

ANEXO I

**ESTUDIO GEOTECNICO PARA PLANTA GENERADORA EN EL
CENTRO DE SERVICIOS LA RAISA.**

INFORME N° 0203

INFORME N° 0203

**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PLANTA GENERADORA
EN EL CENTRO DE SERVICIOS LA RAISA**

PARA: C.A LA ELECTRICIDAD DE CARACAS

INGEOSOLUM C.A.

Avenida Don Bosco - Quinta Urupagua N° 19, Urb. La Florida - Apartado No. 61.621 - Caracas 1050, Venezuela - Telfs.: 58-2 - 730.33.63
731.44.08 - 731.44.89 - 731.54.01 - 731.63.65 - Fax: 731.68.66 - e.mail: ingeosolum@cantv.net

INFORME N° 0203

**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PLANTA GENERADORA
EN EL CENTRO DE SERVICIOS LA RAISA**

PARA: C.A LA ELECTRICIDAD DE CARACAS

ÍNDICE

	PÁGINA N°
1.- ALCANCE	2
2.- PROYECTO	2
3.- EXPLORACIÓN	3
4.- LABORATORIO Y RESULTADOS	4
5.- CONDICIONES DEL SUELO	5
5.1 Litología	5
5.2 Parámetros Geotécnicos	6
6.- CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS	12
6.1 FUNDACIÓN DE LOS GENERADORES	12
6.2 FUNDACIONES AISLADAS EN SUB-ESTACIÓN Y TORRES	16
6.3 FUNDACIONES EN ÁREAS DE RELLENO	17
6.4 DRENAJES	17
6.5 PAVIMENTOS	18
6.6 SISMICIDAD	19
7.- RECOMENDACIONES	19

Anexos: Treinta y tres (33) figuras.

Anexo de Resistividad Eléctrica

INFORME N° 0203**ESTUDIO GEOTÉCNICO PARA PLANTA GENERADORA****EN CENTRO DE SERVICIOS LA RAISA****PARA: C. A. LA ELECTRICIDAD DE CARACAS****1.- ALCANCE**

El presente informe contiene el estudio geotécnico realizado en un área del Centro de Servicios de la Raisia (C. S. La Raisia), de C. A. La Electricidad de Caracas, donde se proyecta construir una planta generadora de electricidad. Se dan los resultados de la exploración y de los ensayos de laboratorio realizados; se describen las condiciones del suelo en las áreas exploradas; se analizan las condiciones geotécnicas del sitio; se comentan y justifican las soluciones propuestas y se dan recomendaciones para la ejecución del proyecto, construcción e instalación de los equipos y estructuras que comprende esta planta generadora.

2.- PROYECTO

C. A. La Electricidad de Caracas (E. de C) proyecta construir una planta termoeléctrica de generación de electricidad, en parte de los terrenos del Centro de Servicios en La Raisia, Santa Teresa del Tuy. Para la fecha de ejecutar este estudio el proyecto se encontraba a nivel de ingeniería conceptual; se conocen datos generales de los equipos a instalar y la posible ubicación de los generadores, sub-estación y torres de interconexión.

De los datos suministrados por E. de C. se tiene que lo más inmediato consistirá en la instalación de dos generadores, cada uno de los cuales, con todos los accesorios, tendrán un peso bruto del orden de 1.085 t. Este peso

tiene varios componentes, entre los cuales los más importantes son: turbina de 152,5 t; generador de 147,3 t; transformador principal, de 81 t; y otra serie de accesorios tales como sistemas de suministro de combustible, sistemas de escape de gases, enfriadores, cubiertas de equipos y paneles de control, todo lo cual integra el sistema de generación.

En el plano de la figura N° 1 anexo, se muestra la ubicación de los generadores citados, según los datos suministrados por E. de C.

3.- EXPLORACIÓN

El sitio donde se desarrollará el proyecto comprende dos grandes manzanas de C. S. La Raisa. La exploración consistió en diez (10) perforaciones y cinco (5) calicatas, distribuidas en las áreas donde se instalarán los generadores, la sub-estación de electricidad y las torres para la interconexión. En el plano citado, figura N° 1, se indica la ubicación de las perforaciones y calicatas.

Las perforaciones se ejecutaron por percusión y lavado, de profundidad variable entre 10 y 20 m; se tomaron muestras del suelo en forma continua en los primeros 2,25 m, y luego a cada metro a mayor profundidad. Las muestras se obtuvieron con un muestreador de "cuchara partida" de 1-1/2" D.I., ejecutando una Prueba de Penetración Normal SPT durante la toma de cada muestra. El valor N_{SPT} de la prueba citada es el número de golpes de un martillo de 63,5 Kg. (140 lb) de peso, dejado caer libremente de una altura de 76 cm (2½ pies), necesarios para hacer penetrar 30 cm (1 pie) el muestreador. Cuando no fue posible el avance por lavado, se utilizó taladro rotativo y muestreador de "tubo doble" o "single", según lo requerido en cada caso, con obtención de núcleos continuos del suelo o roca.

Como complemento de la exploración, se hicieron determinaciones de resistividad eléctrica en sitio, por el método Wenner. Los resultados de este

estudio geofísico se presentan en el Anexo "Mediciones de Resistividad Eléctrica", que acompaña a este informe.

4.- LABORATORIO Y RESULTADOS

Las muestras obtenidas en las perforaciones fueron inspeccionadas visualmente por un ingeniero geotécnico en nuestro laboratorio. La inspección permitió seleccionar muestras representativas de las diferentes capas para someterlas a ensayos de clasificación, a saber: contenido de humedad natural, límites de consistencia, granulometrías por tamices e hidrómetro, gravedad específica, pesos unitarios y compresión sin confinar.

Los resultados de las perforaciones y de los ensayos de laboratorio se presentan en las planillas de resumen de las figuras N° 2 a la 13 anexas. En éstas se presentan los siguientes datos:

Datos de las Perforaciones:

- 1.- Número y profundidad de las muestras
- 2.- Descripción de los suelos de las diferentes capas
- 3.- Columna con símbolos litológicos
- 4.- Valores y gráfico de las pruebas de penetración
- 5.- Gráfico del porcentaje de recuperación a rotación

Datos del Laboratorio

- 6.- Perfil del contenido de humedad natural
- 7.- Valores y gráficos de barras de los límites de consistencia
- 8.- Gráficos de barras de distribución granulométrica y porcentaje del contenido de partículas de arcilla ($<2\mu$)
- 9.- Valores de compresión sin confinar y de pesos unitarios secos

Los resultados de la inspección y de los ensayos sobre muestras de calicatas se presentan en las figuras N° 14 a la 16.

Además de los ensayos de clasificación se ejecutaron ensayos especiales de laboratorio, a saber: ensayo de Compactación Normal y Modificada, capacidad de soporte CBR, expansión libre y expansión controlada. Los resultados de estos ensayos y de las curvas granulométricas de las muestras seleccionadas para éstos, se presentan en las figuras N° 17 a la 32, las cuales se listan a continuación.

<u>Ensayo</u>	<u>Figura N°</u>
Curvas granulométricas	17 a la 21
Compactación Modificada	22 a la 24
Valor Soporte C.B.R.	25 a la 27
Expansión libre o controlada	28 a la 32

5.- CONDICIONES DEL SUELO

La interpretación de las condiciones del subsuelo se hizo sobre la base de la inspección superficial de las áreas exploradas, del estudio de los datos del movimiento de tierra ejecutado en el C. S. La Raiza, de la inspección de las muestras obtenidas en la exploración, de la observación directa de las calicatas excavadas y de los resultados de los ensayos de laboratorio realizados.

5.1 Litología

De los elementos de juicio citados, se deduce que la litología del sitio corresponde a dos zonas características: zona de corte, y zonas de relleno.

La zona de corte fue explorada con las perforaciones P-1 a la P-4, donde el perfil del suelo presenta la siguiente secuencia litológica:

- a.- Desde la superficie del terreno, hasta profundidades variables entre 2,0 y 4,0 m, se encontró una arcilla muy limosa de alta plasticidad, dura a muy dura, con muy bajo contenido de arena fina (entre 1% y 11%), con contenidos de partículas de arcilla ($<2\mu$) entre 26% y 57%, de color gris y marrón claro.
- b.- A continuación, y hasta los 20,0 m, máxima profundidad explorada, se encontró una arcilla muy limosa a viceversa, de plasticidad alta a media, muy dura, muy agrietada, con signos de filtraciones en las grietas, interrumpida por ocasionales lentes de arena fina arcillosa y vetas arenosas finas. El color de esta arcilla es marrón claro y gris.

Las zonas de relleno, cubiertas por las perforaciones P-5 a la P-10, el perfil del suelo presenta las siguientes características:

- a.- Relleno de arcilla muy limosa, arenosa fina, de plasticidad media a alta, tiesa a dura, en espesores variables entre 3,0 y 10,0 m, en los sitios de las perforaciones P-10 y P-7, respectivamente. Los materiales del relleno provienen de las zonas de corte, colocados por compactación, según el proyecto de movimiento de tierra del Centro de Servicios.
- b.- Subyacente al relleno y hasta los 20,0 m, máxima profundidad explorada, se encontró la misma arcilla limosa arenosa fina, de plasticidad alta a media, descrita en la segunda capa que se menciona en la litología de los sitios de corte.

5.2. Parámetros Geotécnicos

Los suelos presentes en el área objeto de esta investigación son predominantemente arcillas de alta plasticidad, duras a muy duras, agrietadas, muy preconsolidadas, y con características expansivas, especialmente en los primeros 2,0 a 5,0 m en zonas de corte. Los materiales de relleno son similares

a los descritos, pues proceden de los cortes realizados en el mismo sitio, colocados por compactación.

Sobre la base de los ensayos realizados y de la correlación de las propiedades Índice de los suelos con los diferentes parámetros físico-mecánicos se obtuvo la tabla siguiente, donde se presenta un resumen de las propiedades geotécnicas de los suelos en zonas de corte, que es donde estarán ubicados los equipos de generación.

TABLA N° 1
PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DEL SUELO

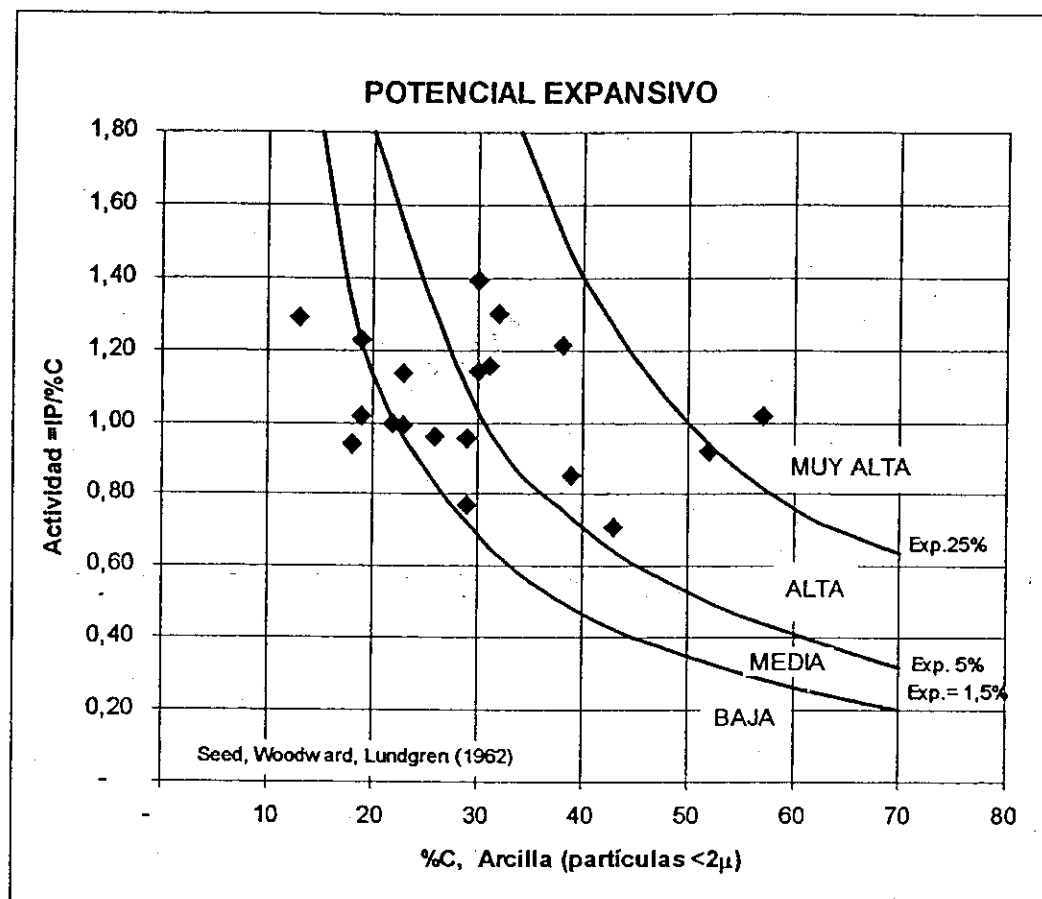
<u>Parámetro</u>	<u>Símbolo</u>	<u>Unidad</u>	<u>Suelos Naturales</u>
Peso Unitario Seco, nat.	γ_{seco}	Kg/m ³	1.695
Peso Unitario Seco compactado			1945
Humedad Natural	w_{nat}	%	18 a 37
Peso Específico	Gs		2,80
Relación de Vacíos	e_0		0,654
Áng. de Fricción (UU)	ϕ		0°
Cohesión (0,6 C intacto, debido a grietas)	C	Kg/cm ²	2,50
Coef. Empuje Reposo (suelo expansivo)	k_0		2.00 a 2,50
Coef. de Reacción Unit. Módulo de Balasto	$k_{s,1}$	Kg/cm ³	6,00
Potencial Expansivo		%	5 a 25 %
Resistividad Eléctrica, áreas de corte: áreas de relleno:		$\Omega \cdot m$	4,40 3,20

Expansividad. De las propiedades índice de los suelos y de los ensayos de expansión y capacidad de soporte CBR, se encontró que los suelos superficiales presentan un potencial expansivo de alto a muy alto, y los suelos más profundos expansividad media a baja. En la tabla siguiente se presenta un resumen de las propiedades índice de los suelos analizados

PLASTICIDAD Y ACTIVIDAD DE LOS SUELOS

Perforación		Hum.	LL	LP	IP	<200	%C	Actividad
P-1	M-3	37	97	44	52	98	27	1,9
	M-5	24	58	30	28	82	29	1,0
	M-8	23	53	27	26	95	23	1,1
	M-11	18	65	30	34	97	30	1,1
P-2	M-3	32	95	47	48	99	52	0,9
	M-5	36	99	41	58	99	57	1,0
	M-9	16	47	24	23	87	19	1,2
	M-11	25	70	34	36	99	31	1,2
P-3	M-2	16	54	29	25	93	26	1,0
	M-5	15	45	22	23	83	23	1,0
	M-7	8	40	23	17	80	13	1,3
	M-9	16	71	29	42	99	32	1,3
	M-11	20	81	34	46	100	38	1,2
P-4	M-2	16	53	30	22	89	29	0,8
	M-5	12	46	27	19	80	19	1,0
	M-6	12	42	25	17	84	18	0,9
	M-10	20	62	31	31	99	43	0,7
	M-15	15	75	33	42	95	30	1,4
P-5	M-3	18	44	22	22	78	22	1,0
	M-11	16	55	22	33	63	39	0,9
	M-14	12	52	21	31	42		

En la figura siguiente se presenta una correlación de la actividad de los suelos vs el contenido de partículas de arcilla ($\%C < 2\mu$), donde se muestra también la correlación de H. B. Seed para diferentes potenciales expansivos.



Los suelos que se ubican en el área de expansividad alta y muy alta, corresponden a los suelos naturales que se encuentran en los primeros 2,0 a 5,0 m, mientras que los que se ubican en la zona de expansividad media a baja, corresponde a los suelos naturales más profundos.

Los rellenos explorados se encuentra al Norte y al Sur de la plataforma donde se ubicarán los generadores, correspondiente a las áreas exploradas con las perforaciones P-8 a la P-10 y P-5 a la P-7, respectivamente. Se trata de las mismas arcillas naturales que se utilizaron como préstamo para la construcción de otras terrazas del Centro de Servicios, dichos suelos presentan propiedades

similares a las descritas, pero mezclados los suelos de alta plasticidad con los de mediana plasticidad. En todas las perforaciones el relleno se encontró bien compactado, muy duro, tanto que en algunos casos fue necesario utilizar taladro rotativo para el avance de la perforación, debido a la presencia de terrones o peñones muy duros que se encuentran dentro de la masa del relleno.

5.3. Módulo de Corte

Para el diseño dinámico de las fundaciones de los generadores se requiere una evaluación del módulo de corte del suelo. Este parámetro es función del esfuerzo octaédrico de la masa del suelo, el cual se calcula con la siguiente expresión:

$$\sigma_o = \frac{1}{3}[\sigma_v + 2\sigma_v k_o] \quad \text{donde: } k_o = \text{función}(IP, OCR)$$

siendo: σ_v = Esfuerzo efectivo geostático

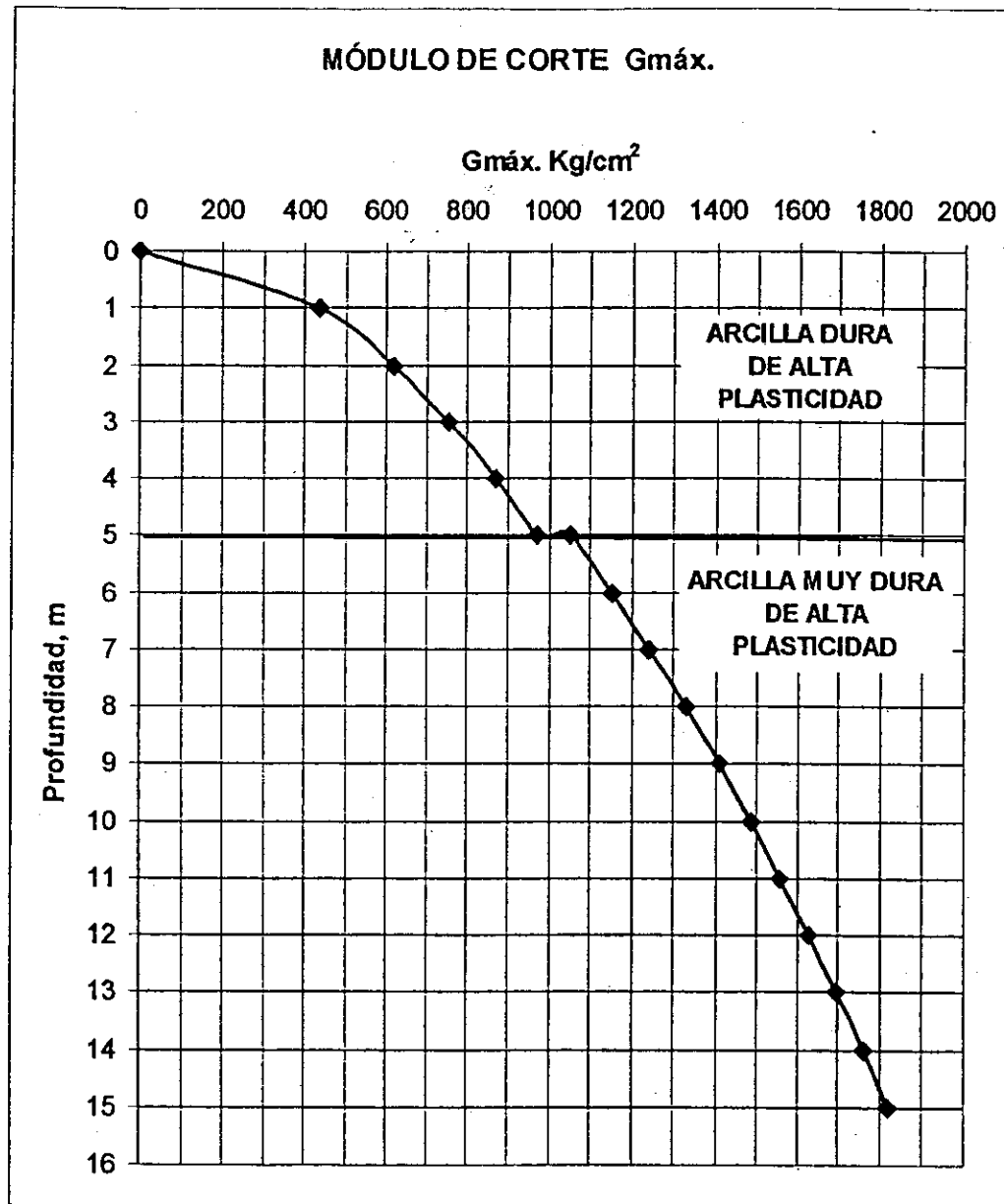
IP = índice plástico del suelo arcilloso y

OCR = relación de sobreconsolidación.

Para la estimación del módulo de corte máximo G_{\max} se utilizó la siguiente expresión:

$$G_{\max} = \frac{32,3(2,97 - e)^2}{1 + e} (OCR)^k \sigma_o^{1/2} \quad \text{Kg/cm}^2$$

En el gráfico de la siguiente página se da la distribución de G_{\max} vs profundidad, para los siguientes valores: $k_o = 2,0$; $\kappa = 0,30$, $OCR > 20$, $e = 0,60$.



6.- CONSIDERACIONES GEOTÉCNICAS

Las estructuras más importantes de la planta serán los dos generadores y la subestación de transformación. Los generadores, cada uno compuesto por una turbina de gas, generador, chimenea de escape y transformadores, se instalarán sobre una fundación única y monolítica.

La subestación consistirá en una serie de pórticos, transformadores, interruptores y tableros de control, todos estos elementos con bajas cargas puntuales.

Como consecuencia de la diferencia que habrá entre las estructuras de la planta, las fundaciones para cada tipo de estructura también tendrán características muy diferentes, lo cual se trata a continuación.

6.1. Fundación de los Generadores

Como se dijo antes, la turbina, el generador propiamente dicho y sus accesorios (transformadores, chimeneas de admisión y escape, etc.) se montarán sobre una fundación única, cuyo peso propio deberá ser del orden de 6 veces el de la turbina y del generador (partes móviles), para amortiguar las vibraciones de los grandes rotores de estas máquinas. Sobre esta base, se estima que el peso de la fundación, más los equipos podrá ser del orden de 1.085 t, lo cual, uniformemente repartido por la placa maciza, dará presiones de contacto sobre el suelo del orden de: $q = 6,0 \text{ t/m}^2$ ($0,60 \text{ Kg/cm}^2$), considerando que la placa podrá tener un espesor del orden de 2,0 m.

La capacidad de carga admisible del suelo en las áreas de corte, donde se ubicarán los generadores, se estima en: $q_{Adm} = 4,0 \text{ Kg/cm}^2$, para una fundación con las dimensiones de la placa de los generadores, es decir, que se tendrá un

factor de seguridad muy amplio para la carga de trabajo de esta fundación, y, en consecuencia, una baja compresibilidad del suelo para estas solicitaciones.

Sin embargo, la presencia de arcillas de expansividad media a muy alta representa un problema de fundación que merece consideraciones especiales. En estos casos se puede afrontar el problema de la expansividad del suelo de dos formas: eliminar el espesor de suelos potencialmente expansivo; y diseñar la fundación para las solicitaciones que pudieran generarse como consecuencia de la expansión del suelo.

Remoción del Suelo Potencialmente Expansivo. Se estima que el espesor donde se podrá generar la expansión del suelo podrá ser de 1,50 a 2,50 m, contados desde la superficie del terreno. Este espesor comprende la zona donde la interrupción de la evapotranspiración del suelo se altera por la presencia de un elemento impermeable, como es el caso de la placa de fundación.

Si se toma en cuenta que la placa de fundación tendrá un espesor de unos 2,0 metros, y se remueve y se sustituye 1,5 m del suelo bajo la placa, se tendrá que el espesor total de suelo expansivo excavado será del orden de 3,00 a 3,50 m, contando que la placa sobresaldrá del terreno unos 0,50 m. El material de sustitución deberá ser de carácter granular, granzón o grava, apto para relleno estructural, como es el caso del granzón de Soapire en Santa Teresa del Tuy. En la figura N° 33 se dan las características de los materiales para relleno estructural.

La capa de grava o granzón para el aislamiento de la fundación se deberá prolongar hacia las caras laterales de la placa de fundación, con una sección en forma de "U", lo cual permitiría que el agua de evapotranspiración llegue a la superficie a través de la capa granular. En la superficie del terreno la capa de grava se sellará con una carpeta asfáltica, pero se le dejarán tuberías de

respiración para que el agua llegue a la atmósfera como vapor o en gotas. En la figura siguiente se presenta un croquis ilustrativo de la solución propuesta.

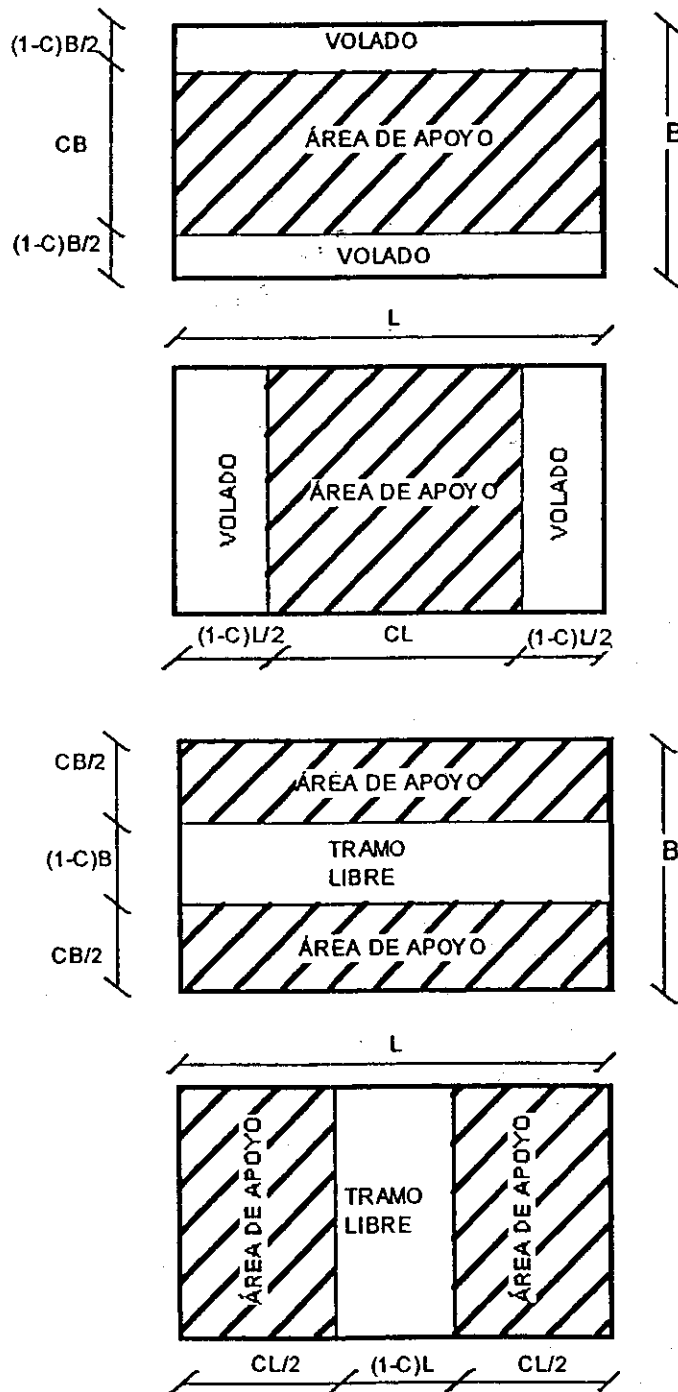


RELLENO ESTRUCTURAL BAJO LA PLACA DE FUNDACIÓN

Para tomar en cuenta el efecto de la posible expansión del suelo, se sugiere considerar en el diseño de la placa de fundación dos casos de carga, además de los usuales en estos casos, en los cuales se simula la expansión del suelo de la siguiente forma: Caso 1, se supone que la placa es soportada sólo en una parte de su área central, con franjas perimetrales en volado; Caso 2, se supone que la placa es soportada por dos sectores extremos, con un tramo central sin soporte. En las figuras de la página siguiente se ilustran los casos citados, aplicados a las dos dimensiones de la placa, todo lo cual deberá ser revisado cuando el proyecto se encuentre a los niveles de ingeniería básica y de detalles.

El factor "C" indicado en las figuras de la página siguiente es el índice de soporte, el cual se deduce de las condiciones climáticas y las propiedades de los suelos del sitio. Si se toma en cuenta el efecto del relleno estructural como una reducción de la expansión potencial de un 50%, se propone utilizar un índice de soporte $C = 0,15$ a $0,20$.

**ÁREA DE APOYO TEÓRICO DE
 LA PLACA DE FUNDACIÓN EN ARCILLA EXPANSIVA**



Para el cálculo de la placa por el método de Winkler, teoría de viga sobre fundación elástica, se podrá utilizar un coeficiente de reacción o módulo de balasto unitario de: $k_{s-1} = 6,0 \text{ Kg/cm}^3$. Este valor corresponde al de una placa de carga de $0,30 \times 0,30 \text{ m}$, lo cual deberá extrapolarse a las dimensiones reales de la placa de fundación con el empleo de la siguiente relación:

$$k_s = k_{s-1} \frac{l + 0,50}{1,5l} \quad l = \frac{L}{B} \quad L = \text{largo de la placa, } B = \text{ancho}$$

6.2. Fundaciones Aisladas en Sub-estación y torres

Las fundaciones de los pórticos y torres de transmisión podrán ser cimientos aislados sobre zapatas. La presión de contacto máxima admisible para las fundaciones aisladas será de: $q_{Adm} = 2,50 \text{ Kg/cm}^2$, situado el plano de apoyo de las zapatas a una profundidad $D_f = 2,00 \text{ m}$. Con esta profundidad de fundación se evitará en gran parte el efecto de la arcilla expansiva, ya que la zona activa de expansión no debe exceder de $2,0 \text{ m}$ de profundidad. Por otra parte, en la subestación y en las torres no habrán pisos, por lo que no se interrumpirá la evapotranspiración del suelo.

Las excavaciones para las zapatas se podrán rellenar con el mismo material excavado, compactado con equipo portátil en capas no mayores de $10 \text{ a } 15 \text{ cm}$, hasta lograr una densidad seca igual o mayor al 95% de la máxima obtenida en el ensayo de Compactación Modificado correspondiente. Para resistir las cargas de tracción en las torres y pórticos se contará sólo con el peso del sólido de tierra que gravita sobre la zapata. De ser necesaria una mayor reacción a la tracción, habría que recurrir a métodos constructivos especiales que permitan aumentar la resistencia a la tracción del suelo.

Las fundaciones de los transformadores necesariamente serán sobre placa superficial, las cuales se podrán ver afectadas por la expansión del suelo. En estos casos también es conveniente colocar una capa de relleno granular

estructural bajo la placa de fundación, cuyo espesor podrá ser de 0,50 m. Aunque el colchón granular podrá disipar parte de los efectos de la expansión del suelo, es posible que las fundaciones de estos equipos puedan experimentar movimientos, lo que se podrá manifestar en pérdida de verticalidad del transformador. Como consecuencia, se deberán tomar medidas especiales en el montaje y conexiones de los transformadores para prevenir daños por esta causa, ya que en estos casos particulares resultaría muy difícil y costosa la estabilización de la arcilla expansiva del sitio.

6.3. Fundaciones en Áreas de Relleno

Las áreas de relleno están indicadas en el plano de la figura N° 1, ya citada. En todos los puntos de exploración ubicados en áreas de relleno se encontró el suelo arcilloso duro, producto de una eficiente compactación. También se encontró que los materiales de relleno son expansivos, pero, en general, en menor grado que en los suelos intactos ubicados en las áreas de corte.

Desde el punto de vista de la capacidad de soporte y de la compresibilidad de los rellenos compactados del sitio, se puede afirmar que son comparables a los suelos de las áreas de corte.

Hasta el presente no se conoce cuál será el uso de las áreas de relleno, por lo tanto, las cargas de diseño se han estimado para estructuras de galpones, torres de transmisión, etc., que puedan fundarse sobre cimientos superficiales aislados. La carga admisible de diseño para estos casos será:

$$q_{Adm.,relleno} = 2,0 \text{ Kg/cm}^2.$$

6.4. Drenajes

La activación de la expansión depende de los cambios de humedad del suelo. En este sentido, la construcción de un eficiente sistema de drenajes será vital para el comportamiento de las diferentes estructuras.

En el proyecto de drenaje superficial se deberá considerar como nivel de subrasante la superficie del suelo arcilloso conformado y no la superficie de la piedra suelta de aislamiento. Así, el borde de los canales de drenaje se deberá enrasar con la superficie del suelo del sitio, debidamente compactado, pues será sobre este material por donde escurrirá el agua superficial. Esta metodología se ha empleado en otras instalaciones de E. de C. para el proyecto de drenajes, con mucho éxito.

6.5. Pavimentos

Las calles principales del C. S. La Raisia se encuentran pavimentadas; sin embargo, es posible que haya necesidad de construir algunas vías internas para la descarga y montaje de las turbinas y generadores.

El tráfico que se espera será en su mayoría el debido a vehículos livianos, pero durante el traslado y montaje de las turbinas circularán vehículos extrapesados, por lo que se requerirá de un pavimento apropiado para estas solicitudes.

La capacidad de soporte de la subrasante del sitio es muy pobre, con valores de soporte CBR= 1,5 a 2,1 %, según los datos de los ensayos realizados (figuras N° 25 a la 27). Para estas condiciones de soporte, consideramos que la estructura del pavimento deberá constar de una base granular de 50 cm de espesor y una carpeta de concreto asfáltico en caliente de 15 cm. La base granular podrá ser el granzón de Soapire, antes indicado para el colchón granular bajo las placas fundación.

6.6. Sismicidad

Para efectos del diseño sismorresistente de las diferentes estructuras, a continuación se da la clasificación sísmica del sitio, sobre la base de lo establecido en la Norma COVENIN 1756-1: 2001.

El Centro de Servicios de La Raisia está ubicado en el Municipio Independencia del Estado Miranda, cuya zonificación se resume a continuación.

Zonificación Sísmica y Forma Espectral

Zonificación:	Zona 4
Coefficiente de aceleración horizontal:	$A_0 = 0,25$
Forma espectral:	S-3
Factor de corrección de aceleración:	$\phi = 0,75$

7.- RECOMENDACIONES

De los resultados de la exploración, de la interpretación de los datos de las perforaciones y de los ensayos de laboratorio, y del análisis de los problemas de fundación descritos en la consideraciones anteriores, se recomienda lo siguiente:

- 1.- Fundar los equipos que conforman cada generador sobre una placa maciza corrida, cuyas características (dimensiones y peso) deberán ajustarse a los requisitos mecánicos de los diferentes componentes de los generadores. Las presiones de contacto, del orden de $0,60 \text{ Kg/m}^2$, serán muy inferiores a la carga admisible del suelo del sitio, la cual se estima para las placas de fundación de los generadores en: $q_{Adm} = 4,00 \text{ Kg/cm}^2$.
- 2.- Mejorar las condiciones del suelo de fundación con el fin de reducir los efectos debidos al alto potencial expansivo de los suelos presentes en el área investigada. Sobre este particular se deberán tomar las siguientes medidas:

- 2.1. Remover un espesor de 1,50 m del suelo natural por debajo del nivel de asiento de la placa de fundación de cada generador. Sustituir el suelo removido por un relleno estructural, construido con un material de préstamo granular, bien gradado, de grano duro, que clasifique como grava arenosa o viceversa (suelo GW), cuyas características se dan en la figura N° 33 anexa.
 - 2.2. Utilizar como material de préstamo el granzón de Soapire, el cual ya ha sido empleado en otras obras de E. de C. en la Subestación OMZ para rellenos estructurales. Colocarlo en capas de 25 cm de espesor, compactado a más del 95% de la máxima densidad seca obtenida en el ensayo de Compactación Modificado correspondiente.
 - 2.3. Nivelar la superficie del relleno estructural con una capa de 5 cm de concreto de baja resistencia, $f'_c = 180 \text{ Kg/cm}^2$, sobre el cual se vaciará la placa de fundación propiamente dicha.
- 3.- Extender el relleno estructural al perímetro de la placa de fundación, en un espesor de 1.0 m mínimo, lo cual permitirá que el agua de la evapotranspiración del suelo alcance la superficie del terreno a través del relleno granular colocado alrededor de la placa de fundación. Atender a la idea expresada en la figura siguiente.

**RELLENO ESTRUCTURAL BAJO LA PLACA DE FUNDACIÓN**

- 4.- Colocar un sistema de tuberías perforadas, a través del cual se pueda expulsar el agua proveniente de la evapotranspiración del suelo. Los tubos perforados se conectarán con respiraderos provistos de caperuza o tubo doblado para impedir la entrada de agua del exterior al relleno estructural.
- 5.- Diseñar la placa de fundación de cada generador para resistir los posibles efectos de la expansión del suelo. Se sugiere el método que supone que la placa se apoya en parte del área de contacto con el suelo, en un caso con volados en el perímetro de la placa, y en otro caso con un tramo libre central, como se indica en la figura de la página N° 15. Usar un índice de soporte $C=0,15$ a $0,20$.
- 6.- Fundar las estructuras de la subestación sobre cimientos superficiales aislados, diseñados para presiones admisibles máximas de: $q_{Adm} = 2,50 \text{ Kg/cm}^2$. Construir las zapatas a una profundidad $D_f = 2,00 \text{ m}$, contados desde la rasante final del terreno. Rellenar las excavaciones de las zapatas con el mismo material excavado, compactado con equipo portátil en capas no mayores de 10 a 15 cm, hasta alcanzar una densidad igual o mayor al 95% de la densidad máxima seca del ensayo de Compactación Estándar.
- 7.- Considerar como fuerza resistente última a la tracción en fundaciones superficiales, el peso de tierra que gravita sobre la zapata, calculado sobre la base de un peso unitario húmedo $\gamma_{húm} = 1,80 \text{ t/m}^3$. Utilizar un factor de seguridad de $FS \geq 2,00$

- 8.- Fundar los transformadores de la subestación sobre placa corrida superficial, provistas de nervios perimetrales que penetren un mínimo de 40 cm dentro del suelo de fundación.
- 9.- Mejorar el terreno de fundación de los transformadores con la excavación y sustitución del suelo expansivo del sitio en un espesor de 0,50 m. Sustituir el material excavado por un relleno estructural, construido con granzón de Soapire o similar, compactado como se indicó antes. Aplicar los mismos criterios de carga debido a la expansión del suelo propuestos para las placas de fundación de los generadores. Utilizar en este caso un índice de soporte $C = 0,30$.
- 10.- Fundar las torres y otras estructuras ubicadas en zonas de relleno sobre cimientos superficiales aislados, diseñados para una presión admisible de $q_{Adm, \text{relleno}} = 2,00 \text{ Kg/cm}^2$.
- 11.- Proyectar un eficiente sistema de drenajes que permita el rápido escurrimiento de las aguas de lluvia y evite el estancamiento de todas las aguas superficiales. Considerar como nivel de subrasante del terreno el de la arcilla del sitio, bien sea suelo natural o compactado. Los canales de drenaje tendrán su cota de borde ligeramente por debajo de la subrasante arcillosa y en ningún caso se tomará como referencia el nivel de la piedra picada de aislamiento.
- 12.- Construir los pavimentos de concreto asfáltico en caliente, apoyados sobre una base granular con valor de soporte $\text{CBR} \geq 80\%$. La base granular podrá ser el granzón de Soapire. Utilizar la siguiente estructura de pavimento:

Concreto asfáltico en Caliente:	15 cm
Base granular, $\text{CBR} \geq 80\%$	50 cm

- 13.- Utilizar en el diseño estructural sismorresistente la zonificación sísmica y la forma espectral que se da a continuación.

Zonificación Sísmica y Forma Espectral

Zonificación:	Zona 4
Coefficiente de aceleración horizontal:	$A_0 = 0,25$
Forma espectral:	S-3
Factor de corrección de aceleración:	$\phi = 0,75$

- 14.- Tomar en cuenta que el presente estudio se ejecutó a nivel de ingeniería conceptual; por lo tanto, los criterios aquí expuestos podrán ser modificados o ajustados a los requisitos que surjan del desarrollo de las etapas de ingeniería básica y de detalles.
- 15.- Informarnos del proyecto de fundaciones de todas las estructuras de la planta generadora, para revisarlo bajo el marco de estas recomendaciones.

Atentamente,

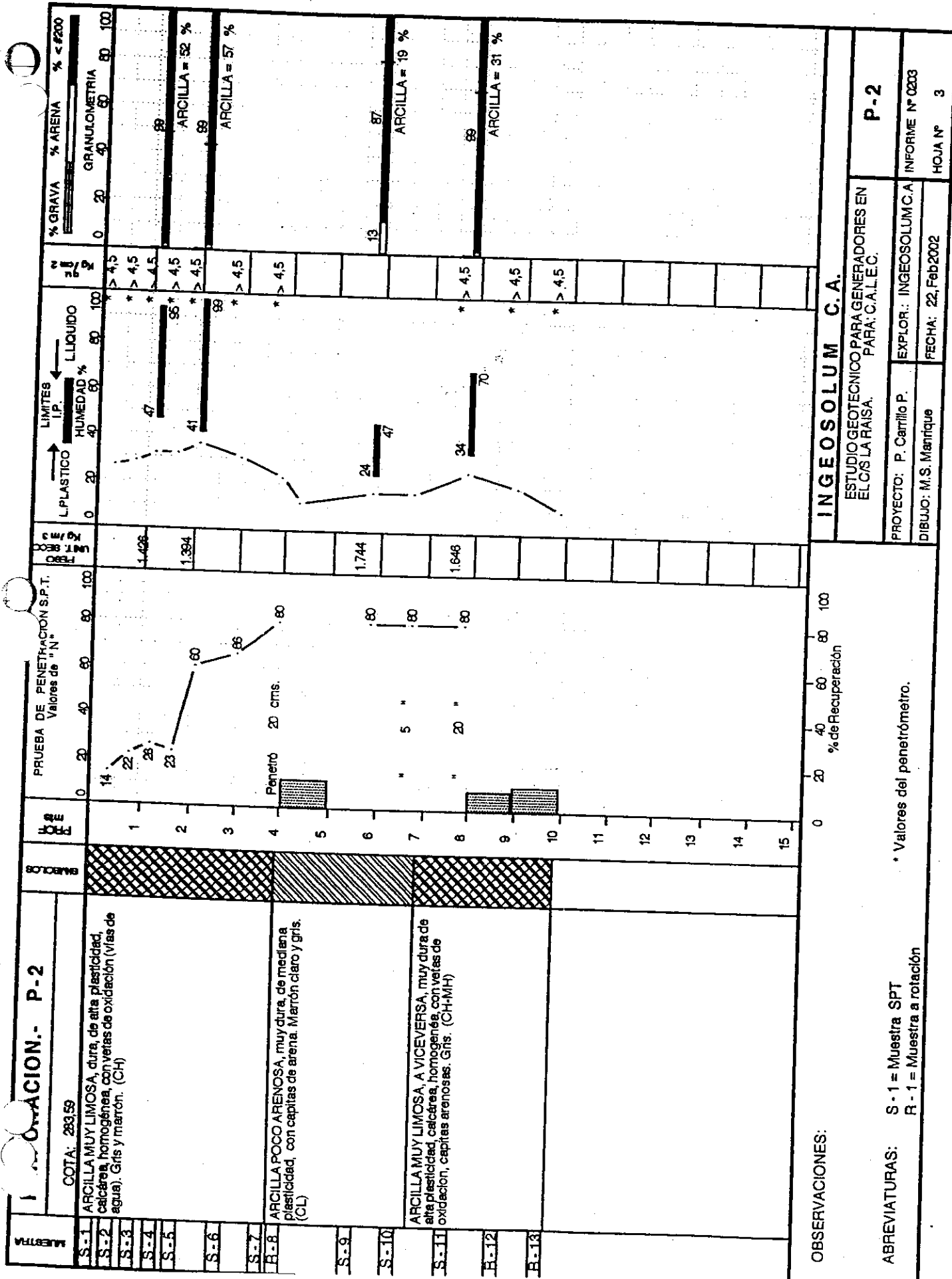
INGEOSOLUM C. A.



Ing° Pedro Carrillo Pimentel
CIV 6543

Anexos: Treinta y tres (33) figuras.

Anexo de Resistividad Eléctrica



OBSERVACIONES:

ABREVIATURAS: S-1 = Muestra SPT

R-1 = Muestra a rotación

* Valores del penetómetro.

COTACION.- P-3										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283.64										EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										FECHA: 22, Feb 2002									
COTA: 283.64										P-3									
COTA: 283.64										INFORME N° 0203									
COTA: 283.64										HOJA N° 4									
COTA: 283.64										INGEOSOLUM C.A.									
COTA: 283.64										ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.									
COTA: 283.64										PROYECTO: P. Carrillo P.									
COTA: 283.64										DIBUJO: M.S. Manrique									
COTA: 283																			

* Valores del penetrómetro.

ACION.- P-4

COTA: 283,58

[illegible]

OBSERVACIONES:

ABREVIATURAS: S - 1 = Muestra SPT
R - 1 = Muestra a rotación

* Valores del penetrómetro.

INGEOSOLUM C.A.

ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.

P-4

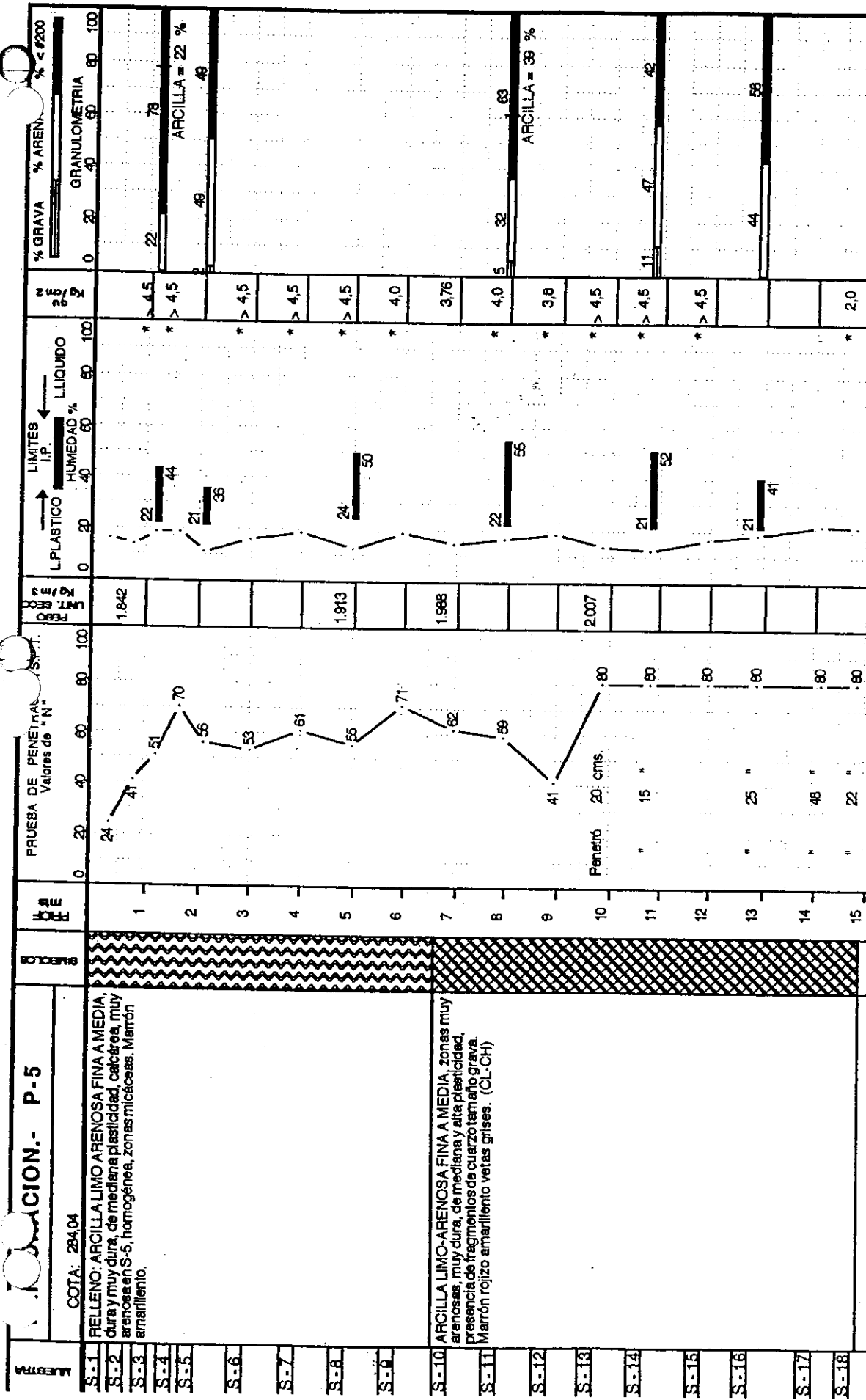
PROYECTO: P. Carrillo P.

INFORME Nº 0203

DIBUJO: M.S. Manrique

FECHA: 22, Feb 2002

HOUA N° 5



OBSERVACIONES:

ABREVIATURAS: S-1 = Muestra SPT
R-1 = Muestra a rotación

* Valores del penetómetro.

INGEOSOLUM C.A.

ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.

P-5

PROYECTO: P. Carrillo P.
DIBUJO: M.S. Manrique

EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.
FECHA: 22, Feb 2002

INFORME N° 0203
HOJA N° 6

MUESTRA		ACCIÓN.- P-6		PRUEBA DE PENETRACIÓN S.T.		LÍMITES L.P.		LÍQUIDO		% GRAVA		% ARENA	
COTA: 283.71		VALORES DE "N"		Kg/cm²		HUMEDAD %		HUMEDAD %		0 20 40 60 80 100		0 20 40 60 80 100	
S-19	ARCILLA LIMO ARENOSA, fina a media, muy arenosa en S-21, muy dura de mediana a alta plasticidad. Marrón amarillento y gris. (CL-CH)	16	52	1560	21	3.0	41	59					
S-20		17	58										
S-21		18	80										
		19											
		20											
		21											
		22											
		23											
		24											
		25											
		26											
		27											
		28											
		29											
		30											

INGEOSOLUM C.A.

ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.

PROYECTO: P. Carrillo P.

EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.

DIBUJO: M.S. Manrique

FECHA: 22, Feb 2002

INFORME N° 0203

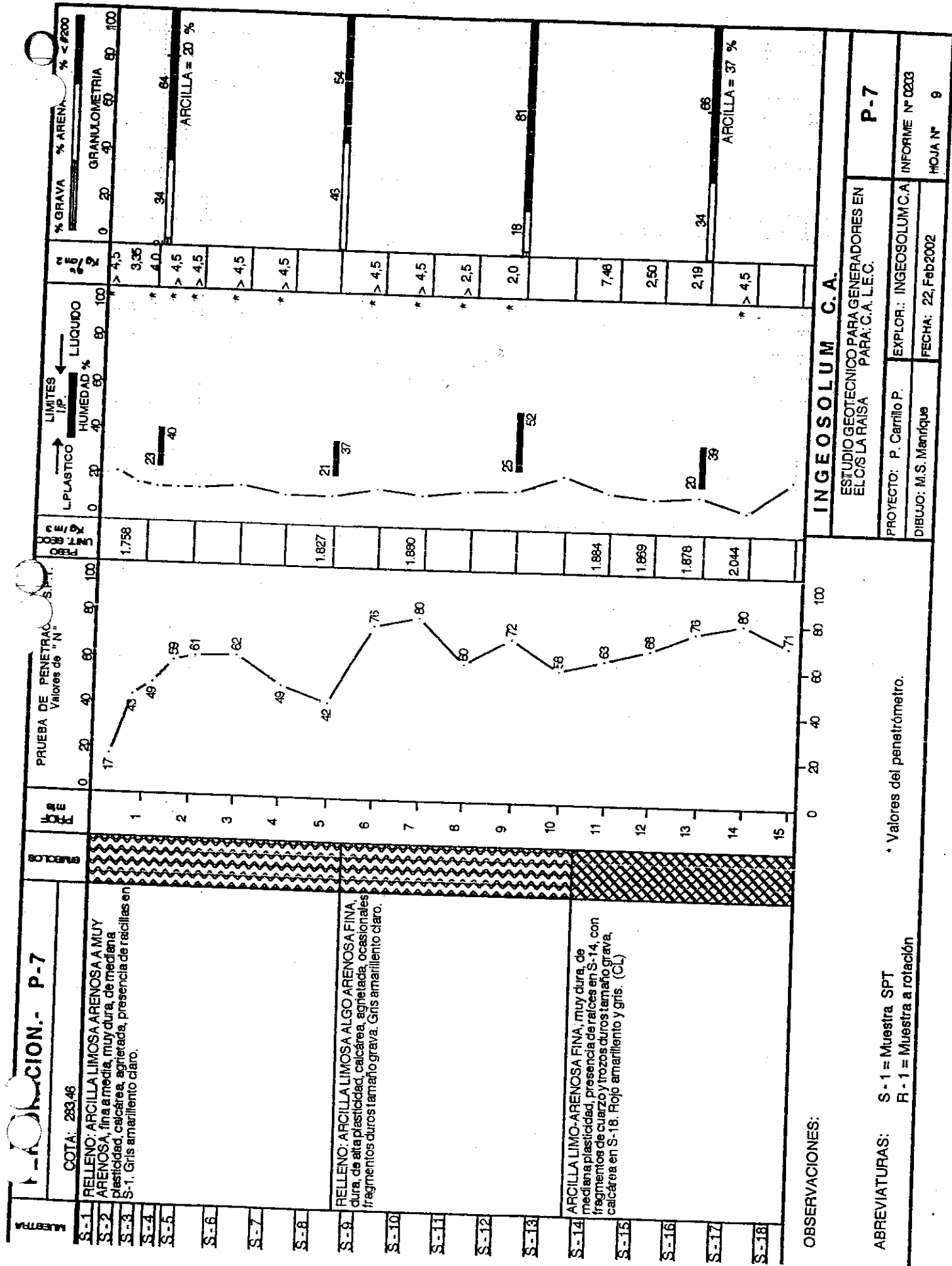
HOJA N° 8

OBSERVACIONES:

ABREVIATURAS: S-1 = Muestra SPT

R-1 = Muestra a rotación

* Valores del penetrómetro.



DESCRIPCION.- P-7		SUCIOS	D.F.	PRUEBA DE PENETRACION SPT. Valores de "N"	LÍMITES I.P.	LÍQUIDO HUMEDAD %	2.5 2.5	% GRAVA	% ARENA	% < #200
MUESTRA	COTA									
S-19	ARCILLA LIMOSA, dura, de alta plasticidad, vetas de oxidación, puntos carbonosos, agrietada. Gris amarillento claro vetas marrón. (CH)									
S-20			16	78		31	2.5	5	95	ARCILLA = 49 %
S-21			17	77		63	3.0			
S-22			18	67			2.5			
S-23			19	73			2.0			
			20	77						
			21							
			22							
			23							
			24							
			25							
			26							
			27							
			28							
			29							
			30							

OBSERVACIONES:

INGEOSOLUM C.A.

ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN
EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.

P-7

ABREVIATURAS: S-1 = Muestra SPT
R-1 = Muestra a rotación.

• Valores del penetrómetro.

PROYECTO: P. Carrillo P.

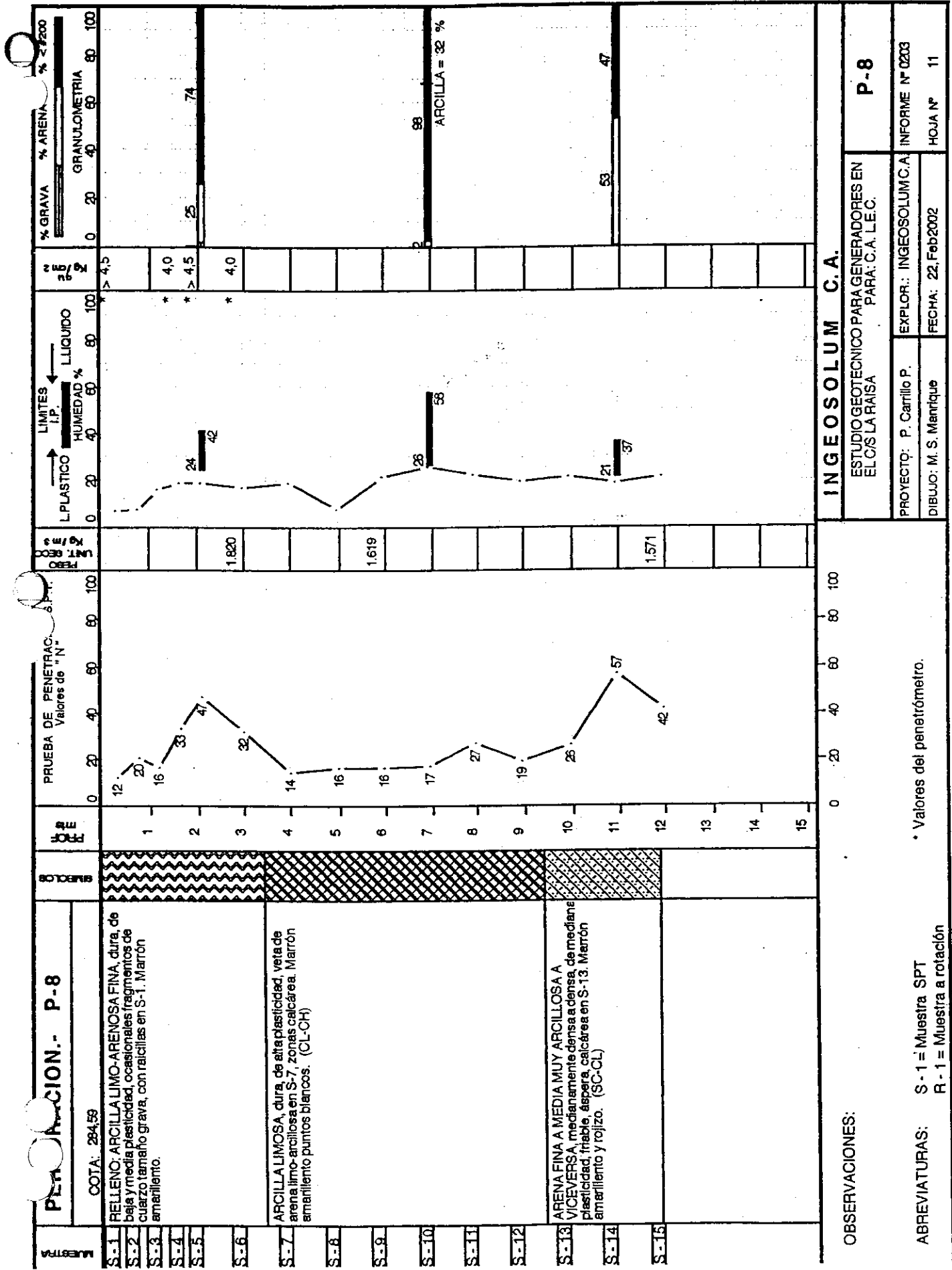
EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.

INFORME N° 0203

DIBUJO: M.S. Manrique

FECHA: 22 Feb 2002

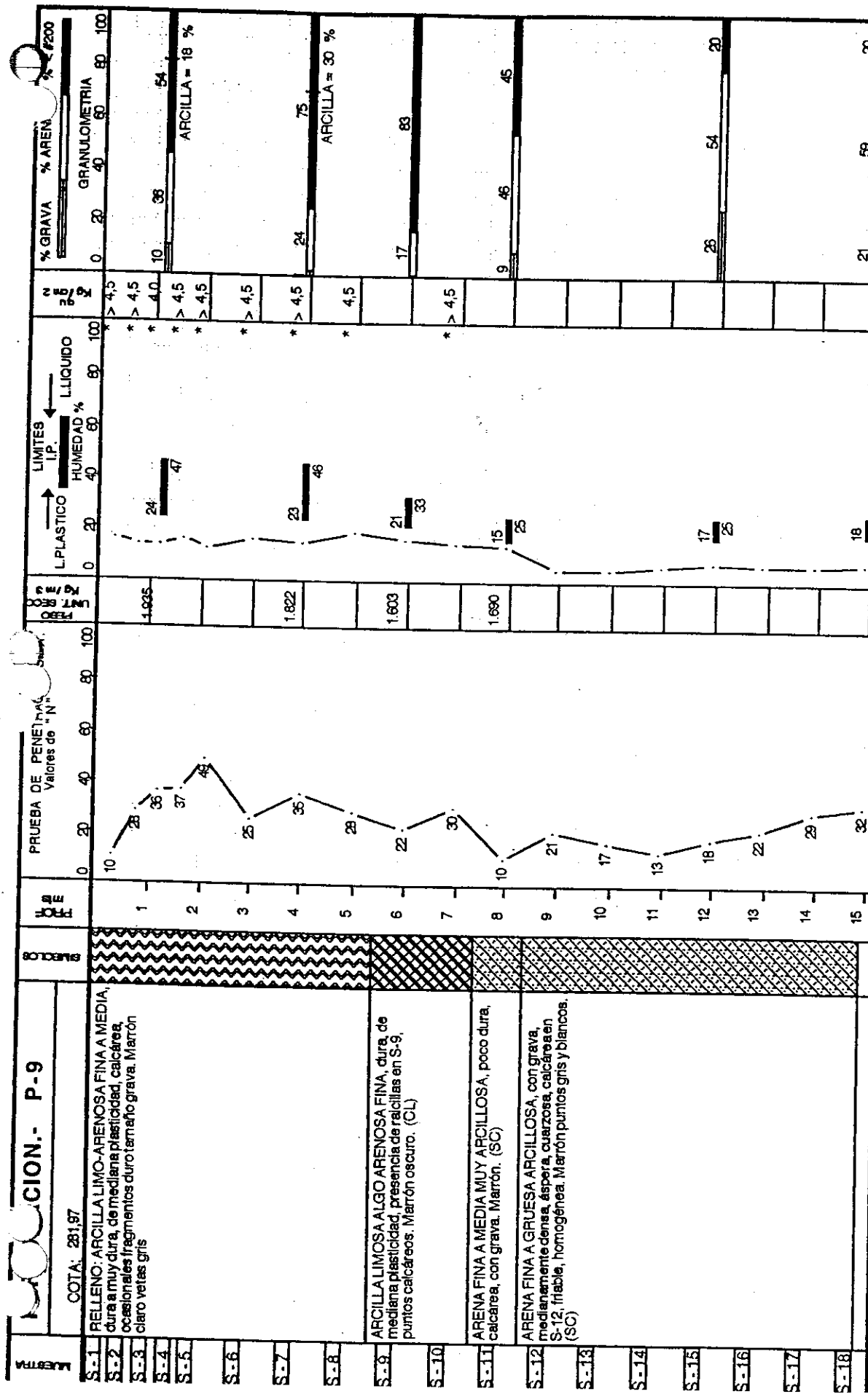
HOJA N° 10



OBSERVACIONES:

* Valores del penetrómetro.

ABREVIATURAS: S-1 = Muestra SPT
R-1 = Muestra a rotación



OBSERVACIONES:

ABREVIATURAS: S-1 = Muestra SPT
R-1 = Muestra a rotación

* Valores del penetrómetro.

INGEOSOLUM C.A.

ESTUDIO GEOTECNICO PARA GENERADORES EN
EL C/S LA RAISA PARA: C.A. L.E.C.

P-9

PROYECTO: P. Carrillo P.

EXPLOR.: INGEOSOLUM C.A.

INFORME N° 0203

DIBUJO: M.S. Manrique

FECHA: 22, Feb 2002

HOJA N° 12

**ESTUDIO GEOTÉCNICO EN MOVIMIENTO DE TIERRA
EN CENTRO DE SERVICIO LA RAISA
PARA: C. A. LA ELECTRICIDAD DE CARACAS**

CALICATA N° C-1

CALICATA N° C-1			ENSAYOS								
Prof. Metros	Muest N°	Descripción	Humed. %	Granulometría						Plasticidad LL IP	
				Grava	Arena			<#200	%C		
					Gruesa	Media	Fina				
1,00	M-1	Limo Arcilloso de alta plasticidad, marrón claro. (MH)	31,2	0	0	1	3	96	43	83	39
2,00											

CALICATA N° C-2

ENCUENTRO N° C-2											
Prof. ros	Muest N°	Descripción	ENSAYOS								
			Humed. %	Granulometría						Plasticidad LL IP	
				Grava	Arena			<#200	%C		
					Gruesa	Media	Fina				
1,00	M-1	Arcilla Limosa algo arenosa fina, de mediana y alta plasticidad, marrón claro amarillento (CH).	15,2	0	0	2	5	93	30	52	24
	M-2		12,5	0	0	4	7	89	23	47	22
2,00											

**INGEOSOLUM, C.A.
INFORME N° 0203
FIGURA N° 14**

**ESTUDIO GEOTÉCNICO EN MOVIMIENTO DE TIERRA
EN CENTRO DE SERVICIO LA RAISA
PARA: C. A. LA ELECTRICIDAD DE CARACAS**

CALICATA N° C-3

CALICATA Nº C-3			ENSAYOS								
Prof. Metros	Muest Nº	Descripción	Humed. %	Granulometría						Plasticidad LL IP	
				Grava	Arena			<#200	%C		
					Gruesa	Media	Fina				
1,00	M-1	Arcilla Limo arenosa fina de mediana plasticidad calcárea marrón amarillento	13,5	1	2	8	17	72	21	43	20
2,00											

CALICATA N° C-4

ALICATA N° C-4			ENSAYOS								
Prof. Metros	Muest N°	Descripción	Humed. %	Granulometría						Plasticidad LL IP	
				Grava	Arena			<#200	%C		
					Gruesa	Media	Fina				
1,00	M-1	Relleno Arcilla Limo arenosa de mediana plasticidad, muy dura marrón claro.	12,1	1	2	5	13	79	24	39	17
2,00											

**ESTUDIO GEOTÉCNICO EN MOVIMIENTO DE TIERRA
EN CENTRO DE SERVICIO LA RAISA
PARA: C. A. LA ELECTRICIDAD DE CARACAS**

CALICATA Nº C-5

CALICATA Nº C-5			ENSAYOS								
Prof. Metros	Muest Nº	Descripción	Humed. %	Granulometría						Plasticidad	
				Grava	Arena			<#200	%C		
					Gruesa	Media	Fina			LL	IP
1,00 											

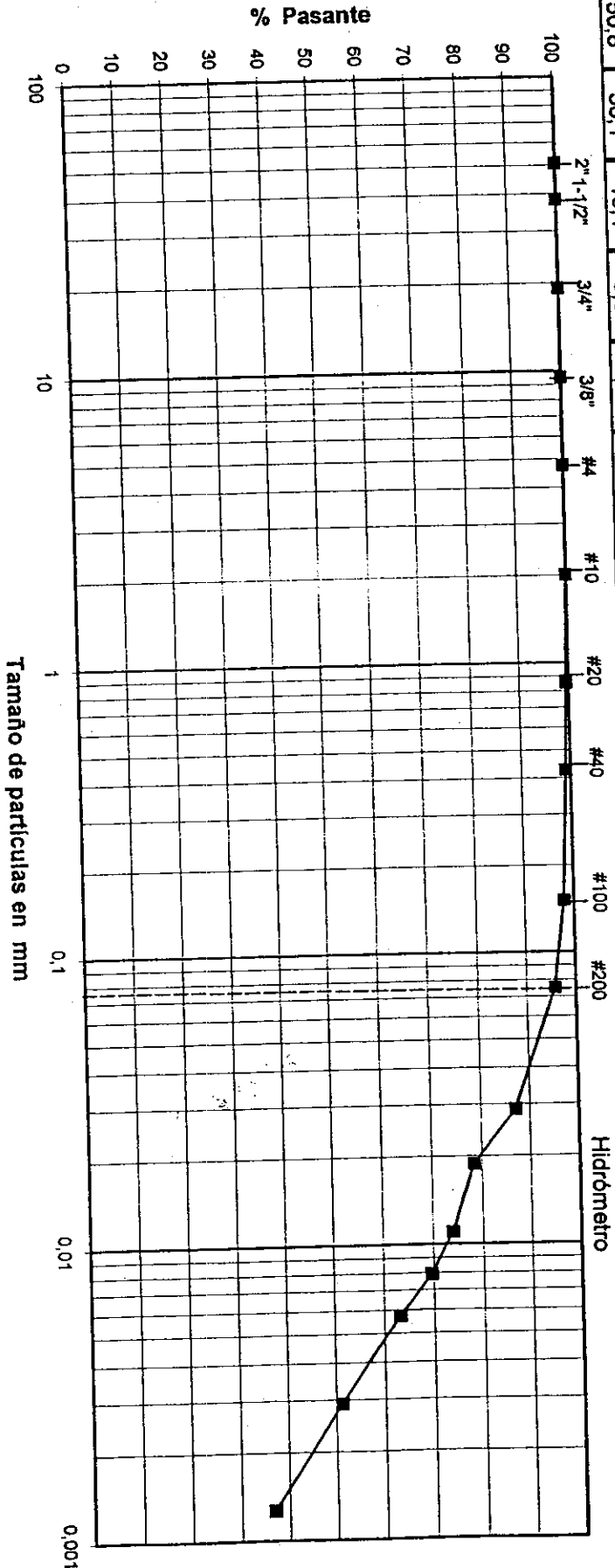
**INGEOSOLUM, C.A.
INFORME Nº 0203
FIGURA Nº 16**

INGEOSOLUM C. A.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

0203 CENTRO DE SERVICIO LA RAISA, EDO. MIRANDA

Tamices										Hidrómetro									
2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200	0.032	0.02	0.011	0.0082	0.006	0.003	0.0012	milímetros		
50.8	38.1	19.1	9.5	4.75	2	0.85	0.425	0.15	0.075										



MUESTRA PROFUNDIDAD
Calicata C-1 M-1 0.00 - 1.80

NATURALEZA DE LA MUESTRA					Límites de consistencia				
Grava	Arena		Fino		LL	LP	IP	P.U.S.	Hum %
	Gruesa	Media	Fin	<#200	%C				
0 %	0 %	1 %	3 %	96 %	43	83	44	39	31.2
									2.79

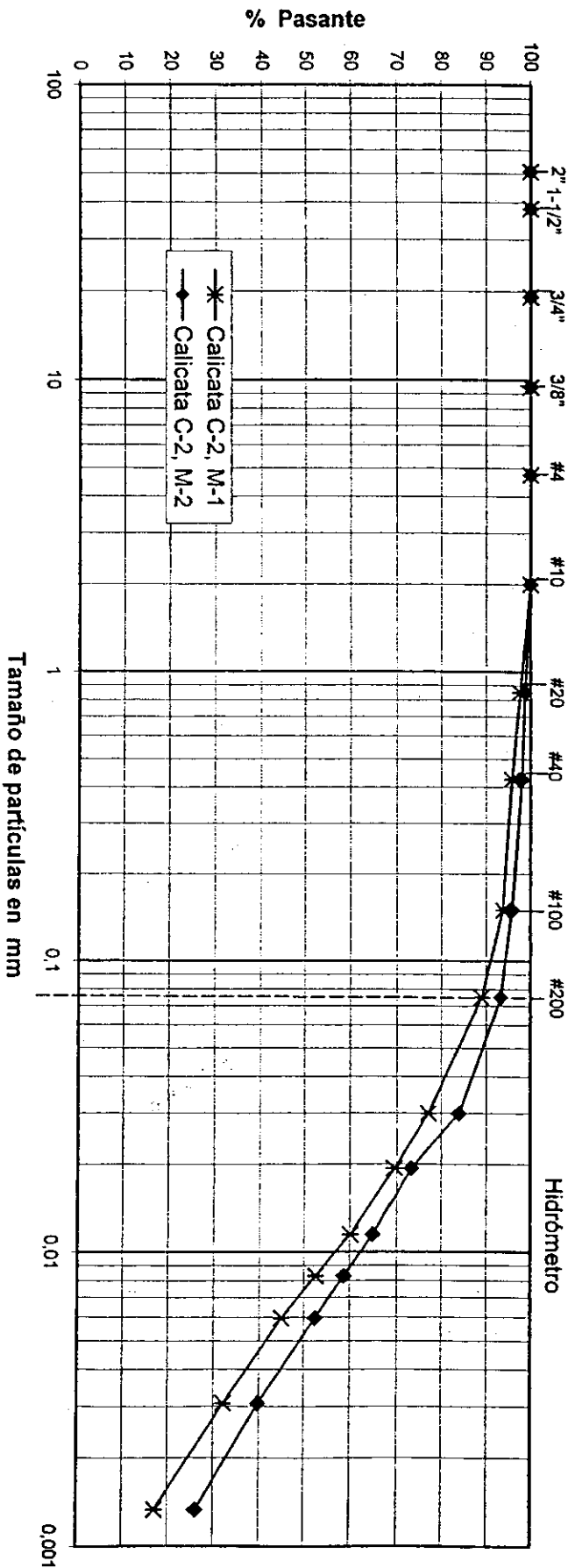
Figura Nº 17

INGEOSOLUM C. A.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

0203 CENTRO DE SERVICIO LA RAISA, EDO. MIRANDA

T a m i c e s										H i d r ó m e t r o					m i l l í m e t r o s	
2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200	0.032	0.02	0.011	0.0082	0.006	0.003	0.0012
50.8	38.1	19.1	9.5	4.75	2	0.85	0.425	0.15	0.075							



MUESTRA PROFUNDIDAD

Calicata C-2 M-1 0.00 - 1.50

Calicata C-2 M-2 1.50 - 1.80

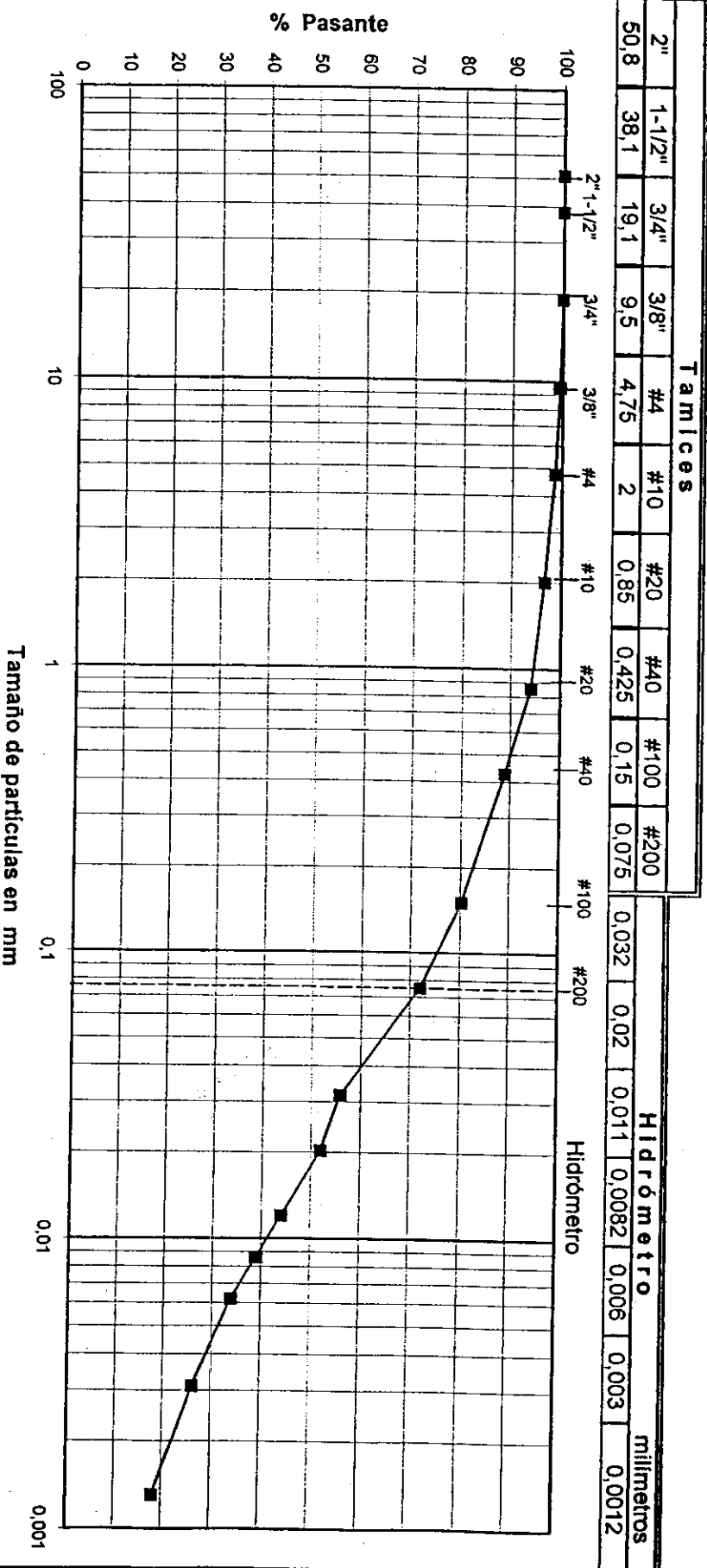
NATURALEZA DE LA MUESTRA						Límites de consistencia				
Grava	Arena			Fino		LL	LP	IP	P.U.S.	Hum%
	Gruesa	Media	Fina	<#200	%C					
0 %	0 %	2 %	5 %	93 %	32	52	28	24		15.2
0 %	0 %	4 %	7 %	89 %	24	47	25	22		12.5
										2.77
										2.75

Figura N° 18

INGEOSOLUM C. A.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

0203 CENTRO DE SERVICIO LA RAISA, EDO. MIRANDA



MUESTRA PROFUNDIDAD
Calicata C-3 M-1 0,00 - 1,50

NATURALEZA DE LA MUESTRA						Límites de consistencia				
Grava	Arena			Fino		LL	LP	IP	P.U.S.	Hum%
	Gruesa	Media	Fina	<#200	%C					
1 %	2 %	8 %	17 %	72 %	21	43	23	20		13,5

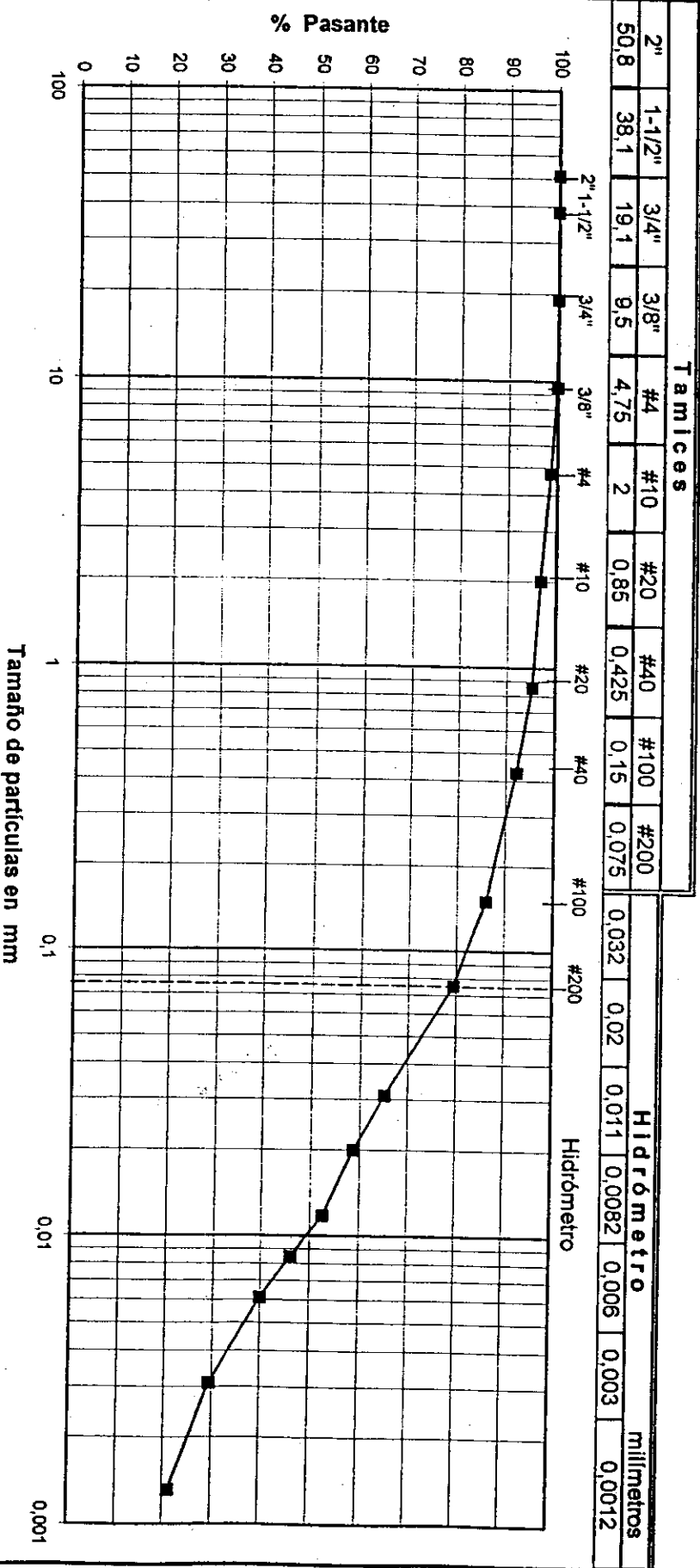
2,73

Figura Nº 19

INGEOSOLUM C. A.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

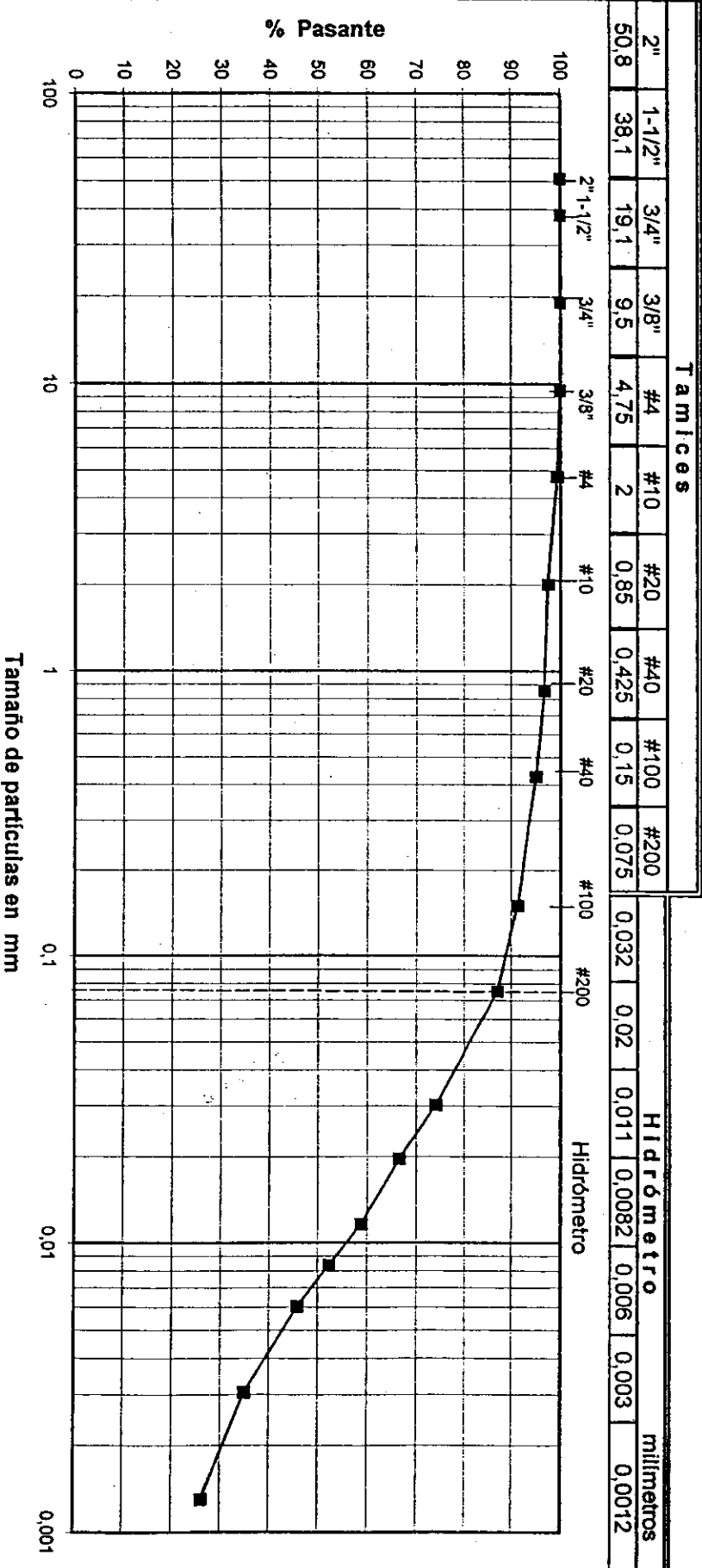
0203 CENTRO DE SERVICIO LA RAISA, EDO. MIRANDA



INGEOSOLUM C. A.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

0203 CENTRO DE SERVICIO LA RAISA, EDO. MIRANDA



MUESTRA **PROFUNDIDAD**

Calicata C-5 M-1 0,00 - 1,50

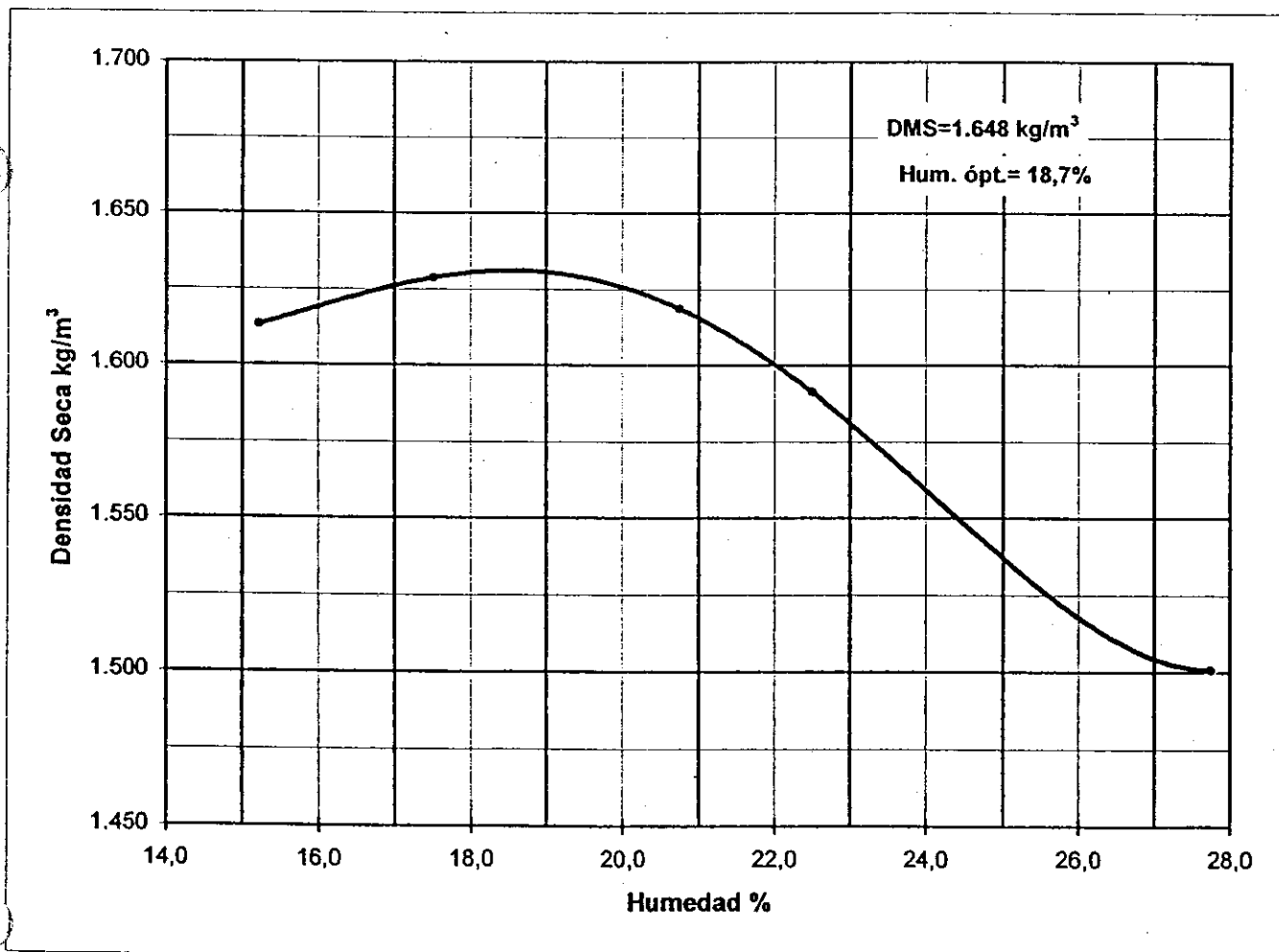
NATURALEZA DE LA MUESTRA					Límites de consistencia				
Grava	Arena			Fino	LL	LP	IP	P.U.S.	Hum%
	Gruesa	Media	Fina	<#200					
1 %	1 %	3 %	8 %	87 %	58	30	28		17,4
				%C					
				30					2,74

Figura Nº 21

PROYECTO: CENTRO DE SERVICIO LA RAISA
MUESTRA: EDO. MIRANDA
CALICATA F-1 M-1 (0,00 a 1,80)
Fecha: 30/01/02

MARTILLO:	MOLDE	4"
Peso: 4,5kg	Diámetro cm:	10,148
Caída: 45,7cm	Altura cm:	11,640
	Volumen cc:	941
	Peso gr:	4.270

Punto N°	0%		2%		4%		6%		10%	
Peso muestra+ molde	6.020		6.072		6.110		6.105		6.075	
Peso muestra	1.750		1.802		1.840		1.835		1.805	
Densidad humeda	1.859		1.914		1.954		1.949		1.917	
Tara N°	A-23	A-25	A-26	A-30	A-14	A-27	A-6	A-9	A-35	A-36
Peso total humedo	115,93	118,46	104,11	92,32	99,12	96,59	96,23	100,75	106,91	107,77
Peso total seco	105,32	107,11	94,22	84,38	87,67	85,80	85,18	88,90	90,92	92,56
Peso tara	35,95	32,23	37,58	39,20	33,30	33,00	36,33	35,91	33,19	37,83
% Humedad	15,3%	15,2%	17,5%	17,6%	21,1%	20,4%	22,6%	22,4%	27,7%	27,8%
Humedad promedio	15,2		17,5		20,7		22,5		27,7	
Densidad seca	1.613		1.629		1.619		1.591		1.501	



ENSAYO DE COMPACTACIÓN
PROCTOR MODIFICADO AASHO T-180

PROYECTO: CENTRO DE SERVICIO LA RAISA

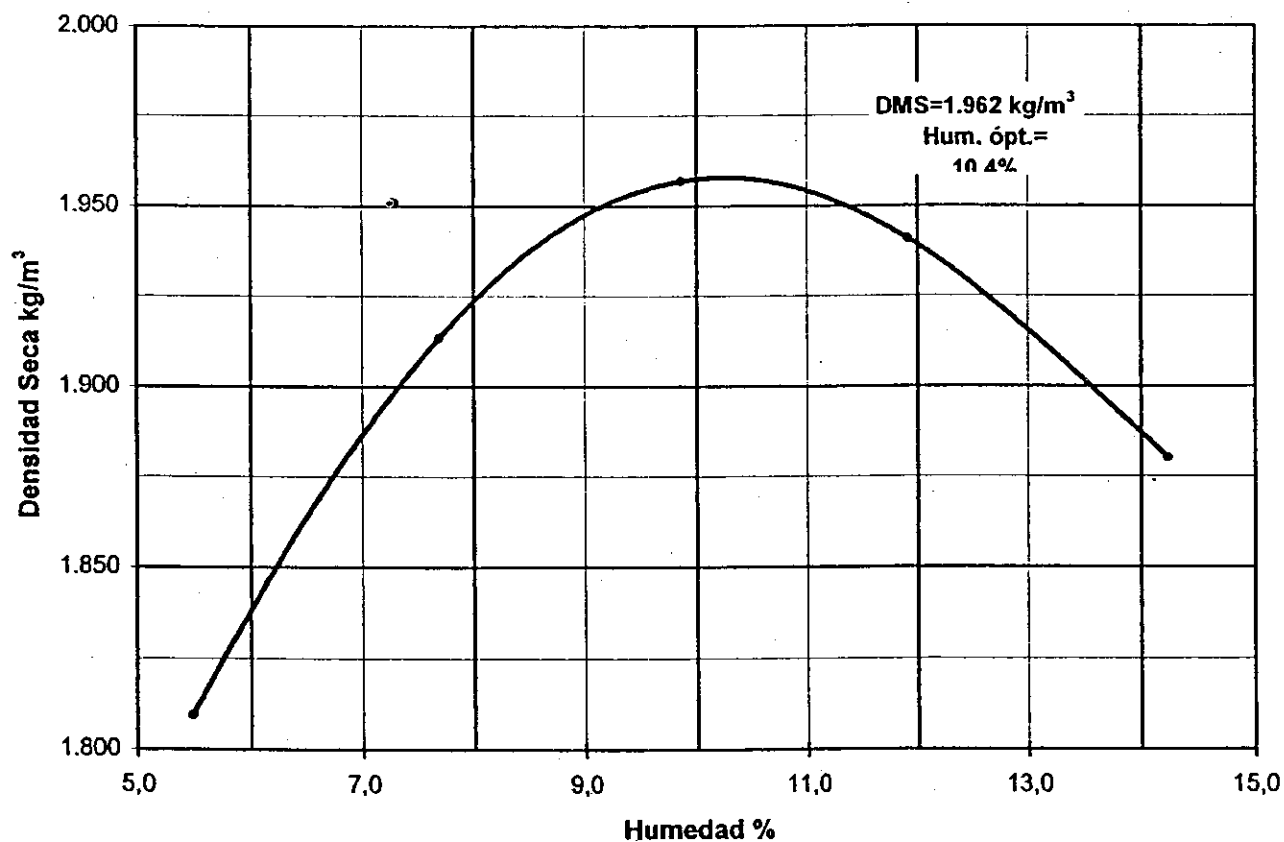
EDO. MIRANDA

MUESTRA: CALICATA C-3 M-1 (0,00 a 1,50)

Fecha: 13/02/02

MARTILLO:	MOLDE	4"
Peso: 4,5kg	Diámetro cm:	10,148
Caída: 45,7cm	Altura cm:	11,640
	Volumen cc:	941
	Peso gr:	4.270

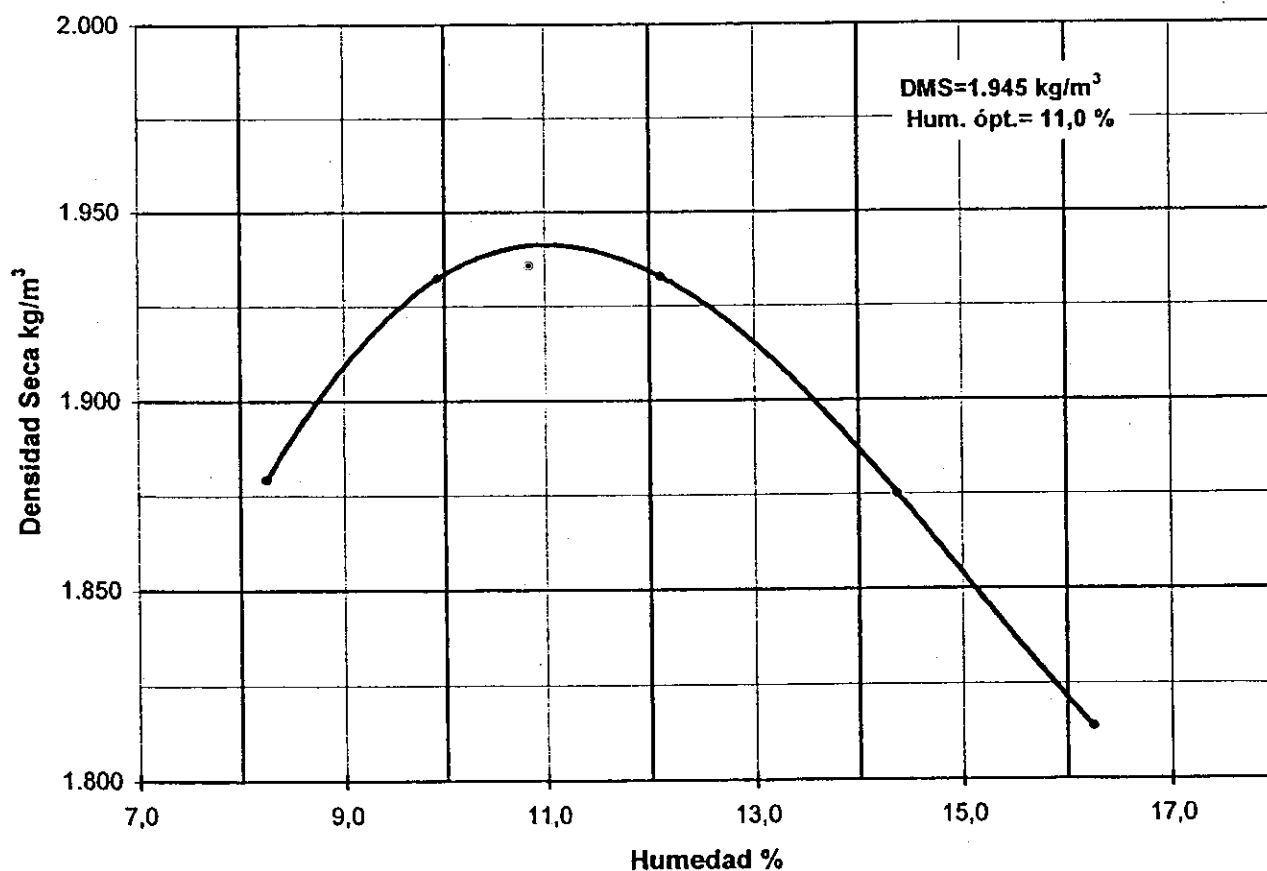
Punto N°	0%		2%		4%		6%		8%	
Peso muestra+ molde	6.067		6.210		6.294		6.315		6.292	
Peso muestra	1.797		1.940		2.024		2.045		2.022	
Densidad humeda	1.909		2.061		2.150		2.172		2.148	
Tara N°	A-14	A-26	A-27	A-30	A-34	B-10	B-12	B-15	B-17	B-18
Peso total humedo	113,34	115,25	106,73	103,23	116,83	114,17	119,40	130,66	106,69	113,36
Peso total seco	109,16	111,23	101,51	98,62	109,82	106,67	110,91	120,35	97,55	103,77
Peso tara	33,30	37,58	33,00	39,20	38,13	31,20	39,75	33,74	33,47	36,31
% Humedad	5,5%	5,5%	7,6%	7,8%	9,8%	9,9%	11,9%	11,9%	14,3%	14,2%
Humedad promedio	5,5		7,7		9,9		11,9		14,2	
Densidad seca	1.809		1.913		1.957		1.941		1.880	



**ENSAYO DE COMPACTACIÓN
PROCTOR MODIFICADO AASHO T-180**
PROYECTO: CENTRO DE SERVICIO LA RAISA
EDO. MIRANDA
MUESTRA: CALICATA C-4 (0,00 a 1,50)
Fecha: 14/02/02

MARTILLO:	MOLDE	4"
Peso: 4,5kg	Diámetro cm:	10,148
Caída: 45,7cm	Altura cm:	11,640
	Volumen cc:	941
	Peso gr:	4.270

Punto N°	2%		4%		6%		8%		10%	
Peso muestra+ molde	6.185		6.270		6.310		6.289		6.255	
Peso muestra	1.915		2.000		2.040		2.019		1.985	
Densidad humeda	2.034		2.124		2.167		2.145		2.108	
Tara N°	A-12	A-14	A-20	A-25	A-30	A-33	A-35	A-36	A-40	A-42
Peso total humedo	142,24	110,17	124,87	99,91	129,08	108,67	117,43	126,11	120,05	117,16
Peso total seco	134,58	104,27	116,95	93,80	119,44	100,09	106,78	115,08	107,85	106,04
Peso tara	41,00	33,30	37,25	32,23	39,20	29,79	33,19	37,83	32,89	37,48
% Humedad	8,2%	8,3%	9,9%	9,9%	12,0%	12,2%	14,5%	14,3%	16,3%	16,2%
Humedad promedio	8,2		9,9		12,1		14,4		16,2	
Densidad seca	1.879		1.932		1.933		1.875		1.814	

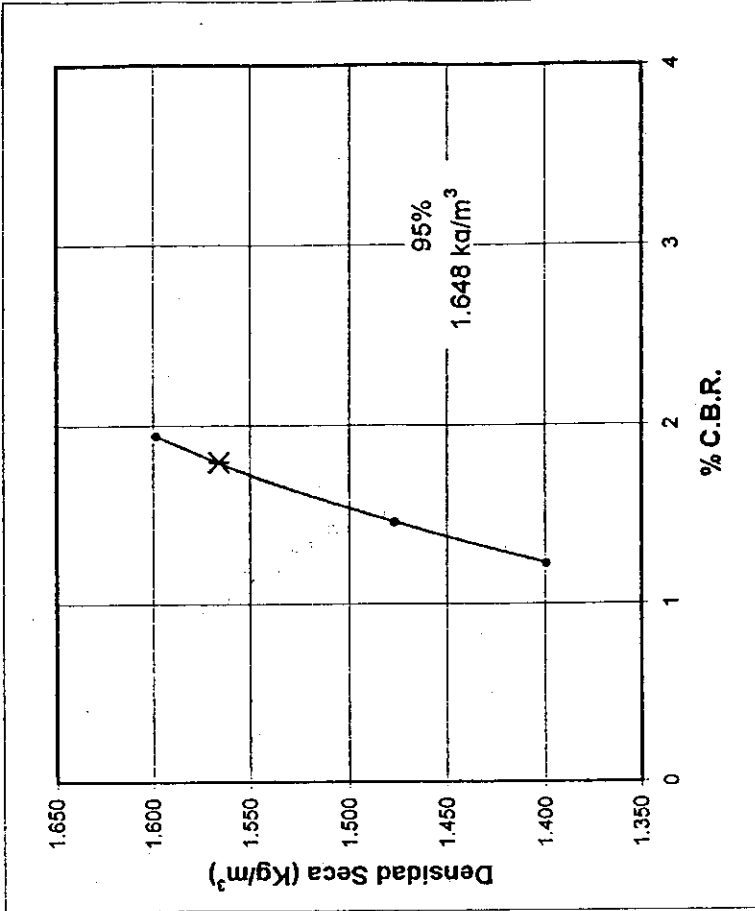
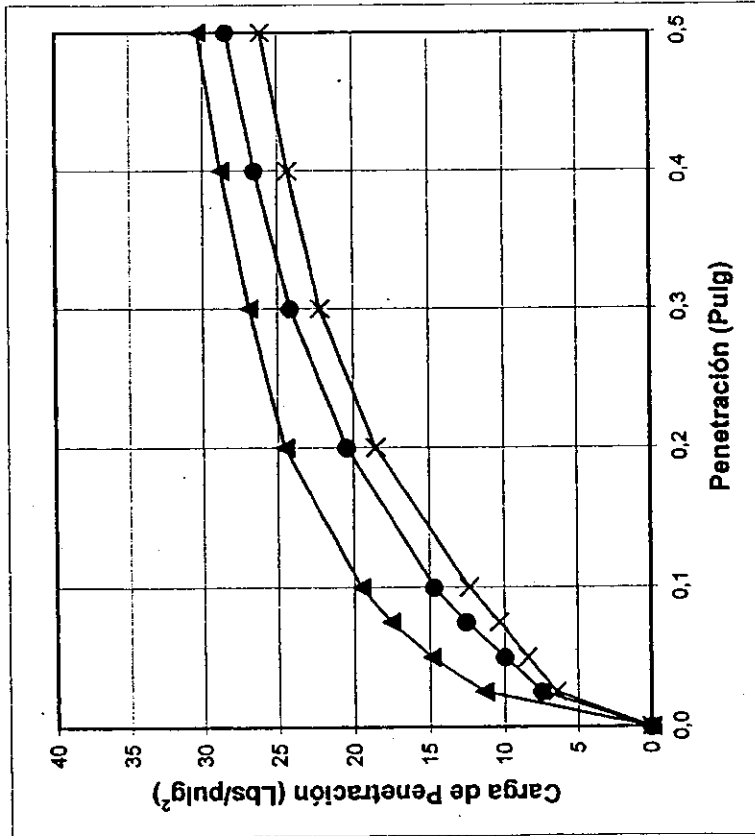


INGEOSOLUM C.A.

ENSAYO DE CAPACIDAD DE SOPORTE (C.B.R.)

Número de golpes por capa	Hinchamiento %	Carga de penetración después de 4 días de inmersión											CBR		Absorción %	Densidad seca Kg/m ³	95% DMS Kg/m ³	% CBR Para: 0,1
		Lbs/pulg ²									Carga corregida		Corregido					
		0,025	0,050	0,075	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,10	0,20	0,10	0,20					
56	24,74	11,3	14,8	17,5	19,5	24,5	26,8	28,8	30,3	-	-	1,9	1,6	15,66	1598	-	-	
25	22,77	7,5	10,0	12,5	14,6	20,4	24,1	26,5	28,4	-	-	1,5	1,4	22,77	1477	1.566	1,8	
12	19,75	6,5	8,4	10,4	12,3	18,5	22,2	24,3	26,1	-	-	1,2	1,2	25,07	1399	-	-	

▲ ● ✕



PROYECTO: CENTRO DE SERVICIO LA RAISA
UBICACIÓN: LA RAISA

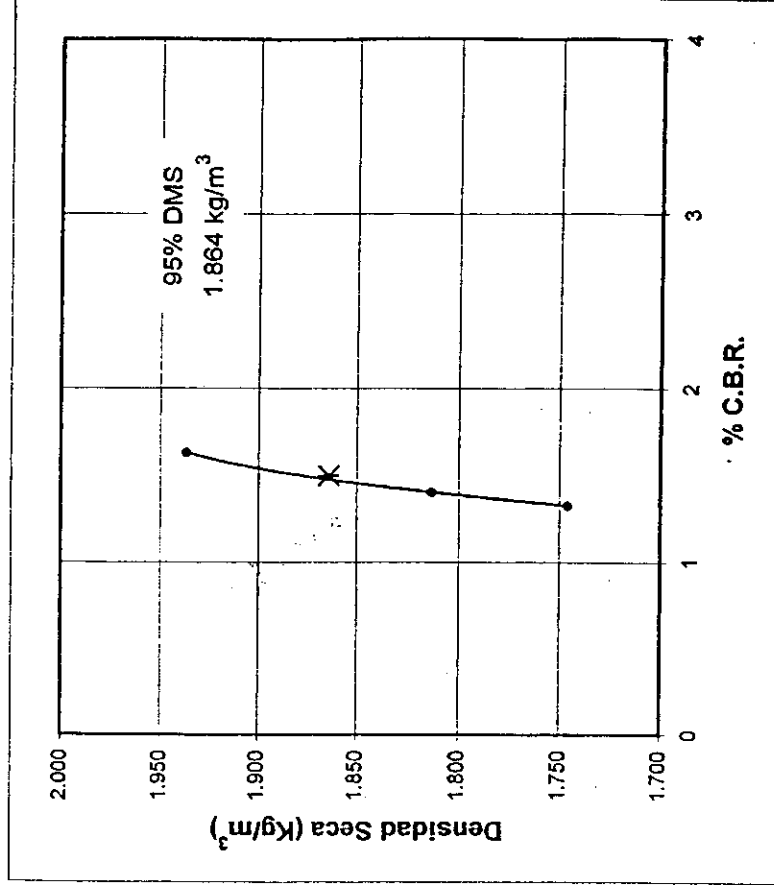
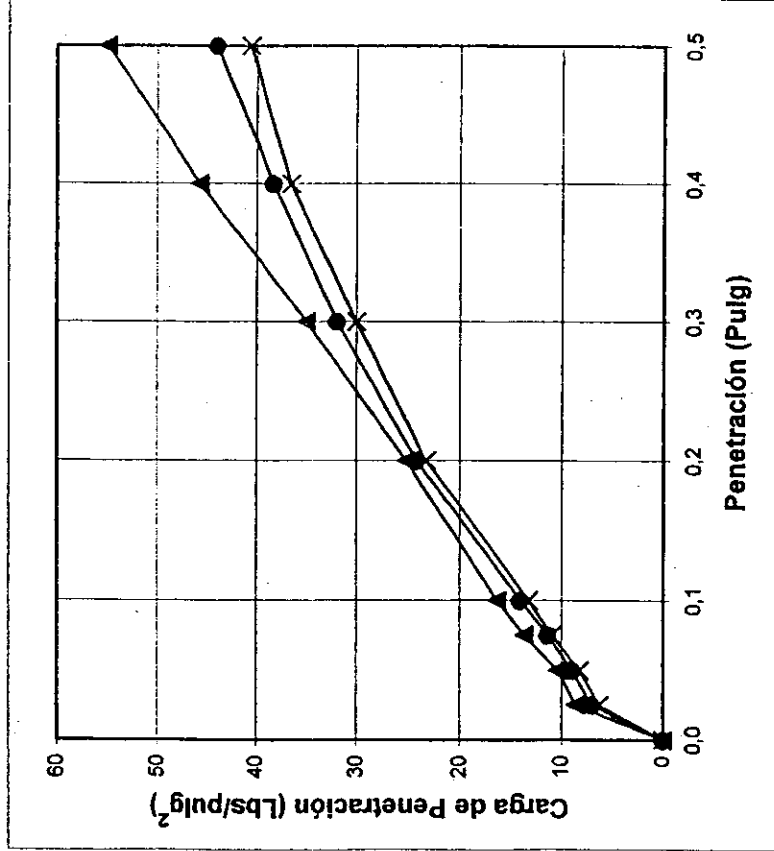
MUESTRA: CALICATA C-1 M-1
FECHA: 07/02/2002

INFORME N° 0203
FIGURA N° 25

INGEOSOLUM C.A.

ENSAYO DE CAPACIDAD DE SOPORTE (C.B.R.)

Número de golpes por capa	Hinchamiento %	Carga de penetración después de 4 días de inmersión															Absorción %	Densidad seca Kg/m ³	95% DMS Kg/m ³	% CBR Para: 0,1
		Lbs/pulg ²										Carga corregida		CBR						
		0,025	0,050	0,075	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,10	0,20	0,10	0,20	0,10	0,20	0,10				
56	10,07	8,6	10,4	13,7	16,4	25,1	35,0	45,6	55,0	-	-	-	-	1,6	1,7	1,6	8,89	1936	-	-
25	9,33	7,1	9,0	11,3	14,0	24,1	31,9	38,3	43,9	-	-	-	-	1,4	1,6	1,6	11,90	1813	1.864	1,5
12	7,15	6,3	8,2	10,9	13,3	23,2	29,9	36,5	40,6	-	-	-	-	1,3	1,5	1,5	12,56	1746	-	-



PROYECTO: CENTRO DE SERVICIO LA RAISA
UBICACION: LA RAISA

MUESTRA: CALICATA C-3 M-1
FECHA: 13/02/2002

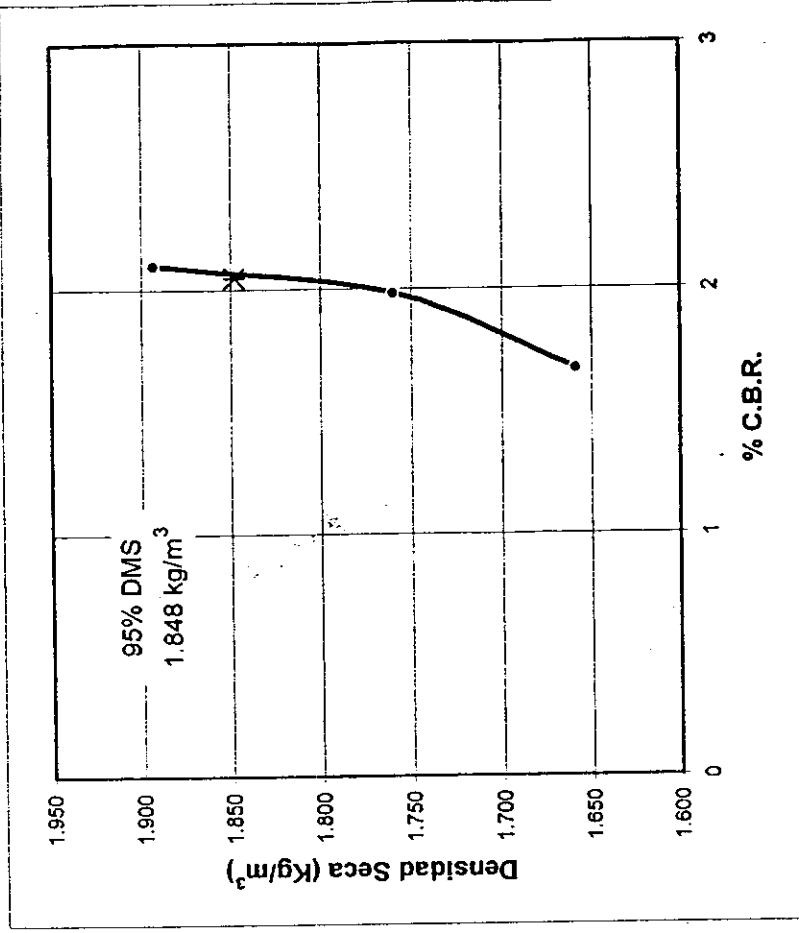
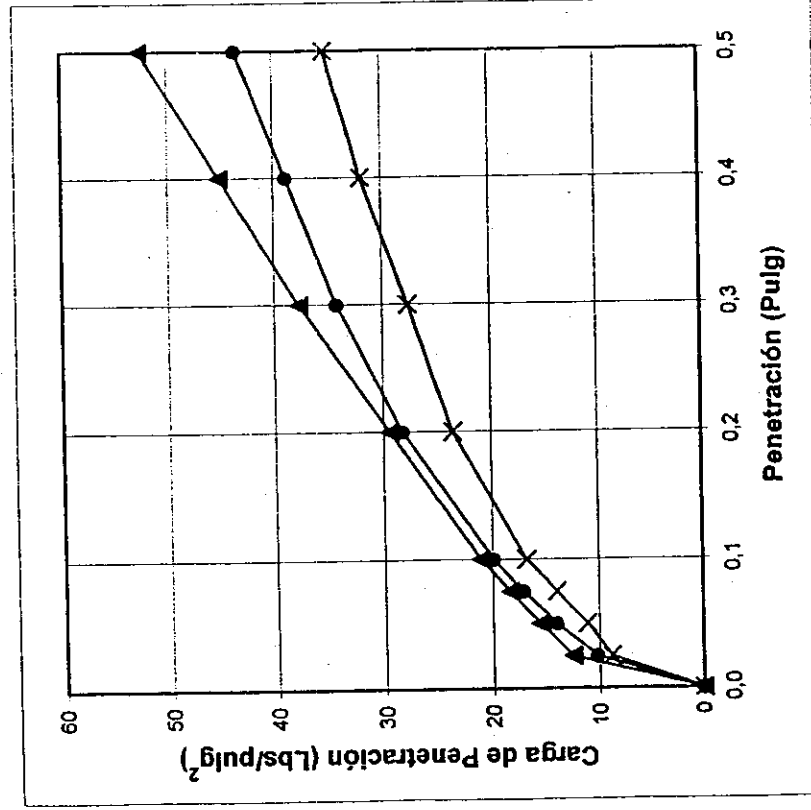
INFORME N° 0203
FIGURA N° 26

INGEOSOLUM C.A.

ENSAYO DE CAPACIDAD DE SOPORTE (C.B.R.)

Número de golpes por capa	Hinchamiento %	Carga de penetración después de 4 días de inmersión													Absorción %	Densidad seca Kg/m³	95% DMS Kg/m³	% CBR Para: 0,1
		Lbs/pulg²									Carga corregida							
		0,000	0,025	0,050	0,075	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,10	0,20	0,10	0,20				
56	7,11	0	12,5	15,6	18,3	21,0	29,4	37,7	45,1	52,6	-	-	2,1	2,0	9,57	1.893	-	-
25	7,92	0	10,2	14,0	17,1	19,9	28,2	34,2	38,9	43,5	-	-	2,0	1,9	11,36	1.760	1.848	2,1
12	6,54	0	8,8	11,1	14,0	16,8	23,5	27,6	31,9	35,2	-	-	1,7	1,6	13,22	1.659	-	-

▲
●
×



PROYECTO:
UBICACIÓN:

CENTRO DE SERVICIO LA RAISA
LA RAISA

MUESTRA: CALICATA C-4 M-1
FECHA: 18/02/2002

INFORME N° 0203
FIGURA N° 27

ENSAYO DE EXPANSIÓN RESTRINGIDA

Proyecto: ESTUDIO GEOTECNICO C/S LA RAISA
Ubicación: CENTRO DE SERVICIO LA RAISA
Cliente: C.A. LA ELECTRICIDAD DE CARACAS

Informe N°: 0203
Fecha: MARZO 2002
Figura N°: 28

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra CALICATA C-1 M-1

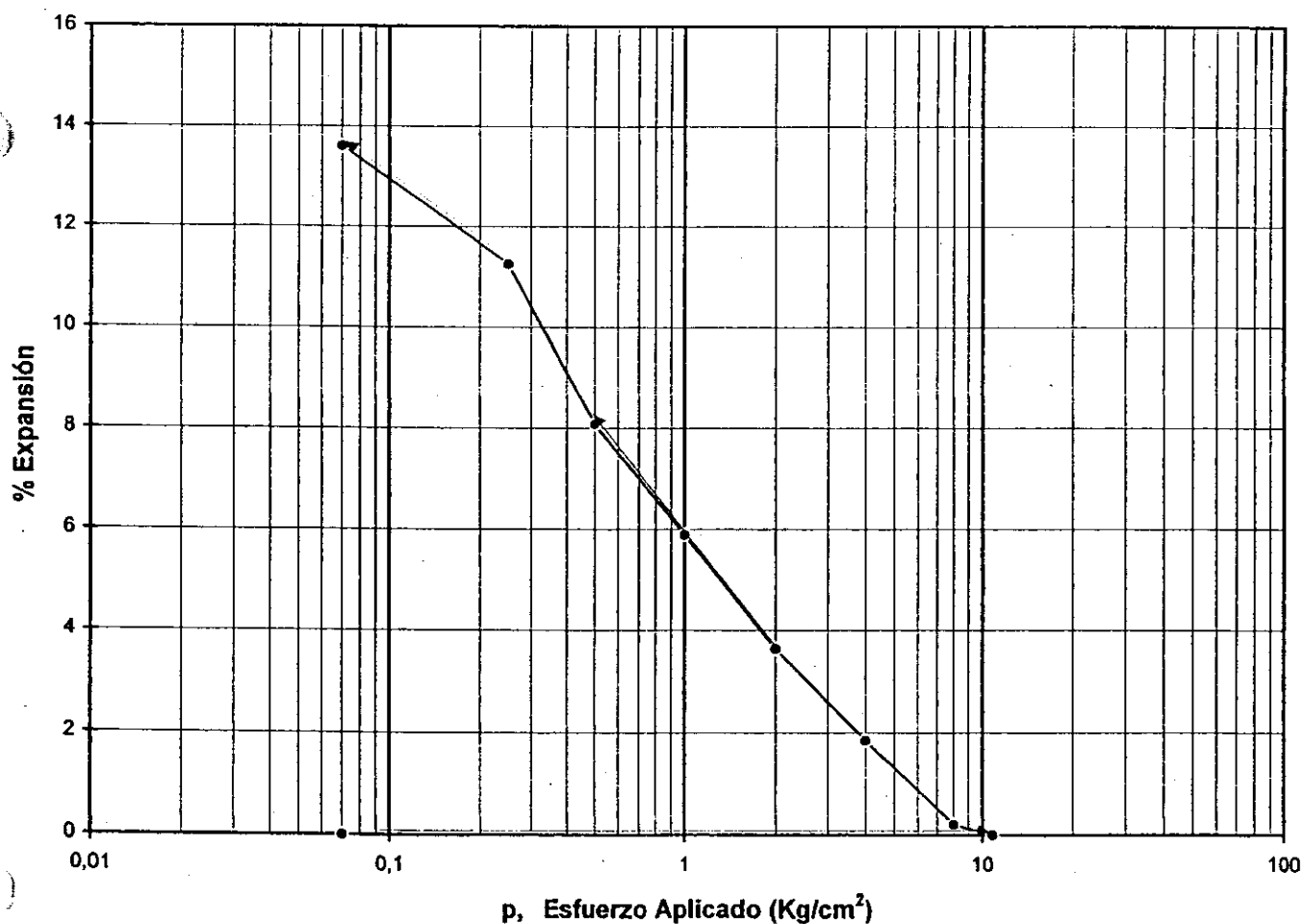
Tipo de muestra: COMPACTADA

Profundidad: 1,5

Condiciones iniciales

Finales

D	A	Ho	w _o	γ _o	P _o	H _f	w _f	γ _f	Exp.	p exp.
cm	cm ²	cm	%	Kg/m ³	Kg/cm ²	cm	%	Kg/m ³	%	Kg/cm ²
5,06	20,1	2	19,7	1.685	0,30260	2,2	33,6	1.464	13,601	10,81



ENSAYO DE EXPANSIÓN LIBRE

Proyecto: ESTUDIO GEOTÉCNICO C/S LA RAISA
Ubicación: CENTRO DE SERVICIOS LA RAISA
Cliente: C.A. LA ELECTRICIDAD DE CARACAS

Informe N°: 0203
Fecha: MARZO 2002
Figura N°: 29

DATOS DE LA MUESTRA

Muestra CALICATA C-1 M-1

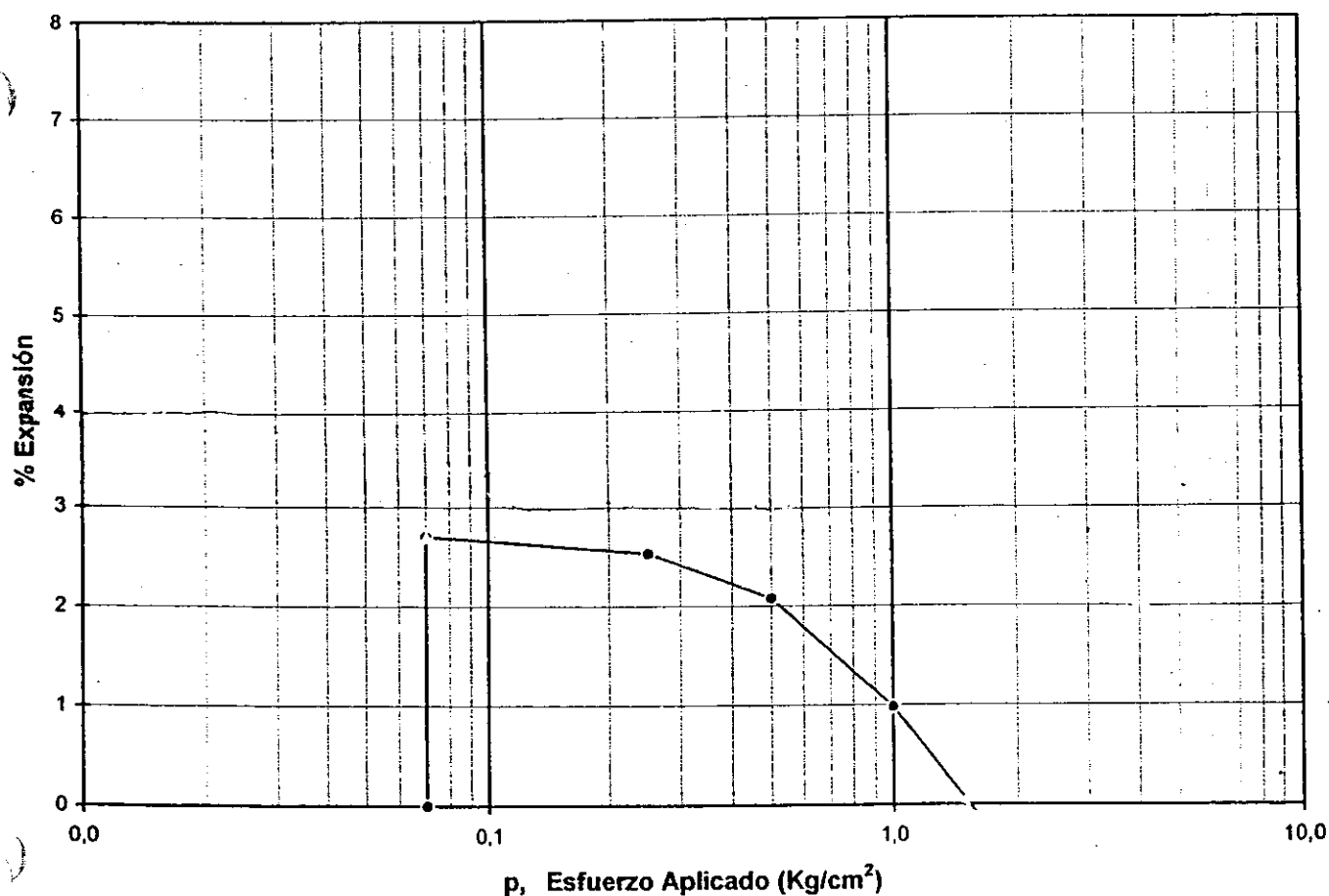
Tipo de muestra: COMPACTADA

Profundidad: 1,8

Condiciones iniciales

Finales

D	A	Ho	wo	γo	Po	Hf	wf	γf	Exp.	p exp.
cm	cm ²	cm	%	Kg/m ³	Kg/cm ²	cm	%	Kg/m ³	%	Kg/cm ²
5,04	19,98	2	16,1	1.732	0,36	1,93	26,3	1.659	2,704	1,50



ENSAYO DE EXPANSION LIBRE

Proyecto: ESTUDIO GEOTECNICO EN C/S LA RAISA
Ubicación: CENTRO DE SEVICIO LA RAISA
Cliente: C.A. LA ELECTRICIDAD DE CARACAS

Informe N°: 0203
Fecha: MARZO 2002
Figura N°: 30

DATOS DE LA MUESTRA
 Muestra CALICATA C-1 M-1

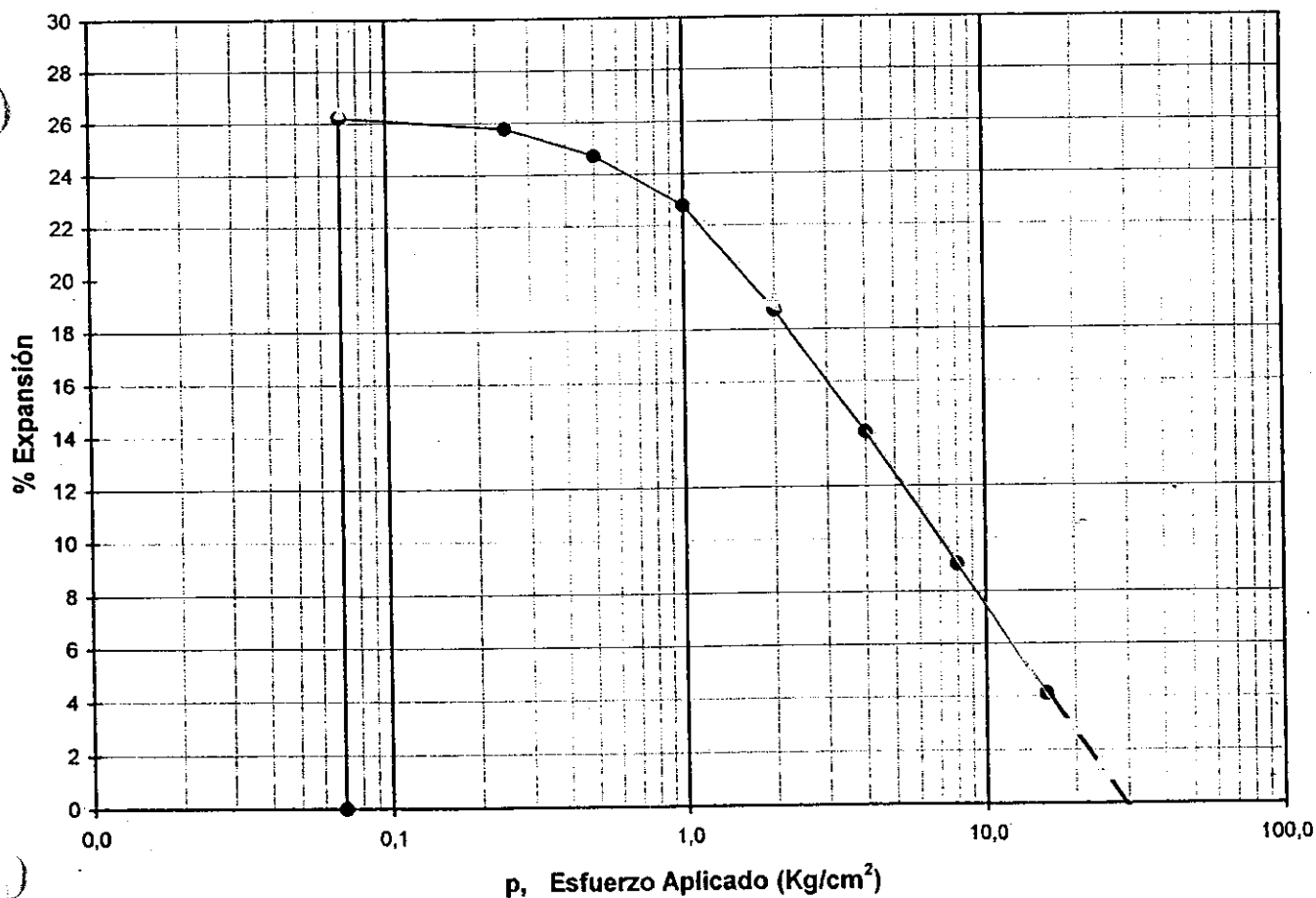
Tipo de muestra: COMPACTADA

Profundidad: 1,50m

Condiciones iniciales

Finales

D	A	Ho	w _o	γ _o	P _o	H _f	w _f	γ _f	Exp.	p exp.
cm	cm ²	cm	%	Kg/m ³	Kg/cm ²	cm	%	Kg/m ³	%	Kg/cm ²
5,04	19,97	2	16,1	1,776	0,0003	2,04	26,3	1,69	26,2	29,9



ENSAYO DE EXPANSION LIBRE

Proyecto: ESTUDIO GEOTECNICO EN C/S LA RAISA
Ubicación: CENTRO DE SERVICIO LA RAISA
Cliente: C.A. LA ELECTRICIDAD DE CARACAS

Informe N°: 0203
Fecha: MARZO 2002
Figura N°: 31

DATOS DE LA MUESTRA
 Muestra CALICATA C-3 M-1

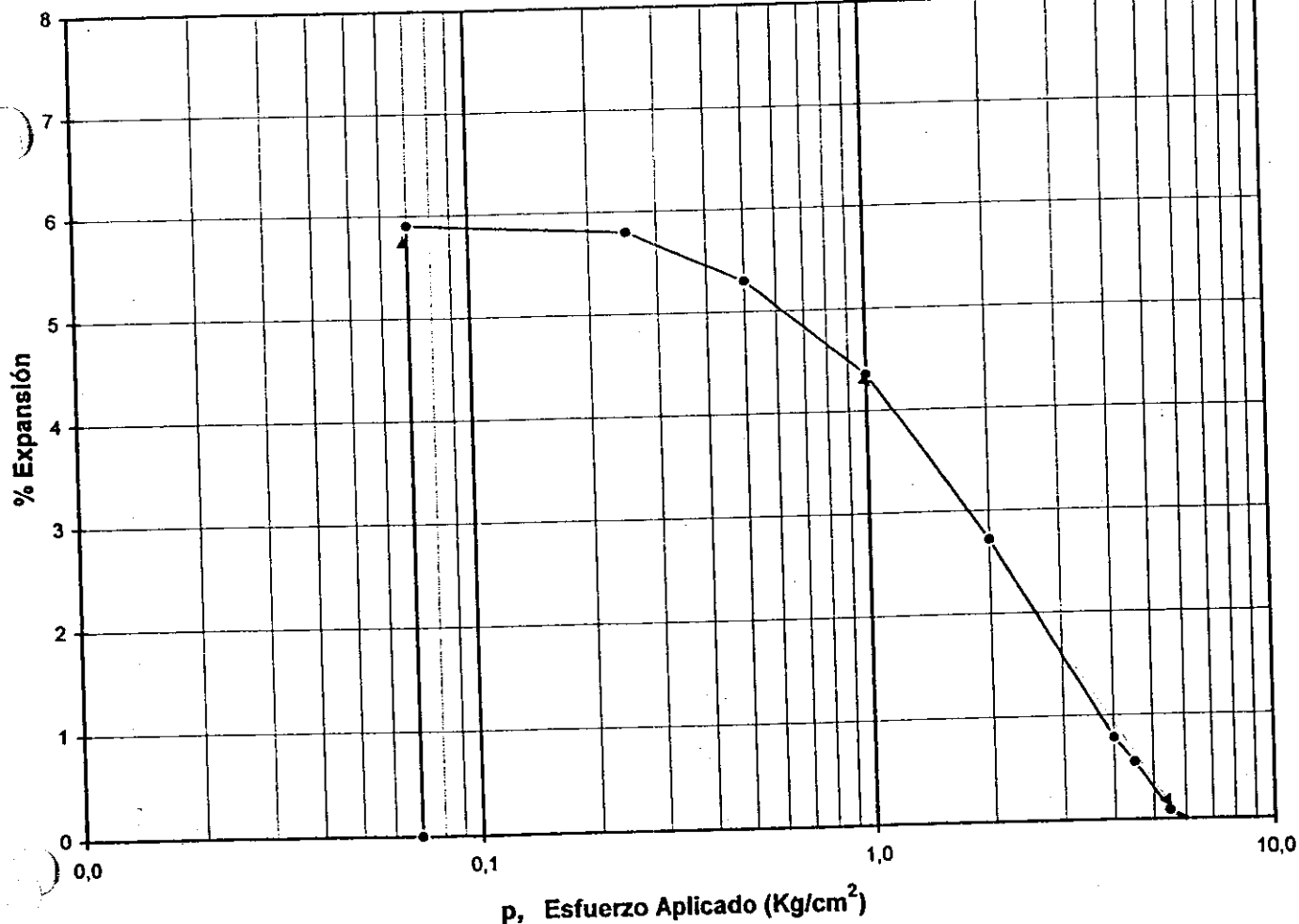
Tipo de muestra: COMPACTADA

Profundidad: 1,5 m

Condiciones iniciales

Finales

D	A	Ho	wo	γ_o	Po	Hf	wf	γ_f	Exp.	p exp.
cm	cm ²	cm	%	Kg/m ³	Kg/cm ²	cm	%	Kg/m ³	%	Kg/cm ²
5,08	20,29	2	9,0	2.000	0,33	1,893	16,8	1.989	5,9	5,5

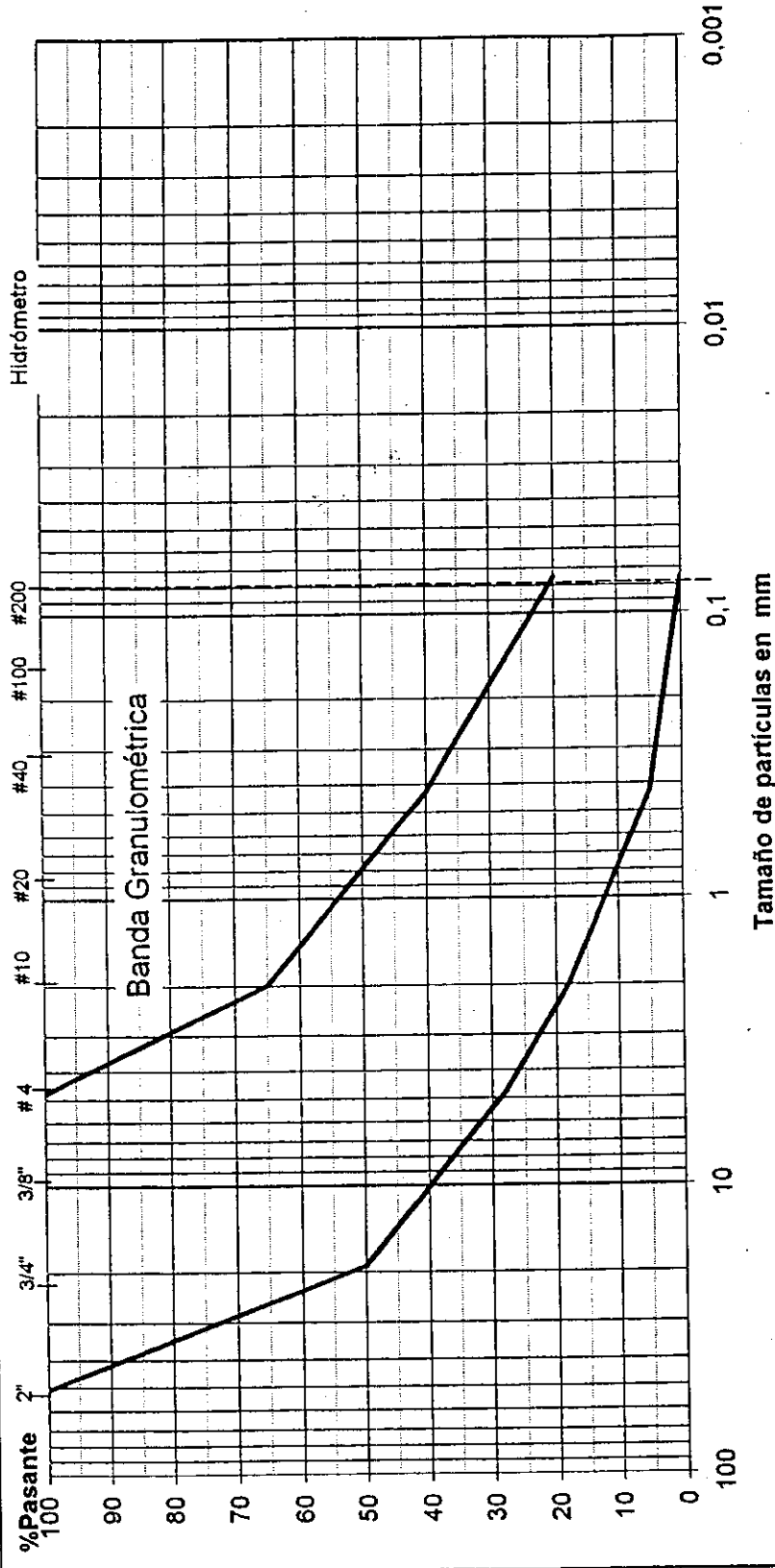


GENERADORES EN CENTRO DE SERVICIOS LA RAISA MATERIALES PARA RELLENO ESTRUCTURAL

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Tamices

2"	1-1/2"	3/4"	3/8"	#4	#10	#20	#40	#100	#200	Hidrómetro						millímetros
50,8	38,1	19,1	9,5	4,75	2	0,85	0,425	0,15	0,075	0,032	0,02	0,011	0,008	0,006	0,003	0,0012



Coefficiente de Uniformidad	$C_u > 4$
Módulo de Finura	$1 < C_z < 3$
Compactabilidad	$P_z > 1$
Ángulo de Fricción	$\phi = 35^\circ$
Índice de Plasticidad	$IP = 6$

$C_u = (D_{60}/D_{10})$
 $C_z = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$
 $P_z = (e_{\text{máx}} - e_{\text{m(n)}}) / e_{\text{mín}}$
 $e = \text{Relación de vacíos}$

Tamiz	Pasantes %
2"	100
3/4"	100
#4	100
#10	65
#40	40
#200	20

