesario la construcción de muros entre los kilómetros 47 al 49, porque el Río Rimac está afectando a la subrasante de la carretera en el Km. 47 + 100. También levantar el muro construí-

VIII-6

do del Km. 47 + 600 al 48 + 300.

Como la carretera se encuentra en el cono de deyección de la quebrada del Km. 51 + 800 es necesario darle solución de estabilidad y seguridad en el tránsito de la carretera.

En los Kilómetros: Km. 54 al Km.55, Km. 65 + 100 y Km.65 + 150, los muros de defensa de dichos tramos se encuentran socavados, en consecuencia es conveniente proyectar calzaduras para los muros.

En el tramo del Km. 63 + 200 al Km. 64 + 100 es necesario levantar muros de defensa ya que en dicho tramo se ha observado erosión de ribera y está comprometiendo la estabilidad de la carretera; igualmente está comprometido el tramo Km. 67 + 400 al Km. 67 + 600.

El tramo 67 + 000 al 68 + 400 está propenso a sufrir inundaciones de allí que se recomienda levantar alguna defensa.

En el Km. 69 + 100 al Km. 69 + 300 los muros existentes necesitan darles más altura y de esta manera darle seguridad a la carretera.

Del Km. 74 al Km. 74 + 200 el cauce del río se encuentra debidamente canalizado por lo que se recomienda su permanente limpia de cauce.

Del Km. 74 + 300 al 74 + 500 el río erosiona la ribera por lo -

VIII-7

que se recomienda levantar muro de defensa.

De acuerdo a los tramos afectados por fenómenos de geodinámica externa (Erosión de riberas, derrumbes, desprendimientos, inundaciones, etc) nos sugiere de que los movimientos de masa que se han observado entre Chosica y Matucana, en su mayoría forman parte de un proceso evolutivo de erosión de las cuencas de drenaje tanto principales como secundarios que fluyen hacia el Rio Rimac y en consecuencia las soluciones a considerar están orientados a controlarlos y corregirlos más no a detenerlos.

Otra recomendación sería que tanto el personal de mantenimiento de la línea férrea y de la Carretera Central se pongan de acuerdo para la limpieza de zonas claves y de esta manera dejar sin peligro alguno cualquier accidente de desprendimiento de material suelto, sobre todo para la carretera central ya que se encuentra en un nivel más bajo.

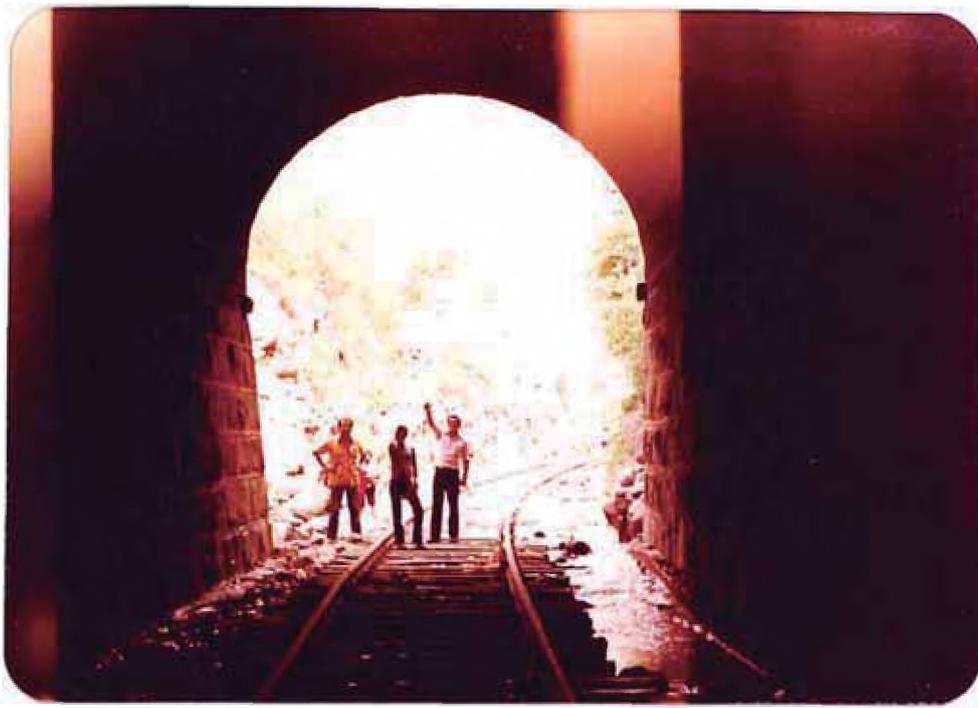
Se considera primordial la solución de la quebrada La Esperanza Km. 57 + 500 mediante un túnel, de tal manera que el material logre pasar por encima, tal como se ha propuesto realizar ENAFER-PERU en su línea férrea que corresponde a su kilometraje de 81 + 600 y es la misma quebrada de La Esperanza.



Vista panorámica con el nuevo tramo de la carretera entre Tornamesa y la Esperanza. Se aprecia el efecto del desborde del Río Rímac, la destrucción de la carretera antigua y de viviendas. Además se nota el puente Bailey N° 2.



Vista del nuevo tramo (en roca), . Se aprecia el nuevo cauce del Río Rímac, también se nota el perfil de la carretera que ha sido destruída por el Río.



Túnel Ferroviario (salida a Tornamesa), altura Rio Seco (Km. 55 + 100) de la Carretera Central. Se aprecia agua proveniente del Desborde del Rio Rímac.



Vista de la Escuela destruída por efecto del Desborde del Rio Rímac a la altura de Tornamesa en la margen izquierda. Se aprecia material arrastrado por el Rio.



Vista de un Salón de Clases de la Escuela destruída por las aguas del Rio Rímac . Se aprecia la pared indicador de la altura del agua que ha tomado.



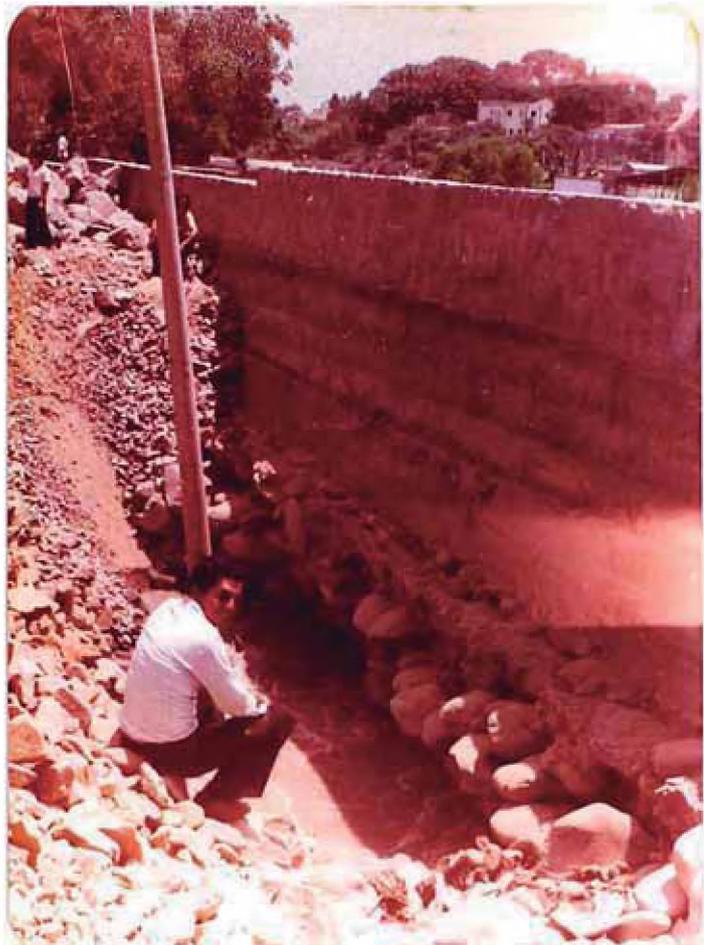
Vista tomada desde el Punto Colgante , se aprecia la fuerza de las aguas sobre las Viviendas.



Vista del efecto destructor del Desborde del Rio Rímac.



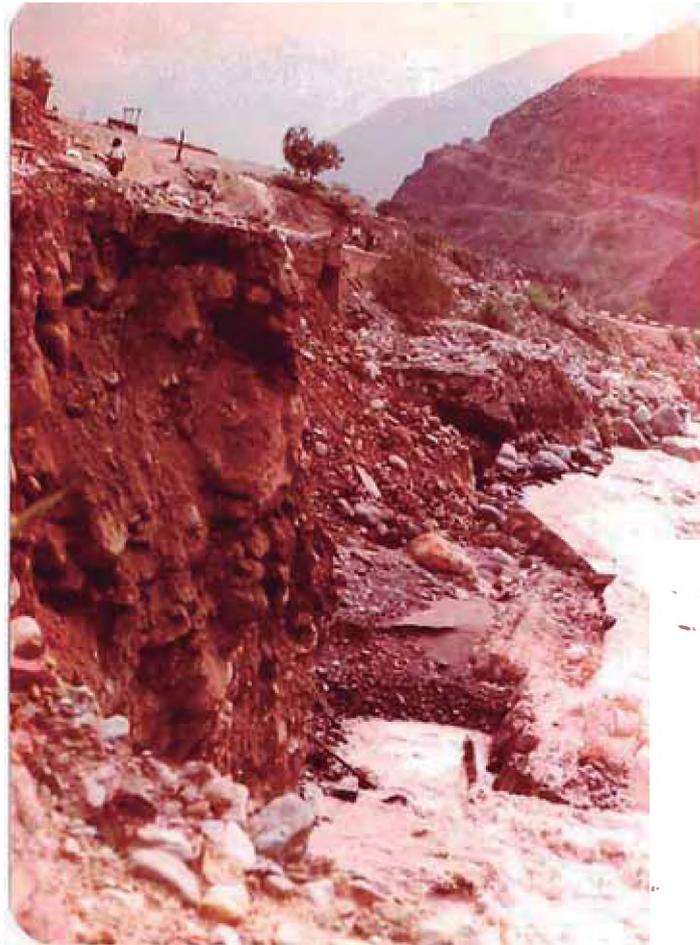
Vista perteneciente a una estructura (Aliviadero), Boca-toma para la Central de Huanpaní. Se aprecia que el agua había rebalsado el muro, por sedimentación del material.



Vista en la cual el muro había sido erosionado y se apreciaba el flujo del agua por debajo de la cimentación.



Se aprecia otro muro en la cual las aguas han hecho daño en la parte externa correspondiente a los bordes.



Vista correspondiente a la margen izquierda del Rio Rímac, se aprecia el efecto destructor de las aguas.



Vista donde se aprecia el desborde del Rio Rímac justo donde termina el encañonamiento. Además se observa el segundo puente Bailey, todo esto entre Tornamesa y la Esperanza.



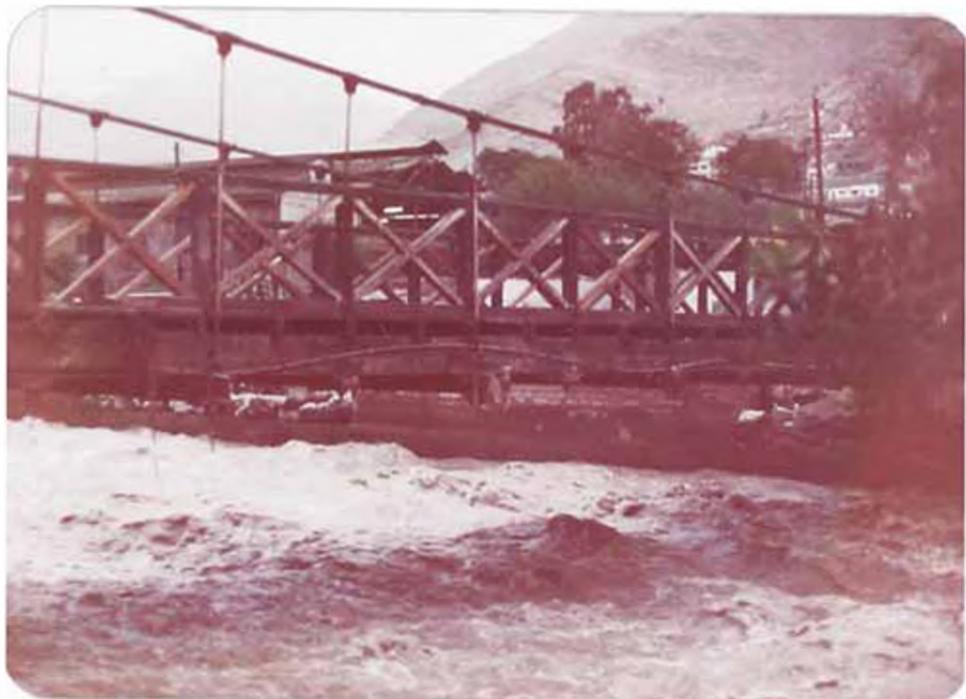
Vista correspondiente a la zona Cariñito , se aprecia los daños causados tanto por el huayco como las aguas.



Vista correspondiente a tornamesa , se aprecia los daños causados por el desborde del Rio Rímac.



Vista correspondiente a la zona comprendida entre la Esperanza y Cariñito. Se aprecia la furia de las aguas a -- consecuencia del desbordamiento del Rio Rímac.



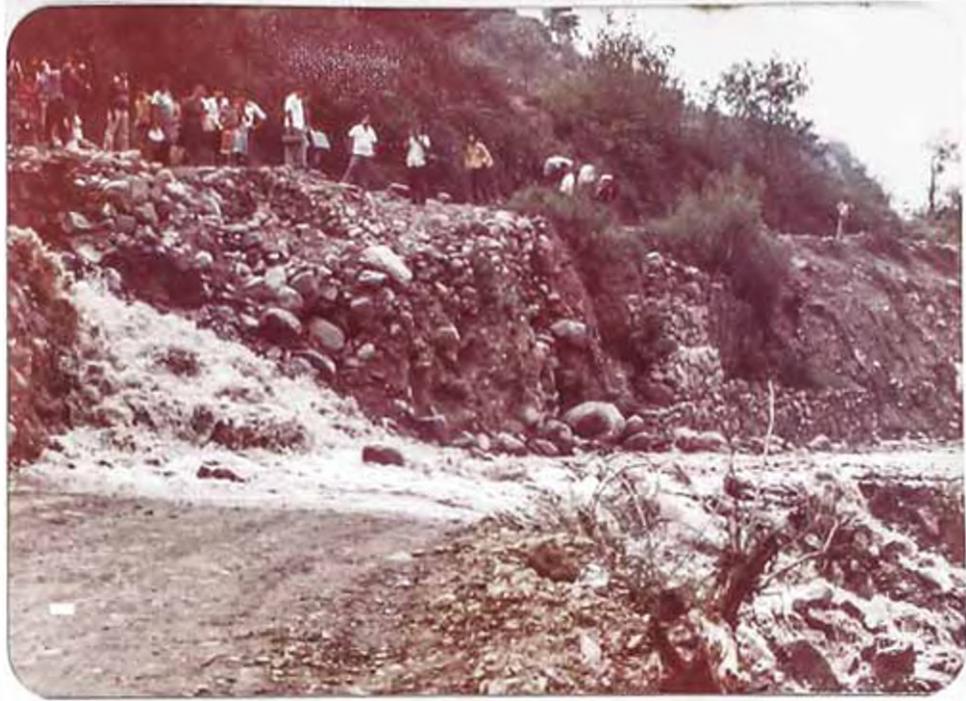
Vista que corresponde al Puente colgante que comunica a la Estación del Ferrocarril Central en la ciudad de Chosica. Se aprecia la altura que toma las aguas del Rio.



Zona correspondiente a Cariñito, se aprecia como las aguas del Río Rímac han tomado otro cauce (hacia la izquierda). También se aprecia la maquinaria trabajando.



Zona perteneciente a Torixamesa, se aprecia el primer puente Bailey y la nueva vía en funcionamiento, las aguas fluyen por el nuevo cauce.



Vista correspondiente a la zona de Cupiche , se aprecia el efecto destructor de las aguas en la margen izquierda del Rio.



Vista correspondiente del huayco en la zona de Cariñito.



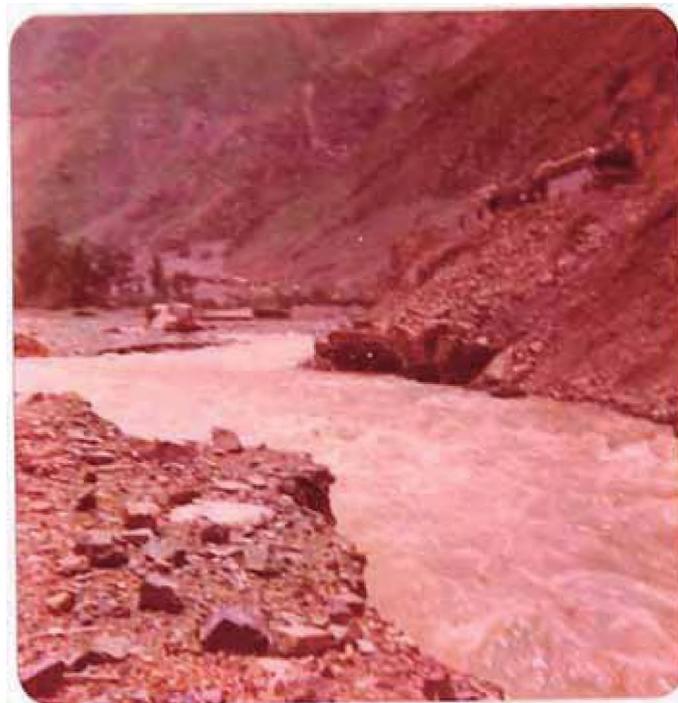
Panorama correspondiente a la zona la Esperanza parte baja, entre la Carretera y el Rio Rimac, apreciamos la destrucción de una casa.



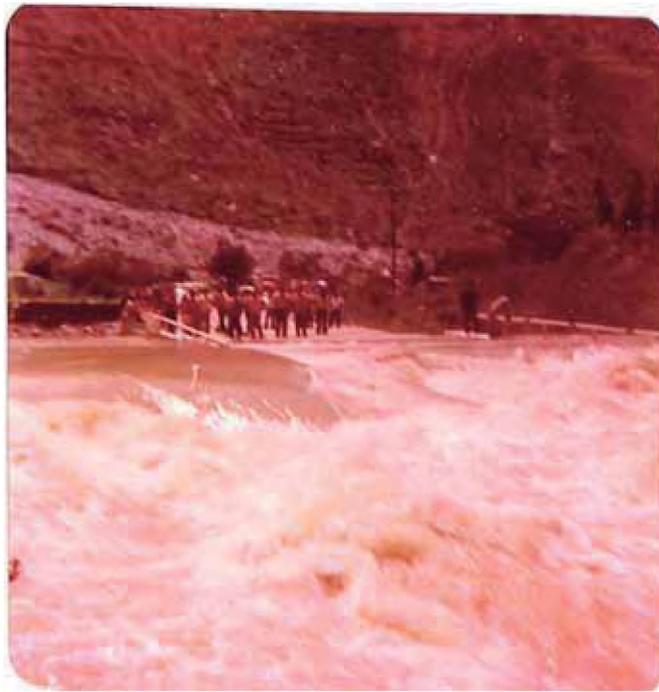
Vista donde se aprecia el material del huayco correspondiente a la Esperanza.



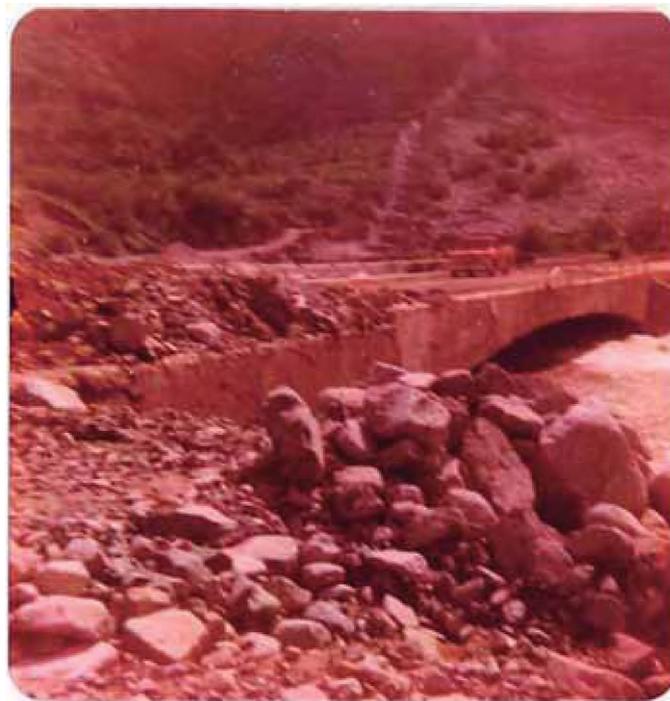
Vista correspondiente a la zona de Tornamesa, obsérvese los pequeños muros que existían y defendían las viviendas , también se nota el nuevo cauce del Rio.



Panorama con el nuevo cauce del Rio Rímac , destrucción de Tornamesa, carretera , además se aprecia la nueva vía (en Roca).



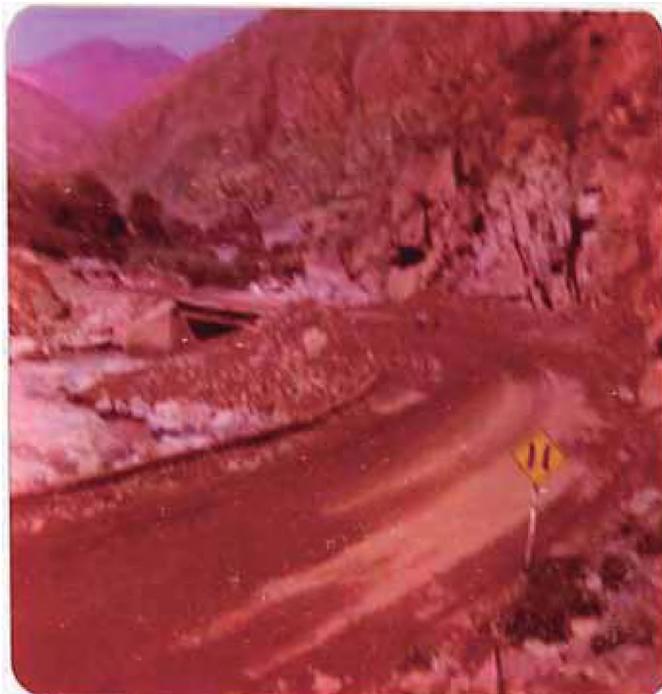
Vista del embalse producido en el Puente Songos a consecuencia del huayco en la quebrada Songos, se observa que el agua a tomado un nuevo cauce y es a la derecha.



Vista correspondiente después de la limpia del material del huayco de Songos , obsérvese el material depositado y al fondo las caídas en gradas correspondiente a la empresa Electrolima.



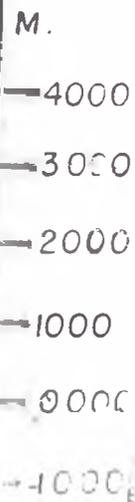
Vista correspondiente al huayco de Monterrico, obsérvese también carpas de Defensa Civil en la parte izquierda.



Vista correspondiente al Puente Verrugas , obsérvese el material del huayco a la altura del estribo derecho.



NM



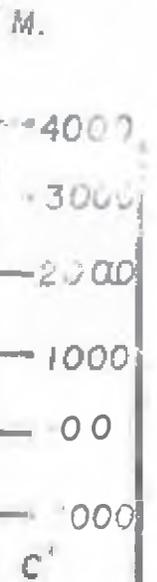
B

B'

PERFIL GEOLOGICO

B-B'

ESCALA $\frac{H}{V}$ 1/100,000

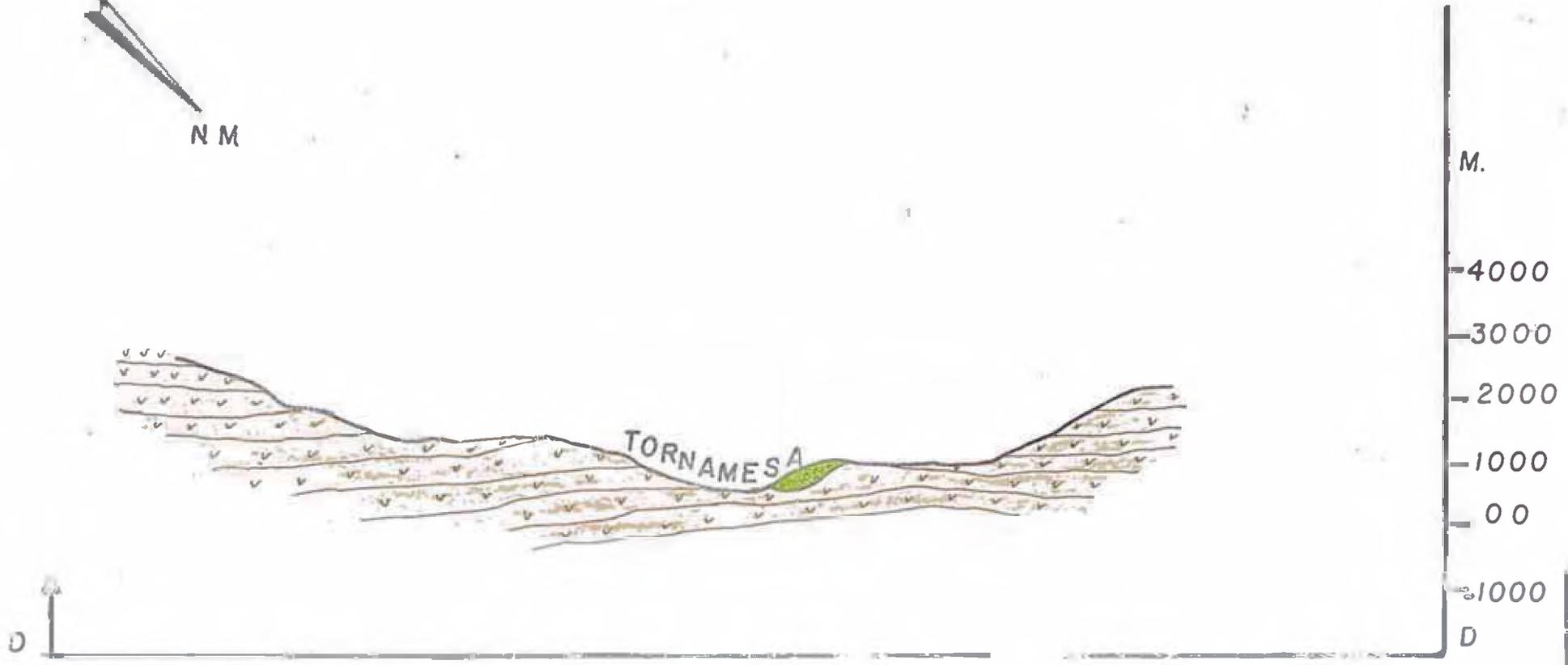


c ↑

c'

PERFIL GEOLOGICO
c - c'

ESCALA $\frac{H}{V} = 1/100,000$



PERFIL GEOLOGICO

D-D'

ESCALA $\frac{H}{V}$ 1/100,000

CAPITULO IX

9.03 Secuencia de los Huaycos

Mes de Enero de 1981.

En la zona correspondiente a Songos (Km.63) se produjo un huayco obstruyendo la alcantarilla* y llegando el material a tener un metro de altura sobre la carpeta asfáltica. Volúmen: 1,500 m³.

En la zona Salón Blanco hubo un huayco de poca intensidad, pero - fué subsanado por el poco material que se depositó en la carpeta asfáltica.

En la zona de La Esperanza se produjo huayco pero de poca intensidad, ya que no afectó la vía férrea y la carretera central sólo fue - cubierta y su limpieza fué rápida y sin ningún problema. También se produjo huaycos en Huallatupi, Ocatara.

En la zona de Huariquiña (Km.74) hubo desprendimiento de piedras cubriendo la carpeta asfáltica.

Además en el Km. 88 - 100 existió desprendimiento de piedras y barro. Igualmente sucedió en los siguientes Kilometrajes: Km.89, Km. 89 - 500 , Km. 92 , Km. 94 - 600.

Entre los Kilómetros: Km. 92 y Km. 94 - 600, que corresponden a - desprendimientos de piedras y lodo, se eliminó un volúmen de 150 m³ para normalizar el tránsito en la carretera.

La alcantarilla con el estribo derecho del puente Songos forma un - solo bloque, de allí la gran resistencia que tuvo cuando se produjo el embalse el 19 de Marzo de 1981.

Mes de Febrero de 1981

Hubo un huayco en Chucumayo (altura del puente Matucana I). Cubriendo la carretera y obstruyendo la alcantarilla, no produjo estragos ya que el Rio se encargó de arrastrar el material por su cauce.

El huayco de Monterrico se produjo el mismo día del de Chucumayo (6 de Febrero), dicho huayco arrasó con 7 viviendas, su abanico ocupó unos 250 mts. con altura de aproximadamente 1.20 mt. promedio al nivel de la carretera, ya que el material llegó hasta el Rio.

El 12 de Febrero se produjo un huayco en la quebrada La Esperanza, dicho huayco arrasó la plataforma en que se sentaba la vía férrea a la altura del Km. 81 + 600 (para dicha vía) y el Km. 57 + 500 para la Carretera Central que quedó ininterrumpida, afectando en parte a 2 viviendas que existían en esa zona.

Después se produjo el huayco en el puente Verrugas, donde el material cayó al rio y represó desviándose las aguas por el estribo izquierdo del puente y afectando la plataforma de la carretera y erosionando la margen izquierda comprometiendo la estabilidad de la carretera. (día 15 de Febrero).

También en este mes se presentó el huayco en la zona denominada - Cariñito que afectó viviendas, carretera y contribuyó para el desborde del Rio Rimac y el posterior arrastre de viviendas por el flujo torrenciente lleno de material del huayco. (Ver fotos).

Mes de Marzo de 1981

El 1° de Marzo se produjo un huayco en el Km. 61 se repitió el huayco al día siguiente, el material movido para normalizar el tránsito en este kilómetro fue aproximadamente $1,600 \text{ m}^3$.

En la zona cuesta Blanca se produjo otro huayco, siendo su mayor parte lodo (2 de Marzo), el material movido para dejar pase fue de $2,600 \text{ m}^3$ aproximadamente y tuvo un abanico de 250 mt. y una altura de 2.5 mt.

En el Km. 70 + 400 (Salón Blanco) el día 3 de Marzo hubo huayco, el volumen movido fue de 180 m^3 .

En la zona de la Esperanza se produjo el huayco más destructor, ya que arrasó con la nueva línea férrea que el día 4 había quedado listo y el huayco ocurrió el 5 de Marzo. Este huayco tuvo material en lo referente a grava bastante porcentaje ya que ENAFER-PERU y CENTROMIN habían hecho una plataforma con relleno que lograron al dinamitar la roca y obtener ese material para tal fin en una longitud de 400 mt., contribuyendo de esta manera que el huayco tenga poder devastador y llegue a encañonar el Río Rimac y produzca más tarde el desborde y las consecuencias en Tomamesa, tal como se aprecia en las fotos.

Posteriormente en Surco sucedió otro huayco que cubrió la línea férrea y la carretera, llegando al material a una altura de 3 mt. sobre el nivel de la carretera, no trajo consecuencias.

Luego el 19 de Marzo en la tarde ocurrió un huayco leve en el puente

Verrugas. No hubo represamiento.

También el 19 de Marzo en Songos se producía otro huayco, el cual trajo consigo piedras de hasta 20 toneladas consiguiendo represar el Rio (Ver foto) y destruyendo la Carretera en un tramo de 200 metros aproximadamente, pero sin afectar el puente ni la alcantarilla, por lo anotado ya anteriormente.

Para lograr que el agua circulara por debajo del puente costó trabajo de 3 tractor D-8 durante 36 horas.

9.04 Maquinaria Empleada

Las Compañías que laboraron en la Carretera Central cuando ocurrieron los huaycos y desbordes del Rio Rimac son:

COMPAÑIAS

UNIDADES

Dos de Mayo	Dos cargador frontal Volvo # 4400 Tractor D-6-D Motoniveladora
Eulogio Higuera	Tractor D-6-D Tractor D-7-F Tractor D-6-D-210 Tractor D-6-D-211
Villasol	Cat. D-8-K Tractor D-6 Tractor D-8

COMPAÑIASUNIDADES

ICCGSA

Tractor D-6-D 210

Tractor D-6-D 211

MASSA

Tractor D-8-K

Servicio Submarino

Cargador Frontal 966-C

M. T. C.

Cargador Frontal

Tractor D-8-H

2 Volquetes

Motoniveladora

2 Tradil

GAMARRA

Tractor D-8-K

Tractor D-6-D

Tractor D-6

SEM.

Volquete 2017

Volquete 2089

Volquete 2029

Volquete 2081

Cargador Frontal

Jorge Miñano

Volquete WP 5349

Adan Negrete

Volquete WM 2049

Volquete WO 1524

COMPAÑIASUNIDADES

	Volquete WQ 9027
	Volquete WQ 1523
Armando Ramirez.	Volquete WQ 9730
	Volquete WQ 1444
	Volquete WQ 9611
	Volquete WQ 9330
Humberto Delgado	Volquete WQ 9263
Amazonas	Cargador Frontal 950
	Tractor D-6-D

Además utilizaron 2 puentes Bailey.

Para la nueva vía se empleo dinamita, tradil y tractor por cada frente.

9.05 Otros9.05.01 Huayco

En nuestro país, el movimiento de flujo de lodo y piedras (alud) por una quebrada es un fenómeno denominado "HUAYCO", dicho fenómeno constituye parte de un proceso activo de erosión, localizado en la parte alta de las cuencas de drenaje como consecuencia de que la región está sujeta a períodos de sequía, con intervalos de fuertes precipitaciones pluviales, además de poseer una geomorfología favorable para la manifestación de estos fenómenos.

Por otra parte, "Huayco" es una palabra quechua que se escribe - huaycco y que significa quebrada, tal como lo denominan los que hablan el quechua en los departamentos del Cuzco, Ayacucho, Huancavelica y Apurímac.

Internacionalmente, el movimiento de flujo de lodo y piedras por - una quebrada es un fenómeno denominado alud, en consecuencia a criterio del autor, en lugar de "huayco" se debe llamar alud.

9.05.02 Desprendimientos

Son fenómenos originados por la ruptura de la tensión seguida de la caída libre de una masa bajo la fuerza de la gravedad, y se producen en suelos coluviales o talud de escombros, debido a su baja - cohesión, dentro de estos fenómenos se presentan en el Km. 73 + 800 al Km. 74 + 100.

9.05.03 Derrumbes

Es el desplazamiento violento pendiente abajo de una masa de sue - los, roca o mezcla de ambos, producidos por acción gravitacional debido en parte por la fuerte fisuración y meteorización a que es - tán expuestas las formaciones rocosas, sobrecarga de los suelos - por sobresaturación, inclinación de los estratos de las rocas o sólo por acción de vientos fuertes.

9.05.04 Factores que están afectando la Carretera Central

a) Factores Naturales

- Las numerosas fallas, fracturas y diaclasamiento que presen -

tan las rocas de las laderas facilitan los deslizamientos.

- La erosión y transporte de material aluviónico por las principales quebradas tributarias del Rio Rimac.
- Inundaciones periódicas por crecidas del Rio Rimac, en sectores a nivel del lecho del Rio, debido a cambios de la pendiente.

b) Factores por Actividad Humana.

- Tránsito de vehículos pesados por sectores de rocas sumamente fracturadas, ocasionando desprendimientos de rocas.
- La existencia de zonas de cultivo en partes altas de las laderas que reposan sobre roca intensamente fracturada y diaclasada, que por el riego de estos terrenos podría provocar debilitamientos y su posterior deslizamiento.
- Construcción de canales, cuyas filtraciones podrían ocasionar el debilitamiento de las rocas.
- La eliminación de la vegetación por el pastoreo del ganado.

BIBLIOGRAFIA

- Tesis de Irrigación : UNI - N° 1004
Hugo Perea
- Tesis de Irrigación : UNI - N° 1959
Timoteo Corimaya
- Correlación Hidrológica de acuerdo al Método de la Geological Survey Water Supply.
- La Ingeniería de Suelos : Volumen I y II.
Alfonso Rico y Hermilo del Castillo.
- Carreteras Calles y Aeropistas
Raúl Valle Rodas
- Mecánica de Suelos y Cimentaciones
Carlos Crespo Villalaz
- Vías de Comunicación
Carlos Crespo Villalaz
- Mecánica de Suelos Tomo : I, II y III.
Juarez Badillo - Rico Rodríguez
- Mecánica de Suelos y sus aplicaciones a la Ingeniería
Jimenez Salas José
- Mecánica de Suelos en la Ingeniería Práctica .
Terzaghi and Peck.
- Investigación de Suelos para construcción de Carretera.
Jones, J.E.
- Mecánica de los Suelos en la Práctica de la Geología Aplicada a la Ingeniería.
R.E. Dashkó - A.A. Kagón
- Manual de Laboratorio de Suelos en Ingeniería Civil.
Joseph E. Bowles.

- Estudios de Suelos y Cimentaciones en la Industria de la Cons
trucción.
Gordon A. Fletcher - Vernon A. Smoots.
- Fundamentos de Mecánica de Suelos, Proyecto de Muros y Ci
mentaciones.
D. Graux.
- Hand book of Applied Hidrology
Ven Te Chow
- Tratado de Hidrología Aplicada.
G. Remenieras
- Ingeniería de los Recursos Hidráulicos.
Linsley - Joseph B. Franzini.
- Manual de Laboratorio de Mecánica de Suelos.
Jefe de Laboratorio : Ing° Genaro Humala Aybar.
- Hidrología para Ingenieros
Linsley - Kohler - Paulus
- Manual de Laboratorio de Mecánica de Suelos.
Jefe de Laboratorio : Ing° José Tong M.
- Obras Hidráulicas
Ing° Jesús Villaseñor C.