

ANEJO N°5

Geología y geotecnia

ÍNDICE

1. Introducción	1
2. Geología	1
2.1 Encuadre geológico	1
2.1.1 Estratigrafía y Litología	8
2.1.2 Unidad FDC - Flysch detrítico calcáreo (Cretácico Superior: Campaniense)	9
2.1.3 Cuaternario	11
2.1.3.1 Cuaternario Eluvial (Q_e)	11
2.1.3.2 Depósitos Aluvio-Coluviales y Mareales (Q_{acm})	12
2.1.3.3 Depósitos Antropogénicos (Q_x)	13
2.1.4 Tectónica	14
2.1.5 Fracturación	21
2.2 Geomorfología	22
2.3 Hidrogeología	22
2.3.1 Niveles acuíferos	23
2.4 Sismicidad	25
2.4.1 Norma Sismorresistente (NCSR-02). Ámbito de aplicación	25
2.4.2 Clasificación de la construcción del presente proyecto	26
2.4.3 Criterios de Aplicación de la Norma	26
2.4.4 Mapa de Peligrosidad Sísmica. Aceleración Sísmica Básica del área de estudio	26
3. Geotecnia	29
3.1 Introducción	29
3.2 Campaña geotécnica	30
3.3 Análisis de los resultados de los reconocimientos	31
3.3.1 Unidad FDC. Flysch Detrítico Calcáreo	31
3.3.1.1 Ensayos de Laboratorio. Características Generales.	32
3.3.1.2 Ensayos de permeabilidad disponibles sobre la Unidad FDC	35
3.3.1.3 Resistencia y deformabilidad	37
3.3.2 Unidad Q_{acm} (depósitos aluvio-mareales con indicios de suelos coluviales)	39
3.3.2.1 Ensayos de permeabilidad	41
3.3.2.2 Ensayos de Laboratorio.	41
3.4 Conclusiones	43
3.5 Geotecnia de estructuras	44
3.5.1 Estudio del sifonamiento	44

Anejo nº5: Geología y geotecnia

X0000141-PC-AN-GEO-0

APÉNDICE N°5.1: SITUACIÓN DE LOS TRABAJOS

APÉNDICE N°5.2: PERFILES LONGITUDINALES

APÉNDICE N°5.3: DOCUMENTACIÓN RECOPIADA

Anejo n°5: Geología y
geotecnia

X0000141-PC-AN-GEO-0

**PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN SEGUNDO VESTÍBULO DE ACCESO A LA
ESTACIÓN DE ANOETA**

ii



1. INTRODUCCIÓN

El proyecto tiene como fin el diseño de un segundo vestíbulo de acceso a la estación de Anoeta. Para ello se requiere la excavación de la parte anexa a la actual estación al abrigo de pantallas de hormigón.

En este anejo se analizan los materiales del entorno de la obra proyectada de forma que quede definida la interacción entre la estructura y los materiales.

En ese sentido se pasa revista a los materiales de la zona, constituidos por un macizo rocoso cretácico, los materiales de relleno cuaternario de una antigua vaguada y las acumulaciones de vertidos antrópicos utilizados para la formación de la urbanización actual.

No se ha realizado campaña geotécnica asociada a este proyecto debido a la presencia de datos de anteriores campañas así como datos acerca de la ejecución de la estación existente.

2. GEOLOGÍA

2.1 ENCUADRE GEOLÓGICO

Desde el punto de vista geológico, la zona de proyecto se enmarca en la terminación occidental de la cordillera pirenaica, dentro de la denominada Cuenca Vasco-Cantábrica (ver Figura nº1), concretamente adscrita al dominio del Arco Vasco (Rat 1959), incluyendo parte del macizo paleozoico de Cinco Villas.

Atendiendo a la organización general del Arco Plegado Vasco, se localizaría dentro del Sector Monoclinal Litoral o Monoclinal de San Sebastián.

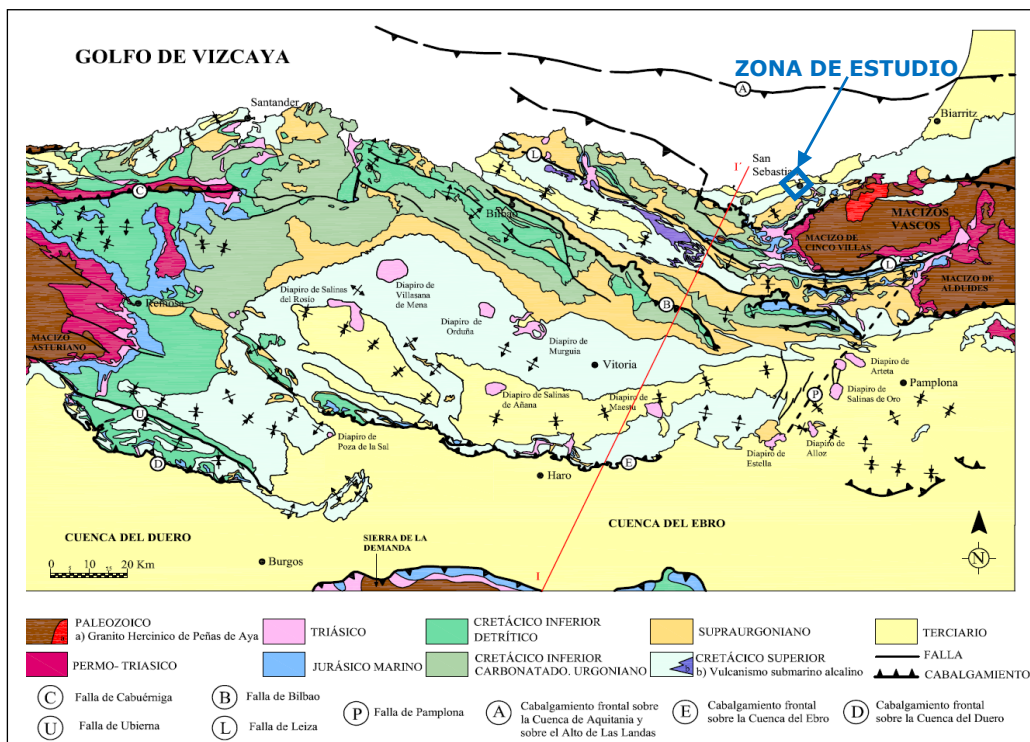


Figura nº1. Mapa Geológico del País Vasco / Euskal Herriko Mapa Geologikoa. Ente Vasco de Energía EVE.

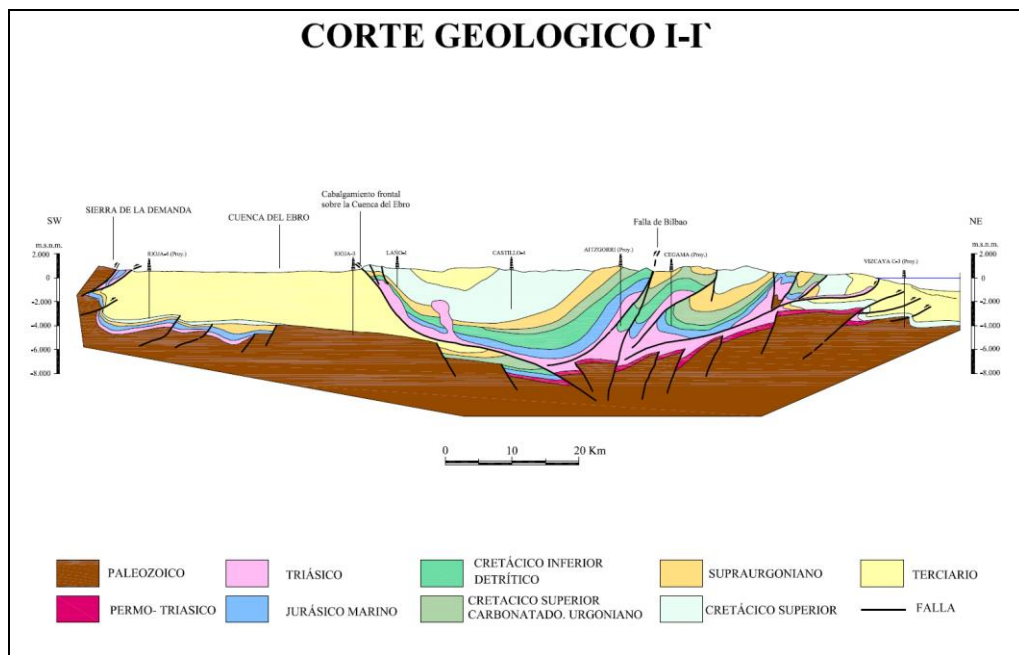


Figura nº2. Perfil geológico I-I' del País Vasco / Euskal Herriko I-I' profil geologikoa, EVE.

Anejo nº5: Geología y geotecnia

Mapa geológico del País Vasco / Euskal Herriko Mapa Geologikoa E: 1/25.000, Hoja 64-II SAN SEBASTIÁN - DONOSTIA.

- Unidad de San Sebastián. Bloque de Ereñozu
- Unidad de San Sebastián.
- Unidad de Oiz
- Unidad de Yurre
- Unidad de Gorbea
- Franja Karrantza-Llanada Alavesa
- Sinclinal de Miranda-Treviño
- Sierra de Cantabria.
- Unidad de la Cuenca del Ebro

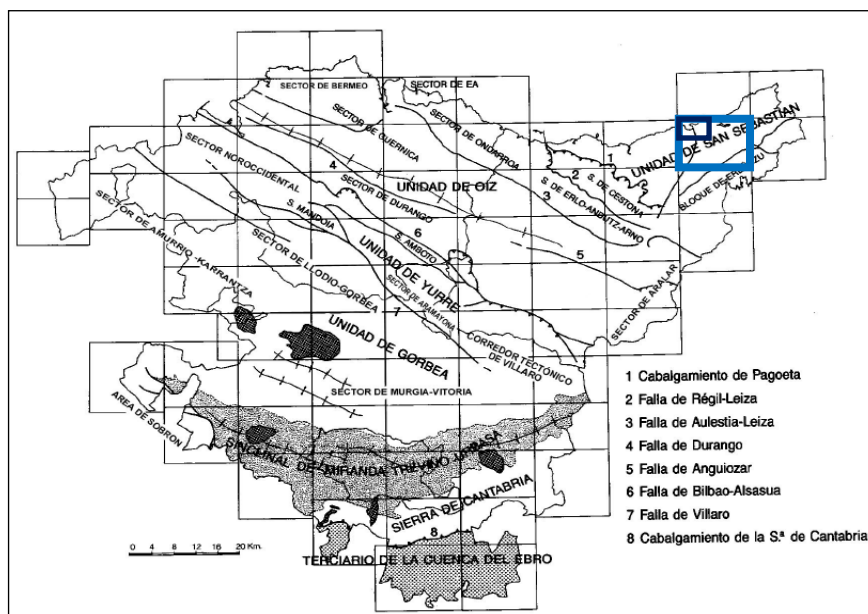


Figura nº3. Esquema de las unidades estructurales de la Comunidad Autónoma del País Vasco. En el esquema se resalta en color azul el cuadrante de la hoja geológica analizada (Hoja Nº64-II) así como el área objeto de estudio en el que se centra el presente proyecto.

Estructuralmente, la zona de estudio se sitúa en la denominada Unidad de San Sebastián, que comprende materiales cuyas edades oscilan entre el Triásico y el Eoceno.

En la zona de estudio afloran rocas correspondientes al ciclo Mesozoico de edad cretácica y materiales del Terciario. Son materiales con edades comprendidas (si exceptuamos el Cuaternario) entre el Paleozoico Superior (indiferenciado) y el Eoceno Inferior, afectados fundamentalmente por varias fases de plegamiento de edad Terciaria (post – Eoceno), es decir, por la Orogenia Alpina.

La zona objeto de análisis se encuentra enmarcada dentro de esta unidad de San Sebastián. La unidad está incluida en el denominado Arco Vasco, y se considera una megaestructura muy compleja que está caracterizada por un cambio de dirección estructural muy marcado, de NW-SE en Zumaia-Zarautz a NE-SW en San Sebastián-Hondarribia.

Esta disposición estructural condiciona el trazado de una falla de zócalo que sigue el cauce del río Urumea denominada Falla del Orio-Urumea, así como la existencia de una serie de fallas de cizalla que han sido reconocidas en la zona de estudio.

Morfológicamente, el rasgo más Influyente en la zona de estudio es la extensa plataforma aluvial dejada por el río Urumea, sobre lo que se emplaza la mayor parte del casco urbano de San Sebastián. Se trata de depósitos fluviales y fluvio-mareales recientes, de edad Cuaternaria, que constituyen zonas llanas y bordean los cerros rocosos elevados hasta 100 metros sobre el aluvial desde el Antiguo (Lugaritz) hasta Amara (Anoeta) separadas por las playas de Ondarreta y de la Concha.

En general, cabe destacar la fuerte antropización del paisaje, tanto por el desarrollo urbano e industrial a lo largo del corredor.

Las rocas correspondientes al ciclo mesozoico están íntimamente relacionadas con la apertura del Atlántico Norte y del Golfo de Vizcaya durante el Mesozoico. Este proceso implica la generación de un largo y estrecho surco conocida como “Fosa Pirenaica”, entre el Macizo Ibérico y la Placa Euroasiática, y su relleno posterior por sedimentos terrígenos continentales y carbonatados marinos de edad Mesozoico a Paleógeno.

La Orogenia Alpina (ver Figura 4) representa un intenso periodo de deformación de la cuenca anteriormente descrita, y la generación de los relieves de las actuales cordilleras Cantábrica y de los Pirineos.

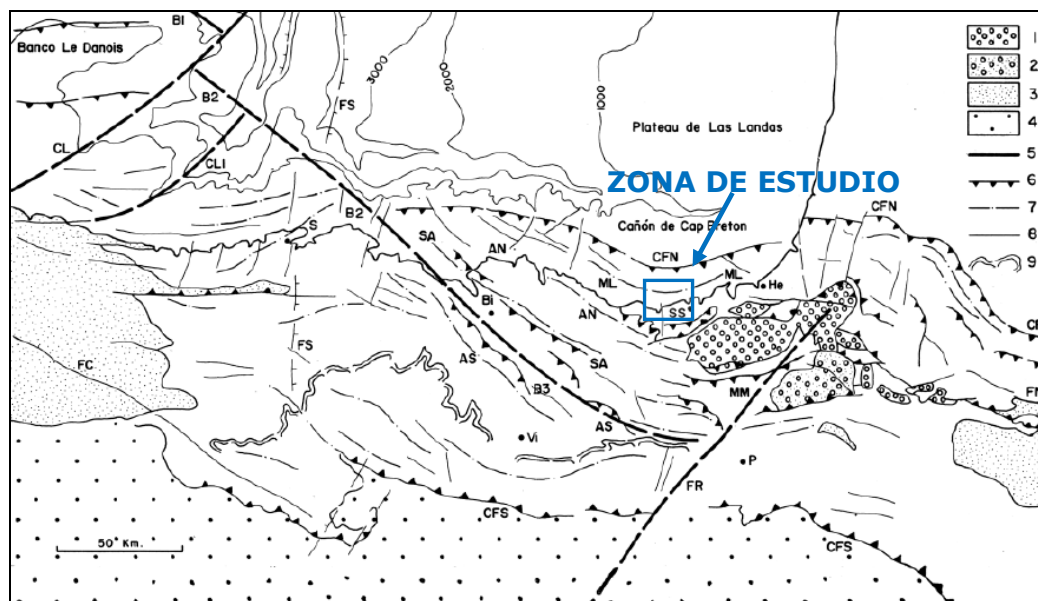


Figura nº4. Esquema geológico-estructural de los Pirineos vascos (modificado de Deregnacourt, 1981: Plataforma continental; Malod 1982 et al.: Isóbatas en metros, Bouquet 1983, y Rat et al. 1983). En rojo se enmarca la zona objeto de análisis.

La característica principal de la Unidad de San Sebastián, viene dada por la presencia de pliegues, formados en varias fases de deformación posteocena, con superficie axial subhorizontal y de acusada vergencia Norte, que en ocasiones son isoclinales. Asociados a esta fase de plegamiento se originan, asimismo, fallas inversas y cabalgamientos. El resultado de esta fase compresiva es el empilamiento de unidades alóctonas. En una segunda etapa de deformación, mucho menos importante, se originaron pliegues de interferencia cuyos ejes son, aproximadamente N 165° E.

El límite suroriental de este dominio lo constituye la falla de Ereñozu, siendo el cabalgamiento de Pagoeta, su límite suroccidental.

Destaca la presencia de los bloques alóctonos de Indamendi y Zarautz relacionados con el cabalgamiento de Pagoeta y que se disponen sobre las series de esta Unidad.

En esta zona del Arco Vasco se produce la incurvación de las direcciones estructurales generales del área, pasando de la dirección regional N110-120°E a N60-70°E.

Los principales elementos estructurales más importantes en el entorno de la zona de estudio son las siguientes:

- Pliegues, las antiformas de Martutene y Oyarzun. Estructuras cuya última actividad es relativamente tardía. Se encuentran activas desde el Jurásico terminal o Albiense.
- Zonas de Falla:

- Zona de falla Orio-Urumea es una gran falla de traza Norte Sur y con una componente de desgarre de carácter siniestro. Esta falla es un accidente del zócalo que continua activo en la actualidad (el último sismo asociado a la falla fue registrado el 9/05/1935). El funcionamiento desde el Albiense de este elemento estructural justificaría la diferente potencia del flysch detrítico calcáreo a uno y otro lado de la misma (E 500m/1200 m W). Este accidente marcaría el límite occidental de la formación Oyarzun y señalaría un bloque elevado al Este y uno hundido al oeste. A priori esta discontinuidad quedaría al NE del trazado de túnel en línea. A partir del sondeo SPC-15 se ha podido deducir su proximidad relativa, ya que en éste el espesor de suelos aluviales es superior a los 40 metros, mientras que en el sondeo colindante, a escasos 70m de distancia, el espesor de suelos es muy inferior, 13 metros. Por lo que se puede interpretar que el cauce fósil del río Urumea, el cual es muy probable que se encaje en la zona de falla, en ésta zona de falla presentaría mayor espesor de depósitos sedimentarios terrígenos (aluviales). En la figura siguiente, extraída del EVE se detalla la supuesta alineación y localización de la falla Orio-Urumea (4).

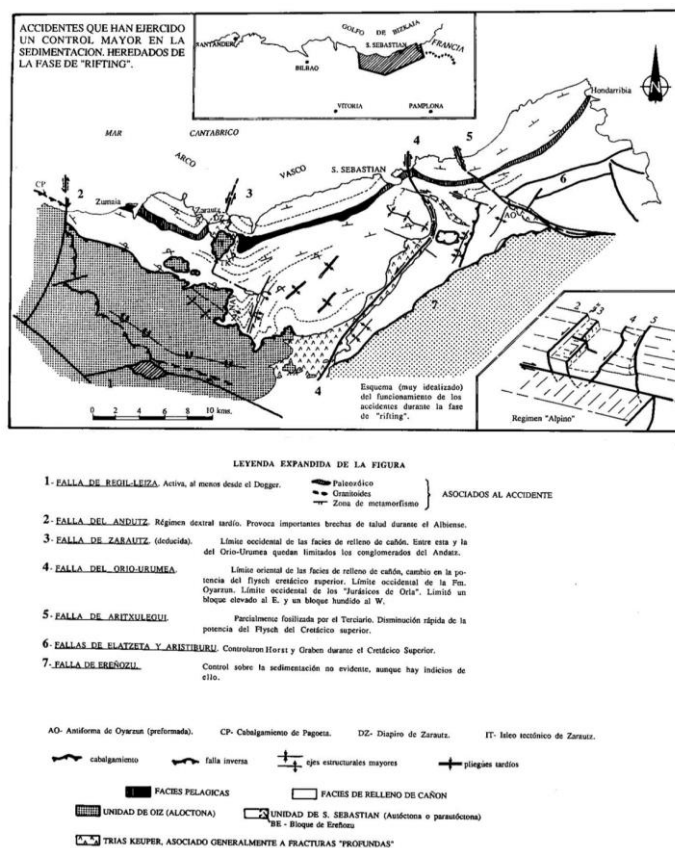


Figura nº5. Esquema del funcionamiento de los accidentes geoestructurales durante la fase "rifting". Véase la localización aproximada de la falla Orio-Urumea. Fuente de Consulta EVE.

- Zona de falla de Aritxulegi. Constituye una alineación muy importante que, desde la ría de Pasaia se extiende hacia el SE a lo largo de varias decenas de kilómetros. Al igual que la anterior, se trata de una falla de zócalo con cierto componente sinistral.
- Zona de falla de Otxazulueta-Choritoquieta. Falla inversa frontal. Se considera una zona de cizalla causante de una banda de esquistosidad paralela a ella.

En el siguiente esquema, se recogen los principales elementos estructurales comentados en relación con área objeto del estudio.

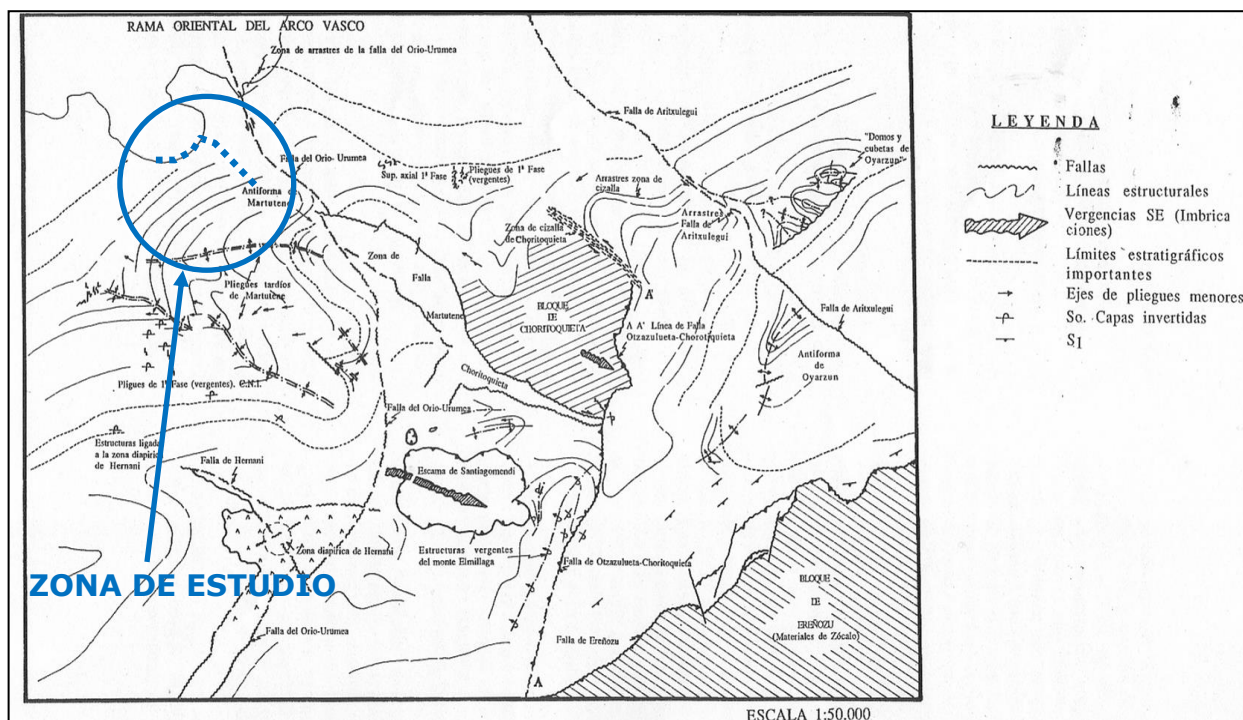


Figura nº6. Principales elementos estructurales a escala regional dentro del área estudiada. La zona analizada se recuadra en rojo. Modificado de EVE (1998).

Como se recoge en párrafos anteriores, cabe destacar la **complejidad geotécnica** de esta zona debido a la naturaleza de los materiales afectados por la traza y la tectónica de la banda del trazado (Antiforme de Martutene y falla de Orio-Urumea).

En cuanto a la disposición de los estratos, en la zona estudiada predomina la dirección NE-SW con suaves buzamientos de 20-30° hacia el mar. Según esta dirección se disponen concordantes las diferentes unidades litológicas.

2.1.1 ESTRATIGRAFÍA Y LITOLOGÍA

A parte de los depósitos Cuaternarios, los materiales que afloran en la zona de estudio están representados por niveles concordantes que abarcan un intervalo cronoestratigráfico situado en el Cretácico Superior (Campaniense).

Se trata de **series flyschoides del Cretácico Superior** entre otras más masivas y carbonatadas.

En relación a los **recubrimientos cuaternarios** presentes en el área, por lo general se encuentran relacionados con el desarrollo de mantos de alteración sobre el substrato y con la formación de derrubios de ladera. También están relacionados con la dinámica fluvial, depositándose suelos aluviales del río Urumea, abarcando casi todo el núcleo urbano de San Sebastián.

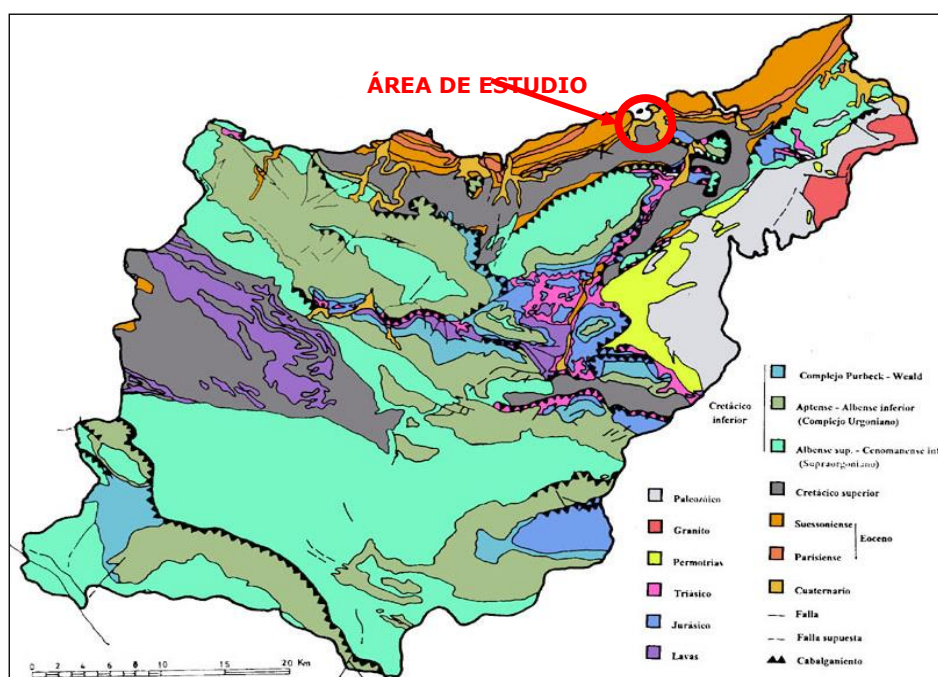


Figura nº7. Mapa geológico de Gipuzkoa. Estructura Económica de Gipuzkoa.

A continuación se describe detalladamente la unidad geológica presente en el corredor objeto de estudio de la Unidad de San Sebastián.

2.1.2 UNIDAD FDC - FLYSCH DETRÍTICO CALCÁREO (CRETÁCICO SUPERIOR: CAMPANIENSE)

Esta formación constituye el tramo más representado en superficie en la zona estudiada. Se trata de una alternancia de calizas arenosas, calizas arcillosas (o margocalizas) y areniscas, estratificadas en bancos centimétricos a decimétricos, de color gris claro y gris oscuro alternante en estado sano (G.M.II).

Las areniscas y calizas arenosas son, por lo general, de grano fino a muy fino. Los bancos detríticos presentan numerosas estructuras sedimentarias, aunque son especialmente abundantes las debidas a escapes de agua.

La potencia del conjunto es muy variable, si bien hay una notable disminución de potencias de Oeste a Este, por efecto de la falla de Orio-Urumea, pasando de 1.200 m en el Sector de San Sebastián a 500 m en el de Rentería.

Desde el punto de vista de facies sedimentarias corresponden generalmente a turbiditas distales y constituyen depósitos de orla de lóbulo y llanura submarina.

En la zona de estudio se han reconocido en numerosos afloramientos, en los que aparecen sanos con coloraciones grises, y/o también muy a moderadamente meteorizado, presentando entonces coloraciones marrones y anaranjadas.



*Fotografía nº1. Afloramiento flysch (litotipo FDC) ligeramente meteorizado GM II-III.
Afloramiento, estación geomecánica EG-05/06/07 (Fuente: SENER 2011)*



Fotografía n°2. Detalle flysch. Alternancia de margas y bancos cm de calcarenitas. Obsérvese el grado de meteorización de las margas (GM III-IV), frente al de los bancos más competentes de calcarenitas (aspecto más sano, GM I-II).



Fotografía n°3. Detalle flysch (litotipo FDC). Alternancia de margas y bancos cm de calcarenitas. (GM III-IV).

El espesor de roca meteorizada supera en algunos puntos los 15 m, presentando una elevada fracturación en zonas de falla.

El registro obtenido en los sondeos mecánicos refleja claramente el carácter alternante en niveles cm-dm de esta formación flyschoides, tal como se refleja en la caja de registro adjunta.



Fotografía n°4. Testigos en flysch detrítico-calcáreo (litotipo FDC).

2.1.3 CUATERNARIO

Por encima de las unidades cretácicas anteriormente descritas se localizan depósitos poligénicos de edad cuaternaria.

En conjunto, los materiales cuaternarios aparecen representados mayoritariamente por suelos de espesores inferiores, por lo general, a los 35 metros. No obstante, cabe destacar tanto los depósitos aluviales del río Urumea, con una potencia máxima detectada durante la campaña de 2012 de SENER de aprox. 46 m de limos arcillosos con intercalaciones de gravas y arenas.

A continuación, se describen de manera pormenorizada las características geológicas de las unidades cuaternarias diferenciadas en el corredor:

- Unidad Geológica Cuaternario eluvial (Qe)
- Unidad Geológica depósitos aluviales – coluviales - mareales (Qacm)
- Unidad Geológica rellenos antropogénicos heterogéneos (Qx)

2.1.3.1 CUATERNARIO ELUVIAL (Q_E)

Dentro de este litotipo se describen los suelos residuales provenientes de la meteorización-alteración en estado avanzada (GM IV-V) del substrato rocoso margocalizo, concretamente de las unidades anteriormente descritas como FDC.

The image shows four boxes of sediment samples from the GEODIST project. The boxes are labeled with depths in feet: 14'70, 15'20, 15'51, and 16'35. The sediment types vary, including dark grey mud, light grey mud, and clastic material. The boxes are arranged in a row, and the sediment is visible through clear plastic packaging.

DEPÓSITOS ALUVIO-COLUVIALES Y MAREALES (Q_{ACM})

En el siguiente grupo, se han incluido principalmente los depósitos aluviales del río Urumea que debido a su proximidad con el mar tiene una fuerte influencia mareal (depósitos mareales). De forma localizada, se pueden detectar depósitos coluviales de pequeña entidad, interestratificados con la secuencia de depósitos aluvio-mareales, y asociado a fenómenos gravitacionales (transporte de sedimentos ladera abajo, desde puntos topográficos más acentuados).

Anejo nº5: Geología y geotecnia

2.1.3.3 DEPÓSITOS ANTROPOGÉNICOS (Q_x)

A lo largo del trazado en superficie, dentro de la zona urbana, se han detectado espesores de depósitos antropogénicos significativos relacionados con explanadas, e incluso paquetes de firmes correspondientes a obras lineales de pequeña entidad tales viales, urbanizaciones, etc..

Sin embargo, se ha podido detectar espesores variables de hasta 7 metros de potencia relacionado la cubrición de servicios subterráneos, como es la actual vía de Euskotren.



Fotografía nº6. Rellenos Antropogénicos (Q_x) hasta los 7,10 m, sobre el sustrato rocoso perforado en seco.

Se incluyen en esta unidad geotécnica todos aquellos rellenos anteriormente citados.

Según las observaciones realizadas, la formación estaría integrada por materiales de buena calidad, normalmente extendidos por tongadas y debidamente compactados, con el objetivo de conseguir que el conjunto muestre unas condiciones geotécnicas adecuadas para soportar las sollicitaciones de los viales y/o edificaciones que integran.

Su composición es mayoritariamente granular, arenosa o areno-arcillosa, con gravas de diferentes tamaños, a menudo, similar a los materiales granulares cuaternarios del entorno de la zona de proyecto, ya que están constituidos a partir de los materiales obtenidos de estas unidades, posiblemente con tratamiento previo (selección granulométrica, mezclado, etc.). Se trata de un terreno muy heterogéneo, con una variedad geotécnica importante.

2.1.4 TECTÓNICA

Los materiales de substrato reconocidos aparecen afectados por la orogenia alpina, y constituyen parte de la Cordillera Cantábrica. Todos ellos son de edad Mesozoica, correspondientes, en su inmensa mayoría, a la Zona Vasco-Cantábrica, según los criterios de FEUILLEE y RAT (1971).

Los materiales asimilados a esta unidad tectónica se encuentran fuertemente estructurados, de forma que se reconocen un conjunto de deformaciones, tanto frágiles (fracturas, desarrollo de redes de diaclasado, cabalgamientos) como dúctiles (desarrollo de pliegues de diferente geometría y magnitud) que pueden llegar a ser muy intensas, reflejadas tanto en los saltos de falla, como en el desplazamiento horizontal de los cabalgamientos, así como en la verticalización, e incluso inversión, de los estratos de las diferentes rocas que componen el substrato rocoso. Estas deformaciones tienen un marcado carácter polifásico de edad alpina.

Los materiales reconocidos dentro del corredor corresponden a la Zona Cantábrica del orógeno pirenaico de borde de la meseta.

En conjunto, se reconocen las siguientes **fases tectónicas**:

FASE 1ª. Distensión porsthercínica

Tras la orogenia hercínica, el macizo ibérico sufre una etapa de fracturación tectónica que ha sido determinante de la evolución posterior en la zona de estudio. El aspecto más llamativo de esta etapa es la creación de una red de fallas de desgarre que se inició durante el Estefaniense, y se prolongó hasta el Pérmico. De esta forma, el conjunto del edificio orogénico hercínico está cruzado por una red de fallas que desplazan en la horizontal diversas líneas de referencia previas. La distribución de estas fallas de desgarre a escala peninsular es relativamente homogénea, de forma que las familias dominantes son de direcciones:

- NE-SO y NNE-SSO. Son las directrices más importantes y frecuentes, siendo claramente transversales respecto a las estructuras hercínicas que desplazan. Pueden llegar a tener un desarrollo de varios centenares de kilómetros de longitud, y un salto de hasta 4 Km. Todas ellas presentan un desplazamiento de tipo sinistral. El desgarre más importante a escala peninsular es la falla de Plasencia-Messejana, y su prolongación, la falla de Logroño, que llega a los Pirineos occidentales, y la falla de Pamplona.
- NO-SE a NNO-SSE. Son menos abundantes que los anteriores, y presentan desplazamientos aparentemente menores. Los más importantes son la Falla de Ventaniella y la Falla Hercínica. Se disponen de forma longitudinal a las directrices hercínicas. Correspondiente a esta familia, la terminación occidental de la falla Nordpirenaica, actuando, en su conjunto, como desgarres dextrales.

- N-S y E-O. A escala peninsular, existen pocos ejemplos, y se localizan especialmente al Norte de la Península Ibérica. Se caracterizan por estar jalonadas por cuencas estefanienas y deslizamientos de tipo sinistral. El ejemplo más representativo es la Falla Nord-pirenaica. En cuanto a la edad de las diferentes fracturas, las más antiguas son los desgarres E-W, datándose su movimiento al final de Westfaliense. Posteriormente, durante el Estefaniense, son reactivadas y registran movimientos verticales. Es en este periodo cuando se inicia el desarrollo de los otros sistemas de desgarres, y su actividad llega hasta el Pérmico. Esta fracturación se ha interpretado que está debida al establecimiento en toda el área europea de una gran zona de cizalla relacionada con un sistema transformante intercontinental que afectó a la zona sureuropea (Laurasia). Una de las grandes fracturas de primer orden a escala continental es la falla nordpirenaica (E-O). Los otros sistemas de desgarre, están generados por una dirección de esfuerzo compresional de dirección N-S asociado a este megadesgarre, o por la colisión con el cratón africano según un modelo cuasiplástico. Esta etapa de fracturación afecta a los materiales correspondientes al ciclo 1 y que construyen el macizo de las Cinco Villas.

FASE 2ª. “Rifting” inicial

Marca el inicio de una fase distensiva, que representa el inicio del ciclo alpino y la apertura del Atlántico Norte. Se produce una subsidencia progresivamente más generalizada, a favor de fracturas tardihercínicas de direcciones predominantes E-W y NE-SO, formándose el denominado “surco pirenaico”. Durante el Aptiense, se individualizaron cuencas profundas dominadas por sedimentación margosa entre áreas de plataforma (facies urgonianas), con límites de facies de dirección pirenaica. A lo largo de esta fase, se produce la sedimentación de los materiales correspondientes a los ciclos 2 y 3, que marcan el tránsito de una sedimentación continental a marina, organizada según una secuencia transgresiva-bruscamente regresiva.

En la zona de estudio, los movimientos distensivos son de dirección N-S, relacionados con la apertura del surco pirenaico, y E-W a NO-SE, por la apertura de un surco a lo largo del borne occidental del macizo de las Cinco Villas.

FASE 3ª. Etapa de transtensión

A esta etapa también se la denomina como de apertura oceánica y deriva continental.

Entre el Albiense y el Cenomaniense, el desplazamiento sinistral de la placa ibérica con respecto al continente euroasiático provocó, aparte del movimiento de translación, la generación de cuencas profundas y alargadas según la dirección axial pirenaica acompañadas por la aparición de las facies flysch descritas en los apartados anteriores, y que se han descrito dentro del denominado ciclo 4. El estiramiento crustal asociado al movimiento de rotación y translación de Iberia provoca el metamorfismo de tipo térmico que afecta a los materiales de los ciclos más antiguos (1 a 4), y la aparición de un vulcanismo de tipo alcalino ligado a la apertura del Golfo de Vizcaya.

Las condiciones distensivas acentúan la actividad diapírica de los materiales salinos de las facies Keuper.

Durante esta etapa, el macizo de las Cinco Villas quedó cubierto por el mar, y constituye un umbral activo durante este periodo.

FASE 4ª. Etapa de colisión

En primer lugar, durante el Cretácico superior, se aborta el proceso de apertura del Golfo de Vizcaya y se instalan en la zona unas condiciones de convergencia entre las placas Ibérica y Euroasiática. Este proceso no es sincrónico en toda la fosa pirenaica, de forma que este régimen se desplaza de Este a Oeste de forma progresiva con el tiempo. De esta forma, la sedimentación de tipo profundo en el entorno de la zona estudiada se continúa durante el Eoceno inferior, y no se reconocen deformaciones de tipo compresivo, mientras que en el Pirineo Central y Oriental se inicia la formación de un cinturón de cabalgamientos, metamorfismo de alta presión y la intrusión de cuerpos magmáticos.

El esfuerzo compresivo es polifásico, y se definen dos fases bien diferenciadas de deformación a escala regional.

La primera fase de deformación, o Pirenaica, genera pliegues, desarrollo de fallas inversas y cabalgamientos de rumbo E-O y vergencia hacia el Norte, en los materiales de cobertera, y con implicación del zócalo. La compresión regional es Norte-Sur, pero los condicionantes paleogeográficos y la variación en el rumbo en las fallas de zócalo condicionan que la cadena adopte una forma arqueada. Esta fase está acompañada por el desarrollo de esquistosidad, que en general, se adapta al contacto con el macizo de las Cinco Villas. La edad de esta deformación es Postluteciense, de forma que la discordancia principal se localiza entre los materiales Eocenos y Oligocenos. Esta fase de deformación está acompañada por procesos metamórficos relacionados con la evolución preorogénica del sector.

La segunda fase de deformación genera una esquistosidad de fractura grosera que no es penetrativa, y que se desarrolla fundamentalmente en niveles margosos o argilíticos homogéneos. Es de destacar que presencia un carácter retrovergente respecto de las deformaciones de la primera fase. En la zona de estudio, no se han reconocido estructuras y deformaciones claramente atribuibles a esta fase.

La subducción de la placa oceánica del Golfo de Vizcaya no se inicia hasta el Eoceno medio, desarrollándose un prisma acreccional con estructuras vergentes hacia el Norte. Las fallas de Pamplona y Ereñozu representan el límite entre el Pirineo y la zona Vasco-Cantábrica, y es a favor de estos accidentes donde se resuelve el cambio de vergencia de la subducción y las características de la colisión a ambos lados de este sistema.

De esta forma, en la zona Vasco-Cantábrica y durante esta etapa de colisión, la placa oceánica subduce por debajo de Iberia.

FASE 5ª. Etapa postorogénica o de distensión

A partir del Mioceno tuvo lugar una elevación generalizada de la cordillera. Se forman pequeñas cuencas o fosas intramontañosas, que son rellenadas por sedimentos detríticos continentales. En la zona de estudio, esta etapa queda marcada por la erosión de los relieves formados, y el establecimiento de superficies colgadas de erosión. En estas zonas, se desarrollan suelos lateríticos de alteración, que salvo en puntos muy localizados, han sido denudados por la acción de las aguas de escorrentía.

La distensión postectónica se resuelve según un modelo tectónico frágil, mediante el rejuego de las estructuras de zócalo como fallas normales. El dominio continental prosigue su levantamiento isostático de forma gradual, mientras que el marino se hunde.

Estas condiciones distensivas provocan el rejuvenecimiento de los movimientos diapíricos. El comportamiento de las masas diapíricas durante las fases compresivas es difícil de determinar, y su implicación en las deformaciones es evidente, formándose corredores tectónicos a favor de las directrices de las fallas de zócalo. En las intersecciones de estos accidentes, y al reiniciarse las condiciones distensivas, es en estas zonas donde vuelve a concentrarse la actividad diapírica.

En función del grado de deformación de los materiales, los materiales que afecta la deformación, y su posición geográfica, se diferencian, para el área de estudio, una serie de elementos estructurales.

Se han distinguido los siguientes:

- Pliegues, las antiformas de Martutene y Oyarzun. Estructuras cuya última actividad es relativamente tardía. Se encuentran activas desde el Jurásico terminal o Albiense.
- Zonas de Falla:
- Zona de falla Orio-Urumea Es una gran falla de traza Norte Sur y con una componente de desgarre de carácter sinistro. Esta falla es un accidente del zócalo que continua activo en la actualidad (el último sismo asociado a la falla fue registrado el 9/05/1935). El funcionamiento desde el Albiense de este elemento estructural justificaría la diferente potencia del flysch detrítico calcáreo a uno y otro lado de la misma (E 500m/1200 m W). Este accidente marcaría el límite occidental de la formación Oyarzun y señalaría un bloque elevado al Este y uno hundido al oeste.

- Zona de falla de Aritxulegi. Constituye una alíneación muy importante que, desde la ría de Pasaia se extiende hacia el SE a lo largo de varias decenas de kilómetros. Al igual que la anterior, se trata de una falla de zócalo con cierto componente sinistral.
- Zona de falla de Otzazulueta-Choritoquieta. Falla inversa frontal. Se considera una zona de cizalla causante de una banda de esquistosidad paralela a ella.

De esta forma, los materiales reconocidos se caracterizan, desde el punto de vista de su grado de deformación y fracturación tectónicas, como:

- Materiales rocosos del substrato de estructura tabular. Dentro de esta categoría se incluye el conjunto de materiales que constituyen el flysch de la serie del Cretácico superior. Constituyen, en la zona de estudio, una serie monoclinial de buzamiento general de unos 30-40º hacia el NO, con frecuentes replegamientos de direcciones de buzamiento localmente caóticas. Se reconocen tres familias de juntas y alguna aleatoria.
- Materiales atectónicos. En esta categoría se incluye al conjunto de suelos y unidades del recubrimiento Cuaternario, en el que no se ha reconocido ningún grado de deformación tectónica.

En la zona de estudio y en general en toda la zona estudiada se han reconocido algunas fallas en su mayoría subparalelas y asociadas en vaguadas existentes.

Ya se ha comentado que el accidente tectónico más importante por su implicación geotectónica es la denominada falla del Orio-Urumea. Esta falla sigue sensiblemente el cauce actual del río y gira bruscamente hacia el Este a la altura del puente de la estación de FFCC del norte, sin afectar a la zona de estudio. En todo este tramo se encuentra “fossilizada” por los sedimentos fluviales por lo que no es posible reconocer su traza.

Precisamente paralelos y asociados a esta falla se han reconocido otras cuatro fallas menores, que desplazan los contactos entre los diferentes materiales y provocan distorsiones como pliegues de arrastre y fracturación elevada en la roca.

En las siguientes figuras se muestra el esquema geológico, litológico y el esquema tectónico en el que se marca la zona de estudio.



Figura nº8. Mapa geológico general en el que se marca la zona de estudio.



UNIDADES ESTRUCTURALES EN GIPUZKOA

CADENA TERCIARIA COSTERA

Estructura interna del Flysch Cretácico superior

1. Corredor Irún-San Sebastián
2. Anticlinal delollado Aya-Martutene
3. Surco pectinetal Aya-Martutene
4. Sinclinal de Goiborru

Anticlinorio Tolosa-Arno

5. Lámina diapírica de Motrico
6. Anticlinal Arkotia-Regil
7. Sinclinal de Gazume
8. Sinclinal de Ermio
9. Sinclinal de Urkizu
10. Anticlinal de Urkizu
11. Escama de Pagoeta
12. Manto de corrimiento Aya-Zarauz-Aizarnazabal
13. Diapiro de Zarauz
14. Klippe de Indamendi
15. Anticlinal de Mendikute
16. Depresión intermedia
17. Sinclinal de Erlo
18. Anticlinorio Anduz-Arno

Sinclinorio de Vizcaya y su prolongación mediante el manto de los mármoles

19. Manto de los mármoles
20. Lobulo de Urko
21. Cierre periclinal de la Peña de Egoarbitza
22. Sinclinorio de Vizcaya

La Región Meridional

23. Anticlinorio
24. Peña de Udalaitz
25. Domo de Mutillos
26. Sinclinal de Oitzante
27. Sierra de Aizgorri
28. Sierra de Aralar
29. Domo de Ataun
30. Anticlinal de Txindoki

Macizo paleozoico de Cinco Villas. Macizos satélites y materiales permotriásicos y anexos marginales

31. Macizo satélite de San Narciso
32. Macizo satélite de San Marcial
33. Macizo cristalino de Peñas de Aya
34. Cobertura permotriásica
35. Macizo de San Marcos
36. Segmento de Santiagomendi
37. Domo de Martutene
38. Diapiro de Oyarzun
39. Diverticula de Karrika
40. Escama de Buruntza
41. Anticlinal de Rekalde
42. Sinclinal de Andaitza
43. Sinclinal de Goiburu
44. Sinclinal de Ondolarr
45. Anticlinal de Andoain-Hernani
46. Anticlinal desmantelado de Tolosa
47. Sinclinal de Uzturre
48. Sinclinal de Larte o Gaztelumendi
49. Depresión intermedia
50. Macizo de Cinco Villas
51. Diapiro desmantelado de Villabona

- MACIZO PALEOZOICO DE CINCO VILLAS Y ÁREAS ANEXAS
- CADENA TERCIARIA COSTERA
- ESTRUCTURA INTERNA DEL FLYSCH CRETÁCICO SUPERIOR
- SINCLINORIO DE VIZCAYA Y SU PROLONGACIÓN MEDIANTE EL MANTO DE LOS MÁRMOLES
- ANTICLINORIO TOLOSA-ARNO
- LA REGIÓN MERIDIONAL

Figura nº9. Mapa de unidades estructurales de la zona de estudio.

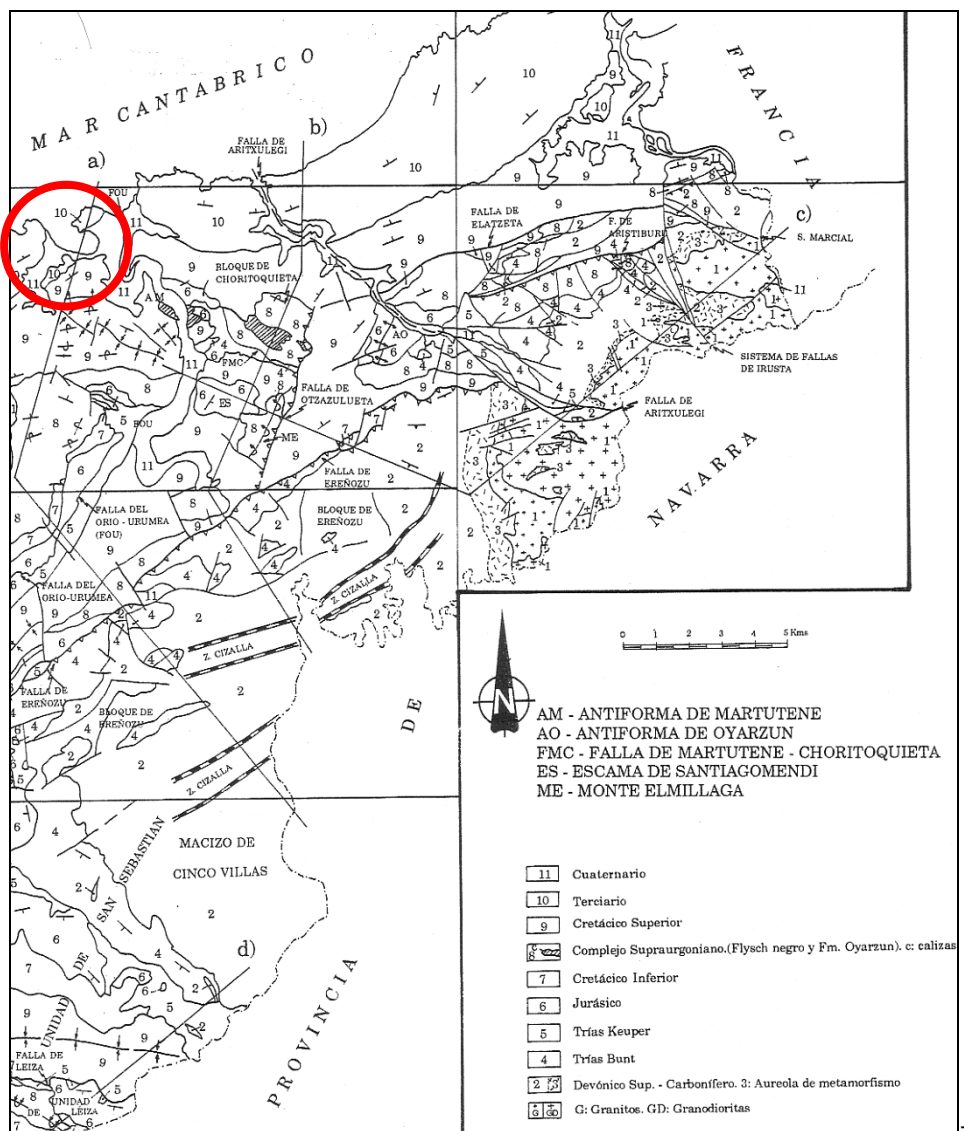


Figura nº10. Esquema tectónico. Mapa estructural general en el que se marca la zona de estudio.

2.1.5 FRACTURACIÓN

Como se ha comentado, el trazado discurre sobre materiales pertenecientes a un nivel estructural medio, en el que la deformación se caracteriza por flexión y deslizamiento entre capas. El tipo de plegamiento es isopaco con una cierta transición a un nivel estructural inferior con la aparición, en zonas restringidas, de una esquistosidad incipiente y aplastamiento de pliegues.

A lo largo del trazado, los materiales que se encuentran más deformados son los inferiores, de tipo flysch, pertenecientes a la Unidad FDC. En estos, se detectan pliegues de escala hectométrica a kilométrica. Conforme se progresa en la serie estratigráfica hacia las formaciones superiores, el

plegamiento experimenta un amortiguamiento, traducido en cambios de dirección en los estratos con algunos pliegues asociados.

La dirección general de la estructura es Este-Oeste a Noreste-Suroeste. Estas variaciones en rumbo se deben a los pliegues existentes y a la adaptación de este sector a la curvatura del denominado “Arco Vasco”. Los buzamientos y direcciones de los estratos pueden cambiar localmente por la presencia de alguna falla o zona tectonizada.

En el flysch detrítico calcáreo de la Unidad FDC, hay tramos en los que la estructura se encuentra invertida por la presencia de pliegues y fallas con vergencia hacia el Norte o Nor-Noreste. Como consecuencia del plegamiento, las capas en profundidad se ondulan en la dirección del buzamiento, y dependiendo del radio de curvatura de las ondulaciones los estratos pueden, o no, invertirse.

2.2 GEOMORFOLOGÍA

En el entorno de la desembocadura del río Urumea con una dirección próxima a Norte – Sur, en San Sebastián, presenta, a grandes rasgos un relieve poco acusado, suave. La zona de estudio queda prácticamente localizado en su totalidad en la llanura aluvial con influencia mareal.

Cabe considerar que la llanura aluvial del río Urumea presenta una anchura variable dependiendo del sector considerado, teniendo por un lado una anchura media en torno a 400-500 metros, que localmente puede superar, en la zona de su desembocadura, los 1500 m.

El sistema aluvial del río Urumea constituye un amplio valle aluvial de fondo plano y perfil transversal en artesa. Este valle aluvial se intercepta en su parte más baja, su desembocadura. El cauce dibuja un amplio meandro en su llanura que dio lugar a una sedimentación muy potente, formado por la alternancia de arcillas y limos, arenas y gravas, que se presentan en lentejones de continuidad variable. En el caso de la estación de Anoeta la zona se encuentra sobre un paleovalle secundario subsidiario del Urumea.

2.3 HIDROGEOLOGÍA

Se ha realizado la siguiente clasificación de las diferentes unidades litoestratigráficas, que se corresponden con unidades hidrológicas:

- Materiales mesozoicos impermeables por porosidad efectiva y semipermeables por fracturación. Dentro de esta unidad se han incluido a la unidad margosa y calco-margosa en facies tipo flysch del Cretácico superior (FDC). Carecen de características acuíferas, si bien puede aparecer algún nivel de agua asociado a las zonas más fracturadas. La impermeabilidad de los materiales del substrato se manifiesta con la aparición de gran cantidad de manantiales de agua en cotas

Anejo nº5: Geología y geotecnia

X0000141-PC-AN-GEO-0

muy próximas a la zona de cumbres, en la cabecera de los arroyos, que forman una red anastomosada a pinnada densa.

- Materiales cuaternarios permeables por porosidad efectiva. Están constituidos por los materiales de terraza y aluviales de granulometría gruesa y con tamaños bien contrastados.
- Materiales cuaternarios semipermeables por porosidad efectiva. Dentro de esta categoría se agrupan los depósitos de rellenos antrópicos, dada su composición y estructura caótica.
- Materiales cuaternarios poco permeables por porosidad efectiva. Se consideran materiales poco permeables los suelos de alteración y recubrimientos arcillosos de la unidad de cuaternario indiferenciado.

2.3.1 NIVELES ACUÍFEROS

Siguiendo la configuración geológica de esta zona, cabe realizar la siguiente clasificación de los mantos acuíferos:

- Acuíferos superficiales libres, conectados con el nivel de base, que queda marcado por el nivel del mar. En ellos el nivel del agua, marcado por la saturación de los suelos granulares, está muy próximo a la superficie del terreno. Este tipo de acuífero está representado, en la zona de estudio, por los depósitos aluviales del río Urumea.
- Zonas sin acuíferos. Los materiales de las series sedimentarias tipo flysch, constituidas por alternancias de lutitas y margas, son acuíferos pobres. El drenaje de estas zonas se realiza por escorrentía superficial. De esta forma, no es posible definir un nivel acuífero a escala regional, salvo en la zona definida por la vega del río Urumea.

Se identifican una serie de unidades hidrogeológicas que afectan en mayor o menor grado a los suelos cuaternarios y a la roca del cretácico – paleoceno, y que a continuación se indican.

Estas unidades que afectan a la ampliación de la estación tienen unas características propias tal y como se resumen a continuación en los siguientes subapartados.

Cuaternario Eluvial (Unidad Qe)

Los depósitos eluviales, poseen un escaso desarrollo con espesores exigüos entre 1 y 3 metros, alcanzando en ocasiones los 5 metros. Son de naturaleza limo-arcillosa, presentando indicios de gravas angulosas. Esta unidad carece de importancia a nivel hidrogeológico. De forma estimada puede asociárselo permeabilidades de entre $2E^{-04}$ y $1E^{-07}$ cm/s.

Depósitos aluvio-mareales (Unidad Qacm)

El conjunto de sedimentos de los suelos del río Urumea por lo general, suelen conformar un acuífero cuyo nivel freático se encuentra relativamente superficial.

A partir de las características de los sedimentos del aluvial, se ha realizado en primer término una aproximación a los parámetros hidrogeológicos de los diferentes materiales que conforman el acuífero del Urumea.

La zona de recarga del acuífero se realiza mediante las aportaciones del propio río y mediante la infiltración eficaz en la llanura de inundación.

A partir de los resultados obtenidos en los ensayos de permeabilidad llevados a cabo para el presente Proyecto Constructivo (ver apartado ensayos *in situ*: ensayos de permeabilidad Lefranc) y en base a la tabla de valores relativos de permeabilidad propuesta por Terzaghi K. y Peck R. (1980), a grandes rasgos, la unidad definida como Qacm presentaría una permeabilidad entre poco y muy poco permeable.

A la vista de los resultados se considera una permeabilidad media de $4,5E^{-04}$ cm/s. A grandes rasgos, se trata por tanto de zonas poco permeables a impermeables.

Depósitos Antrópicos (Qx)

Esta unidad carece de importancia a nivel hidrogeológico y es por ello que no se disponen de ensayos de permeabilidad sobre estos materiales. No obstante, se consideran permeabilidades bajas para este nivel antropogénico debido a su naturaleza y alta compacidad, del orden de $1E^{-06}$ a $1E^{-07}$ cm/s.

Sustrato rocoso

Sobre el sustrato rocoso se han efectuado una serie de ensayo de campo, concretamente un total de veinte (20) ensayos de permeabilidad de tipo Lugeon a carga constante, a fin de determinar la permeabilidad del macizo rocoso.

A partir de los ensayos de permeabilidad Lugeon se puede considerar esta unidad como muy impermeable a prácticamente impermeable. A la vista de los resultados, y considerando los valores representativos obtenidos, el valor medio de permeabilidad es 3,36 ud. de Lugeon (siendo del orden de $1E^{-05}$ a $6E^{-05}$ cm/s).

A efectos de cálculo se tendrá en cuenta un nivel freático general situado en superficie.

2.4 SISMICIDAD

El presente estudio de los efectos sísmicos a considerar para el dimensionamiento de las estructuras, se realiza de acuerdo a la normativa vigente, constituida por la Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación, **NCSR-02**, aprobada por Real Decreto 997/2002 del 27 de septiembre.

Dicha Norma será de aplicación, tal como se indica en el Artículo 2. del Real Decreto, en "... todos los proyectos y obras de edificación, y, en lo que corresponda, a los demás tipos de construcciones, en tanto no se aprueben para los mismos normas o disposiciones específicas con prescripciones de contenido sismorresistente."

En cumplimiento a lo dispuesto en el apartado 1.2.4. "Prescripciones de Índole General", se incluyen a continuación la definición y cálculo de:

- Clasificación de las construcciones (según el Apdo. 1.2.2. de la NCSR-02)
- Mapa de peligrosidad sísmica (según el Apdo. 2.1. de la NCSR-02)
- Aceleración sísmica de cálculo (según el Apdo. 2.2. de la NCSR-02)

De acuerdo con lo anterior, en los siguientes apartados se exponen los criterios para la consideración de la acción sísmica para el proyecto "Proyecto Constructivo del Metro de Donostialdea. Tramo: Miraconcha - Easo".

2.4.1 NORMA SISMORRESISTENTE (NCSR-02). ÁMBITO DE APLICACIÓN

La Norma es de aplicación al proyecto, construcción y conservación de edificaciones de nueva planta. En los casos de reforma o rehabilitación se tendrá en cuenta la Norma, a fin de que los niveles de seguridad de los elementos afectados sean superiores a los que poseían en su concepción original. Las obras de rehabilitación o reforma que impliquen modificaciones substanciales de la estructura, son asimilables a todos los efectos a las de construcción de nueva planta.

Además, las prescripciones de índole general del apartado 1.2.4 ("Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación" (NCSR-02) Real Decreto 997/2002) serán de aplicación supletoria a otros tipos de construcciones, siempre que no existan otras normas o disposiciones específicas con prescripciones de contenido sismorresistente que les afecten.

El proyectista o director de obra podrá adoptar, bajo su responsabilidad, criterios distintos a los que se establecen en la Norma, siempre que el nivel de seguridad y de servicio de la construcción no sea inferior al fijado por la Norma, debiéndolo reflejar en el proyecto.

Anejo nº5: Geología y geotecnia

X0000141-PC-AN-GEO-0

2.4.2 CLASIFICACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DEL PRESENTE PROYECTO

Según lo expuesto en la NSCE-02 la presente construcción se clasifica como de **“importancia especial”** a efectos sísmicos, ya que se clasifica dentro de aquellas que según la Normativa vigente, su destrucción por el terremoto, podría interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos.

Más concretamente entraría dentro del grupo definido en la norma como las estructuras pertenecientes a vías de comunicación tales como puentes, muros, etc. que estén clasificadas como de importancia especial en las normativas o disposiciones específicas de puentes de carretera y de ferrocarril.

2.4.3 CRITERIOS DE APLICACIÓN DE LA NORMA

La aplicación de la Norma es obligatoria en las construcciones recogidas en el artículo 1.2.1- Ámbito de aplicación de la “Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación” (NCSR-02) Real Decreto 997/2002, excepto en los casos recogidos en el apartado 1.2.3- Criterios de Aplicación de la Norma.

En las construcciones en que ha de aplicarse, esta Norma requiere:

- Calcular la construcción para la acción sísmica definida en el capítulo 2, mediante los procedimientos descritos en el capítulo 3.
- Cumplir las reglas de proyecto y prescripciones constructivas indicadas en el capítulo 4.

2.4.4 MAPA DE PELIGROSIDAD SÍSMICA. ACELERACIÓN SÍSMICA BÁSICA DEL ÁREA DE ESTUDIO

La peligrosidad sísmica se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica (ver siguiente).

Dicho mapa suministra, expresada en relación al valor de la gravedad, g , la aceleración sísmica básica, a_b (un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno) y el coeficiente de contribución K , que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

La lista del anejo 1 del documento “Norma de Construcción Sismorresistente: Parte General y Edificación” (NCSR-02) Real Decreto 997/2002 detalla por municipios los valores de la aceleración sísmica básica iguales o superiores a 0,04 g , junto con los del coeficiente de contribución K .

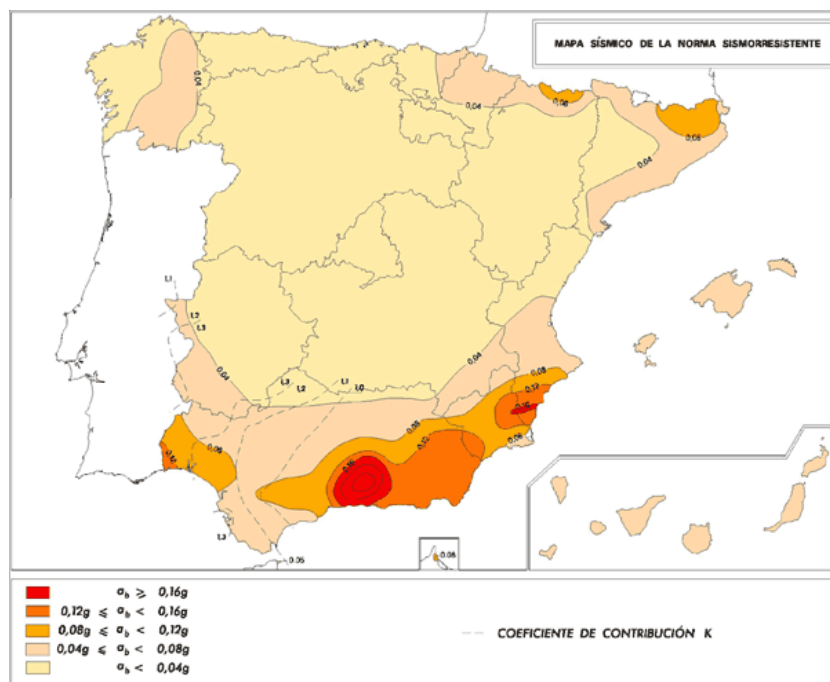


Figura nº11. Mapa de Peligrosidad Sísmica Básica. NCSR-02.

La peligrosidad sísmica de la zona donde se van a realizar las obras se define por medio de tres parámetros:

S: coeficiente de amplificación del terreno.

a_b : aceleración sísmica básica. Se expresa en función del valor de la gravedad.

K: coeficiente de contribución.

De acuerdo a la Norma de Construcción Sismorresistente NCSR-02, se procede a la determinación de los parámetros en ella indicados:

Aceleración sísmica básica (a_b): a partir del mapa de Peligrosidad sísmica de la Norma el cual se obtiene el valor:

MUNICIPIO	a_b	k
Donostia – San Sebastián	0,04g	1,0

Tabla nº1. Aceleración Sísmica básica considerada a partir del mapa de peligrosidad Sísmica básica NCSR-02

- Clasificación de las construcciones: considerada como de especial importancia (artículo 1.2.2 de la citada Norma).
- Determinación de la aceleración sísmica de cálculo: según el artículo 2.2, se calcula mediante la relación:

$$a_c = S \times \rho \times a_b$$

Donde:

a_b : Aceleración sísmica básica.

ρ : Coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable que exceda a_c en el periodo de vida por lo que se proyecta la construcción. Toma los valores de:

- Construcciones de importancia normal: $\rho=1,0$
- Construcciones de importancia especial: $\rho=1,3$

La aceleración sísmica de cálculo se define por tanto como:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = S \cdot 1.3 \cdot 0.04 \cdot g$$

S: Coeficiente de amplificación del terreno, que se obtiene de las siguientes expresiones en función del valor de ρa_b :

$$\text{Si } \rho a_b \leq 0,1g \quad S = \frac{C}{1,25}$$

$$\text{Si } 0,1g < \rho a_b < 0,4g \quad S = \frac{C}{1,25} + 3,33 \left(\rho \frac{a_b}{g} - 0,1 \right) \left(1 - \frac{C}{1,25} \right)$$

$$\text{Si } \rho a_b \geq 0,4g \quad S = 1$$

Teniendo en cuenta el coeficiente adimensional de riesgo ($\rho=1,3$) y el valor característico de a_b , el coeficiente de amplificación del terreno tomaría el valor de:

$$S = \frac{C}{1,25}$$

Donde:

C: Coeficiente del terreno. Depende de las propiedades geotécnicas del terreno de cimentación.

Del análisis global del área de proyecto podemos fijar una potencia media de terreno **tipo entre II-III** (metros más superficiales) de 25 m y los restantes de **tipo I**.

Para los primeros 25 m, tal y como reflejan los perfiles sísmicos, no se han obtenido velocidades de transmisión de ondas S inferiores a 200m/s, en el horizonte de suelos. De los perfiles se determina por tanto una velocidad representativa inferior a 400m/s, y de un espesor medio de 25m; se opta por la consideración de un coeficiente C del terreno de 1,45.

La aceleración sísmica de cálculo se define como:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = S \cdot 1.3 \cdot 0.04 \cdot g$$

El coeficiente de amplificación del terreno toma el valor de:

$$S = \frac{C}{1.25}$$

Teniendo en cuenta que en los perfiles sísmicos no se han obtenido velocidades de transmisión de ondas S inferiores a 200m/s y que las potencias máximas identificadas con velocidades inferiores a 400m/s son de unos 15m; se opta por la consideración de un coeficiente C del terreno de 1,45.

Por lo que la amplificación quedará:

$$S = \frac{1.45}{1.25} = 1.16$$

Por lo que la aceleración de cálculo quedará:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 1.16 \cdot 1.3 \cdot 0.04 \cdot g = 0.06 \cdot g$$

3. GEOTECNIA

3.1 INTRODUCCIÓN

Para el estudio de las implicaciones geotécnicas de los materiales relacionados con la ejecución del nuevo vestíbulo de la Estación de Anoeta se ha llevado a cabo una recopilación de la información previa contenida tanto en los proyectos de la estación y línea de topo como del proyecto de liquidación de la primera. Al mismo tiempo se han utilizado datos de las formaciones provenientes del Proyecto constructivo del tramo Miraconcha – Easo del Metro de Donosti, como contraste de los datos obtenidos, dada la cantidad de información contenida en el proyecto citado.

3.2 CAMPAÑA GEOTÉCNICA

Se ha llevado a cabo una exhaustiva recopilación de los numerosos ensayos existentes en la zona. El apéndice nº5.5. *Estudios Geotécnicos Antecedentes* recoge una recopilación de estudios que incluyen tanto ensayos de laboratorio (en suelos y en rocas), como ensayos *in situ* (ensayos de penetración dinámica tipo SPT en sondeos, ensayos presiométricos y ensayos de penetración dinámica continua), además de algunos datos hidrogeológicos (como permeabilidades y ensayos *Lefranc* disponibles de fases de estudio anteriores).

Los datos proceden de dos estudios relacionados con la estación

De la información obtenida, ha sido preciso seleccionar aquellos datos que proporcionasen la información más objetiva e interesante de cara al objetivo propuesto, es decir, fundamentalmente la situación y registro sobre el espesor de suelo y roca meteorizada de los sondeos mecánicos existentes, datos sobre roca en superficie y sobre algunos reconocimientos y ensayos *in situ* que resultan de interés, tales como los de la situación del nivel freático o sobre la permeabilidad de los suelos y/o del macizo rocoso.

Así pues, en este apartado se presenta detalladamente los estudios disponibles como antecedentes que afectan al trazado objeto del presente estudio.

El listado de estudios o informes utilizados considerados como antecedentes es el siguiente:

- Estudio de solución enterrada del ferrocarril San Sebastián – Hendaya en Anoeta (Anejo nº 3: Datos geotécnicos), GIGSA 1989.

Contiene 3 sondeos a rotación con extracción continua de testigo y 10 penetrómetros no se realizaron ensayos de laboratorio.

- Proyecto constructivo del soterramiento de la estación de Anoeta (FULCRUM) (Anejo nº 2: Geología y geotecnia, Lurgintza), 1990.

La campaña geotécnica se encontraba compuesta por 6 sondeos de hasta 28.20 m de profundidad incluyendo ensayos SPT siete calicatas, ensayos de permeabilidad de tipo Lefranc sobre los suelos (14), ensayos de laboratorio (humedad natural, peso específico, compresión simple, triaxial, edométrico, permeabilidad, límites de Atterberg, granulometría, contenido en sulfatos, materia orgánica, y agua (cloruros, sulfatos y materia orgánica)

- Planos del Proyecto de liquidación del soterramiento de la estación de Anoeta.

En el Apéndice 1 Planos se incorpora la situación de los reconocimientos efectuados.

Anejo nº5: Geología y geotecnia

X0000141-PC-AN-GEO-0

3.3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS RECONOCIMIENTOS

3.3.1 UNIDAD FDC. FLYSCH DETRÍTICO CALCÁREO

La base la columna estratigráfica de la zona pertenece a la formación denominada como Serie Flysch del Cretácico Superior.

Estos materiales corresponden a los depósitos turbidíticos situados en las zonas más distales de los abanicos submarinos y de llanura submarina. Su génesis tiene gran influencia en la sedimentación de los márgenes continentales.

La Unidad FDC se extiende lateralmente a ambos márgenes del Urumea, ocupando la mayor parte de la ciudad de San Sebastián.

Son materiales cretácicos del Campaniense, formados por alternancias de calizas arenosas, margas y areniscas estratificadas en bancos centimétricos a decimétricos. Tanto las calizas arenosas como las areniscas son de grano muy fino.



Fotografía nº7. Detalle de un afloramiento de la Unidad FDC.

Su disposición presenta buzamientos entre los 20°-25° hacia el suroeste, y tienen una potencia aproximada de 1.200 m. Se encuentran muy replegados debido a los esfuerzos resultantes de una tectónica compleja.

La estructura plegada y ondulada que presenta el flysch responde a un comportamiento relativamente deformable de los materiales. El espesor centimétrico de los estratos contribuye a esta deformación, disminuyendo la rigidez del medio y dificultando la aparición de fracturas.

Anejo nº5: Geología y
geotecnia

X0000141-PC-AN-GEO-0

El grado de fracturación observado en la zona, es variable, asociada al grado de tectonización del macizo, si bien se estima un RQD en torno a 80-90%.

A pesar de su escasa fracturación, los materiales flyschoides presentan una estratificación muy marcada, de espesor centimétrico, que determinará los principales planos de debilidad de la roca. Es frecuente que los testigos extraídos en la perforación de los sondeos se fracturen a favor de esta discontinuidad de tipo sedimentario.

Esta formación constituye el sustrato rocoso de la obra a proyectar.

Se han encontrado materiales pertenecientes a esta Unidad FDC en los estudios de antecedentes:

Origen de la Información	Sondeos	Profundidad de investigación (m)	Profundidad de aparición en el sondeo (m)
Estudio de solución enterrada (1989, GIGSA)	SM-1	21.0	17.90
	SM-2	31.0	28.80
Proyecto constructivo soterramiento estación Anoeta (1990, LURGINZA)	S-3	28.2	26.00
	S-4	11.4	9.30

Tabla n°2. Tabla Resumen con las profundidades de aparición del techo del sustrato rocoso (Unidad FDC)

El perfil de alteración del sustrato rocoso en la zona de estudio, limitada al ámbito del túnel, a partir de la extrapolación de los sondeos, es reducida (<1.20m).

La meteorización del flysch produce un suelo compuesto por arcillas y limos no carbonatados con alternancias de niveles milimétricos a centimétricos de arena fina. En general presentan una resistencia muy firme, aunque es posible que la aparición de cantos dispersos de caliza margosa aumente los golpes de los ensayos SPT, produciendo el rechazo en algunos casos.

Se dispone de los índices RQD y descripción de las juntas que presenta esta formación en los sondeos realizados.

3.3.1.1 ENSAYOS DE LABORATORIO. CARACTERÍSTICAS GENERALES.

Los ensayos de laboratorio correspondientes a esta unidad se toman del Proyecto constructivo del tramo Miraconcha – Easo, en los que se ha llevado a cabo ensayos de resistencia y previamente se determinaron las densidades naturales, que han obtenido en este caso valores de entre 24,2 y 27,3 KN/m³ para la densidad aparente. Se dispone de resultados de densidad seca sobre algunas muestras, encontrándose los resultados comprendidos entre 24,9 y 27,2 KN/m³.

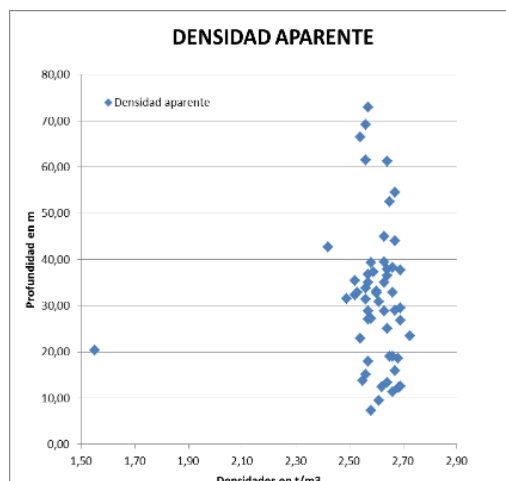


Figura n°12. Número de muestras obtenidas para cada rango de humedad (abscisas) respecto a la profundidad de la muestra (ordenadas) dentro de la Unidad FDC.

- Las densidades representativas adoptadas son:
- Densidad Seca 25 KN/m³
- Densidad natural 26 KN/m³

Por lo que respecta al grado de humedad de las muestras, oscila entre 0,20% y 6,80% con un valor medio de 2,14%. En el siguiente gráfico se muestra el número de muestras obtenidas por cada rango de humedad considerado.

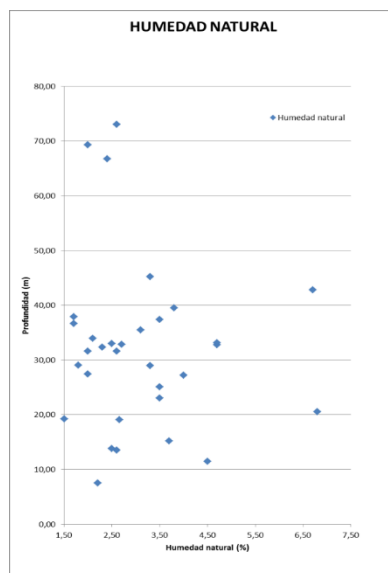


Figura n°13. Relación de la humedad (abscisas) con la profundidad (ordenadas) dentro de la Unidad FDC.

Los dos (2) ensayos de lámina delgada realizados permiten observar los diferentes niveles que componen la Unidad FDC, consistentes calizas arenosas, con composición variable en terrígenos (pudiendo incluso estos últimos llegar a ser dominantes). Las láminas ensayadas se han clasificado como:

- Calizas micríticas con niveles bioclásticos.
- Areniscas calcáreas (con alto aporte terrígeno, llegando a alcanzar un contenido en cuarzo del orden del 50%)

Referencia y profundidad de la muestra		Porcentaje (%) de minerales principales				Descripción de la muestra
		Calcita	Arcillas	Cuarzo	Opacos	
LD-2	SPC-20 TP-8 (32,50-32,85 m)	70	10	15	5	Textura matriz-soportada, de microcristalina a criptocristalina. Caliza micrítica con niveles bioclásticos
LD-3	SPC-26 TP-3 (38,10-38,40 m)	30	10	50	10	Textura matriz-soportada, de microcristalina a criptocristalina. Arenisca calcárea

Tabla n°3. Tabla Resumen láminas delgadas litotipo FDC.

En la tabla siguiente se detallan los principales valores obtenidos sobre muestras de roca sana (intacta) en laboratorio, y con grado de alteración G.M.I-II.

	Humedad natural (%)	DENSIDAD			RCS			RC triaxial		Resist. Tracc. Ind. (Mpa)	Corte Directo (CD)	
		Apar.	Seca	Part.	qu (Mpa)	E (Mpa)	□ adim.	Pres. conf. (Mpa)	quT (Mpa)		c' (t/m²)	Áng. Roz. (°)
		(t/m³)										
Nº DE VALORES	53,00	55,00	13,00	8,00	42,00	11,00	11,00	3,00	3,00	5,00	3,00	3,00
VALOR MEDIO	2,14	2,59	2,61	2,72	33,97	60521	0,26	0,90	89,20	4,72	12,10	31,03
DES. TÍPICA	1,56	0,15	0,07	0,01	45,18	36790	0,14	0,08	61,39	4,66	6,60	3,30
MAXIMO	6,80	2,73	2,72	2,74	213,50	126435	0,48	1,00	163,00	12,70	17,50	34,50
MÍNIMO	0,20	1,55	2,49	2,69	0,90	4183	0,08	0,80	12,70	0,30	2,80	26,60

Tabla n°4. Tabla Resumen con las principales características geotécnicas de la Unidad FDC.

El peso específico de las partículas presenta un valor medio de 27 kN/m³, valor que difiere en aproximadamente una unidad del obtenido para la densidad aparente, que ha sido de aproximadamente 26 kN/m³.

Los valores para la porosidad no son elevados, más bien bajos para una roca de estas características. Se obtuvo un promedio de 5%, con un valor mínimo de 2,40% y un máximo de 11,40%. Estos valores indican una roca sana, muy poco porosa.

Las observaciones realizadas en campo indican que la Unidad FDC está formada por rocas evolutivas y fácilmente meteorizables. Son típicas las morfologías denominadas “en costilla”, que se generan al meteorizarse diferencialmente los niveles que constituyen el flysch. Mientras que los niveles de marga se alteran rápidamente, la caliza presenta una mayor resistencia a la

meteorización. El resultado es una roca con meteorización penetrativa a favor de los niveles más margosos.

Una de las características más destacables del flysch, es la rapidez con que los testigos se abren una vez entran en contacto con la atmósfera a favor de los planos de estratificación, llegando en algunos casos incluso a partirse.

En otros casos, este fenómeno podría explicarse por la rápida pérdida de humedad del testigo al ser extraído de sus condiciones iniciales, pero a la vista de los resultados de los ensayos de humedad y porosidad, se concluye que la causa de la apertura de las muestras de roca a favor de los planos de estratificación se produce por la súbita descompresión que sufren los materiales y a la heterogeneidad de su composición.

Por otro lado, en cuanto a la Tensión de Adherencia en el conjunto terreno – bulbo para posibles anclajes en roca se ha considerado 1.50 Mpa. Para ello, se ha tenido en cuenta los valores según el tipo de roca incluidos en la “Guía para el diseño y la Ejecución de Anclajes al terreno en Obras de Carretera”, publicado por el Ministerio de Obras Públicas en 2001.

TABLA 3.3. ADHERENCIA LÍMITE EN ROCA (ALTERACIÓN \leq GRADO III, SEGÚN ISRM)

TIPO DE ROCA	ADHERENCIA LÍMITE (MPa)
Granitos, basaltos, calizas	1,0 – 5,0
Areniscas, esquistos, pizarras	0,7 – 2,5

3.3.1.2 ENSAYOS DE PERMEABILIDAD DISPONIBLES SOBRE LA UNIDAD FDC

En algunos de los sondeos llevados a cabo sobre esta unidad, se han efectuado ensayos de permeabilidad in situ, con el objetivo de caracterizar estos materiales.

Se han realizado diversos ensayos tipo *Lugeon* para estimar la permeabilidad de la roca sana de esta formación. En el apartado 4.2.3.3.2. *Ensayos de permeabilidad Lugeon* se resumen todos los ensayos realizados. De igual manera se ha contado con la información disponible de fases antecedentes, en la que se han obtenido resultados similares.

En la siguiente tabla se resume el total de ensayos de permeabilidad disponibles para esta unidad.

ORIGEN INFORMACIÓN	SONDEO	LITOTIPO PREDOMINIO FACIES		PROF. MÁX. ENSAYO	VALOR LUGEON (Ud. Lugeon)	RQD	CLASIFICACIÓN	CONDICIÓN DE DISCONTINUIDAD DEL MACIZO	RANGO DE CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA (cm/s)
P.C. La Concha Morlans	SPC-05	FDC/MC	CM	31,8	3,2	40	BAJA	diacclasas cerradas	1E-05 - 6E-05
	SPC-06	FDC	CM	38,0	1,2	65	BAJA	diacclasas cerradas	1E-05 - 6E-05
	SPC-07	FDC	CM	39,5	0,8	60	MUY BAJA	diacclasas muy cerradas	< 1E-05
	SPC-08	FDC	CM	34,0	2,7	30	BAJA	diacclasas cerradas	1E-05 - 6E-05
	SPC-09	FDC	CM	39,0	3,4	80	BAJA	diacclasas cerradas	1E-05 - 6E-05
	SPC-11	FDC	C	60,0	2,4	80	BAJA	diacclasas cerradas	1E-05 - 6E-05
	SPC-14	FDC	C	35,6	7,7	20	MODERADA	diacclasas parcialmente abiertas	6E-05 - 2E-04
	SPC-16	FDC	CM	46,2	2,5	20	BAJA	diacclasas cerradas	1E-05 - 6E-05
	SPC-18	FDC	C	31,0	0,8	60	MUY BAJA	diacclasas muy cerradas	< 1E-05
	SPC-19	FDC	C	35,4	2,6	20	BAJA	diacclasas cerradas	1E-05 - 6E-05
	SPC-20	FDC	L	40,5	8,7	40	MODERADA	diacclasas parcialmente abiertas	6E-05 - 2E-04
	SPC-23	FDC	CM	45,4	6,5	40	MODERADA	diacclasas parcialmente abiertas	6E-05 - 2E-04
E.I. Lugaritz - Anoeta	SPC-24	FDC	CM	45,2	1,2	70	BAJA	diacclasas cerradas	1E-05 - 6E-05
	MSS-7	FDC	C	22,0	6,8		MODERADA	diacclasas parcialmente abiertas	6E-05 - 2E-04
	MSS-8	FDC	C	14,3	19,7		MEDIO	Algunas diacclasas abiertas	2E-04 - 2E-04
Presión máx. de ensayo: 5 kPa									
Presión máx. de ensayo: 7 kPa									

Abreviaturas - MC: margocaliza ; C: caliza ; M: marga ; Lutita

Tabla nº5. Tabla resumen permeabilidades a partir de ensayos de permeabilidad tipo Lugeon.

Table 2. Condition of rock mass discontinuities associated with different Lugeon values				
Lugeon Range	Classification	Hydraulic Conductivity Range (cm/sec)	Condition of Rock Mass Discontinuities	Reporting Precision (Lugeons)
<1	Very Low	$< 1 \times 10^{-5}$	Very tight	<1
1-5	Low	$1 \times 10^{-5} - 6 \times 10^{-5}$	Tight	± 0
5-15	Moderate	$6 \times 10^{-5} - 2 \times 10^{-4}$	Few partly open	± 1
15-50	Medium	$2 \times 10^{-4} - 6 \times 10^{-4}$	Some open	± 5
50-100	High	$6 \times 10^{-4} - 1 \times 10^{-3}$	Many open	± 10
>100	Very High	$> 1 \times 10^{-3}$	Open closely spaced or voids	>100

Tabla nº6. Tabla de valores relativos de permeabilidad. Fuente: Lugeon Test Interpretation, revised. Camilo Quiñones-Rozo P.E.

En general podemos considerar esta unidad como impermeable a prácticamente impermeable, de acuerdo con el criterio de Olalla y Sopena, 1991. La mayoría de resultados oscilan entre 0 y 3 aunque en determinados niveles no se alcanza la presión durante la realización del ensayo y en otros sectores los valores son superiores a 3, lo que indica niveles del macizo permeables. Estos niveles se consideran que serían permeables por fracturación.

A partir de los ensayos de permeabilidad Lugeon se puede considerar esta unidad como impermeable a prácticamente impermeable. A la vista de los resultados, y considerando los valores representativos obtenidos, el valor medio de permeabilidad es 3,36 ud. de Lugeon (siendo del orden de $1E^{-05}$ a $6E^{-05}$ cm/s).

3.3.1.3 RESISTENCIA Y DEFORMABILIDAD

Las rocas de esta unidad FDC se clasificarían en el grupo de rocas blandas a moderadamente duras, en los que tratándose de rocas muy alterables, puede recurrirse a su caracterización geotécnica mediante modelos de resistencia de suelos cohesivos, aunque serán las resistencias a compresión simple y su grado de fracturación los que determinarán su caracterización.

Se disponen de cuarenta y dos (42) ensayos de compresión simple, que han obtenido resistencias que se sitúan entre 1 y 213 MPa.

Las resistencias obtenidas denotan que existe una variabilidad importante de resultados dada la variabilidad en el grado de alteración de esta unidad.

En la siguiente gráfica se muestra la relación entre los valores de RCS obtenidos y la profundidad.

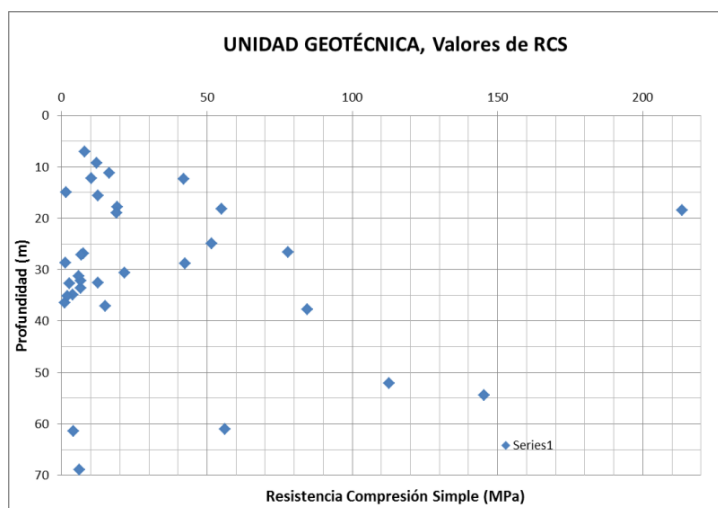


Figura nº14. Resistencia a compresión simple vs. Profundidad obtenida para la unidad FDC

A continuación, se muestra el gráfico de frecuencia de las muestras para los valores de RCS obtenidos.

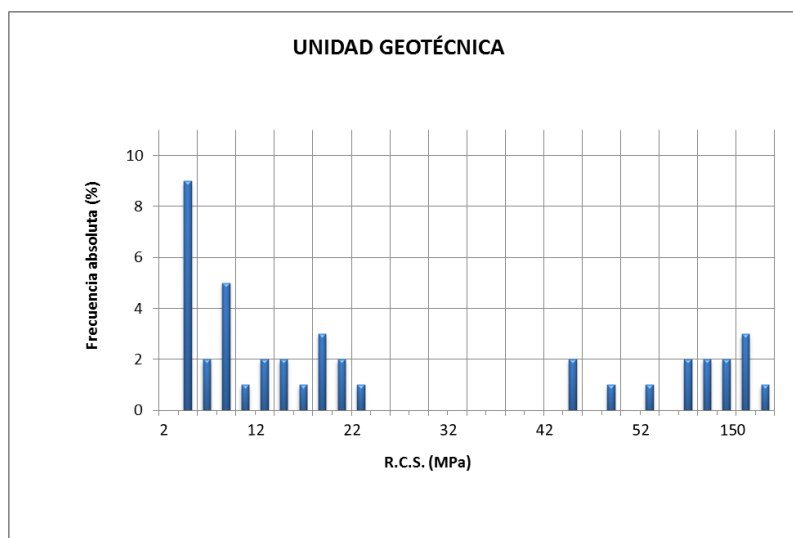


Figura n°15. Gráfica de frecuencia de muestras para los valores de RCS obtenidos en Unidad FDC.

A continuación, se muestra el gráfico del rango de porcentaje de los valores de RCS obtenidos.

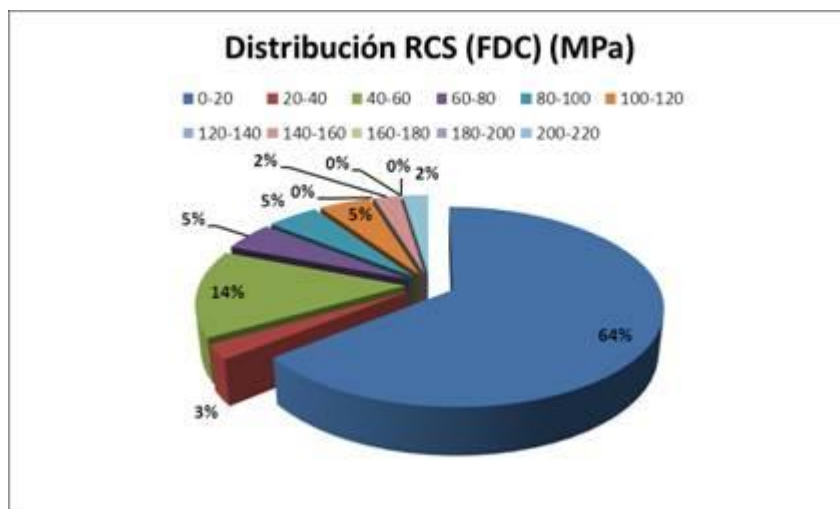


Figura n°16. Gráfica de rango de porcentaje de valores de RCS obtenidos para la Unidad FDC.

A nivel de diseño se ha adoptado una resistencia característica para la roca intacta, tras el tratamiento de los datos, de 27 MPa, valor algo inferior al promedio obtenido del conjunto de las muestras del litotipo (34 MPa), pero que tiene en cuenta valores inferiores en zonas cercanas al manto de alteración.

3.3.2 UNIDAD Q_{ACM} (DEPÓSITOS ALUVIO-MAREALES CON INDICIOS DE SUELOS COLUVIALES)

Se Incluyen en esta unidad los depósitos del río Urumea y también los depósitos coluviales debidos a fenómenos gravitacionales, además de aquellos con influencia mareal.

El aluvial cuaternario lo conforman los depósitos correspondientes a la llanura de inundación del río Urumea, compuestos fundamentalmente por arenas limosas y acumulaciones de detríticos gruesos con matriz arenosa, relacionadas con el encauzamiento del río en épocas de un régimen fluvial de alta energía.

Las arenas contienen un porcentaje variable en finos y forman una capa de espesores máximo por encima de la clave del túnel del orden de 30 metros, a excepción del espesor de 47 m reconocido en el sondeo SPC-15.

Asimismo, en la investigación se detectó la presencia de antiguos canales de grava y arena de espesor métrico y que manifiestan una tendencia del río a desplazarse hacia el noreste. El resultado es un encajamiento paulatino del Urumea en los materiales cretácicos tipo Flysch.

En el siguiente cuadro se resumen los espesores de suelos detectados en los sondeos disponibles, así como los referidos a cada una de las unidades geotécnicas de tipo suelo diferenciadas en el presente proyecto, y que se caracterizan a continuación:

SONDEO	Espesor de Suelos cuaternarios	Tipología	Origen/granulometría
SM-1	16.70	Rellenos antrópicos	4.60
		Limos	3.45
		Arenas	5.35
		Limos	2.40
		Gravas	0.90
SM-2	28.80	Rellenos antrópicos	3.50
		Limos	1.40
		Arenas	5.60
		Limos	15.90
S-3	26.00	Rellenos antrópicos	4.30
		Limos	5.42
		Arenas	2
		Limos	14.28
S-4	9.30	Rellenos antrópicos	3.00
		Limos	4.00
		Arenas	1.10
		Gravas	1.20

Los valores de los golpes SPT y M_l oscila en torno a 30 golpes, si bien se obtuvieron golpes muy bajos en la zona de los limos superiores.

Los valores obtenidos en las campañas de campo en esta zona ofrecen los siguientes resultados:

Sondeo	Profundidad	Material	N60
SM-1	10-10.60	Arenas	72
SM-2	3.50-4.10	Limos	2
	8.0-8.60	Arenas	32
	8.70-9.30	Arenas	36
	12.90-13.50	Limos	3
	28.80-	Sustrato rocoso	R
S-3	3.35-5.80	Arenas	40
	8.35-8.80	Arenas	13
	9.90-10.35	Limos	30
	15.40-15.90	Limos	27
	19.15-19.60	Limos	38
	23.10-23.60	Limos	72
S-4	3.90-4.40	Limos	12
	7.60-8.10	Arenas	16

En general, puede hablarse de una compacidad media para el conjunto de la unidad.

N_{SPT}	COMPACIDAD	ÁNGULO DE ROZAMIENTO INTERNO
0-4	Muy floja	$>27^\circ$
4-10	floja	$27-31^\circ$
10-30	Medianamente densa	$31-39^\circ$
30-50	Densa	$39-45^\circ$
>50	Muy densa	$>45^\circ$

Tabla nº7. Compacidad en función del número de golpes N_{SPT} . Muromachi (1974).

3.3.2.1 ENSAYOS DE PERMEABILIDAD

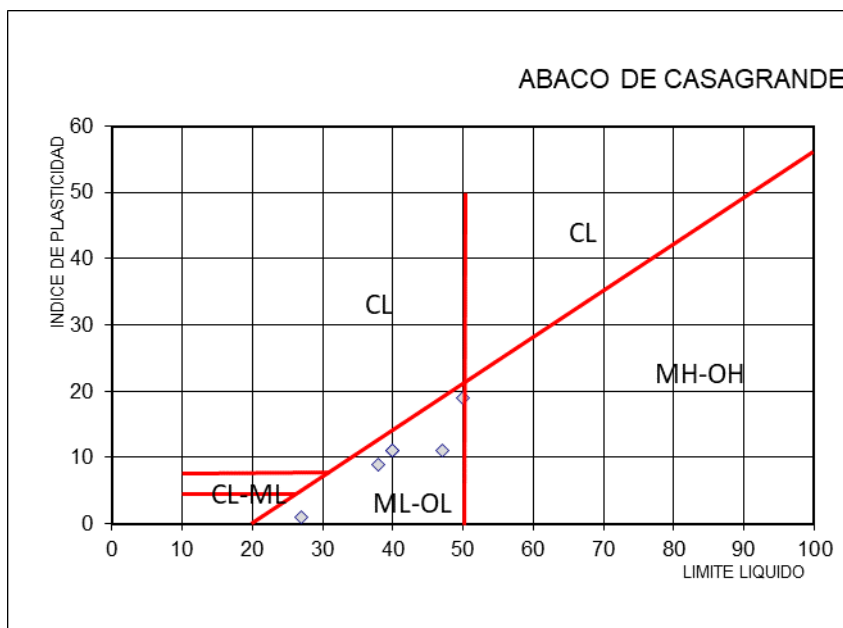
Durante la campaña de 1990 se realizaron ensayos de permeabilidad de tipo Lefranc para materiales no consolidados. Mediante este tipo de ensayo se mide la cantidad de agua admitida por una sección del sondeo en intervalos de tiempo determinados, medidas que permiten determinar posteriormente el valor de la permeabilidad K del terreno.

Los resultados para los sondeos S-3 y S-4 son los siguientes:

Sondeo	Profundidad	Material	Permeabilidad (cm/s)
3	3.00-3.50	Relleno antrópico	0.014
	5.00-7.00	Arenas	$1.36 \cdot 10^{-5}$
	7.00-7.5	Arenas	0
	9.00-9.5	Arenas	$8.55 \cdot 10^{-6}$
	11.50-13.00	Limos	$8.08 \cdot 10^{-6}$
	23.00-25.00	Limos	$9.49 \cdot 10^{-6}$
	3.00-3.50	Limos	0.014
	4.50-8.00	Arenas	$3.81 \cdot 10^{-3}$

3.3.2.2 ENSAYOS DE LABORATORIO.

Representando en el diagrama de plasticidad de Casagrande, los datos referentes a las muestras de los sondeos S-3 y S-4:



Es necesario tener en cuenta que varias de las muestras (en arenas) no presentaban plasticidad.

Respecto al contenido de humedad, los valores son muy heterogéneos, y varían entre un 22 y 45 %, con un valor medio de 41 %.

A continuación, se resumen los análisis químicos realizados sobre la unidad:

MUESTRA N°	SULFATOS	MAT. ORG. (%)
S-2, S-1	INDICIOS	
S-2, S-2		INAPRECIABLE
S-2, S-3		9,20
S-2, S-4	ALGO	
S-3, S-1		INAPRECIABLE
S-3, S-3	ALGO	
S-3, S-4		1,25
S-3, S-5	ALGO	
S-3, S-6		0,40
S-3, S-7	ALGO	
S-4, S-2		INAPRECIABLE
S-5, S-1	ALGO	INAPRECIABLE

Puede apreciarse que el contenido en cloruros es del orden de 6 a 8 ppm.

Por lo que se refiere a la resistencia a compresión se obtuvieron los siguientes valores:

MUESTRA N°	Qu (Kg/cm2)	E (%)	MATERIAL
S-1, M-1	0,32	14	LIMOS AREN
S-2, M-1	0,91	15	LIMOS
S-2, M-2*	2,34	14,4	ARENA LIM
S-3, M-4	0,35	15	LIMOS
S-3, M-5	0,65	15	LIMOS
S-3, M-7	0,49	13	LIMOS
S-4, M-1	0,32	14,4	LIMOS AREN
S-5, M-1	0,17	13	LIMOS
S-7, M-1	190	0,65	MARGOCALIZA

Se realizaron dos ensayos edométricos en los que el coeficiente de consolidación (Cc), para los limos basales variaba entre 0.425 y 0.282.

En cuanto a los ensayos triaxiales se realizaron 3, uno sobre cada uno de los tramos que forman la unidad: Limos superficiales, Arenas y Limos basales. El resultado es el siguiente:

Muestra	Tramo	Presiones totales		Presiones efectivas	
		C (kPa)	ϕ (°)	C (kPa)	ϕ (°)
S2-M4	Limos basales	10	22	22	25
S3-M3	Arenas	128	30	65	31
S4-M1	Limos superficiales	20	18	22	28

En lo que respecta al análisis químico del agua los resultados de los ensayos realizados fueron los siguientes:

	S-2	S-4	S-5	S-7
CLORUROS mg/l.	98	11.182	29	34
SULFATOS mg/l.	0,02	1,5	0,04	0,03
MATERIA ORGANICA mg.O2/l.	4,6	7,8	0,9	0,8

Se observa un valor para el sondeo 4, en cuanto a cloruros que revela una concentración muy elevada y por tanto una conexión del acuífero con el río Urumea.

3.4 CONCLUSIONES

Desde el punto de vista geotécnico los niveles a considerar en los cálculos de la pantalla a ejecutar son los siguientes:

- 1.- 0-4.0 Nivel de rellenos antrópicos
- 2.- 4.0-7.0 Nivel de Limos superficiales
- 3.- 7.0 – 12.0 Nivel de arenas
- 4.- 12.0 – 20.0 Nivel de limos basales
- 5.- 20.0- Sustrato rocoso

Los parámetros a utilizar para los niveles arriba descritos son los siguientes:

Material	Densidad saturada (t/m ³)	C'	ϕ' (°)	Cu (kPa)	K (cm/s)
Rellenos antrópicos	1.90	5	35	---	0.2 10 ⁻²
Limos superficiales	1.86	0	25	11.2	0.2 10 ⁻⁵
Arenas	2.06	0	31	100	0.5 10 ⁻⁴
Limos basales	1.78	0	28	25	0.6 10 ⁻⁶

Respecto al macizo rocoso se pueden tomar los valores de densidad saturada de 2.70 t/m³ y resistencia a compresión simple de 300 kp/cm².

3.5 GEOTECNIA DE ESTRUCTURAS

La única estructura a ejecutar en este proyecto es la pantalla perimetral alrededor de la actual estación de Anoeta.

La determinación de los empujes de orden geotécnico se analizan en el anejo de estructuras en base a los parámetros citados en las conclusiones del apartado anterior.

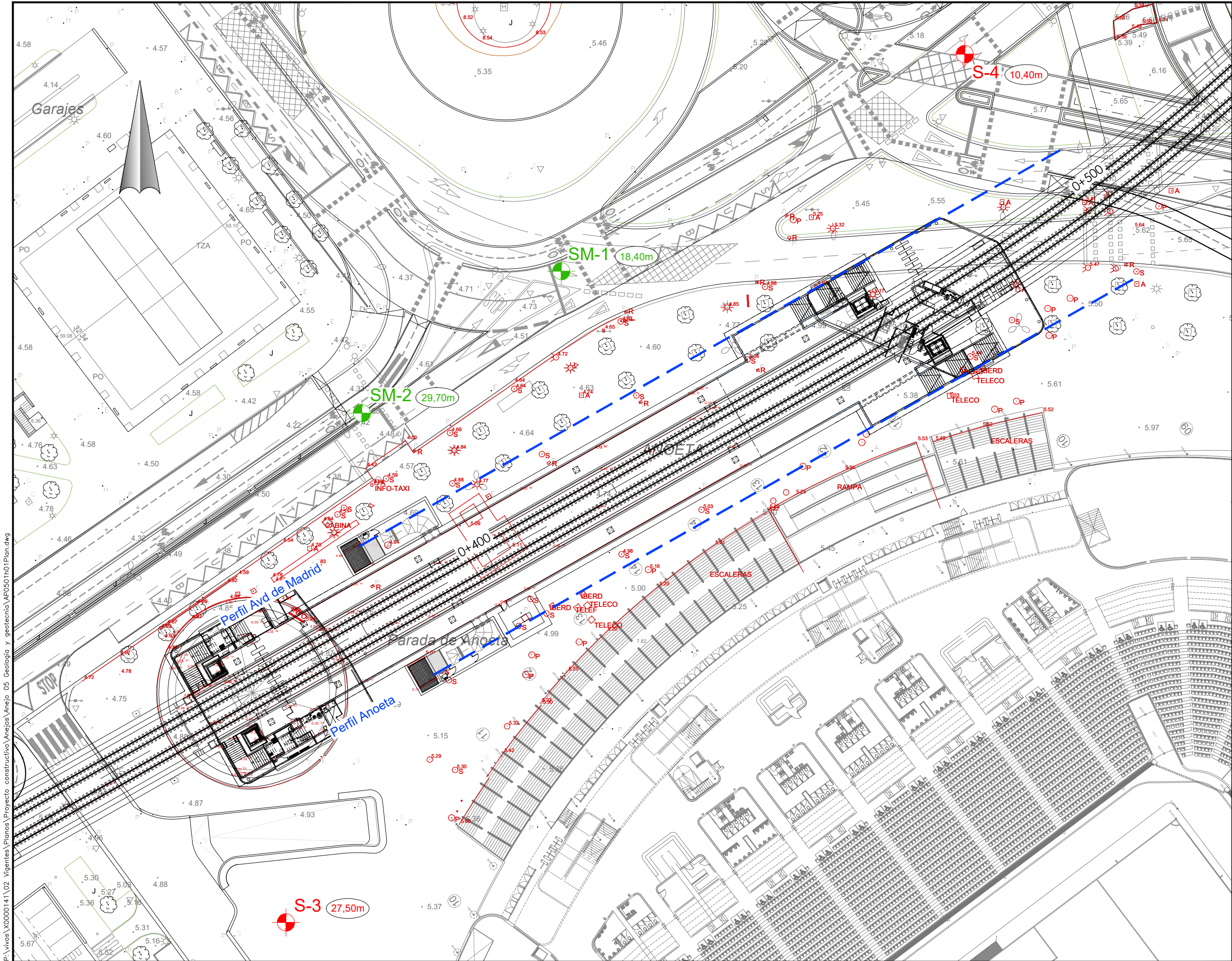
Otro problema a analizar es la posibilidad de sifonamiento de la pantalla, al crearse un gradiente de presión hidráulica entre la zona excavada y las adyacentes, provocando un aporte de agua por debajo de la pantalla. En los siguientes párrafos se analiza esta posibilidad y se determina la longitud mínima de las pantallas.

3.5.1 ESTUDIO DEL SIFONAMIENTO

La sucesión estratigráfica del cuaternario, con la base de las arenas a -12 m y un nivel potente de limos impermeables por debajo evita la situación de riesgo de sifonamiento, sin embargo debido a la variabilidad de los contactos y posibles comunicaciones a través de niveles más permeables, se propone, tal como en el proyecto de la estación, el empotramiento de al menos 3 m bajo la base del nivel de arenas, en el nivel de limos basales, en base a un factor de seguridad de 3.

APÉNDICE N°5.1

Situación de los trabajos



OHARRAK :

NOTAS :

Leyenda

- Sondeos Lurgintza
- Sondeos Gigsas
- Profundidad de roca

A	PRIMERA EMISION	May 22	Fulcrum	ETS
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP. OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES				
AHOLKULARIA / CONSULTOR		INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR		
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR		ERREFERENTZIA REFERENCIA		
AP0501h01Plan				

EUSKO JAURLARITZA

LURRALDE PLANGINTZA,
ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA

GOBIERNO VASCO

DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN
TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA
ESCALA ORIGINAL

1:250

EN DIN A1

ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

0 2.5 5 7.5 10 12.5 15 17.5 20 22.5 25

PROIEKTUAREN IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO

ANOETA GELTOKIKO BIGARREN ATONDOA
ERAIKITZEKO PROIEKTUA
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL 2º VESTÍBULO
DE LA ESTACIÓN DE ANOETA

PLANOAREN IZENBURUA
TITULO DEL PLANO

GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA
PLANTA GEOLÓGICA

PLANO ZK. / N. PLANO

Ap 5. 1

ORRIA / HOJA



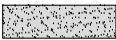
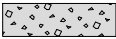


1 Sigue Fin

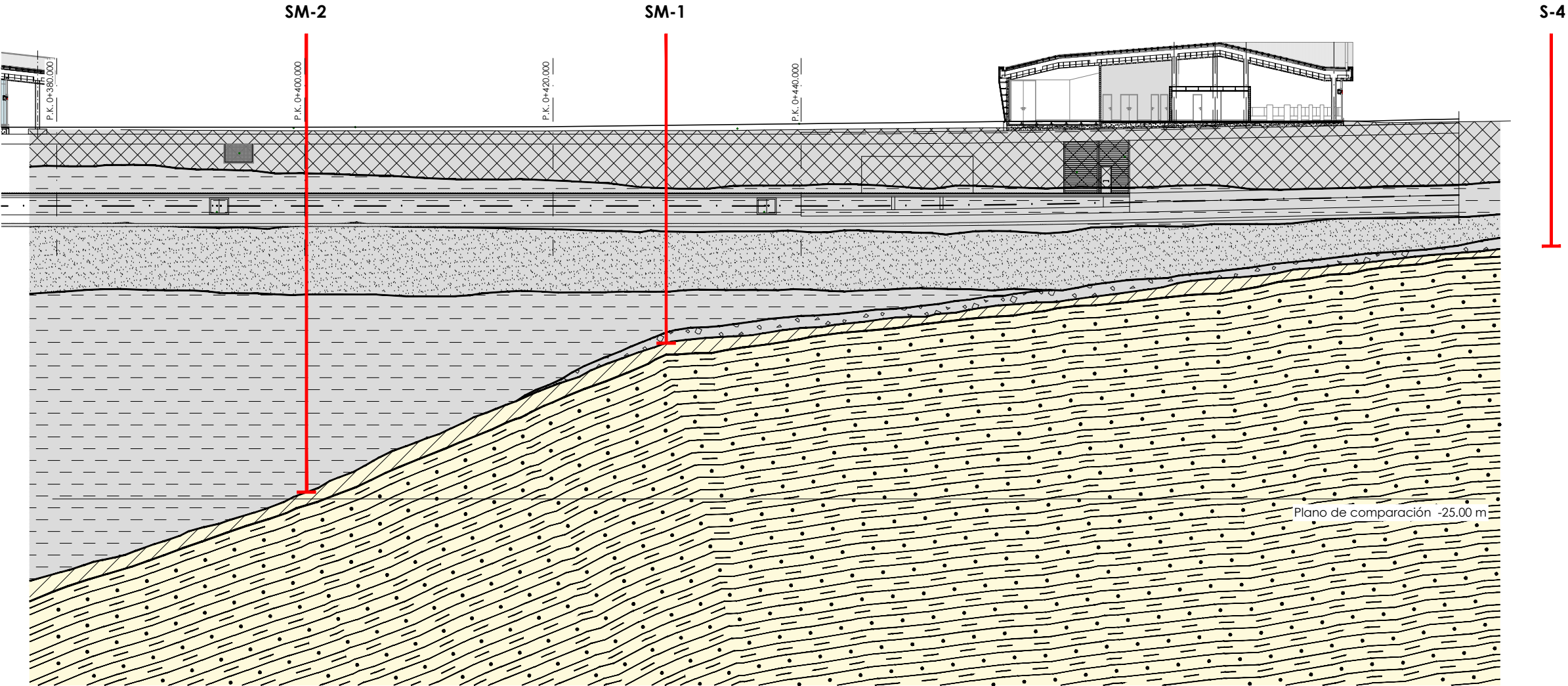
APÉNDICE N°5.2

Perfiles longitudinales



P:\Vivos\X0000141\02_Vigentes\Planes\Proyecto_constructivo\Anejos\Anejos_05_Geología_y_geotecnia\AP0502h01Perf.dwg

LEYENDA

-  RELLENO ANTROPICO
-  LIMOS ARCILLOSOS GRISES
-  ARENAS
-  GRAVAS
-  ROCA ALTERADA Y FRACTURADA
-  ROCA SANA (LUTITAS, MARGAS Y MARGOCALIZAS)



OHARRAK :
NOTAS :

A	PRIMERA EMISION	May 22	Fulcrum	ETS	
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
AHOLKULARIA / CONSULTOR			INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR		
			 IGNACIO CRESPO FIDALGO I.C.F. COLEG. Nº 11.138		
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
			AP0502h01Perf		

EUSKO JAURLARITZA

LURRALDE PLANGINTZA,
ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA



GOBIERNO VASCO

DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN
TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES



euskal trenbide sarea

PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA
ESCALA ORIGINAL

1:200

EN DIN A1

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20

ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

PROIEKTUAREN IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO

ANOETA GELTOKIKO BIGARREN ATONDOA
ERAIKITZEKO PROIEKTUA
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL 2º VESTÍBULO
DE LA ESTACIÓN DE ANOETA

PLANOAREN IZENBURUA
TITULO DEL PLANO

GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA
PERFILES GEOLÓGICOS
PERFIL ANOETA

PLANO ZK. / N. PLANO





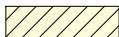

Ap 5. 2

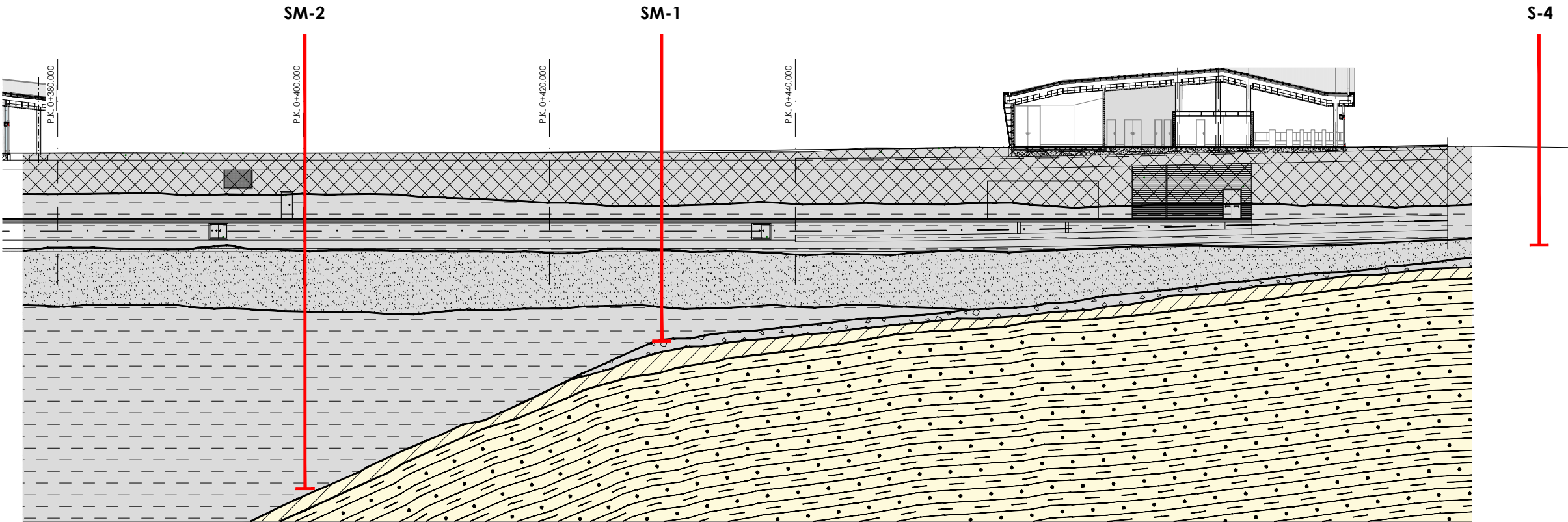
ORRIA / HOJA

1 Sigue 2



P:\vivos\X0000141\02_Vigentes\Planes\Proyecto constructivo\Anejos\Anejos\Anglo 05 Geología y geotecnia\AP0502h02Perf.dwg

LEYENDA

-  RELLENO ANTROPICO
-  LIMOS ARCILLOSOS GRISES
-  ARENAS
-  GRAVAS
-  ROCA ALTERADA Y FRACTURADA
-  ROCA SANA (LUTITAS, MARGAS Y MARGOCALIZAS)



OHARRAK :
NOTAS :

A	PRIMERA EMISION	May 22	Fulcrum	ETS	
REV.	CLASE DE MODIFICACION	FECHA	NOMBRE	COMP.	OBRA
BERRIKUSPENAK / REVISIONES					
AHOLKULARIA / CONSULTOR			INGENIARI EGILEA INGENIERO AUTOR		
					
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			IGNACIO CRESPO FIDALGO I.C.P.P. COLEG. Nº 11/138		
AHOLKULARIAREN ERREFERENTZIA REFERENCIA CONSULTOR			ERREFERENTZIA REFERENCIA		
			AP0502h02Perf		

EUSKO JAURLARITZA

GOBIERNO VASCO

LURRALDE PLANGINTZA,
ETXEBIZITZA ETA GARRAIO SAILA

DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN
TERRITORIAL, VIVIENDA Y TRANSPORTES

euskal trenbide sarea

PROIEKTUAREN IKUSKAPENA ETA ZUZENDARITZA
INSPECCION Y DIRECCION DEL PROYECTO

ESKALA ORIGINALA
ESCALA ORIGINAL
1:200
EN DIN A1

0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20
ESKALA GRAFIKOA
ESCALA GRAFICA

PROIEKTUAREN IZENBURUA
TITULO DEL PROYECTO
ANOETA GELTOKIKO BIGARREN ATONDOA
ERAIKITZEKO PROIEKTUA
PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DEL 2º VESTÍBULO
DE LA ESTACIÓN DE ANOETA

PLANOAREN IZENBURUA
TITULO DEL PLANO
GEOLOGÍA Y GEOTÉCNIA
PERFILES GEOLÓGICOS
PERFIL AVD DE MADRID

PLANO ZK. / N. PLANO
Ap 5. 2
ORRIA / HOJA
2 Sigue Fin

APÉNDICE N°5.3

Documentación recopilada

Campaña GIGSA (1989)

ANEJO 3

DATOS GEOTECNICOS

ANEJO 3

DATOS GEOTECNICOS

DESIGNACION

CORTE DEL SONDEO

Sondeo n.º

Escala:

SM1

1: 150

TIPO PERFOR.	RT %	RQD %	GRADO ALTER.	GEOTESTER	PROFUM. (m)	ESPEJOR CAPAS	NIVEL PREATICO MUESTRAS	CORTE	ENSAYO STANDARD	DESCRIPCION
Ø 101 mm	65				4,60	4,60				0,00 a 4,60 RELLENOS HETEROGENEOS 0,00 a 0,55. Balasto de ferrocarril, gravas de naturaleza calcárea con algunas arenas intercaladas. 0,55 a 4,60. Rellenos procedentes de vertidos, formados por gravas, bolos, restos de materiales de construcción y fragmentos de hormigón (2,25 a 4,60 m).
Ø 86 mm	70				6,20	4,60	I			4,60 a 6,20 LIMOS ARCILLOSOS, negros a gris oscuros, blandos.
	63				8,05	4,85	I			6,20 a 8,05 LIMOS ARENOSOS, gris oscuros, blandos.
	56				13,40	5,35	I		72	8,05 a 13,40 ARENAS, grisáceas, flojas a densas.
	42				15,80	2,40	I			13,40 a 15,80 LIMOS ARENOSOS, de color marrón oscuro con gravillas y arcillas intercaladas.
	98				16,70	0,90				15,80 a 16,70 GRAVAS Y ARCILLAS, gravas de hasta 7 cm, de naturaleza margocaliza, con arcillas limosas intercaladas.
	82	0	IV	49	17,90	4,20	H			16,70 a 17,90 ROCA ALTERADA, margocalizas ocreas muy alteradas.
	80	0	III		18,40	0,50				17,90 a 18,40 ROCA FRACTURADA, Lutitas margosas, grises algo alteradas, blandas con juntas de estratificación subhorizontales.
	100	25	II		21,00	2,60				18,40 a 21,00 ROCA SANA, Lutitas margosas, margas y margocalizas alternantes en bancos centimétricos a decimétricos con juntas de estratificación lisas muy cerradas.

RT : Recuperación de testigo (%)

RQD: Índice de calidad de la roca (%)

I : Muestra inalterada

H : Muestra hoja PVC

Se instala tubería piezométrica

DESIGNACION

CORTE DEL SONDEO

Sondeo n.º

Escala:

SM2

1:150

TIPO PERFOR.	RT %	RQD %	GRADO ALTER. GEOESTER QUIES (cm ²)	PROFUM. (m)	ESPEJOR CAPAS	NIVEL FREÁTICO MUESTRAS	CORTE	ENSAYO STANDARD	DESCRIPCION
Ø 101mm	85				3,50	NF			0,00 a 3,50 RELLENOS HETEROGENEOS 0,00 a 0,50. Balasto de ferrocarril, gravas, bolos con algo de arena intercalada, bolos de naturaleza calcárea. 0,50 a 3,50. Rellenos producto de vertidos, bolos de hasta 10 cm, arenas y arcillas.
	86				4,90			2	3,50 a 4,90 LIMOS ARCILLOSOS, gris oscuros a negros, blandos.
	70		0,5	7,30	2,40			32	4,90 a 7,30 LIMOS ARENOSOS, gris oscuros, blandos.
	80				5,60			36	7,30 a 12,90 ARENAS, de color grisáceo, muy flojos a flojos.
Ø 86mm					12,90				12,90 a 28,80 LIMOS ARCILLOSOS, negros a gris oscuros, blandos a semicompactos.
								3	28,80 a 29,70 ROCA ALTERADA Y FRACTURADA, Lutitas margosas y margocalizas ocreas muy alteradas y fracturadas.
	90		Q4						29,70 a 31,00 ROCA SANA, Lutitas margosas, margas y margocalizas grises, alternantes en bancos centimétricos a decimétricos con juntas de estratificación lisas, muy cerradas con inclinación de 30° respecto a la horizontal.
			Q6						
			Q9						
	80	0	III		28,80				
	98	45	II		29,70	Q90			
					34,00	1,30			

RT : Recuperación de testigo (%)

RQD: Índice de calidad de la roca (%)

I : Muestra inalterada

H : Muestra hoja PVC

Se instala tubería piezométrica

DESIGNACION

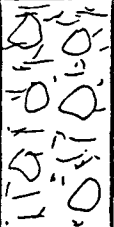
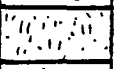


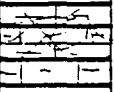



CORTE DEL SONDEO

Sondeo n.º

SM3

Escala

1:150

TIPO PERFOR.	RT %	RQD %	GRADO ALTER. GEOTESTER (kg/cm²)	PROFUM. (m)	ESPEJOR CAPAS	NIVEL FREATICO MUESTRAS	CORTE	ENSAYO STANDARD	DESCRIPCION
Ø 101	67			4,65	4,65	NF			0,00 a 4,65 RELLENOS HETEROGENEOS, balasto, arenas, cascotes, restos de materiales de construcción, etc.
	57			5,70	1,05				4,65 a 5,70 LIMOS, gris oscuros, blandos, algo arenosos, aumentando la fracción arenosa con la profundidad.
Ø 86 mm	73				5,20	I		34	5,70 a 10,90 ARENAS, grisáceas a negras, muy flojas a flojas.
	98		0,3	10,90		I			10,90 a 13,50 LIMOS ARENOSOS, marrón oscuros a negros, blandos.
				13,50		I		3	13,50 a 13,90 ROCA ALTERADA. Lutitas margosas y margocalizas, gris oscuras, algo alteradas, fracturadas.
	75 0 IV			13,90	0,40				13,90 a 14,60 ROCA FRACTURADA, Lutitas margosas y margocalizas fracturadas, juntas lisas algo abiertas.
	95 0 III			14,60	0,70				14,60 a 15,10 ROCA SANA, Lutitas margosas y margocalizas, gris oscuras, bancos centimétricos a decimétricos, separados por planos de estratificación lisos y muy cerrados, subhorizontales.
	100 60 II			15,10	0,50				

RT : Recuperación de testigo (%)

RQD: Índice de calidad de la roca (%)

I : Muestra inalterada

H : Muestra hoja PVC

Se instala tubería piezométrica

G I G S A

GEOHEKNIKA, INGENIEROS Y GEOLOGOS, S. A.

BILBAO

Plano
nº

1/12

G 301/04

Verificado

[Signature]

1-89

Dibujado

[Signature]

Enero 89

DESIGNACION

DIAGRAMA DE PENETRACION N.º PD 1

Tipo

DL030

Peso maza

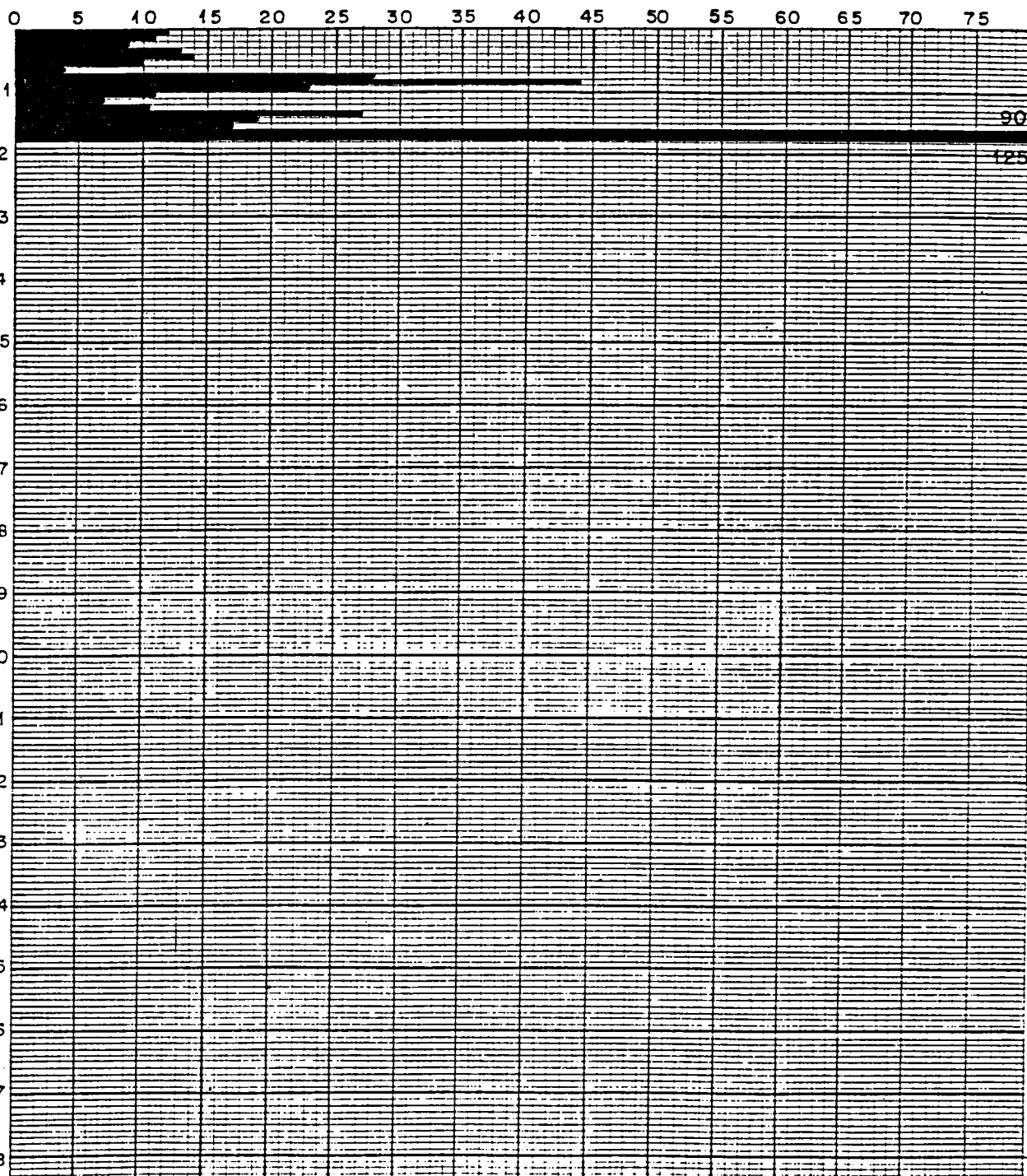
30 Kg

Altura caída

20cm.

N.º DE GOLPES PARA PENETRAR 10 CM.

PROFUNDIDAD EN METROS



ARCILLA

MUY BLANDA

BLANDA

SEMI

COMPACTA

COMPACTA

MUY COMPACTA

DURA

ARENA

MUY
FLOJA

FLOJA

SEMIDENSA

DENSA

MUY DENSA

G I G S A

GEOTHEKNIKA, INGENIEROS Y GEOLOGOS, S. A.

BILBAO

Plano
n.º

2/12

G 301/04

Verificado

L

1-89

Dibujado

φ

Enero 89

DESIGNACION

DIAGRAMA DE PENETRACION N.º PD 1a

Tipo

Peso maza

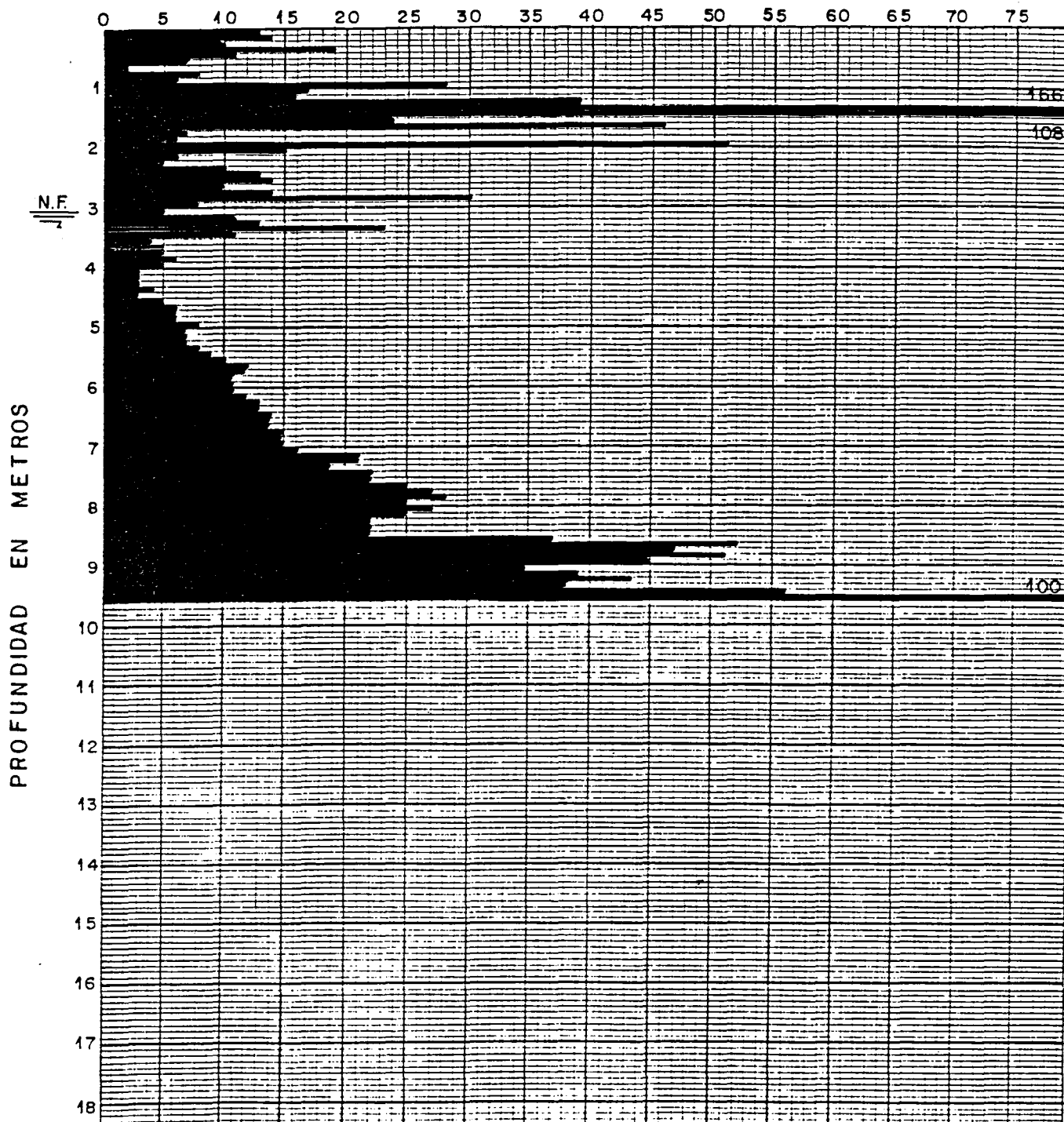
Altura caída

DLO30

30 Kg

20cm.

N.º DE GOLPES PARA PENETRAR 10 CM.



ARCILLA

MUY BLANDA

BLANDA

SEMI

COMPACTA

COMPACTA

MUY COMPACTA

DURA

ARENA

MUY
FLOJA

FLOJA

SEMIDENSA

DENSA

MUY DENSA

Se instala tubería piezométrica

G I G S A

GEOTHEKNIKA, INGENIEROS Y GEOLOGOS, S. A.

BILBAO

Plano
nº

3/12

G 301/04

Verificado

L

1-89

Dibujado

J

Enero 89

DESIGNACION

DIAGRAMA DE PENETRACION N.º PD 2

Tipo

DL030

Peso maza

30 Kg

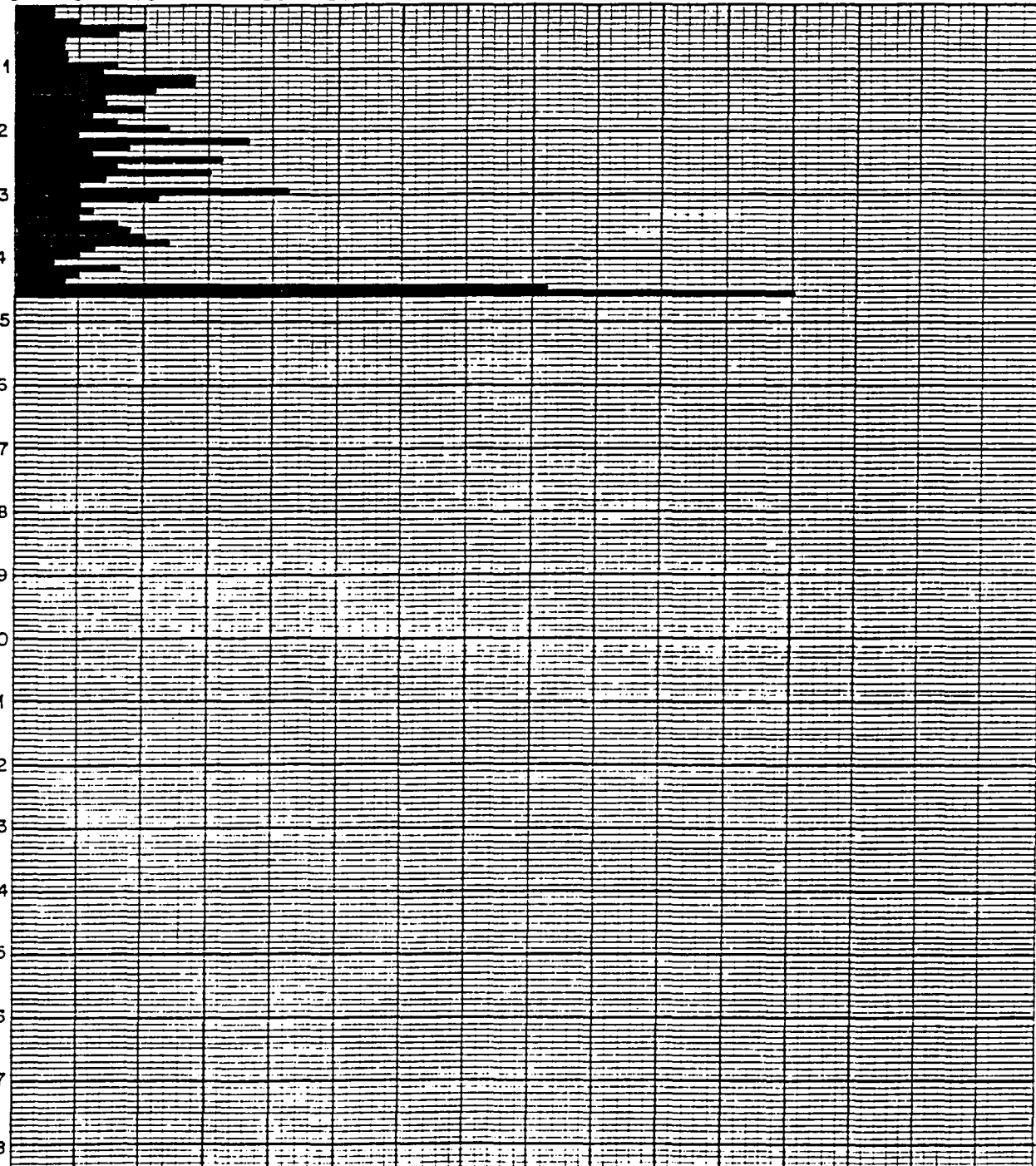
Altura caída

20cm.

N.º DE GOLPES PARA PENETRAR 10 CM.

PROFUNDIDAD EN METROS

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75



ARCILLA

MUY BLANDA

BLANDA

SEMI

COMPACTA

COMPACTA

MUY COMPACTA

DURA

ARENA

MUY
FLOJA

FLOJA

SEMIDENSA

DENSA

MUY DENSA

G I G S A

GEOTHEKNIKA, INGENIEROS Y GEOLOGOS, S. A.

BILBAO

Plano
nº

4/12

G 301/04

Verificado

L

1.99

Dibujado

J

Enero 89

DESIGNACION

DIAGRAMA DE PENETRACION N.º PD 3

Tipo

Peso maza

Altura caída

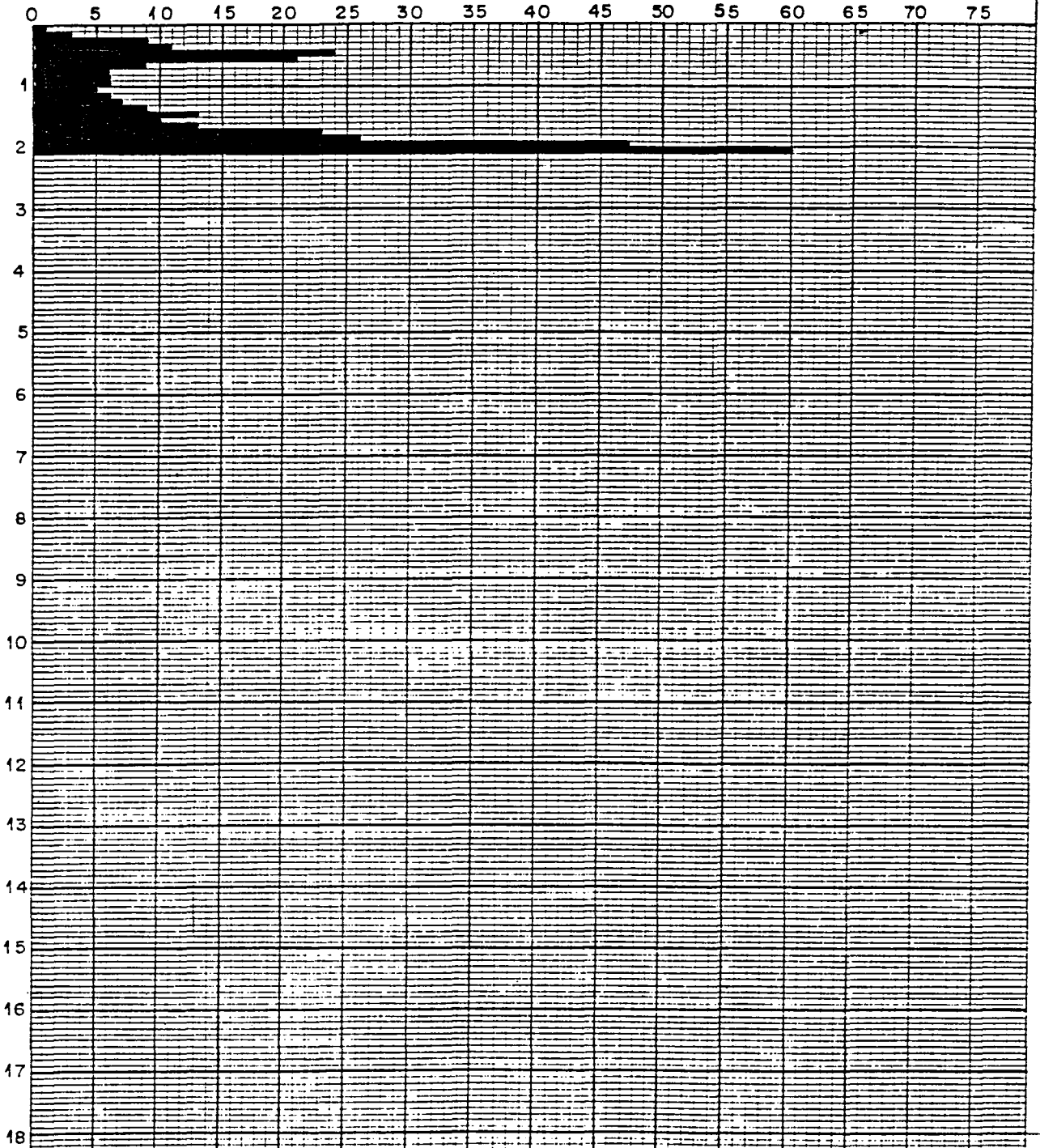
DL030

30 Kg

20cm.

N.º DE GOLPES PARA PENETRAR 10 CM.

PROFUNDIDAD EN METROS



ARCILLA

MUY BLANDA
BLANDA
SEMI
COMPACTA
COMPACTA

MUY COMPACTA

DURA

ARENA

MUY
FLOJA
FLOJA

SEMIDENSA

DENSA

MUY DENSA

G I G S A

GEOTHEKNIKA, INGENIEROS Y GEOLOGOS, S. A.

BILBAO

Plano
n.º

5/12

G 301/04

Verificado



1-89

Dibujado



Enero 89

DESIGNACION

DIAGRAMA DE PENETRACION N.º PD 4

Tipo

DLO30

Peso maza

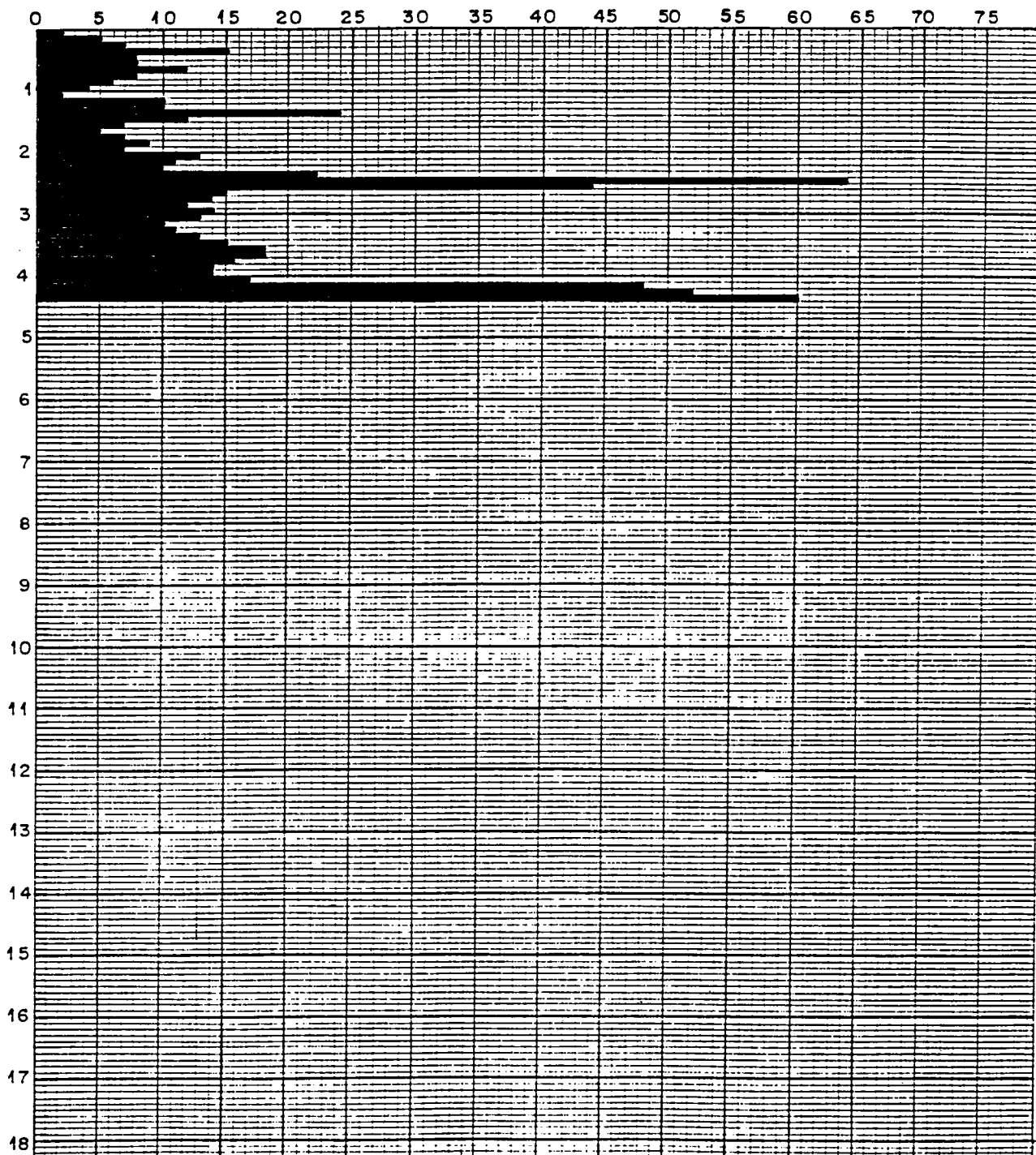
30 Kg

Altura caída

20cm.

N.º DE GOLPES PARA PENETRAR 10 CM.

PROFUNDIDAD EN METROS



ARCILLA

MUY BLANDA

BLANDA

SEMI

COMPACTA

COMPACTA

MUY COMPACTA

DURA

ARENA

MUY
FLOJA

FLOJA

SEMIDENSA

DENSA

MUY DENSA

G I G S A

GEOHEKNIKA, INGENIEROS Y GEOLOGOS, S. A.

BILBAO

Plano
nº

6/12

G 301/04

Verificado

[Signature]

1.89

Dibujado

[Signature]

Enero 89

DESIGNACION

DIAGRAMA DE PENETRACION Nº PD 5

Tipo

Peso maza

Altura caída

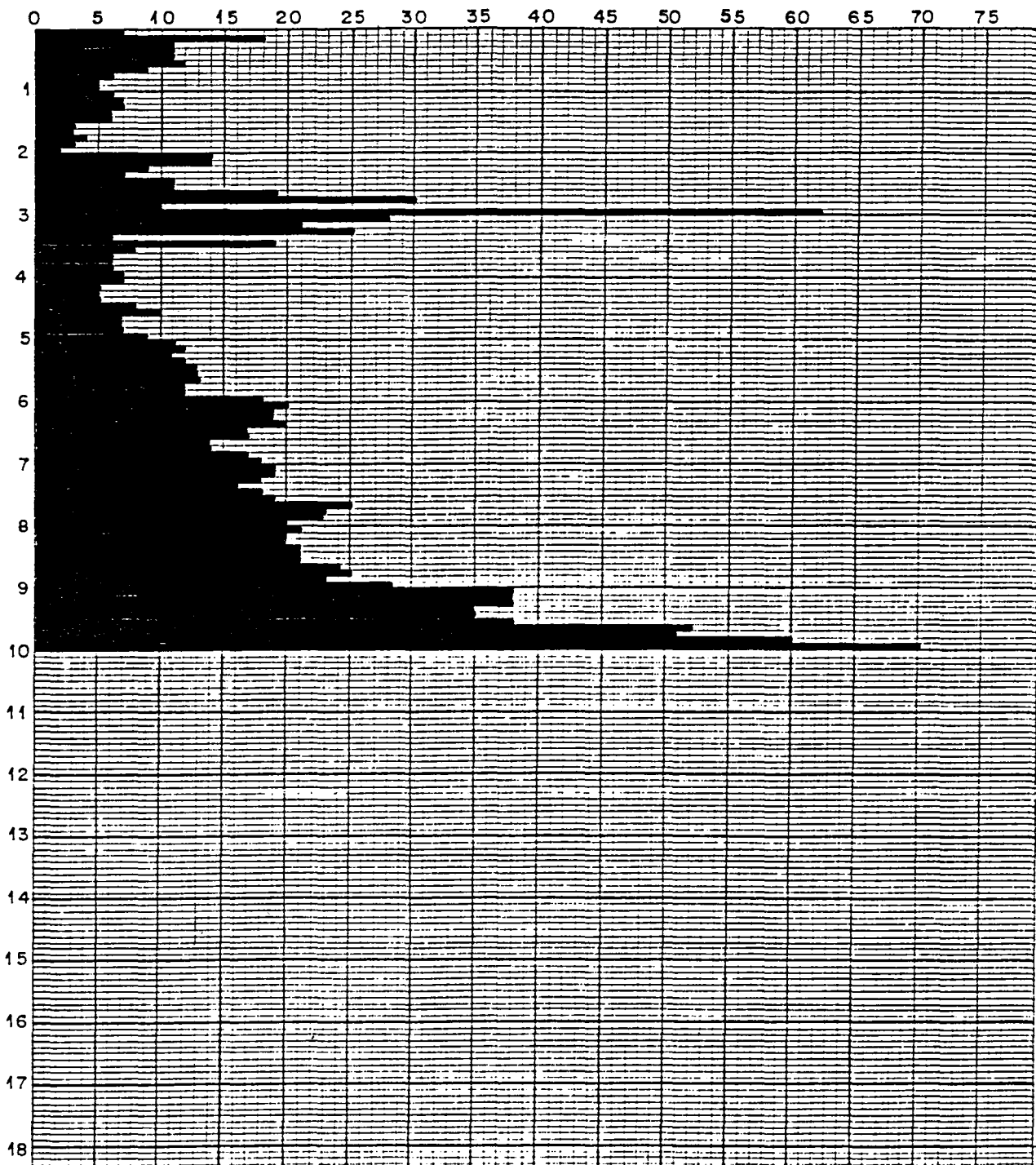
DLO30

30 Kg

20cm.

Nº DE GOLPES PARA PENETRAR 10 CM.

PROFUNDIDAD EN METROS



ARCILLA

MUY BLANDA

BLANDA

SEMI

COMPACTA

COMPACTA

MUY COMPACTA

DURA

ARENA

MUY
FLOJA

FLOJA

SEMIDENSA

DENSA

MUY DENSA

GIGSA

GEOTHEKNIKA, INGENIEROS Y GEOLOGOS, S. A.

BILBAO

Plano
nº

7/12

G 301/04

Verificado

1-89

Dibujado

Enero 89

DESIGNACION

DIAGRAMA DE PENETRACION N.º PD 6

Tipo

DLO30

Peso maza

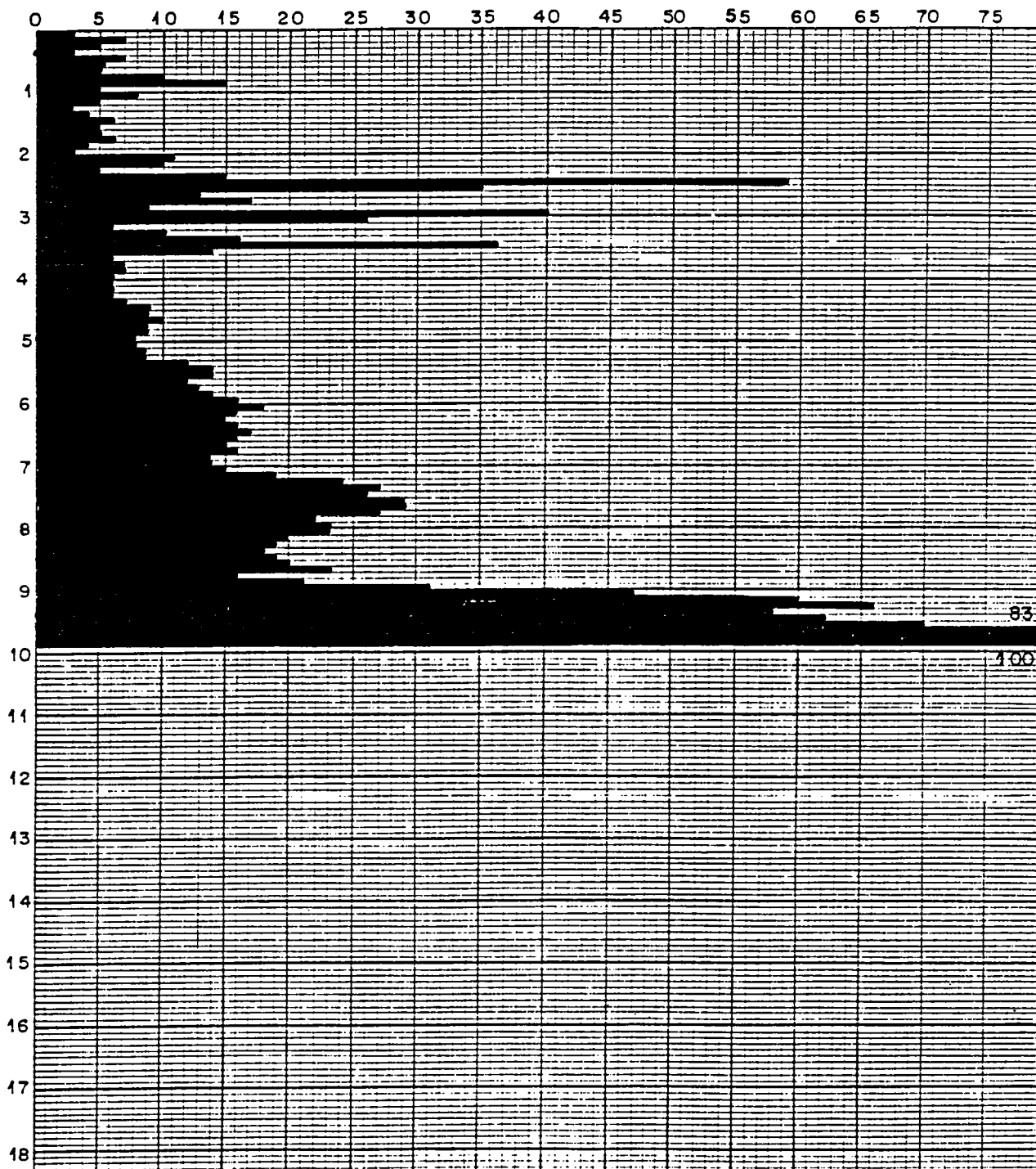
30 Kg

Altura caída

20cm.

N.º DE GOLPES PARA PENETRAR 10 CM.

PROFUNDIDAD EN METROS



83

100

ARCILLA

MUY BLANDA

BLANDA

SEMI

COMPACTA

COMPACTA

MUY COMPACTA

DURA

ARENA

MUY FLOJA

FLOJA

SEMIDENSA

DENSA

MUY DENSA

G I G S A

GEOHEKNIKA, INGENIEROS Y GEOLOGOS, S. A.

BILBAO

Plano
nº

8/12

G 301/04

Verificado

189

Dibujado

Enero 89

DESIGNACION

DIAGRAMA DE PENETRACION N.º PD 7

Tipo

Peso maza

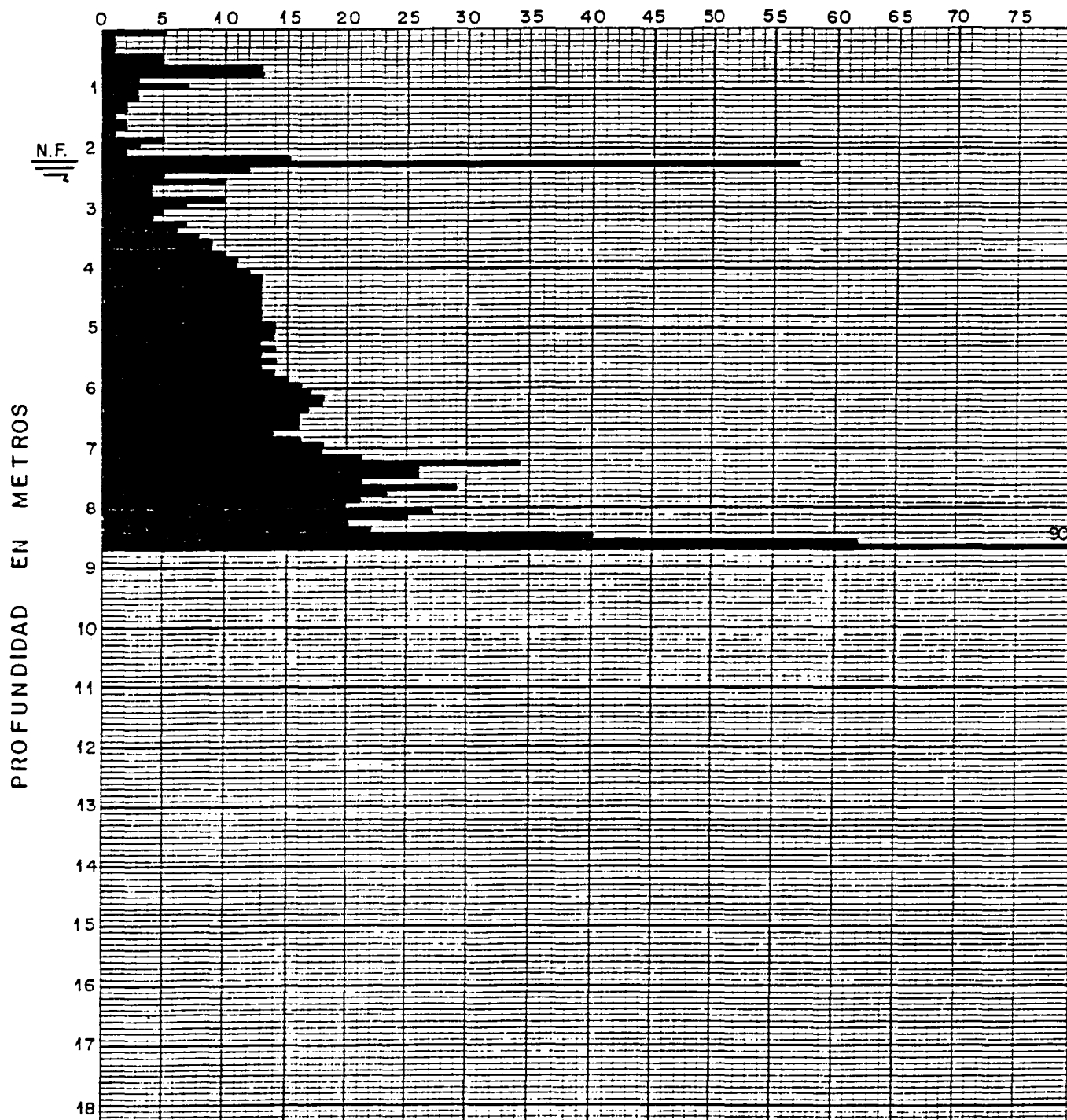
Altura caída

DL030

30 Kg

20cm.

N.º DE GOLPES PARA PENETRAR 10 CM.



ARCILLA

MUY BLANDA

BLANDA

SEMI

COMPACTA

COMPACTA

MUY COMPACTA

DURA

ARENA

MUY
FLOJA

FLOJA

SEMIDENSA

DENSA

MUY DENSA

Se instala tubería piezométrica

G I G S A

GEOTHEKNIKA, INGENIEROS Y GEOLOGOS, S. A.

BILBAO

Plano
nº

9/12

G 301/04

Verificado

✓

1.89

Dibujado

✍

Enero 89

DESIGNACION

DIAGRAMA DE PENETRACION Nº PD 8

Tipo

Peso maza

Altura caída

DL030

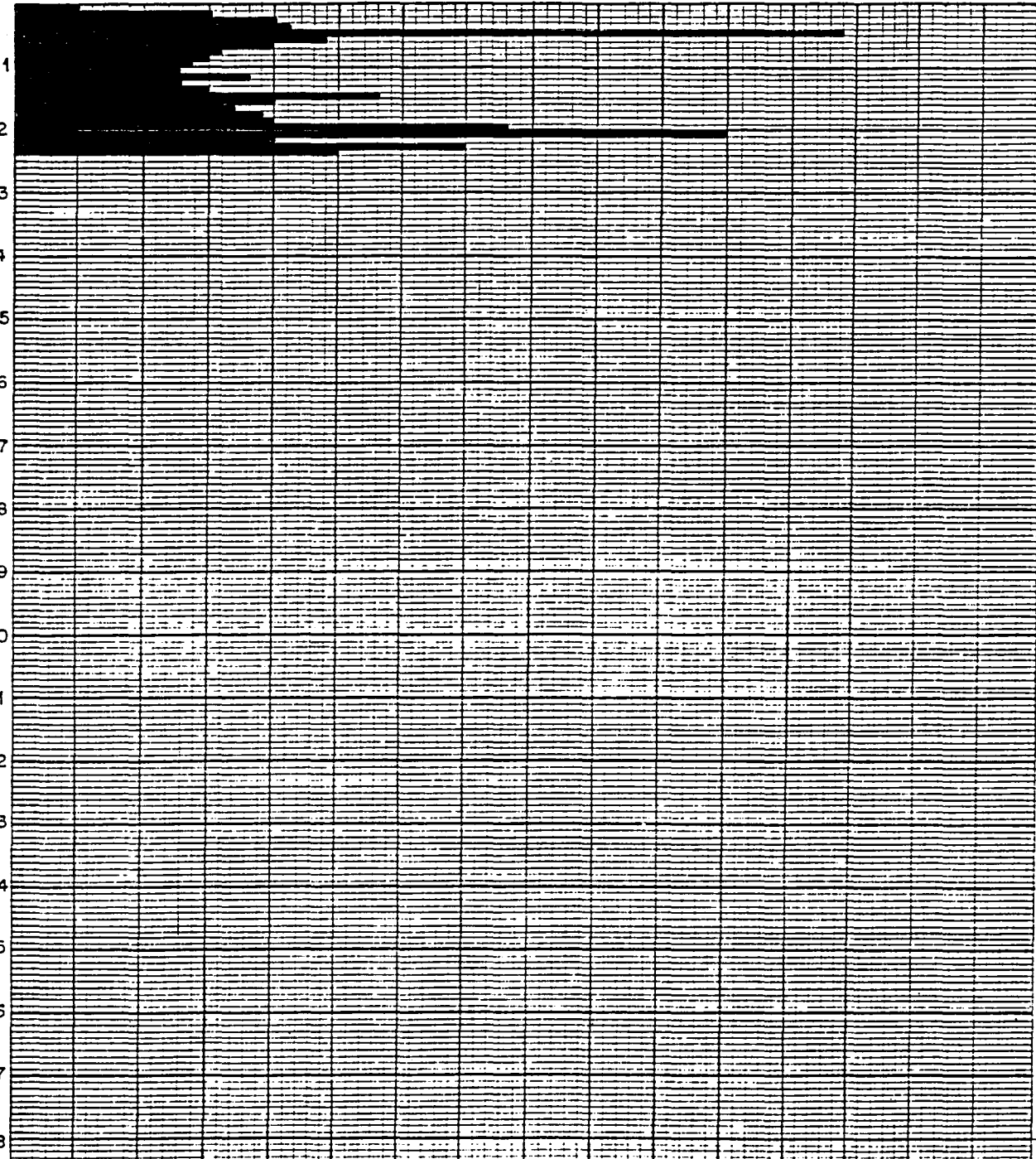
30 Kg

20cm.

Nº DE GOLPES PARA PENETRAR 10 CM.

PROFUNDIDAD EN METROS

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75



ARCILLA

MUY BLANDA

BLANDA

SEMI

COMPACTA

COMPACTA

MUY COMPACTA

DURA

ARENA

MUY

FLOJA

FLOJA

SEMIDENSA

DENSA

MUY DENSA

G 092

MUY DENSE

GIGSA

GEOTEKNIKA, INGENIEROS Y GEOLOGOS, S. A.

BILBAO

Plano
nº

11/12

G 301/04

Verificado

[Signature]

1.89

Dibujado

[Signature]

Enero 89

DESIGNACION

DIAGRAMA DE PENETRACION Nº PD 10

Tipo

Peso maza

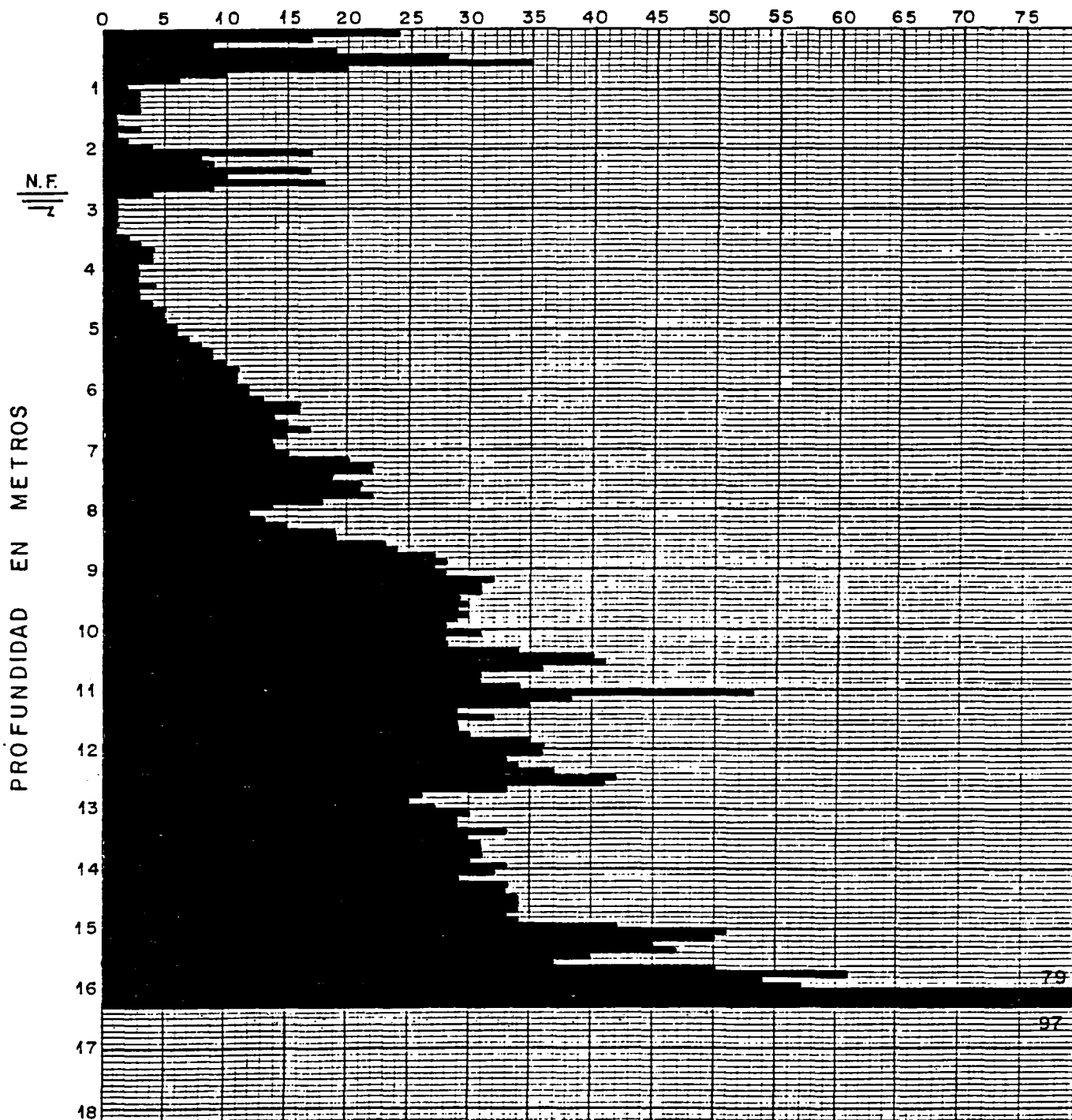
Altura cada

DL030

30 Kg

20cm.

Nº DE GOLPES PARA PENETRAR 10 CM.



ARCILLA

MUY BLANDA
BLANDA
SEMI
COMPACTA
COMPACTA

MUY COMPACTA

DURA

ARENA

MUY
FLOJA

FLOJA

SEMIDENSA

DENSA

MUY DENSA

Se instala tubería piezométrica

DESIGNACION ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA Correlación DL 030 - SPT

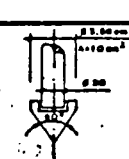

MATERIALES COHESIVOS
(arcillas, limos arcillosos)

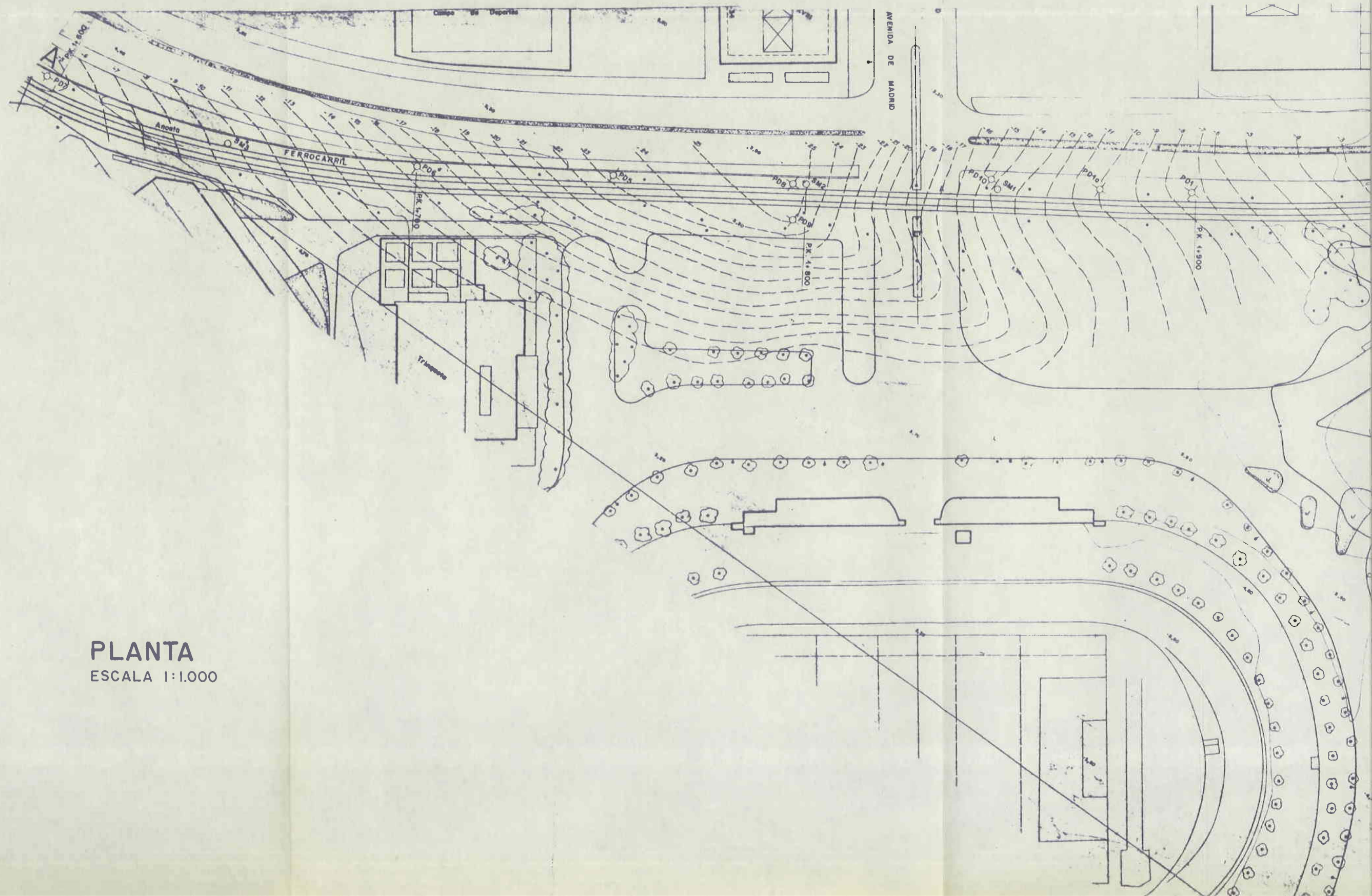
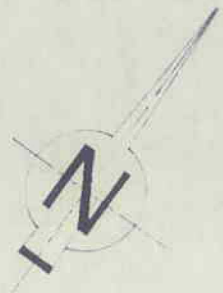
CLASIFICACION	Muy Blanda	Blanda	Semicompacta	Compacta	Muy Compacta	Dura
DL 030 N ₆₀ Golpeos	< 1	1-3	3-6	6-12	12-30	> 30
SPT N ₆₀ Golpeos	< 2	2-4	4-8	8-15	15-30	> 30
INDICE DE CONSISTENCIA I _c	= 0	0-0,25	0,25-0,5	0,5-0,75	0,75-1,0	> 1,0
RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE q _u (Kg/cm ²)	< 0,25	0,25-0,50	0,50-1,0	1,0-2,0	2,0-4,0	> 4,0

MATERIALES INCOHERENTES
(arenas, limos arenosos, arenas y gravas)

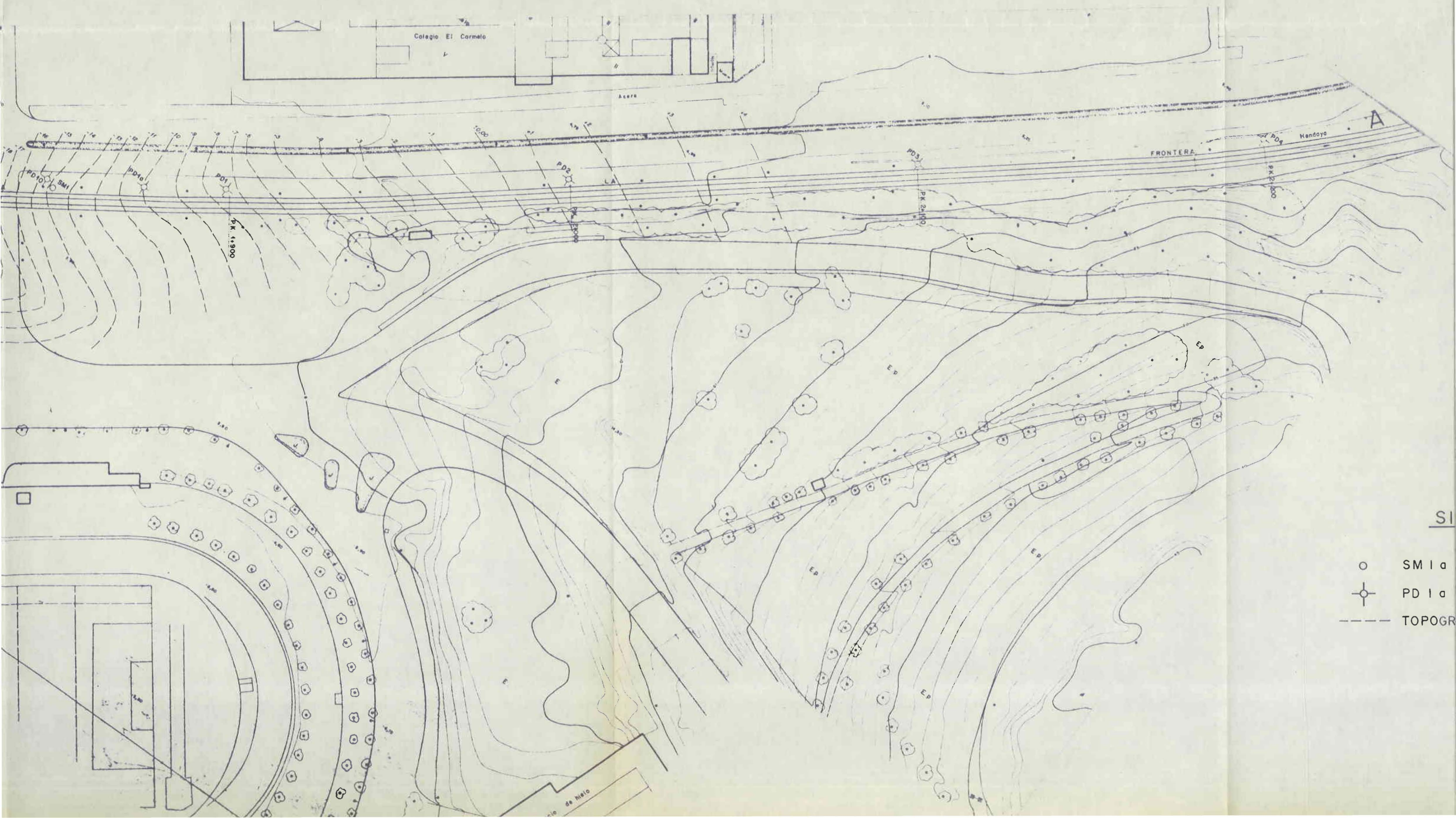
CLASIFICACION	Muy Floja	Floja	Semidensa	Densa	Muy Densa
DL 030 N ₆₀ Golpeos	< 4	4-10	10-35	35-60	60
SPT N ₆₀ Golpeos	< 4	4-10	10-30	30-50	> 50
DENSIDAD SECA γ _d (t/m ³)	< 1,4	1,4-1,6	1,6-1,8	1,8-2,0	> 2,0
DENSIDAD RELATIVA D _r (%)	20	20-40	40-70	70-90	90-100
ANGULO DE ROZAMIENTO INTERNO φ (°)	< 30	30-35	35-40	40-45	> 45

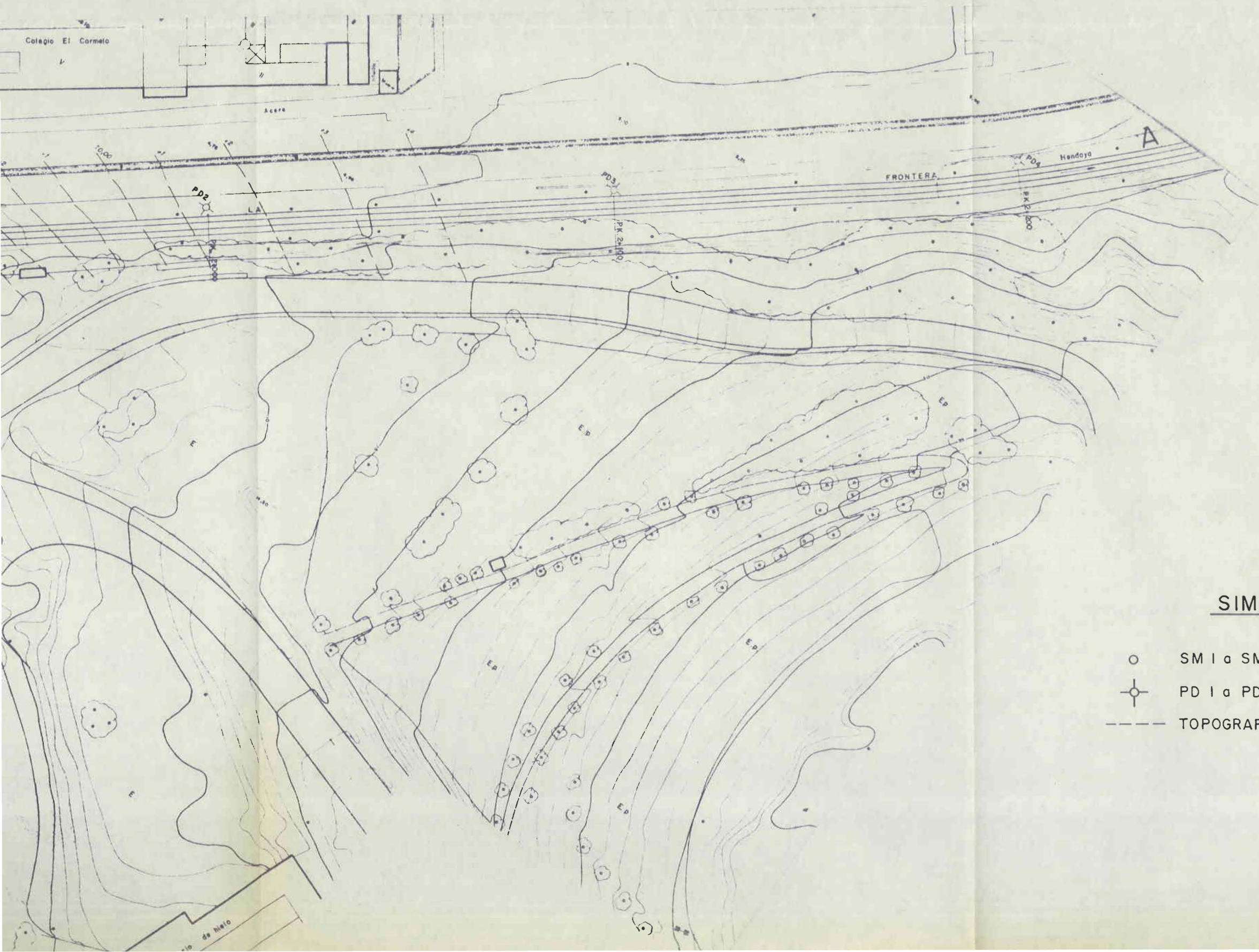
CARACTERISTICAS FISICAS

Penetrómetro	Esquema	Peso de la maza (Kg)	Altura de caída (cm)	Intervalo de penetración (cm)
DL 030		30	20	10
Terzaghi y Peck		63,5	76,2	30



PLANTA
ESCALA 1:1.000

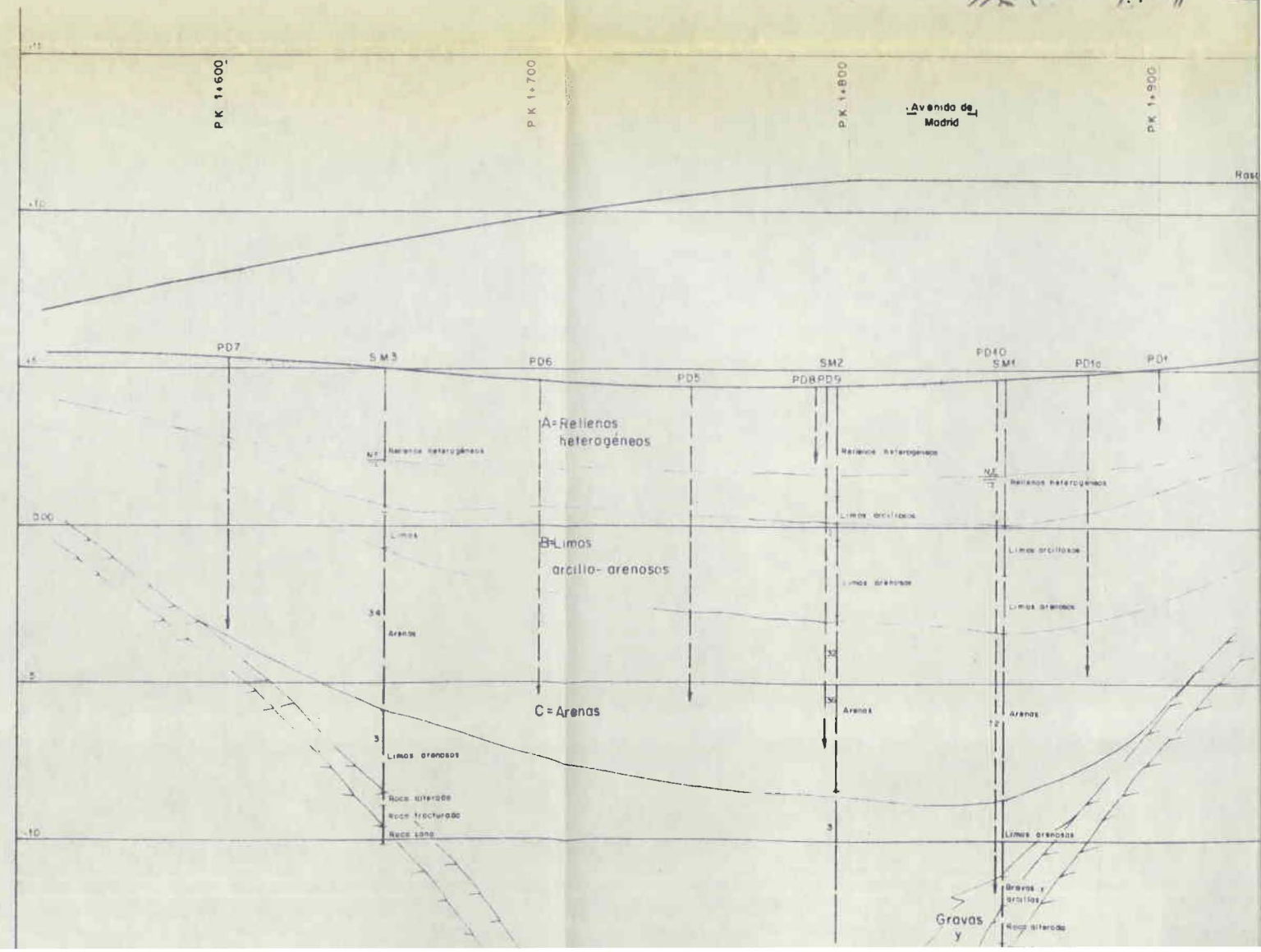
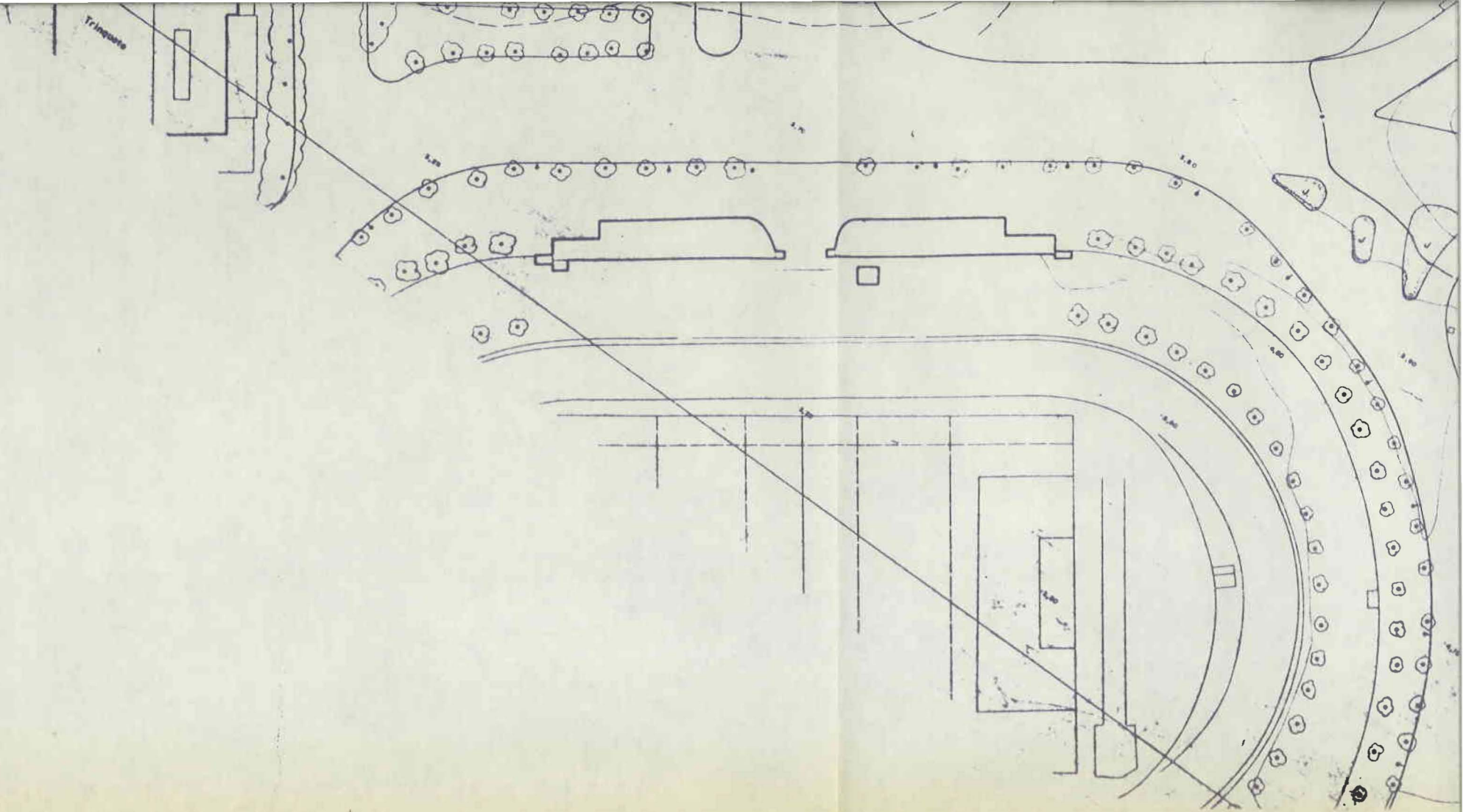


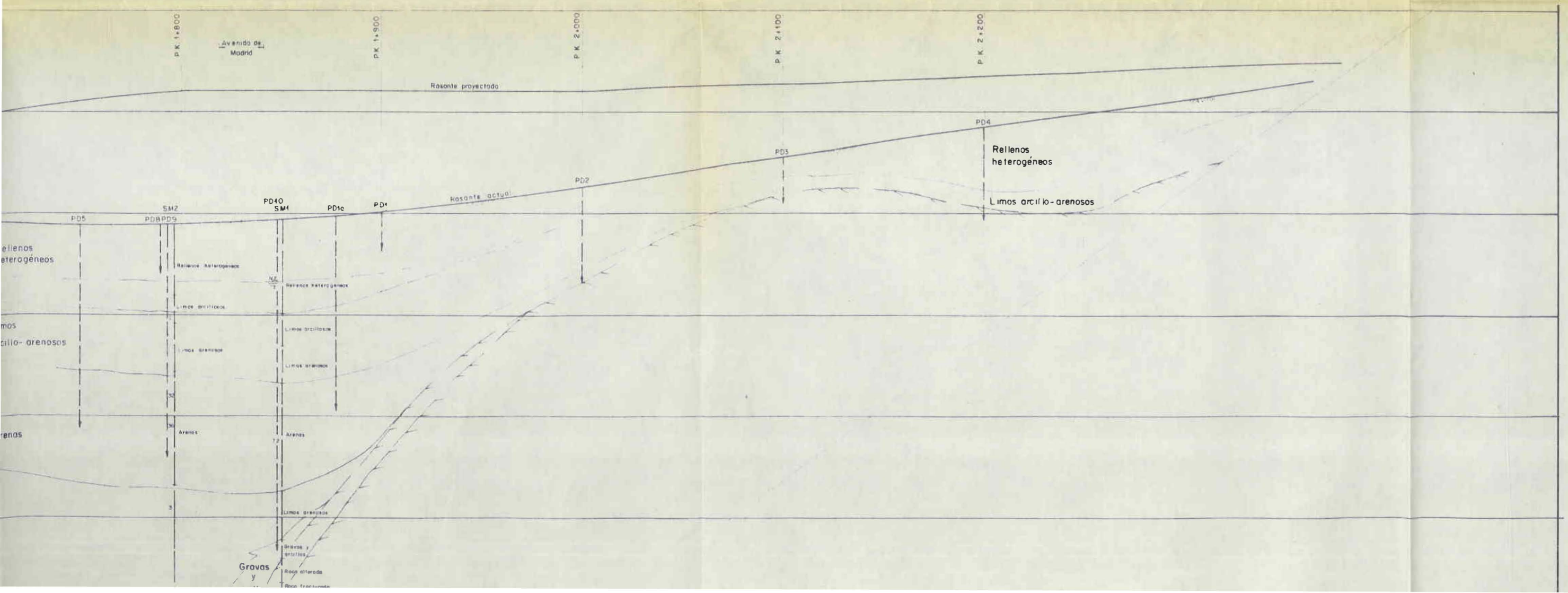
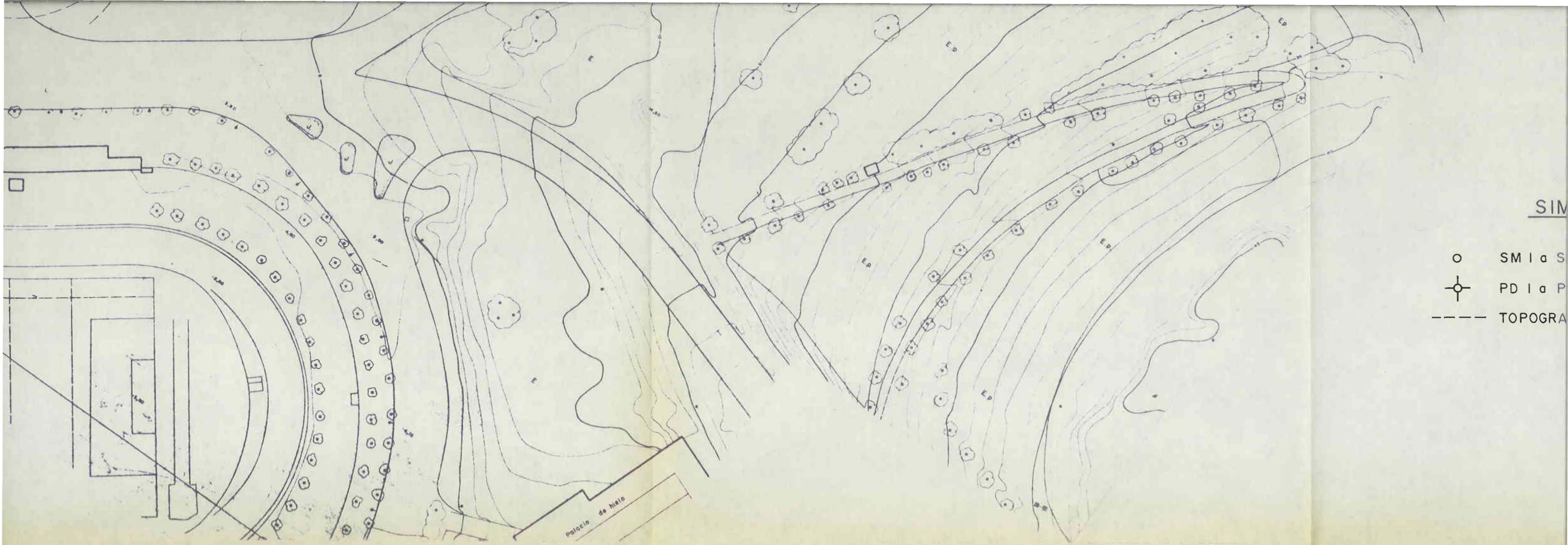


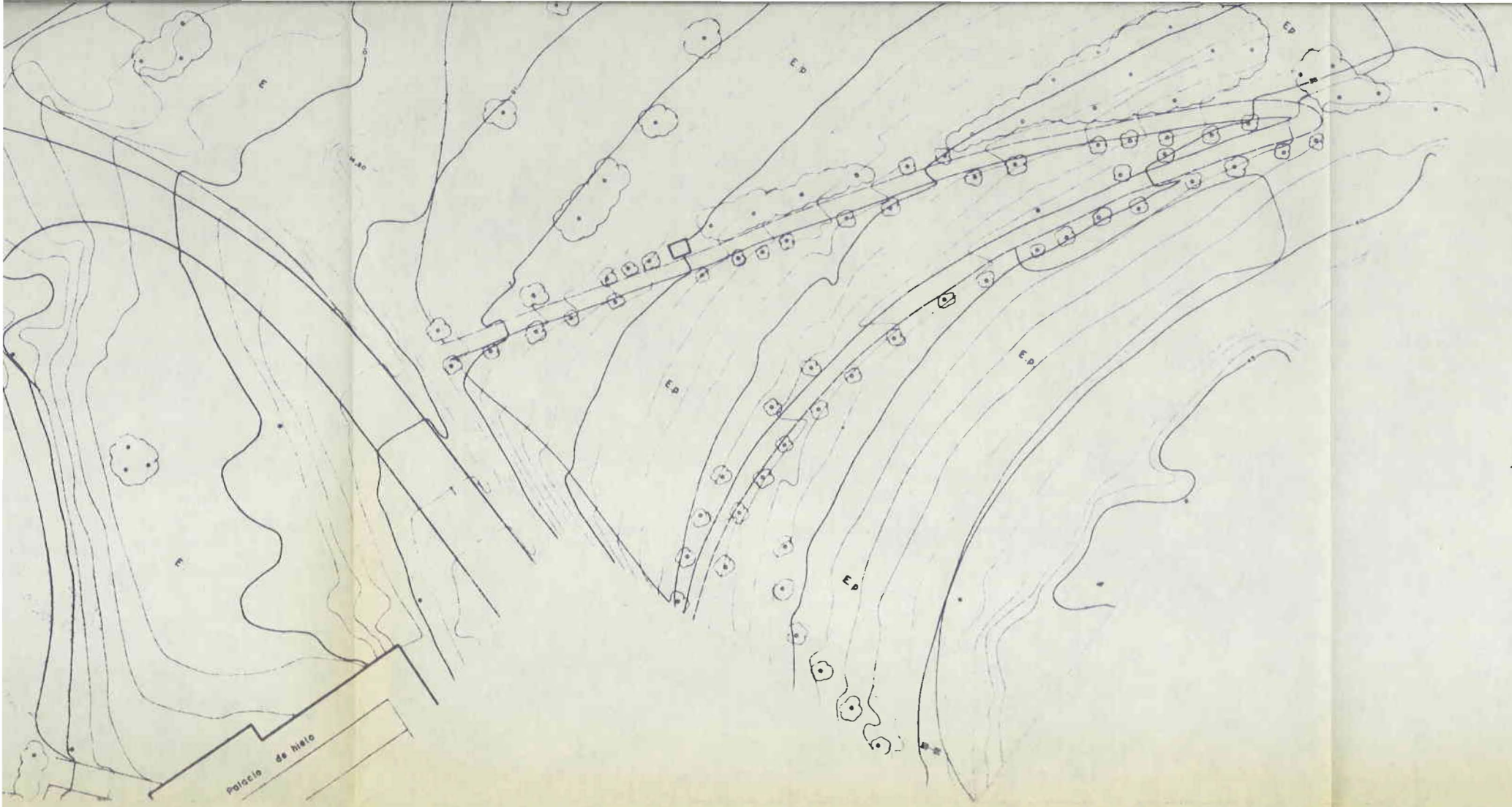
SIMBOLOGIA

- SM 1 a SM 3 SONDEOS MECANICOS
- ⊕ PD 1 a PD 10 ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA
- TOPOGRAFIA DEL SUSTRATO ROCOSO

PLANTA ESCALA 1:1.000

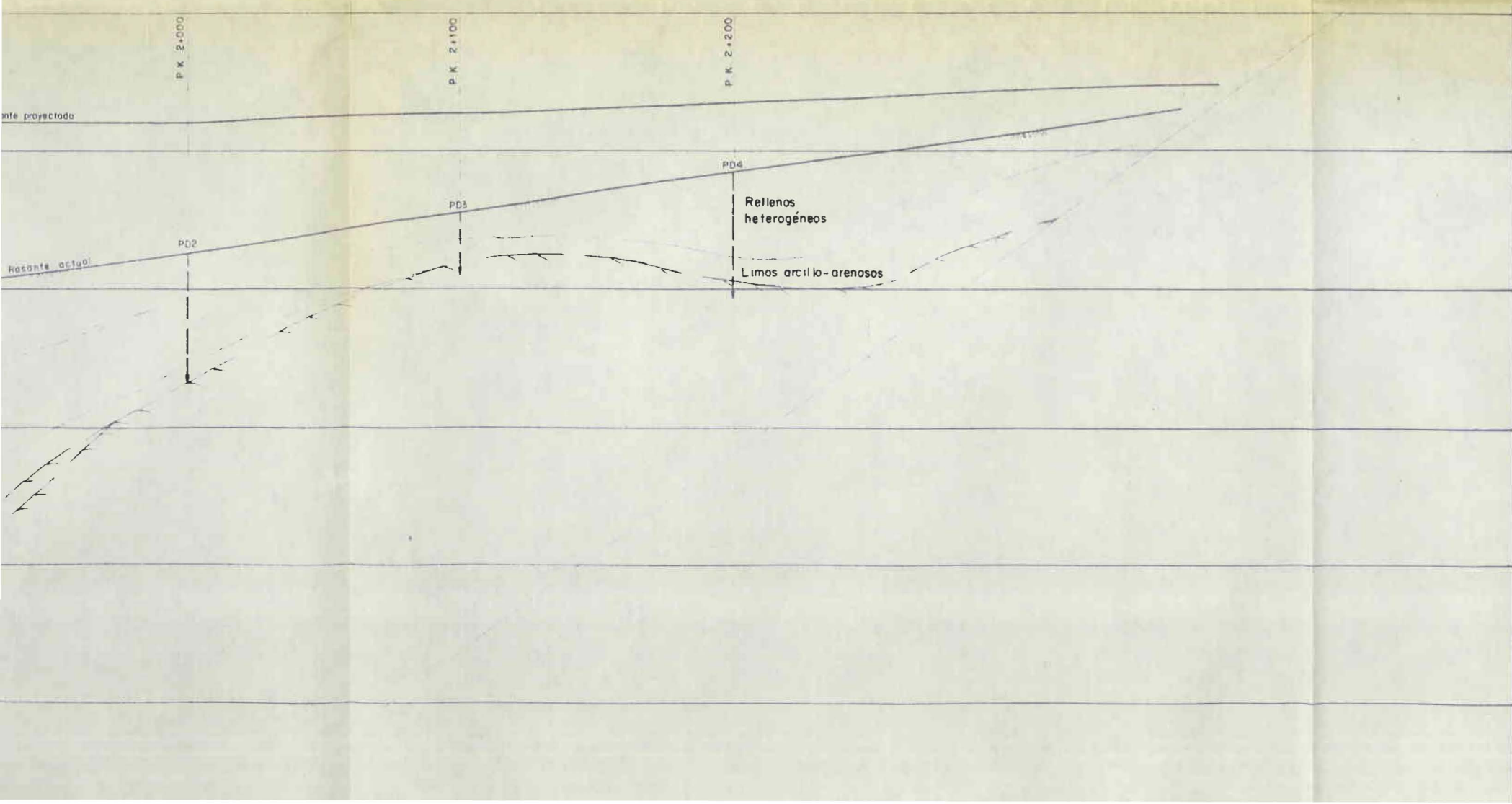




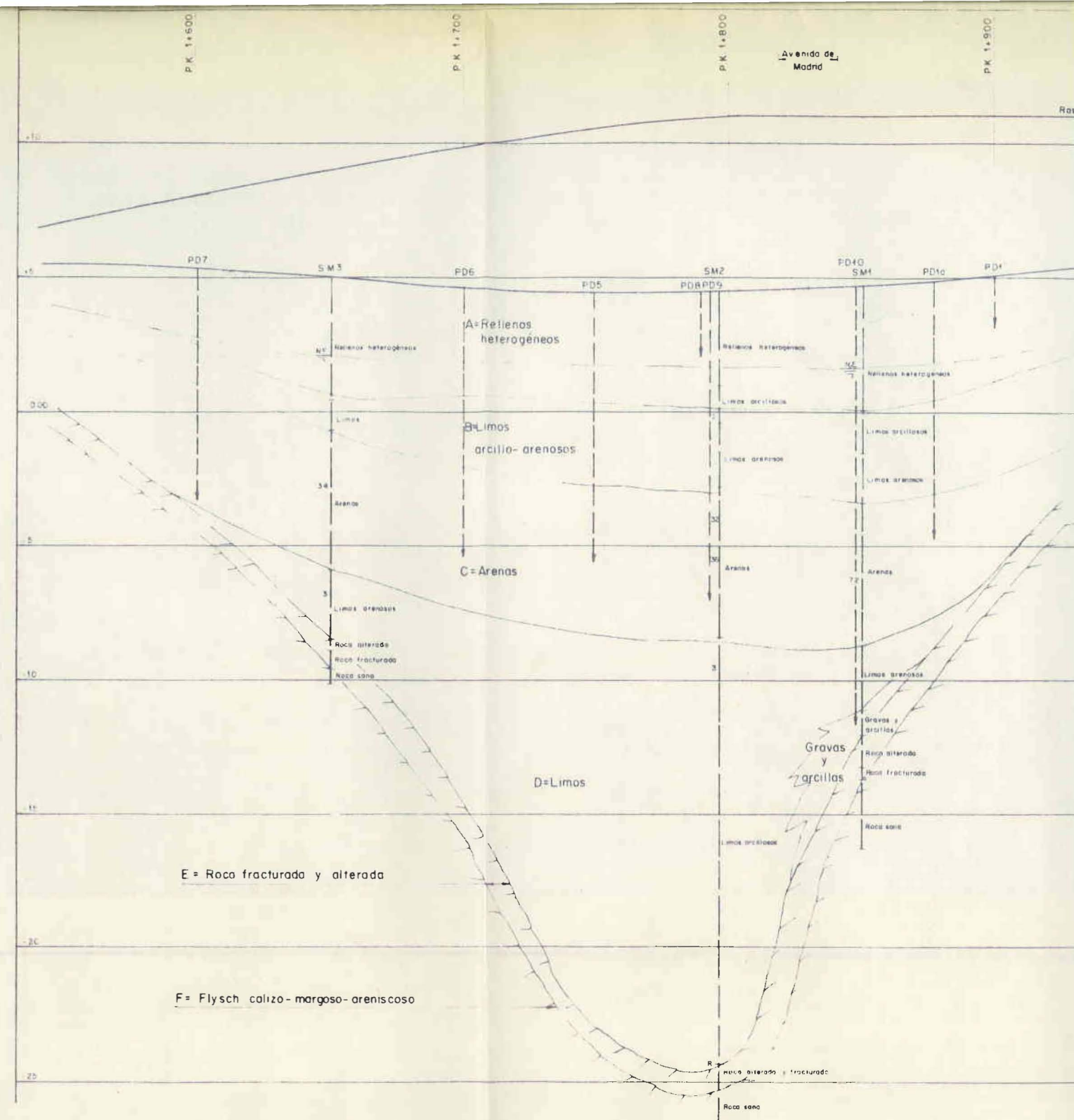


SIMBOLOGIA

- SM 1 a SM 3 SONDEOS MECANICOS
- ⊕ PD 1 a PD 10 ENSAYOS DE PENETRACION DINAMICA
- TOPOGRAFIA DEL SUSTRATO ROCOSO



ESCALA H - 1:1.000
 V - 1:200



GARRAIO ETA HERRILAN SAILA



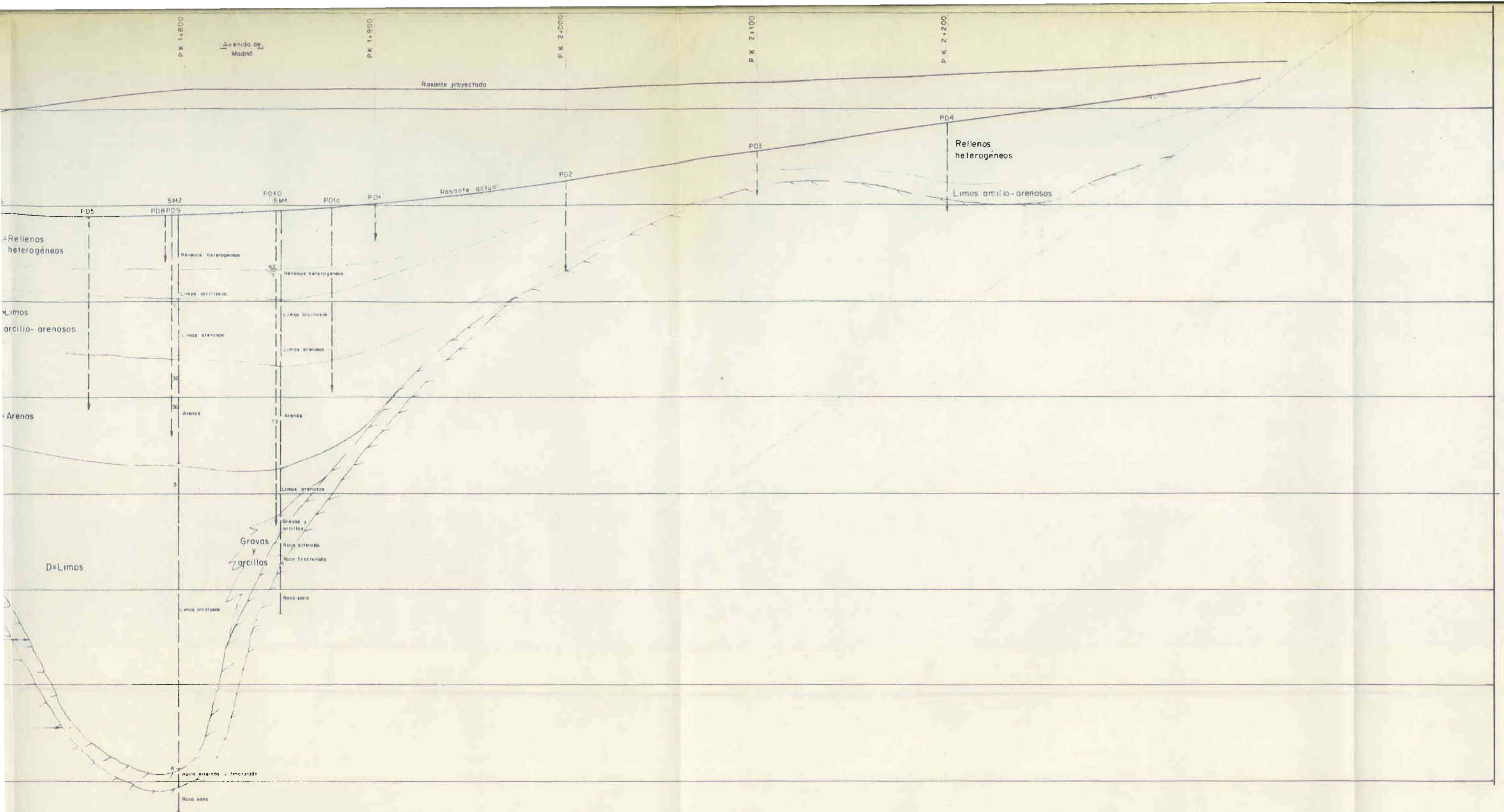
DEPARTAMENTO DE TRANSPORTES
Y OBRAS PUBLICAS

FULCRUM GIGSA

Planificacion, Analisis
y Proyecto, S. a.

Geotechnika, Ingenieros
y Geólogos, S. A.

ESTUDIO D FERROCAR



KULARIA / CONSULTOR

ULCRUM GIGSA

ficación, Análisis
oyecto, S. a.

Geotechnika, Ingenieros
y Geólogos, S. A.

EGITAMUAREN TITULUA / TÍTULO DEL PROYECTO

ESTUDIO DE SOLUCION ENTERRADA DEL
FERROCARRIL SAN SEBASTIAN-HENDAYA
EN ANOETA

DATA
FECHA

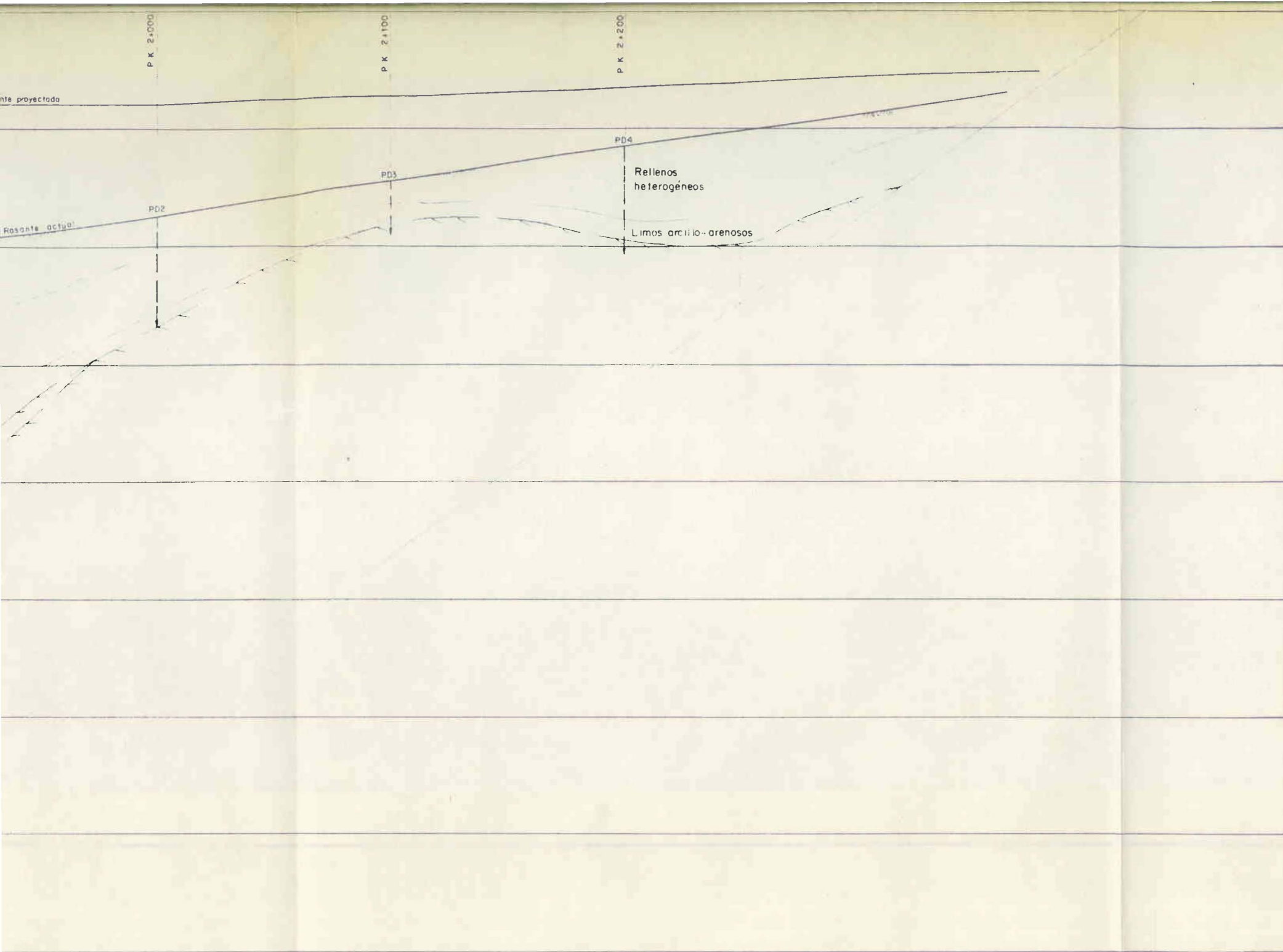
MAYO, 1989

IZENDURA
DESIGNACION

PLANTA Y PERFIL GEOTECNICOS

ESKALA (K)
ESCALA (S)

1:1.000
1:200

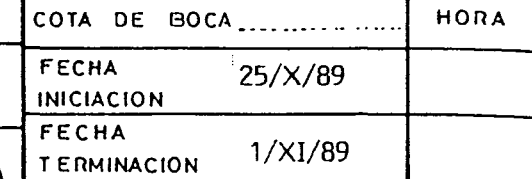


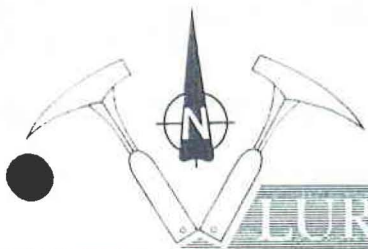
TITULO DEL PROYECTO DE SOLUCION ENTERRADA DEL RIL SAN SEBASTIAN-HENDAYA EN ANOETA	DATA FECHA MAYO, 1989	IZENDURA DESIGNACION PLANTA Y PERFIL GEOTECNICOS	ESKALA (K) ESCALA (S) 1:1.000 1:200	Z bka / N ° ANEJO N. 3	1 TIK 1 ORRIA HOJA 1 DE 1
--	---------------------------------	--	--	-------------------------------	----------------------------------

Lurgintza (1990)

SONDEO ANOETA: S-An-1







GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA/
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

FERNANDEZ DEL CAMPO 21-5° 48010 BILBAO

TFNO. (94) 4326954

SONDEO ANDOTA: S-An-2





GEOLOGIA/
PROSPECCION GEOFISICA/
GEOTECNIA Y SONDEOS/
MEDIO AMBIENTE

FERNANDEZ DEL CAMPO 21-5° 48010 BILBAO

TFNO. (94) 4326954





SOLICITANTE FULCRUM
TITULO ESTACION DE ANOETA
LOCALIDAD SAN SEBASTIAN

HOJA N°
TRABAJO
N° DE SONDEO 4

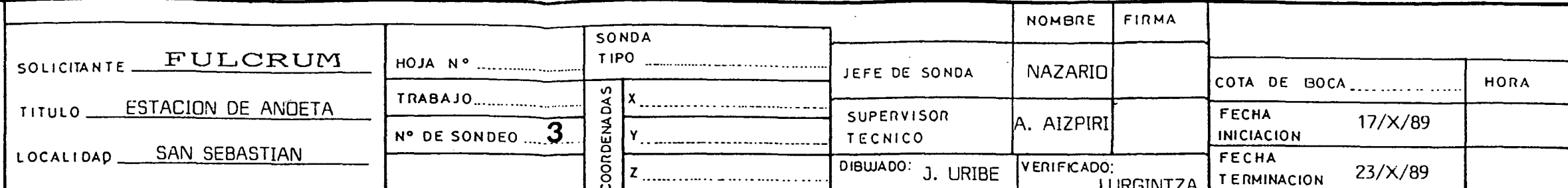
SONDA
TIPO
COORDENADAS
X
Y
Z

JEFE DE SONDA
SUPERVISOR
TECNICO
DIBUJADO: J. URIBE

NOMBRE
FIRMA
NAZARIO
A. AIZPURI
LURGINTZA

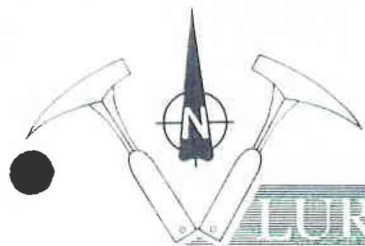
COTA DE BOCA
HORA
FECHA INICIACION 24/X/89
FECHA TERMINACION 25/X/89

1	2	3	4			5	6	7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
COTA (m)	ESPESOR ESTRATO(m)	PERFOR.	CORTE DEL TERRENO			SIMBOLO	NIVEL FREATICO	% R.T.	ENSAYO S.P.T.	MUESTRA		ENSAYO PEMEABILIDAD	GEOTEST	% RQ D	BUZAMIENTO	Nº FRACTURAS (30 cm)	GRADOS METEORIZA- CION	OBSERVACIONES
		TIPO CORONA	GRAFICA	DESCRIPCION .	TIPO					PROFUNDIDAD (m)								
1		3	98		0,0-3,0 Rellenos: Relleno muy heterogeneo de hormigones con gravas poco cementadas,ladrillos y tramos arcillosos intercalados.	RE												
2							25											
3	3				3,0-4,4 Arcillas: Arcillas limosas de color gris y marron con algunos cantos intercalados.	OL				I	3.50	LNC.						
4	14							3.95 7 12 13 4.40	N=12	3.95								
5	1				4,4-5,4 Limos arenosos: Limos con alto contenido en arena muy oscuros y poco plasticos. no tienen conchas	ML												
6	0.9	86			5,4-6,3 Limos: de color grisaceo y poca arcilla.tienen mayor plasticidad.	OL												
7	0.7				6,3-7,0 Limos arenosos: Limos con arenas, como la capa anterior.	ML												
8	7				7,0-8,1 Arenas: de color gris muy limpias y sueltas.	SP		7.65 7 16 22 8.10	N=16	7.65	LEFRANC							
9	8.1	13			8,1-9,3 Gravas: de pequeño tamaño y naturaleza areniscosa y margosa. Algunos cantos son de cuarzo y calcita La matriz es arcillosa de color marron. Pasan a margas directamente.	GC												
10	9				9,3-10,4 Marga meteorizada: Marga machacada de color amarillento.													
	9.5																	
	2.1				10,4-11,4 Marga: mas fresca, pero con dos zonas de falla	R												

[illegible]



4		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
CORTE DEL TERRENO					MUESTRA								
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	NIVEL FREÁTICO	% R. T.	ENSAYO S.P.T.	TIPO	PROFUNDIDAD (m)	ENSAYO PERMEABILIDAD	GEOTEST	% RQ D	BUZAMIENTO	Nº FRACTURAS (30 cm)	GRADOS METEORIZA- CIÓN	OBSERVACIONES
<p>ismo que la hoja anterior</p> <p>26,8 Suelo Margoso: Capa de arcilla margosa, con limos y cantos sueltos en ella.</p> <p>27,5 Arenisca: Areniscas grises de grano fino, laminadas y poco fracturadas.</p> <p>28,2 Marga: Marga gris con alguna veta de arenisca, muy laminada y poco meteorizada.</p>	<p>OL</p> <p>CL</p> <p>R</p>		<p>23.15</p> <p>23.60</p>	<p>23.15</p> <p>40 N=72</p>	<p>I</p>	<p>22.70</p> <p>23.15</p>	<p>LEFRANC N.V.</p>		<p>25</p> <p>50</p> <p>75</p>	<p>23°</p> <p>23°</p>	<p>64</p> <p>16</p> <p>4</p> <p>2</p> <p>1</p>	<p>IV</p> <p>III</p> <p>II</p> <p>I</p>	



LURGINTZA

GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

FERNANDEZ DEL CAMPO 21-5° 48010 BILBAO

TFNO. (94) 4326954

SONDEO ANOETA: S-An-3



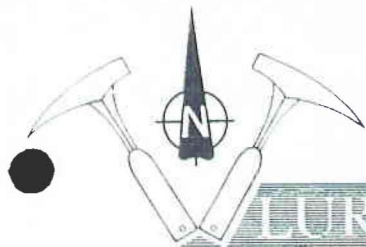


GEOLOGI.
PROSPECCION GEOFISIC.
GEOTECNIA Y SONDEO
MEDIO AMBIENT

FERNANDEZ DEL CAMPO 21-5° 48010 BILBAO

TFNO. (94) 432695.



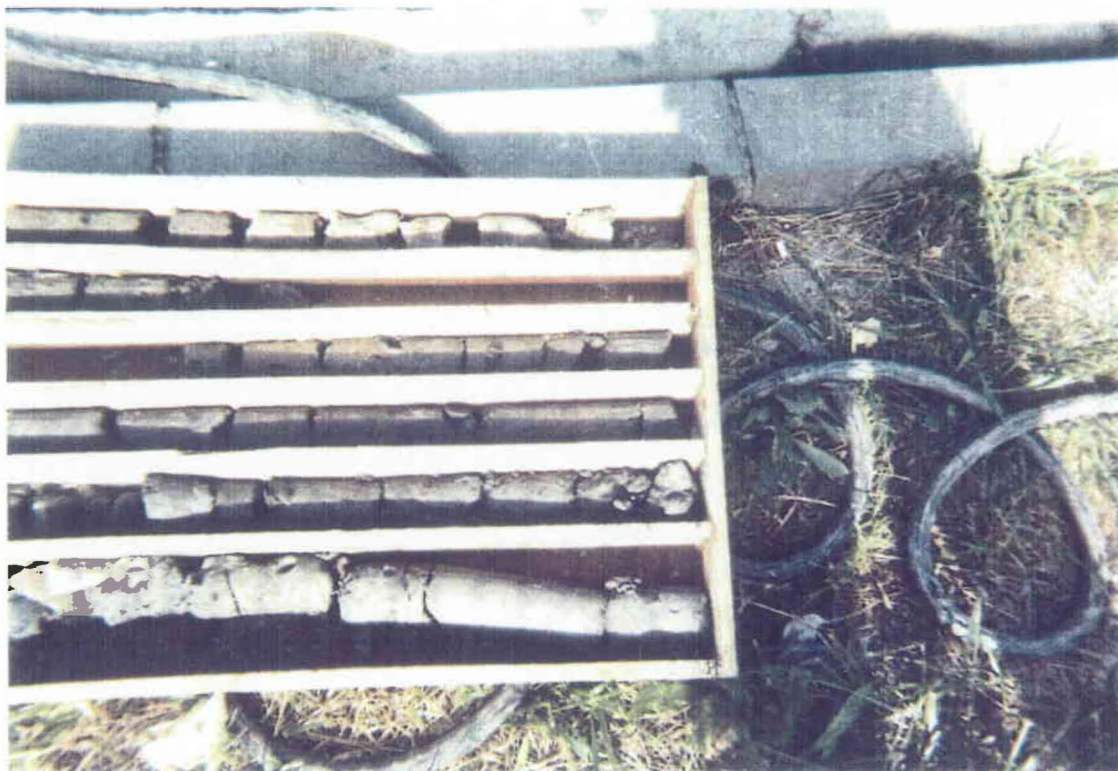


LURGINTZA

GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

FERNANDEZ DEL CAMPO 21-5° 48010 BILBAO

TFNO. (94) 4326954



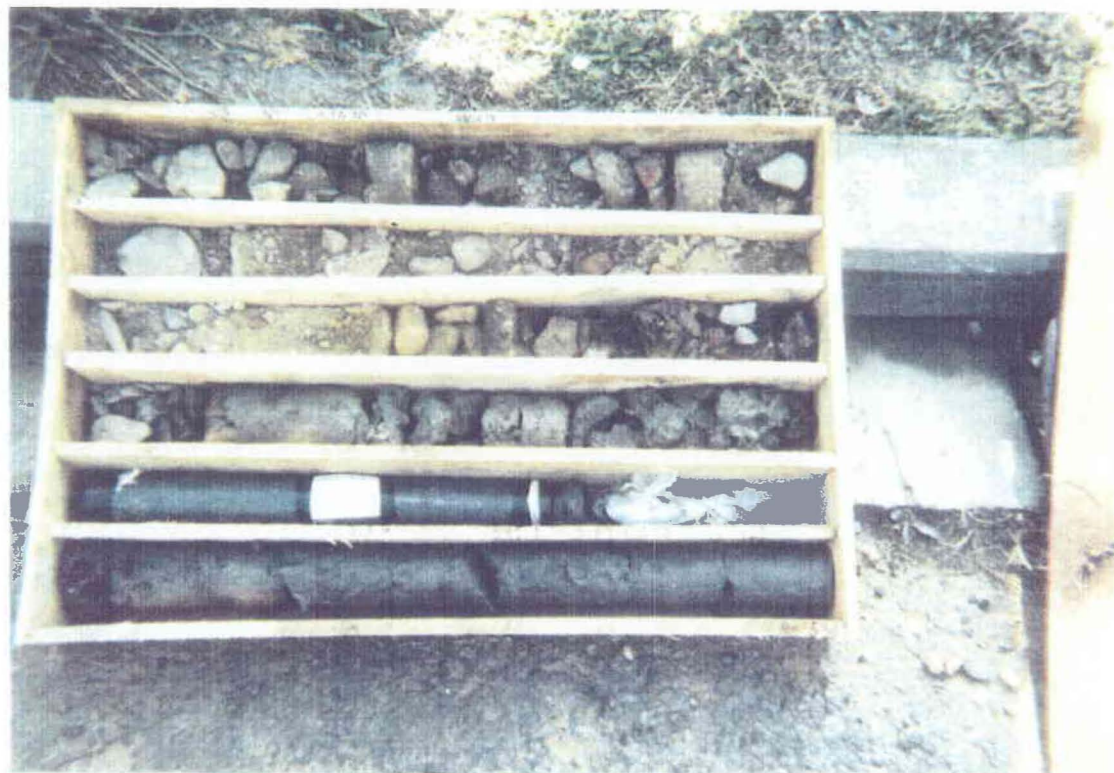


GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

FERNANDEZ DEL CAMPO 21-5° 48010 BILBAO

TFNO. (94) 4326954

SONDEO ANDETA: S-An-4





4		5	6		7	8		9	10	11	12	13	14	15	16
CORTE DEL TERRENO						MUESTRA									
DESCRIPCIÓN	SÍMBOLO	NIVEL FREÁTICO	% R.T.	ENSAYO S.P.T.	TIPO	PROFUNDIDAD (m)	ENSAYO PERMEABILIDAD	GEOTEST	% RQD	BUZAMIENTO	Nº FRACTURAS (30 cm)	GRADOS METEORIZA- CION	OBSERVACIONES		
			25 50 75						25 50 75		64 16 4 2 1	IV III II I			
7 Relleno: De la vía del tren, balasto,gravas y cenizas.															
3 Relleno:de arcillas y margas. Son producto de la excavacion de taludes cercanos.	RE	3.4													
5 Capa de alteracion: es el antiguo suelo edafico. tiene algun trozo de roca.	CL														
5 Margas: Margas grises con capas carbonosas y capas areniscosas intercaladas. Estan muy meteorizadas y fracturadas.	R									43°					
										37°					
					TP	9.10									
						9.50									



GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

FERNANDEZ DEL CAMPO 21-5° 48010 BILBAO

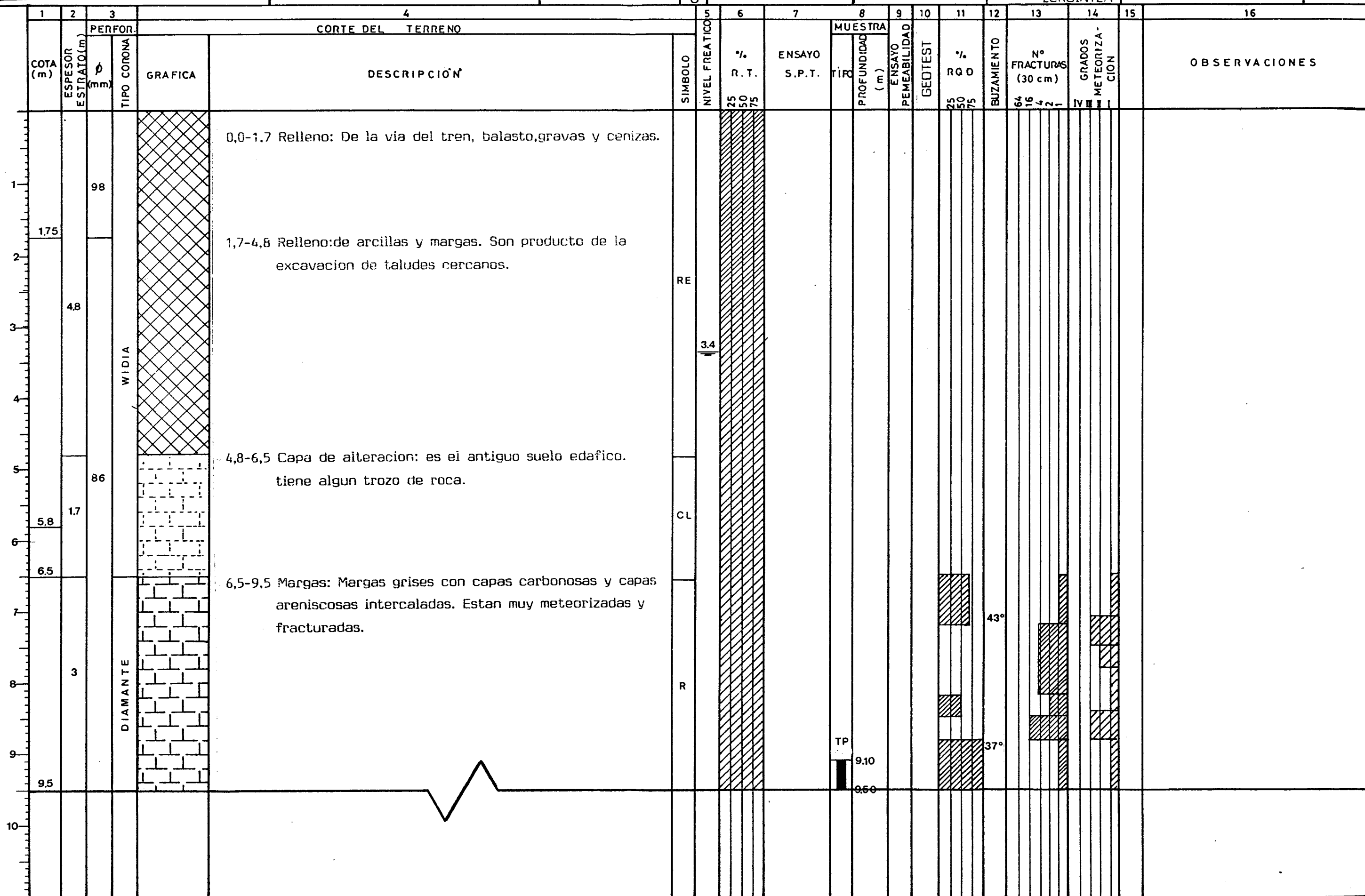
TFNO. (94) 4326954

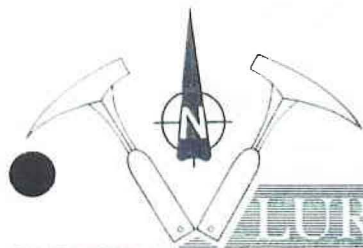
SONDEO ANOETA: S-An-5





COTA DE BOCA	HORA
FECHA INICIACION 6/XI/89	
FECHA TERMINACION 6/XI/89	





GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

FERNANDEZ DEL CAMPO 21-5° 48010 BILBAO

TFNO. (94) 4326954

SONDEO ANDETA: S-An-7





LURGINTZA

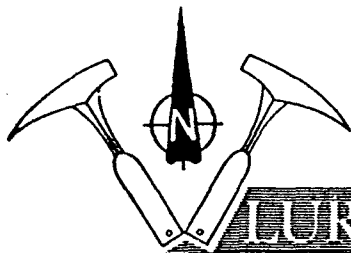
GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

MANDEZ DEL CAMPO, 21 - 5º 48010 - BILBAO

TFNO. (94) 444 68 53

ANEXO.- 4

4.2.- Ensayos de Permeabilidad



LURGINTZA

PROYECTO:

REALIZADO

VERIFICADO

ENSAYO DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC CON NIVEL VARIABLE

SONDEO: 1

ENSAYO N: 1

TRAMO ENSAYADO: 6'00
7'50

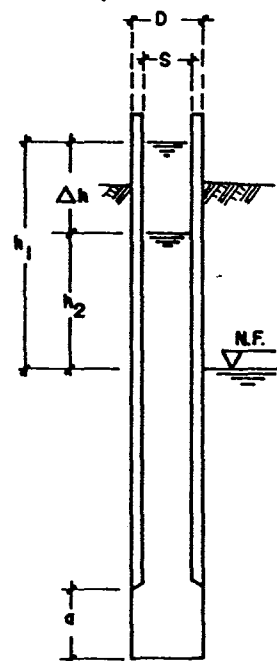
INTERVALO (minutos)	S/C	Δh	Δt	$\frac{h_1 + h_2}{2} \text{ hm}$	K
0-2	0'3117cm	8 cm	120 sg	$\frac{470 + 462}{2} = 466$	$4'46 \cdot 10^{-5} \text{ cm/sg}$
2-4	"	5	"	$\frac{462 + 457}{2} = 459'5$	$2'83 \cdot 10^{-5} \text{ cm/sg}$
4-6	"	5	"	$\frac{457 + 452}{2} = 454'5$	$2'86 \cdot 10^{-5} \text{ cm/sg}$
6-8	"	3	"	$\frac{452 + 449}{2} = 450'5$	$1'73 \cdot 10^{-5} \text{ cm/sg}$
8-10	"	4	"	$\frac{449 + 445}{2} = 447$	$2'32 \cdot 10^{-5} \text{ cm/sg}$
K media					$2'45 \cdot 10^{-2} \text{ m/dia}$
CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD					$2'84 \cdot 10^{-5} \text{ cm/sg}$

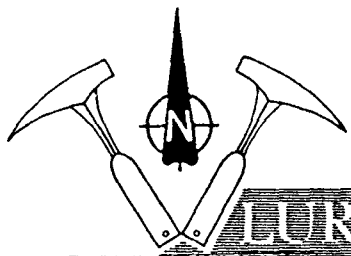
$$K = \frac{S}{C} \times \frac{\Delta h}{\Delta t \times hm}$$

K=Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
S=Sección interior del tubo de revestimiento (cm²)
C=2 π D+a para a > D
a=Longitud del tramo ensayado (cm)
 Δt =Intervalo de tiempo (seg)
h₁=Altura de la columna de agua al comienzo del intervalo hasta el nivel freático (cm)
h₂=Altura de la columna de agua al final del intervalo hasta el nivel freático (cm)
 Δh =Descenso del nivel de agua (cm)
hm=Nivel medio del agua en el intervalo Δt (cm)
 $hm = \frac{h_1 + h_2}{2}$

S= 63'6 cm²
D= 8'6 cm
a= 150 cm
C= 204 cm

PROFUNDIDAD NIVEL FREATICO= 3'70 m.
MATERIAL ENSAYADO= Arenas limosas.





LURGINTZA

PROYECTO:

REALIZADO

VERIFICADO

ENSAYO DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC CON NIVEL CONSTANTE

SONDEO: 2

ENSAYO N: 1

TRAMO ENSAYADO: 3'00
4'30

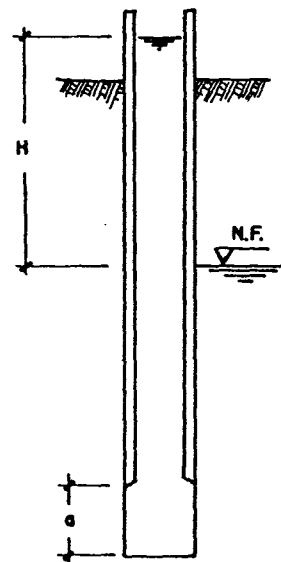
INTERVALO (minutos)	Q	m	H	K
0-10 min	667 cm ³ /sg	4'17 · 10 ⁻³ cm ⁻¹	350 cm	7'956 · 10 ⁻³ cm/sg
				6'87 m/día

CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

$$K = m \frac{Q}{H}$$

K=Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
m=Coeficiente de forma. Depende de la cavidad desde la que se inyecta

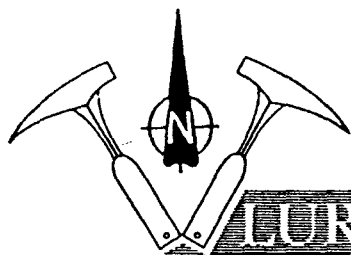
$$m = \frac{\log e \left(a/d + \sqrt{\frac{a^2}{d^2} + 1} \right)}{2 \pi \cdot a}$$



Q=Caudal admitido (cm/seg)
H=Altura de la columna de agua por encima del nivel freático (cm)

NIVEL FREATICO: 300 cm

MATERIAL ENSAYADO: Gravas



LURGINTZA

PROYECTO:

REALIZADO

VERIFICADO

ENSAYO DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC CON NIVEL VARIABLE

SONDEO: 2

ENSAYO N: 2

TRAMO ENSAYADO: 6'00
7'70

INTERVALO (minutos)	S/C	Δh	Δt	$\frac{h_1 + h_2}{2} \text{ hm}$	K
0-2	0'2839 cm	34 cm	120 seg	$\frac{610 + 576}{2} = 593$	$1'36 \cdot 10^{-4} \text{ cm/seg}$
2-4	"	12'5	120	$\frac{576 + 563'5}{2} = 569'75$	$5'19 \cdot 10^{-5} \text{ cm/seg}$
4-6	"	8	120	$\frac{563'5 + 555'5}{2} = 559'5$	$3'38 \cdot 10^{-5} \text{ cm/seg}$
6-8	"	6'5	120	$\frac{555'5 + 549}{2} = 552'25$	$2'78 \cdot 10^{-5} \text{ cm/seg}$
8-10	"	5	120	$\frac{549 + 544}{2} = 546'5$	$2'17 \cdot 10^{-5} \text{ cm/seg}$
K media					$4'69 \cdot 10^{-5} \text{ m/dia}$
CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD					$5'42 \cdot 10^{-5} \text{ cm/seg}$

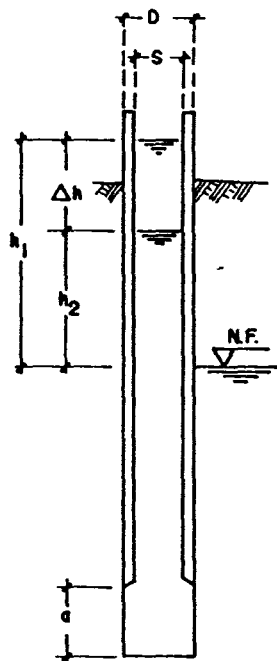
$$K = \frac{S}{C} \times \frac{\Delta h}{\Delta t \times hm}$$

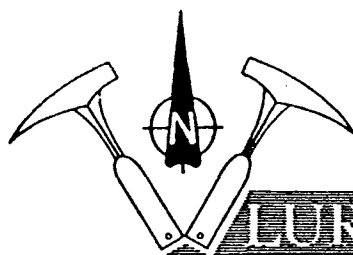
K=Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
 S=Sección interior del tubo de revestimiento (cm²)
 C=2 π D+a para a > D
 a=Longitud del tramo ensayado (cm)
 Δt =Intervalo de tiempo (seg)
 h₁=Altura de la columna de agua al comienzo del intervalo hasta el nivel freático (cm)
 h₂=Altura de la columna de agua al final del intervalo hasta el nivel freático (cm)
 Δh =Descenso del nivel de agua (cm)
 hm=Nivel medio del agua en el intervalo Δt (cm)
 $hm = \frac{h_1 + h_2}{2}$

S= 63'6 cm²
 D= 8'6 cm
 a= 170 cm
 C= 224 cm

PROFUNDIDAD NIVEL FREATICO= 510 cm

MATERIAL ENSAYADO= Limas arenosas.





LURGINTZA

PROYECTO:

REALIZADO

VERIFICADO

ENSAYO DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC CON NIVEL VARIABLE

SONDEO:

2

ENSAYO N:

3

TRAMO ENSAYADO: 13'00
15'20

INTERVALO (minutos)	S/C	Δh	Δt	$\frac{h_1 + h_2}{2} \text{ hm}$	K
0-2	0'2321 cm	3'5 cm	120 seg	$\frac{600 + 596'5}{2} = 598'25$	$1'13 \cdot 10^{-5} \text{ cm/seg}$
2-4	"	1	"	$\frac{596'5 + 595'5}{2} = 596$	$3'245 \cdot 10^{-6} \text{ cm/seg}$
4-6	"	0'5	"	$\frac{595'5 + 595}{2} = 595'25$	$1'62 \cdot 10^{-6} \text{ cm/seg}$
6-8	"	1	"	$\frac{595 + 594}{2} = 594'5$	$3'25 \cdot 10^{-6} \text{ cm/seg}$
8-10	"	0'5	"	$\frac{594 + 593'5}{2} = 593'75$	$1'63 \cdot 10^{-6} \text{ cm/seg}$
K media					$0'364 \cdot 10^{-2} \text{ m/día}$

CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

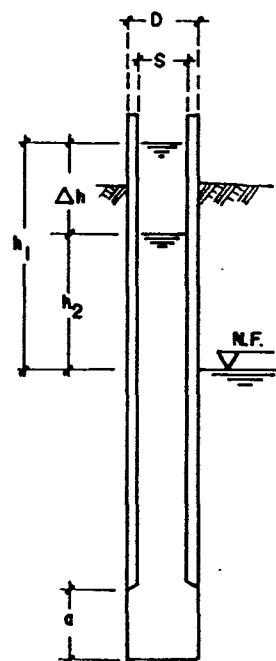
$$K = \frac{S}{C} \times \frac{\Delta h}{\Delta t \times hm}$$

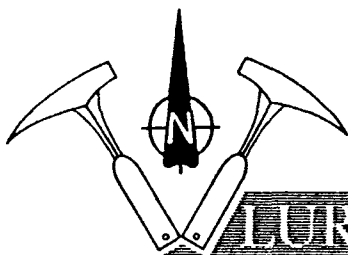
K=Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
S=Sección interior del tubo de revestimiento (cm²)
C=2 π D+a para a > D
a=Longitud del tramo ensayado (cm)
 Δt =Intervalo de tiempo (seg)
h₁=Altura de la columna de agua al comienzo del intervalo hasta el nivel freático (cm)
h₂=Altura de la columna de agua al final del intervalo hasta el nivel freático (cm)
 Δh =Descenso del nivel de agua (cm)
hm=Nivel medio del agua en el intervalo Δt (cm)
 $hm = \frac{h_1 + h_2}{2}$

S= 63'6 cm²
D= 8'6 cm
a= 220 cm
C= 274 cm

PROFUNDIDAD NIVEL FREATICO= 500 cm

MATERIAL ENSAYADO= Limos





LURGINTZA

PROYECTO:

REALIZADO

VERIFICADO

ENSAYO DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC CON NIVEL CONSTANTE

SONDEO:

2

ENSAYO N:

4

TRAMO ENSAYADO:

18'00
19'40

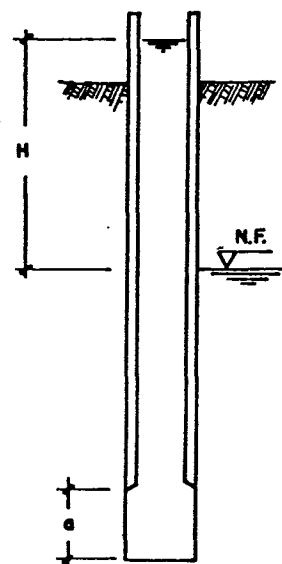
INTERVALO (minutos)	Q	m	H	K
0-10 min	150 cm ³ /seg	3'96 · 10 ⁻³ cm'	500 cm	1'19 · 10 ⁻³ cm/seg
				1'03 m/día

CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

$$K = m \frac{Q}{H}$$

K=Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
m=Coeficiente de forma. Depende de la cavidad desde la que se inyecta

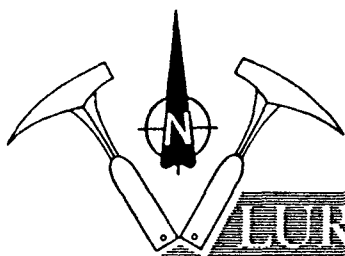
$$m = \frac{\log e \left(a/d + \sqrt{\frac{a^2}{d^2} + 1} \right)}{2 \pi \cdot a}$$



Q=Caudal admitido (cm/seg)
H=Altura de la columna de agua por encima del nivel freático (cm)

NIVEL FREATICO: 400 cm

MATERIAL ENSAYADO: gravas



PROYECTO:

REALIZADO

VERIFICADO

ENSAYO DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC CON NIVEL CONSTANTE

SONDEO: 3

ENSAYO N: 1

TRAMO ENSAYADO: 3'00
3'50

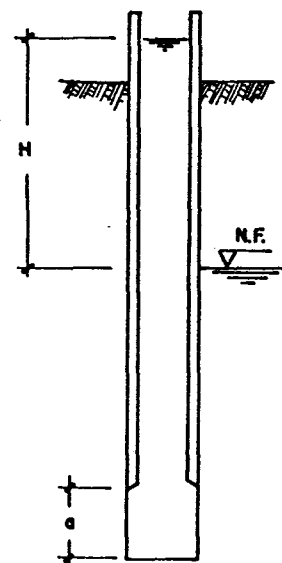
INTERVALO (minutos)	Q	m	H	K
0-10 min	533 cm ³ /sg	7'42 · 10 ⁻³ cm ⁻¹	270 cm	0'014 cm/sg
				12'66 m/dia

CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

$$K = m \frac{Q}{H}$$

K=Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
m=Coeficiente de forma. Depende de la cavidad desde la que se inyecta

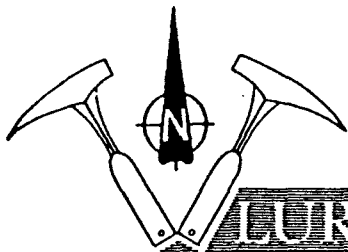
$$m = \frac{\log e \left(a/d + \sqrt{\frac{a^2}{d^2} + 1} \right)}{2 \pi \cdot a}$$



Q=Caudal admitido (cm/seg)
H=Altura de la columna de agua por encima del nivel freático (cm)

NIVEL FREATICO: 220

MATERIAL ENSAYADO: Relleno de margas



LURGINTZA

PROYECTO:

REALIZADO

VERIFICADO

ENSAYO DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC CON NIVEL VARIABLE

SONDEO: 3

ENSAYO N: 2

TRAMO ENSAYADO: 5'00
7'00

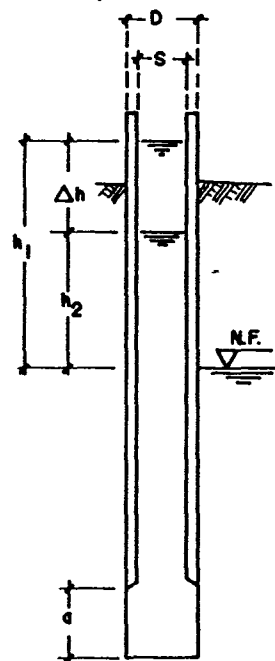
INTERVALO (minutos)	S/C	Δh	Δt	$\frac{h_1 + h_2}{2} \text{ hm}$	K
0-2	0'243 cm	8 cm	120 sg	$\frac{500 + 492}{2} = 496$	$3'27 \cdot 10^{-5} \text{ cm/sg}$
2-4	"	3	"	$\frac{492 + 489}{2} = 490'5$	$1'24 \cdot 10^{-5} \text{ cm/sg}$
4-6	"	3	"	$\frac{489 + 486}{2} = 487'5$	$1'25 \cdot 10^{-5} \text{ cm/sg}$
6-8	"	1	"	$\frac{486 + 485}{2} = 485'5$	$4'17 \cdot 10^{-6} \text{ cm/sg}$
8-10	"	1'5	"	$\frac{485 + 483'5}{2} = 484'25$	$6'275 \cdot 10^{-6} \text{ cm/sg}$
K media					$1'175 \cdot 10^{-2} \text{ m/dia}$
CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD					$1'3609 \cdot 10^{-5} \text{ cm/sg}$

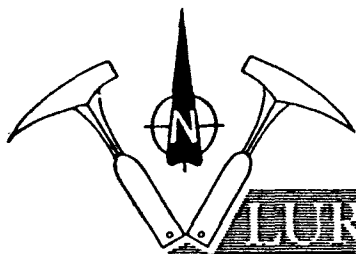
$$K = \frac{S}{C} \times \frac{\Delta h}{\Delta t \times hm}$$

K=Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
 S=Sección interior del tubo de revestimiento (cm²)
 C=2 π D+a para a > D
 a=Longitud del tramo ensayado (cm)
 Δt =Intervalo de tiempo (seg)
 h₁=Altura de la columna de agua al comienzo del intervalo hasta el nivel freático (cm)
 h₂=Altura de la columna de agua al final del intervalo hasta el nivel freático (cm)
 Δh =Descenso del nivel de agua (cm)
 hm=Nivel medio del agua en el intervalo Δt (cm)
 $hm = \frac{h_1 + h_2}{2}$

S= 63'6 cm²
 D= 9'8 cm
 a= 200 cm
 C= 261'6 cm

PROFUNDIDAD NIVEL FREATICO= 400 cm
 MATERIAL ENSAYADO= arenas limosas.





LURGINTZA

PROYECTO:

REALIZADO

VERIFICADO

ENSAYO DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC CON NIVEL VARIABLE

SONDEO: 3

ENSAYO N: 3

TRAMO ENSAYADO: 7'00
7'50

INTERVALO (minutos)	S/C	Δh	Δt	$\frac{h_1 + h_2}{2} \text{ hm}$	K
0-2		0 cm			0
2-4		0 cm			0
4-6		0 cm			0
6-8		0 cm			0
8-10		0 cm			0
K media					0
CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD					0

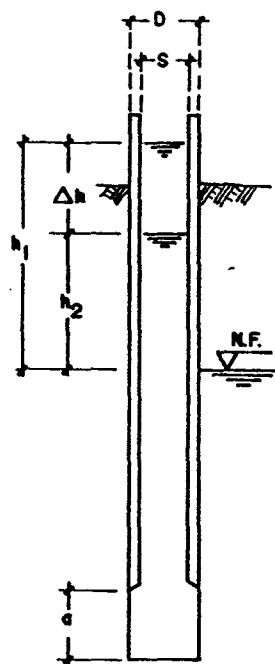
$$K = \frac{S}{C} \times \frac{\Delta h}{\Delta t \times hm}$$

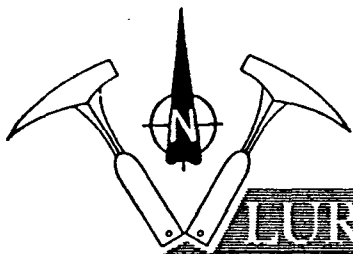
K=Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
 S=Sección interior del tubo de revestimiento (cm²)
 C=2π D+a para a > D
 a=Longitud del tramo ensayado (cm)
 Δt=Intervalo de tiempo (seg)
 h₁=Altura de la columna de agua al comienzo del intervalo hasta el nivel freático (cm)
 h₂=Altura de la columna de agua al final del intervalo hasta el nivel freático (cm)
 Δh=Descenso del nivel de agua (cm)
 hm=Nivel medio del agua en el intervalo Δt (cm)
 $hm = \frac{h_1 + h_2}{2}$

S= 63'6 cm²
 D= 9'8 cm
 a= 50 cm
 C= 112 cm

PROFUNDIDAD NIVEL FREATICO= 270 cm

MATERIAL ENSAYADO= Arena limosa





LURGINTZA

PROYECTO:

REALIZADO

VERIFICADO

ENSAYO DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC CON NIVEL VARIABLE

SONDEO: 3

ENSAYO N: 4

TRAMO ENSAYADO: 9'00
9'50

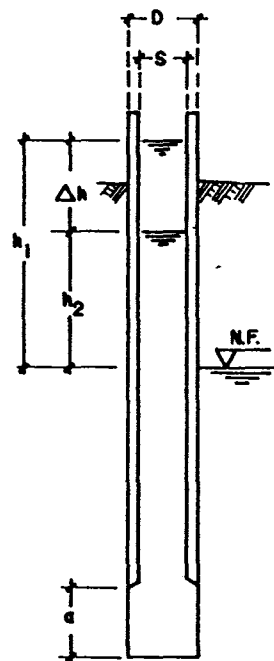
INTERVALO (minutos)	S/C	Δh	Δt	$\frac{h_1 + h_2}{2} \text{ hm}$	K
0-2	0'5699 cm	2'5 cm	120 seg	$\frac{390 + 387'5}{2} = 388'75$	$3'05 \cdot 10^{-5} \text{ cm/seg}$
2-4	"	0'5	"	$\frac{387'5 + 387}{2} = 387'25$	$6'13 \cdot 10^{-6} \text{ cm/seg}$
4-6	"	0'5	"	$\frac{387 + 386'5}{2} = 386'75$	$6'14 \cdot 10^{-6} \text{ cm/seg}$
6-8	"	0	"		0
8-10	"	0	"		0
K media					$0'739 \cdot 10^{-2} \text{ m/dia}$
CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD					$8'554 \cdot 10^{-6} \text{ cm/seg}$

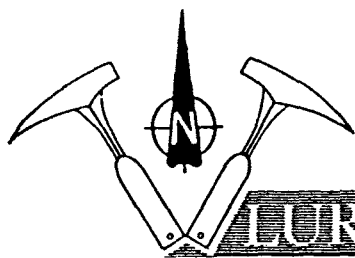
$$K = \frac{S}{C} \times \frac{\Delta h}{\Delta t \times \text{hm}}$$

K=Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
 S=Sección interior del tubo de revestimiento (cm²)
 C=2π D+a para a > D
 a=Longitud del tramo ensayado (cm)
 Δt=Intervalo de tiempo (seg)
 h₁=Altura de la columna de agua al comienzo del intervalo hasta el nivel freático (cm)
 h₂=Altura de la columna de agua al final del intervalo hasta el nivel freático (cm)
 Δh=Descenso del nivel de agua (cm)
 hm=Nivel medio del agua en el intervalo Δt (cm)
 $\text{hm} = \frac{h_1 + h_2}{2}$

S= 63'6 cm²
 D= 9'8 cm
 a= 50 cm
 C= 111'6 cm

PROFUNDIDAD NIVEL FREATICO= 3'40 m
 MATERIAL ENSAYADO= arenas lavadas





LURGINTZA

PROYECTO:

REALIZADO

VERIFICADO

ENSAYO DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC CON NIVEL VARIABLE

SONDEO: 3

ENSAYO N: 5

TRAMO ENSAYADO: 11'50
13'00

INTERVALO (minutos)	S/C	Δh	Δt	$\frac{h_1 + h_2}{2} \text{ hm}$	K
0-2	0'3006 cm	4'5 cm	120 seg	$\frac{750 + 745.5}{2} = 747.75$	$1.51 \cdot 10^{-5} \text{ cm/seg}$
2-4	"	2'5	"	$\frac{745.5 + 743}{2} = 744.25$	$8.41 \cdot 10^{-6} \text{ cm/seg}$
4-6	"	1'5	"	$\frac{743 + 741.5}{2} = 742.25$	$5.06 \cdot 10^{-6} \text{ cm/seg}$
6-8	"	2	"	$\frac{741.5 + 739.5}{2} = 740.5$	$6.76 \cdot 10^{-6} \text{ cm/seg}$
8-10	"	1'5	"	$\frac{739.5 + 738}{2} = 738.75$	$5.09 \cdot 10^{-6} \text{ cm/seg}$
K media					$0.698 \cdot 10^{-2} \text{ m/dia}$
CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD					$8.084 \cdot 10^{-6} \text{ cm/seg}$

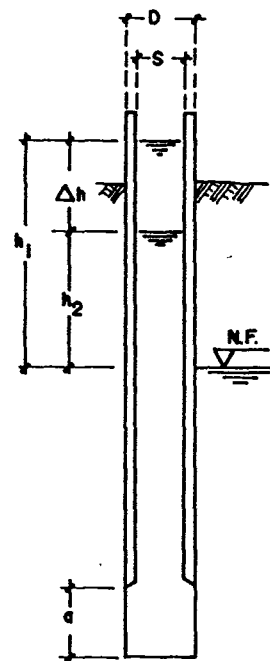
$$K = \frac{S}{C} \times \frac{\Delta h}{\Delta t \times hm}$$

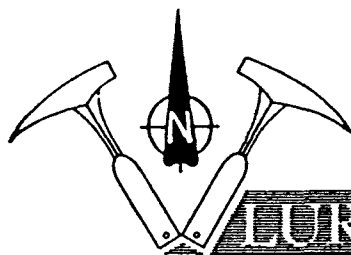
K=Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
 S=Sección interior del tubo de revestimiento (cm²)
 C=2 π D+a para a \gg D
 a=Longitud del tramo ensayado (cm)
 Δt =Intervalo de tiempo (seg)
 h₁=Altura de la columna de agua al comienzo del intervalo hasta el nivel freático (cm)
 h₂=Altura de la columna de agua al final del intervalo hasta el nivel freático (cm)
 Δh =Descenso del nivel de agua (cm)
 hm=Nivel medio del agua en el intervalo Δt (cm)
 $hm = \frac{h_1 + h_2}{2}$

S= 63'6 cm²
 D= 9'8 cm
 a= 150 cm
 C= 214'6 cm

PROFUNDIDAD NIVEL FREATICO= 700 cm

MATERIAL ENSAYADO= limos





LURGINTZA

PROYECTO:

REALIZADO

VERIFICADO

ENSAYO DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC CON NIVEL VARIABLE

SONDEO: 3

ENSAYO N: 6

TRAMO ENSAYADO: 23'00
25'00

INTERVALO (minutos)	S/C	Δh	Δt	$\frac{h_1 + h_2}{2} \text{ hm}$	K
0-2	0'2431 cm	11 cm	120 seg	$\frac{950 + 939}{2} = 944'5$	$2'36 \cdot 10^{-5} \text{ cm/seg}$
2-4	"	4	"	$\frac{939 + 935}{2} = 937$	$8'65 \cdot 10^{-6} \text{ cm/seg}$
4-6	"	3	"	$\frac{935 + 932}{2} = 933'5$	$6'51 \cdot 10^{-6} \text{ cm/seg}$
6-8	"	2'5	"	$\frac{932 + 929'5}{2} = 930'75$	$5'44 \cdot 10^{-6} \text{ cm/seg}$
8-10	"	1'5	"	$\frac{929'5 + 928}{2} = 928'75$	$3'27 \cdot 10^{-6} \text{ cm/seg}$
K media					$0'82 \cdot 10^{-2} \text{ m/dia}$

CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

$$K = \frac{S}{C} \times \frac{\Delta h}{\Delta t \times hm}$$

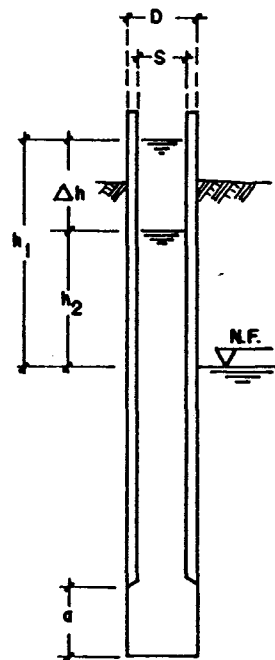
K=Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
S=Sección interior del tubo de revestimiento (cm²)
C=2 π D+a para a> D
a=Longitud del tramo ensayado (cm)
 Δt =Intervalo de tiempo (seg)
h₁=Altura de la columna de agua al comienzo del intervalo hasta el nivel freático (cm)
h₂=Altura de la columna de agua al final del intervalo hasta el nivel freático (cm)
 Δh =Descenso del nivel de agua (cm)
hm=Nivel medio del agua en el intervalo Δt (cm)

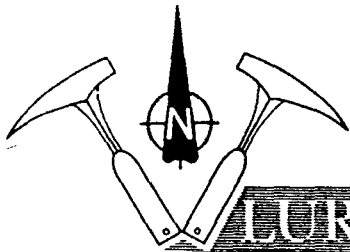
$$hm = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

S= 63'6 cm²
D= 9'8 cm
a= 200 cm
C= 261'6 cm

PROFUNDIDAD NIVEL FREATICO= 900 cm

MATERIAL ENSAYADO= Limas





LURGINTZA

PROYECTO:

REALIZADO

VERIFICADO

SONDEO: 4

ENSAYO N: 1

TRAMO ENSAYADO: 3'00
3'50

ENSAYO DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC CON NIVEL CONSTANTE

INTERVALO (minutos)	Q	m	H	K
0-10 min	667 cm ³ /sg	7'83 · 10 ⁻³ cm ² /s	350 cm	0'0149 cm/sg
				12'9 m/día

CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

$$K = m \frac{Q}{H}$$

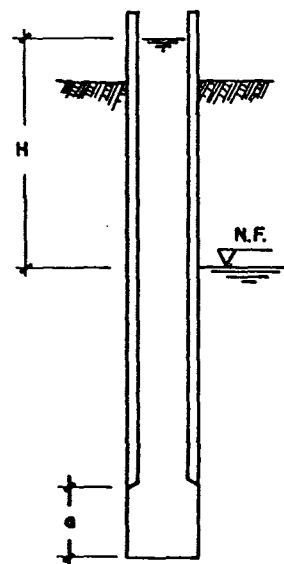
K=Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
m=Coeficiente de forma. Depende de la cavidad desde la que se inyecta

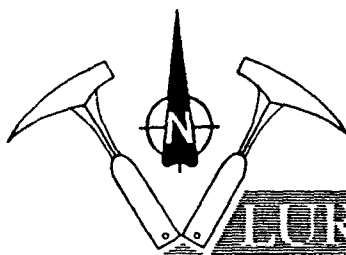
$$m = \frac{\log e \left(\frac{a}{d} + \sqrt{\frac{a^2}{d^2} + 1} \right)}{2 \pi \cdot a}$$

Q=Caudal admitido (cm/seg)
H=Altura de la columna de agua por encima del nivel freático (cm)

NIVEL FREATICO: 300 cm

MATERIAL ENSAYADO: Arena limosa.





LURGINTZA

PROYECTO:

REALIZADO

VERIFICADO

ENSAYO DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC CON NIVEL CONSTANTE

SONDEO: 4

ENSAYO N: 2

TRAMO ENSAYADO: 4'50
8'00

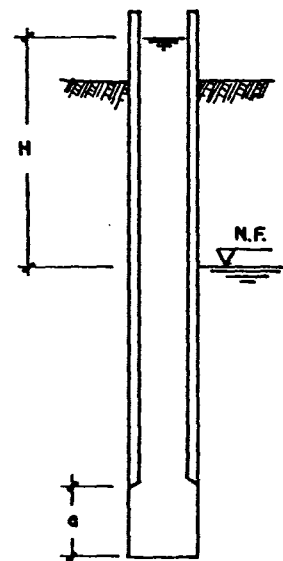
INTERVALO (minutos)	Q	m	H	K
0-10 min	667 cm ³ /sg	2'00 · 10 ⁻³ cm ⁻¹	350 cm	3'81 · 10 ⁻³ cm/sg
				3'29 m/dia

CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

$$K = m \frac{Q}{H}$$

K=Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
m=Coeficiente de forma. Depende de la cavidad desde la que se inyecta

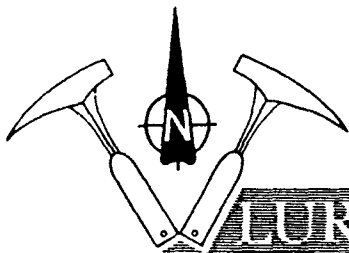
$$m = \frac{\log e \left(a/d + \sqrt{\frac{a^2}{d^2} + 1} \right)}{2 \pi \cdot a}$$



Q=Caudal admitido (cm/seg)
H=Altura de la columna de agua por encima del nivel freático (cm)

NIVEL FREATICO: 3'00 m

MATERIAL ENSAYADO: Arenas limosas



LURGINTZA

PROYECTO:

REALIZADO

VERIFICADO

SONDEO: 5

ENSAYO N: 1

TRAMO ENSAYADO: 4'50
6'00

ENSAYO DE PERMEABILIDAD TIPO LEFRANC CON NIVEL CONSTANTE

INTERVALO (minutos)	Q	m	H	K
0-10 min	183 cm ³ /sg	3'77 · 10 ⁻³ cm'	700 cm	9'85 · 10 ⁻⁴ cm/sg
				0'85 m/dia

CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

$$K = m \frac{Q}{H}$$

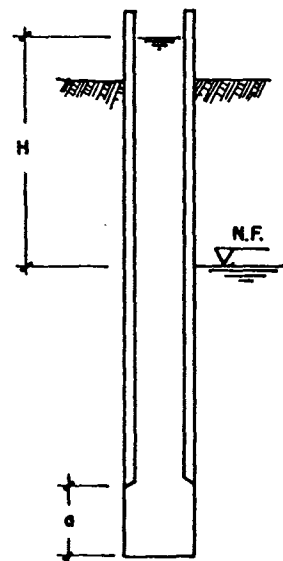
K=Coeficiente de permeabilidad (cm/seg)
m=Coeficiente de forma. Depende de la cavidad desde la que se inyecta

$$m = \frac{\log e \left(\frac{a}{d} + \sqrt{\frac{a^2}{d^2} + 1} \right)}{2 \pi \cdot a}$$

Q=Caudal admitido (cm/seg)
H=Altura de la columna de agua por encima del nivel freático (cm)

NIVEL FREATICO: 600 cm

MATERIAL ENSAYADO: Limos arenosos





ANEXO.- 4

4.3.- Ensayos STP



LURGINTZA
consultores
PROYECTOS Y ESTUDIOS GEOLOGICOS

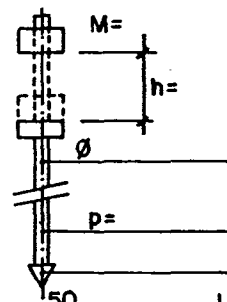
PROYECTO:

LUGAR:

SONDEO N°: 1

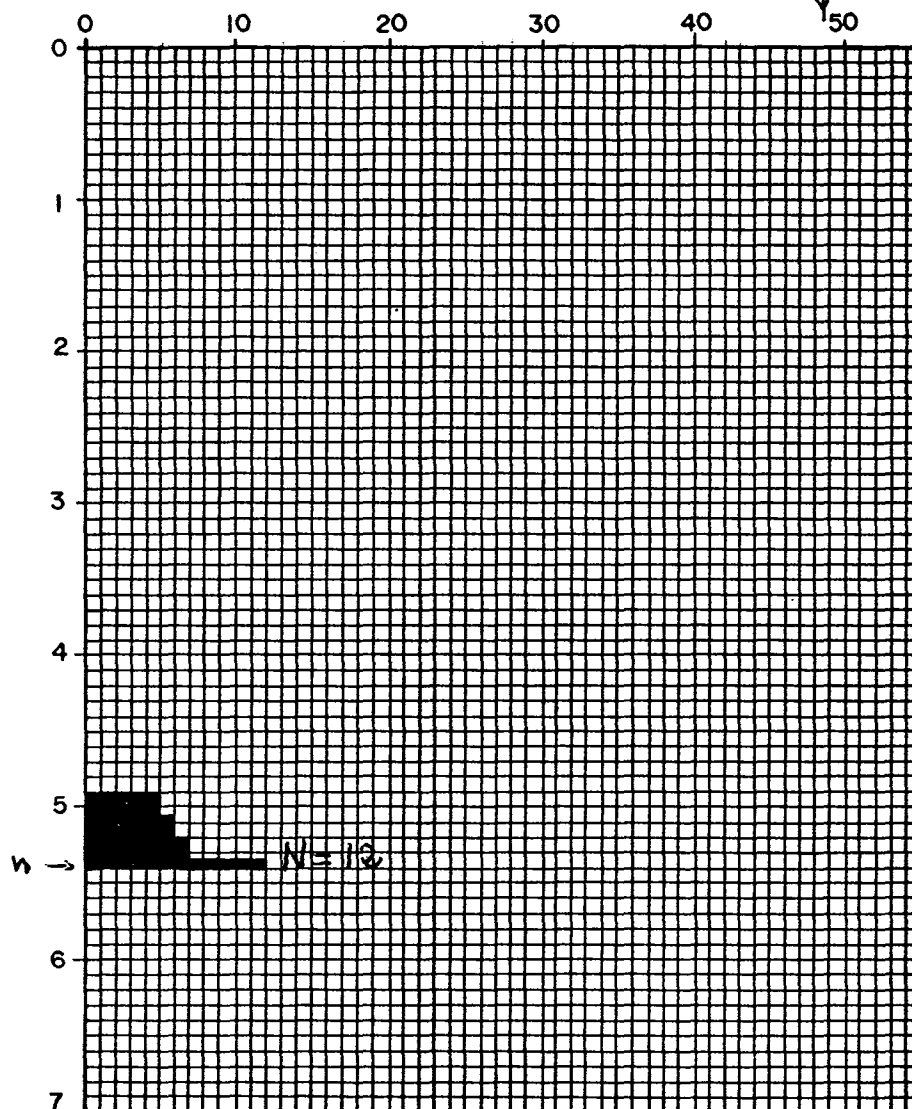
FECHA:

S. P. T.



N° DE GOLPES CADA 15 cm DE HINCA

PROFUNDIDAD EN METROS



LITOLOGIA

Limos
Negros
OL

MUY FLOJO	FLOJO	MEDIANAMENTE DENSO	DENSO	MUY DENSO
0	5	10	30	50



LURGINTZA
consultores
PROYECTOS Y ESTUDIOS GEOLOGICOS

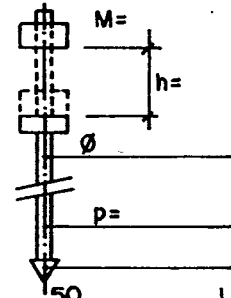
PROYECTO:

S. P. T.

LUGAR:

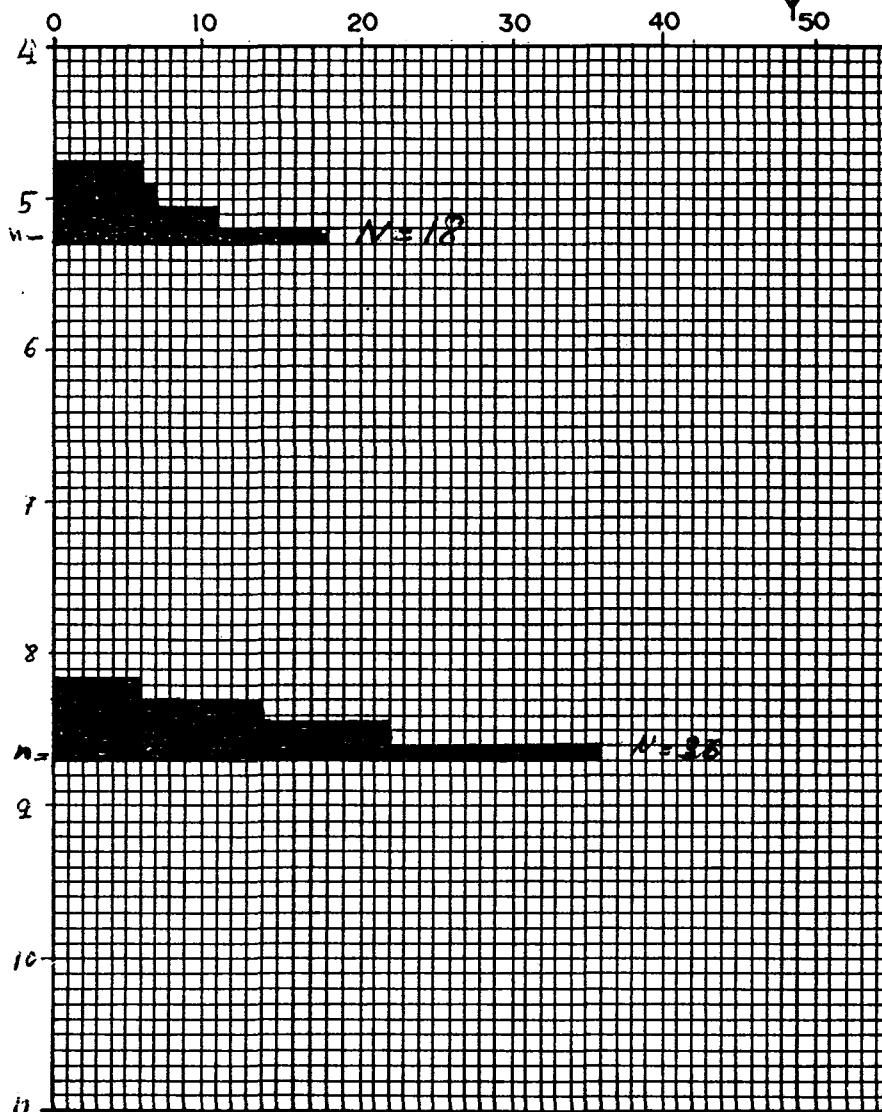
SONDEO N°: 2

FECHA:



N° DE GOLPES CADA 15 cm DE HINCA

PROFUNDIDAD EN METROS



LITOLOGIA

Limos
Arenosos

OL

Arenas
Limosas

SW

MUY FLOJO	FLOJO	MEDIANAMENTE DENSO	DENSO	MUY DENSO
0	5	10	30	50



LURGINTZA
consultores
PROYECTOS Y ESTUDIOS GEOLOGICOS

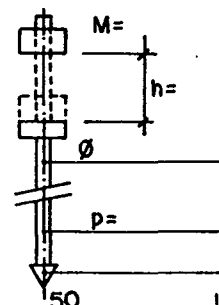
PROYECTO:

LUGAR:

SONDEO N°: 2

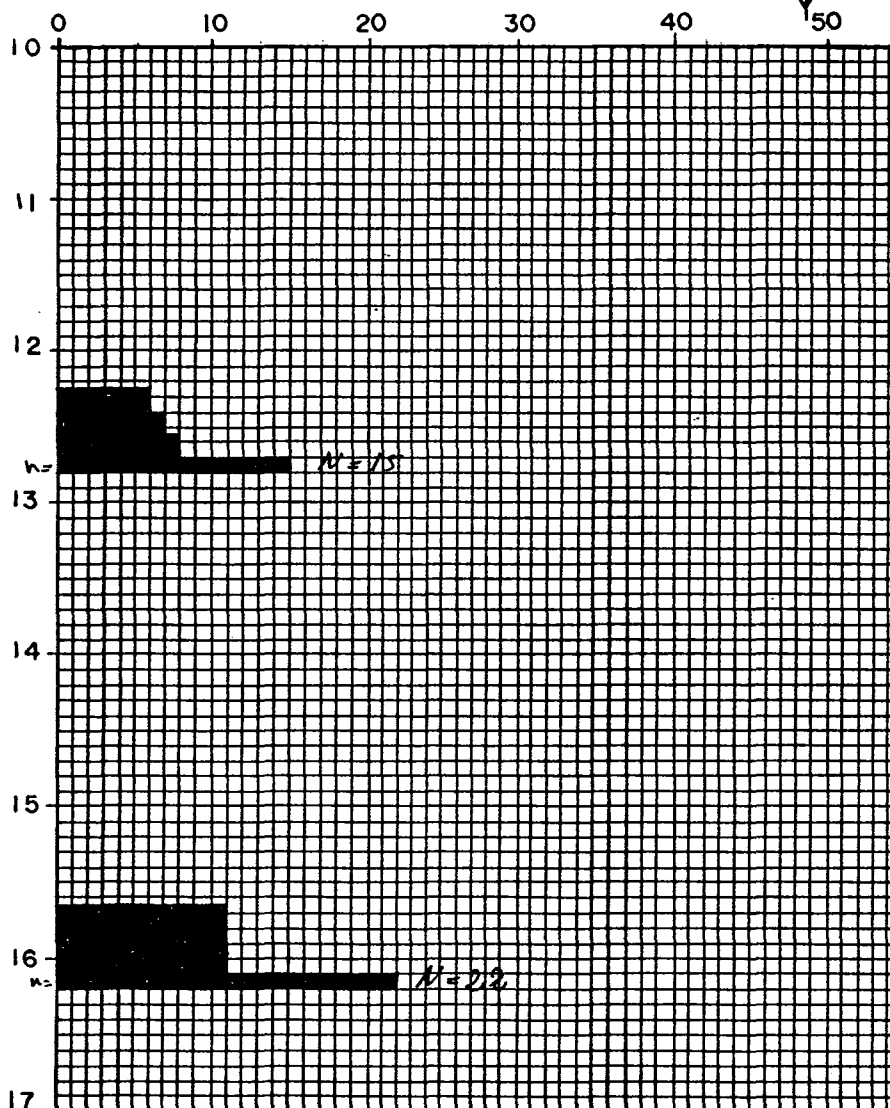
FECHA:

S. P. T.



N° DE GOLPES CADA 15 cm DE HINCA

PROFUNDIDAD EN METROS



LITOLOGIA

Limos
Negros

OH

MUY FLOJO	FLOJO	MEDIANAMENTE DENSO	DENSO	MUY DENSO
0	5	10	30	50



LURGINTZA
consultores
PROYECTOS Y ESTUDIOS GEOLOGICOS

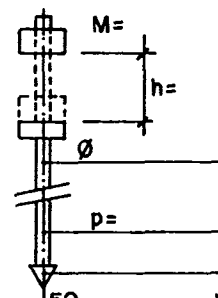
PROYECTO:

LUGAR:

SONDEO N°: 3

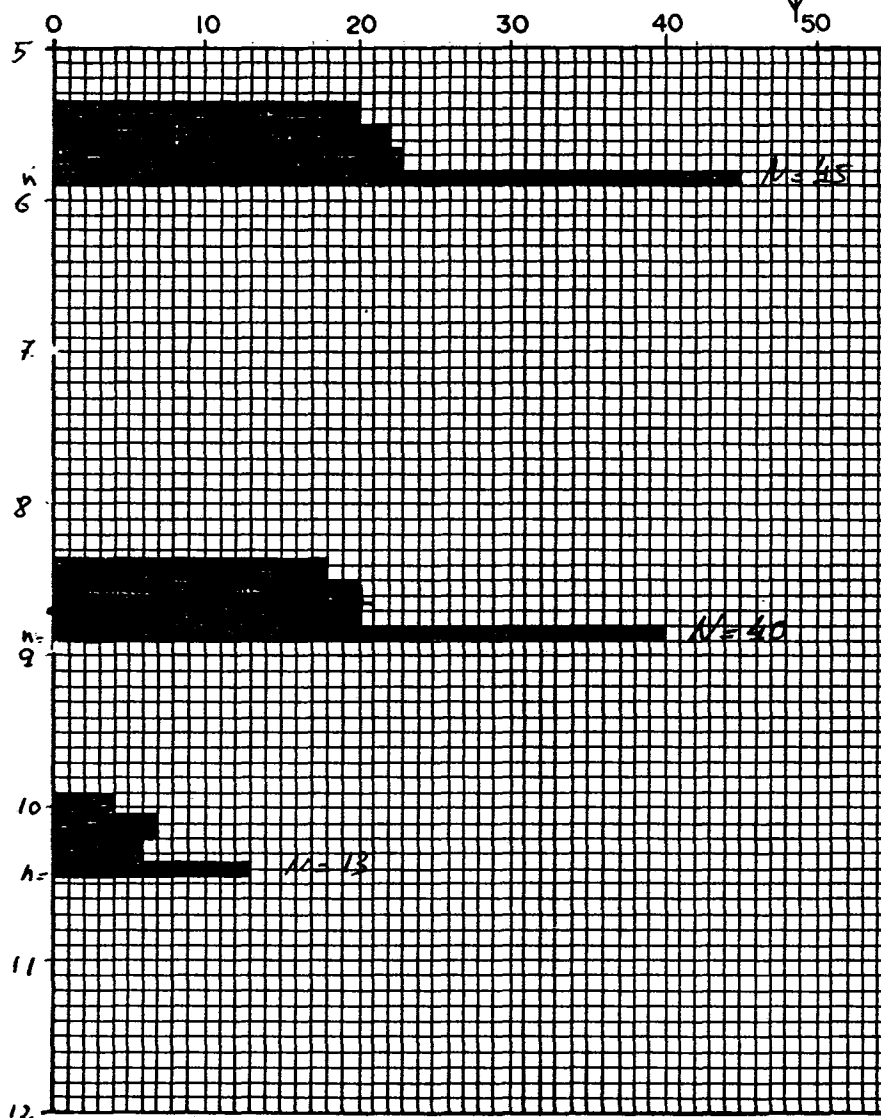
FECHA:

S. P. T.



N° DE GOLPES CADA 15 cm DE HINCA

PROFUNDIDAD EN METROS



LITOLOGIA

Arenas
Limosas

CL

Arenas

SW

MUY FLOJO	FLOJO	MEDIANAMENTE DENSO	DENSO	MUY DENSO
0	5	10	30	50



LURGINTZA
consultores
PROYECTOS Y ESTUDIOS GEOLOGICOS

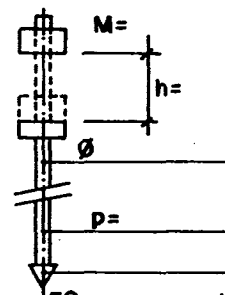
PROYECTO:

LUGAR:

SONDEO N°:3

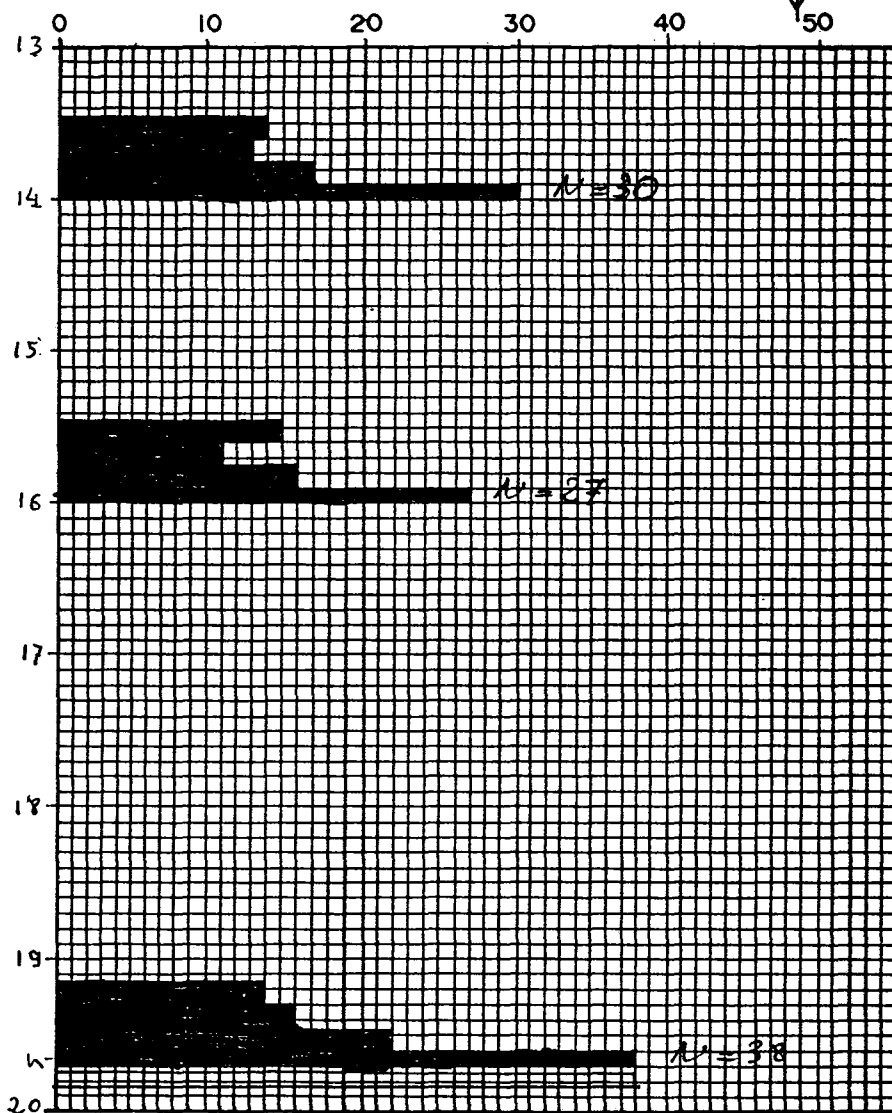
FECHA:

S. P. T.



N° DE GOLPES CADA 15 cm DE HINCA

PROFUNDIDAD EN METROS



LITOLOGIA

Limos
Negros

OL

OL-OK

MUY FLOJO	FLOJO	MEDIANAMENTE DENSO	DENSO	MUY DENSO
0	5	10	30	50



LURGINTZA
consultores
PROYECTOS Y ESTUDIOS GEOLOGICOS

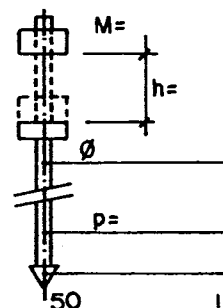
PROYECTO:

LUGAR:

SONDEO N°: 4

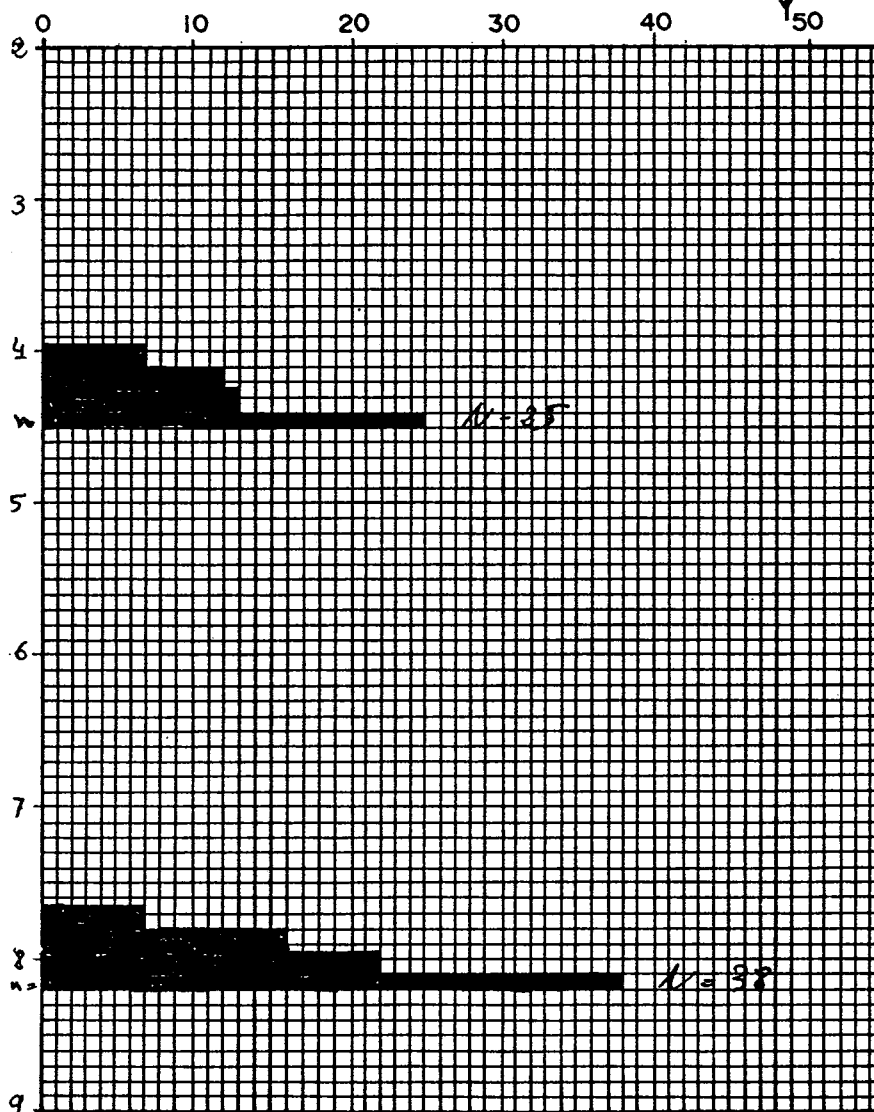
FECHA:

S. P. T.



N° DE GOLPES CADA 15 cm DE HINCA

PROFUNDIDAD EN METROS



LITOLOGIA

Arcillas
Limosas

OL

Drenas

SP

MUY FLOJO	FLOJO	MEDIANAMENTE DENSO	DENSO	MUY DENSO
0	5	10	30	50



LURGINTZA
consultores
PROYECTOS Y ESTUDIOS GEOLOGICOS

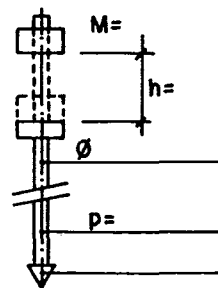
PROYECTO:

S. P. T.

LUGAR:

SONDEO N°: 5

FECHA:



N° DE GOLPES CADA 15 cm DE HINCA

PROFUNDIDAD EN METROS



LITOLOGIA

limos
Negros

CL

MUY FLOJO	FLOJO	MEDIANAMENTE DENSO	DENSO	MUY DENSO
0	5	10	30	50



LURGINTZA

GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

MANDEZ DEL CAMPO, 21 - 5º

48010 - BILBAO

TFNO. (94) 444 68 53

ANEXO.- 4

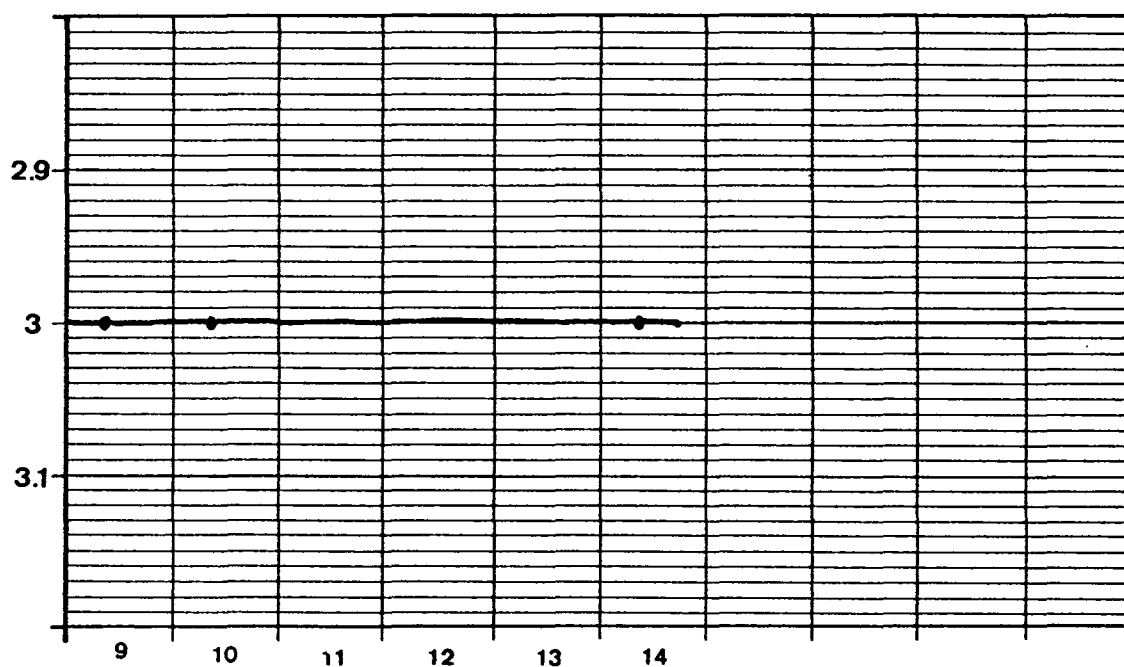
4.4.- Control de Nivel Freatico



Sondeo N°

1

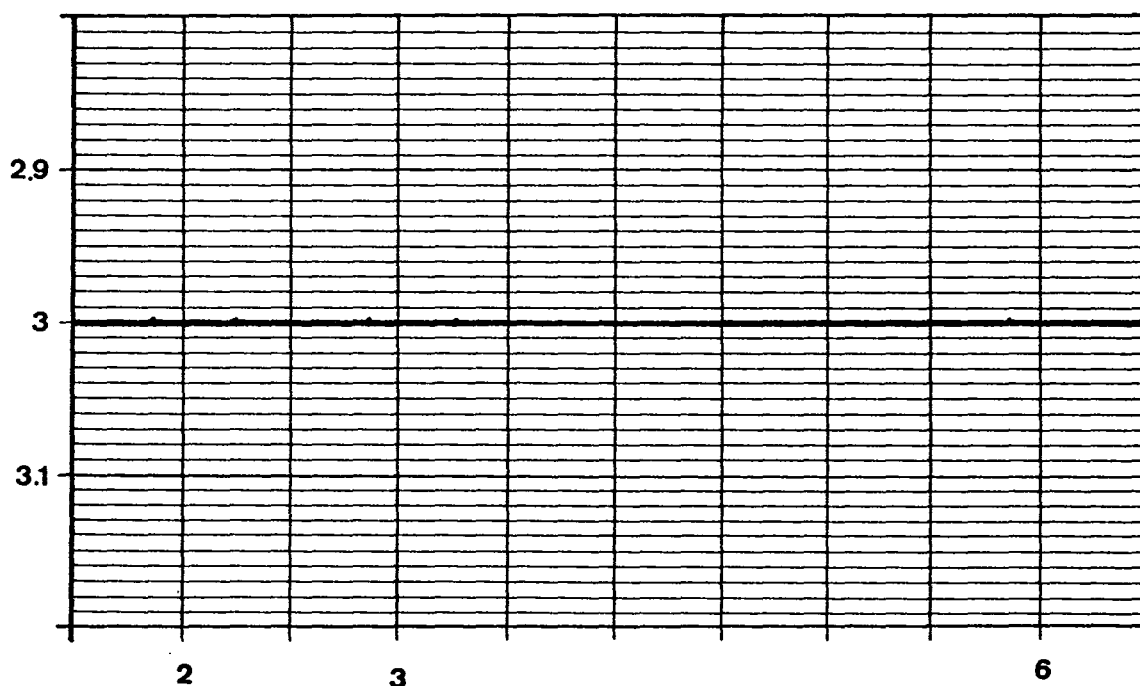
(m. desde boca de sondeo)

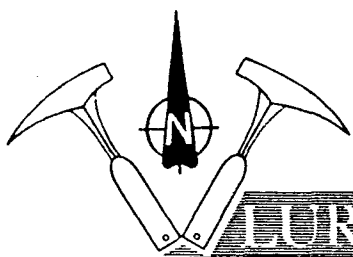




Sondeo N° 2

(m. desde boca de sondeo)

[illegible]



MURCINTZA

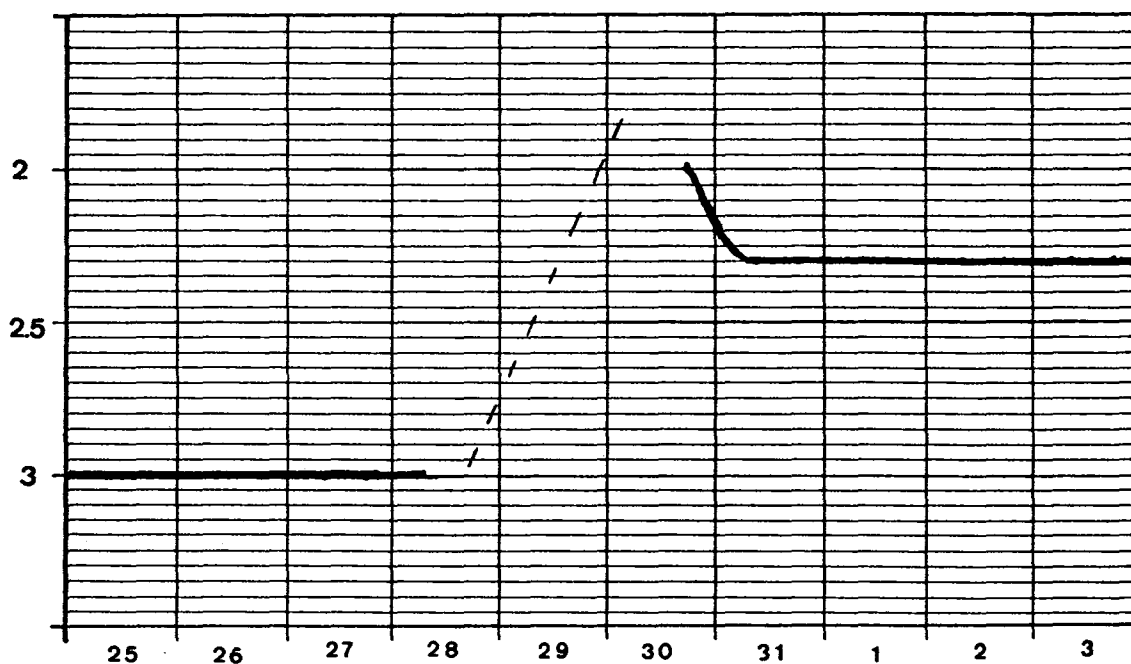
PROYECTO:

Sondeo N° 3

CONTROL DEL NIVEL FREATICO

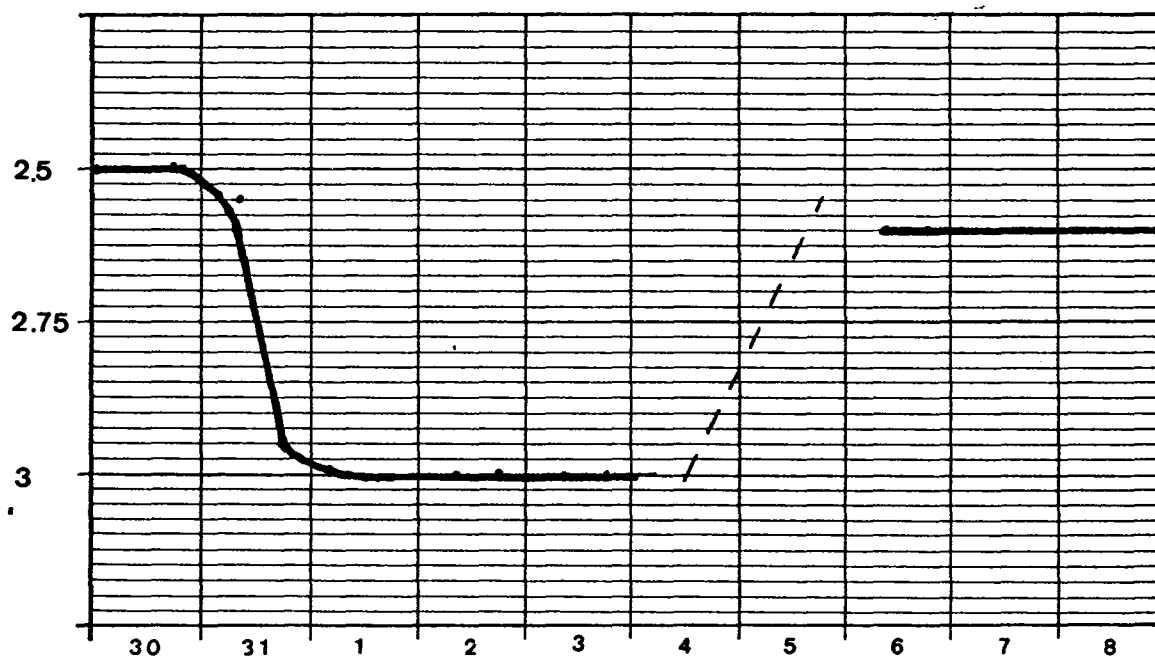
(m. desde boca de sondeo)

FECHA	MANANA (hora: 8'30')	TARDE (hora: 18'00')
24 Oct	3'00	3'00
25	3'00	3'00
26	3'00	3'00
27	3'00	3'00
30		2'00
31	2'30	2'30
2 Nov	2'30	2'30
3	2'30	2'30
6	2'10	2'10
7	2'00	2'10
9	2'10	



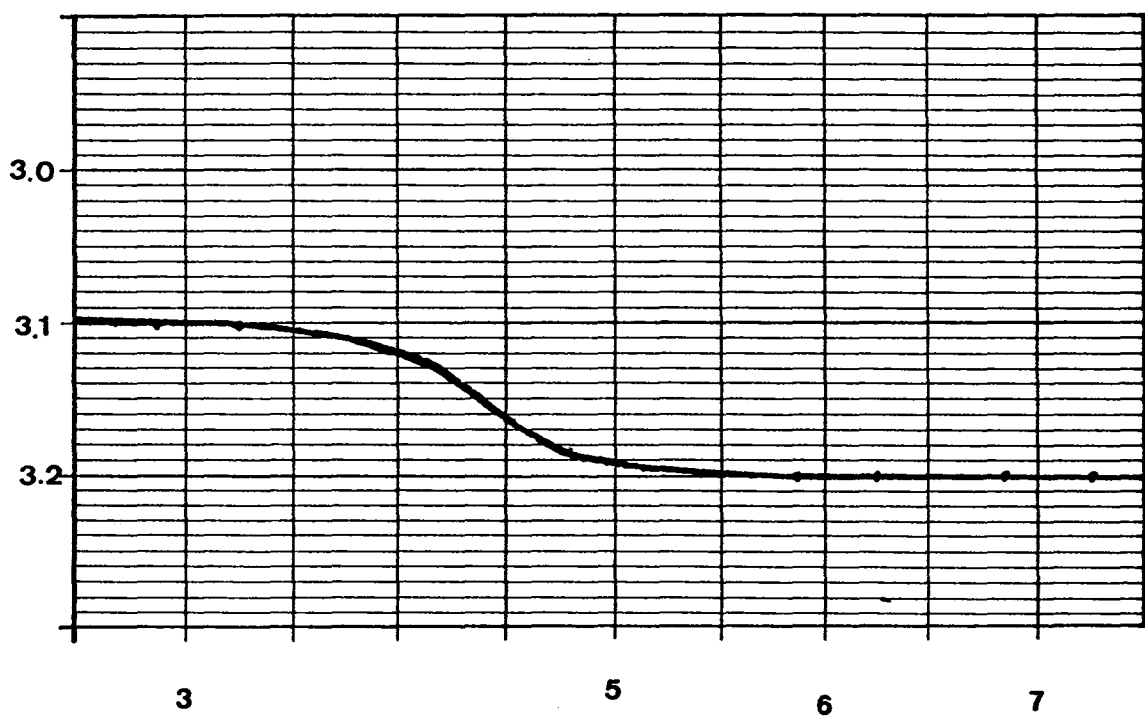


Sondeo N° 4

[illegible]



Sondeo N° 5

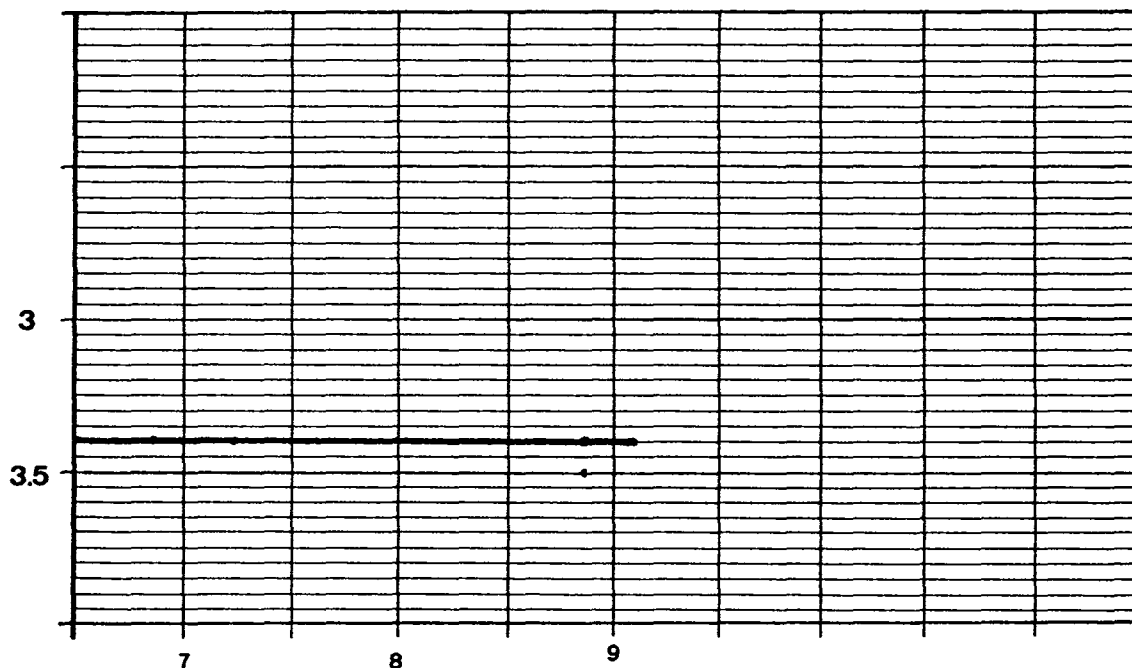
[illegible]



Sondeo N° 7

(m. desde boca de sondeo)

7 Nov





LURGINTZA

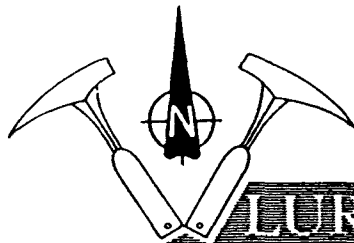
GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

HERNANDEZ DEL CAMPO, 21 - 5º 48010 - BILBAO

TFNO. (94) 444 68 53

ANEXO.- 5

5.1.- CATAS



LURGINTZA

PROYECTO:

ESTACION DE ANDETA

LUGAR:

SAN SEBASTIAN

REGISTRO DE CATAS

MAQUINA:

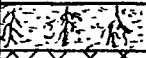
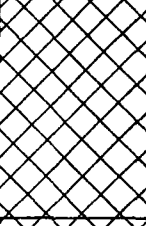
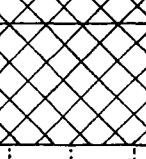

AKERMANS H7M

CATA Nº

1

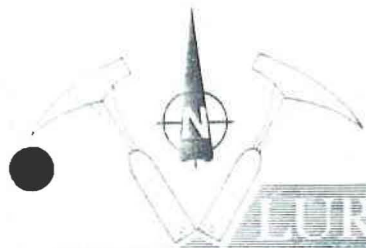
FECHA

14 XI 89

COTA (m.)	ESPEJOR ESTRATO (m.)	SIMBOLO	MUESTRA	NIVEL FREATICO	GEOTESTER	GRAFICA	DESCRIPCION
0	0.3	0.3					0,0-0,3 Tierra vegetal
1	1.5	1.5					0,3-1,8 Relleno: arcillas, bloques margosos y ladrillos con hormigon.
2	2	2					1,8-2,0 Tierra arenosa negra. 2,0-2,8 Arcillas: Arcillas plasticas marrones claro con plasticidad media y con ladrillos a base. Son rellenos.
3	3.2	3.2					2,8-3,2 Roca meteorizada.
4							
5							
6							

OBSERVACIONES :

Este terreno ha sido excavado hasta la roca y despues rellenado, o la roca llegaba hasta el limite de la marisma y se puso el relleno encima.



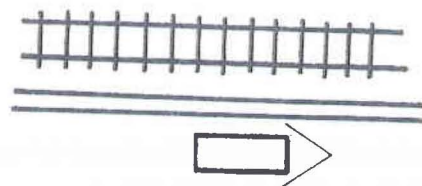
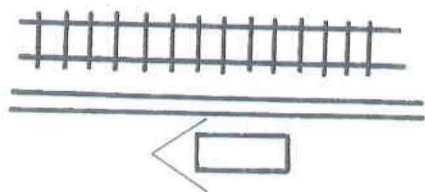
LURGINTZA

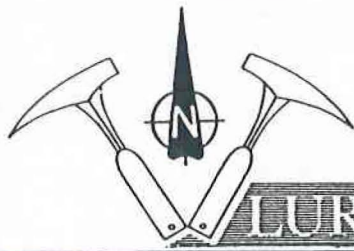
GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

FERNANDEZ DEL CAMPO 21-5' 48010 BILBAO

TFNO. (94) 4326954

CATA: C-An-1





LURGINTZA

PROYECTO:

ESTACION DE ANOETA

LUGAR:

SAN SEBASTIAN

REGISTRO DE CATAS

MAQUINA:

AKERMANS H7M

CATA Nº

2

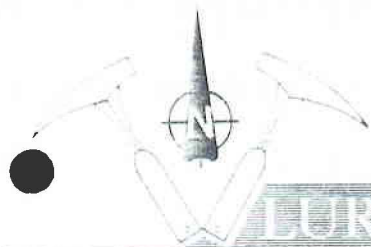
FECHA

14 XI 89

COTA (m.)	ESPESOR ESTRATO (m.)	SIMBOLO	MUESTRA	NIVEL FREATICO	GEOTESTER	GRAFICA	DESCRIPCION
0							0,0-1,4 Relleno de tierras y bloques hasta la zapata El muro esta colocado encima de la zapata.
1	14	RELLENO					
1.4							
2	1.2						1,4-2,6 Zapata y base de hormigon. El agujero esta relleno de hormigon y la zapata puesta del pilar puesta encima de esta base. Parece que existe un ligero contrafuerte en la base de la zapata. No se puede excavar por debajo de la base de hormigon.
2.6							
3							
4							
5							
6							

OBSERVACIONES :

Cata realizada en la base de un pilar de la autopista. La cata tiene unas dimensiones de 4,4 m.



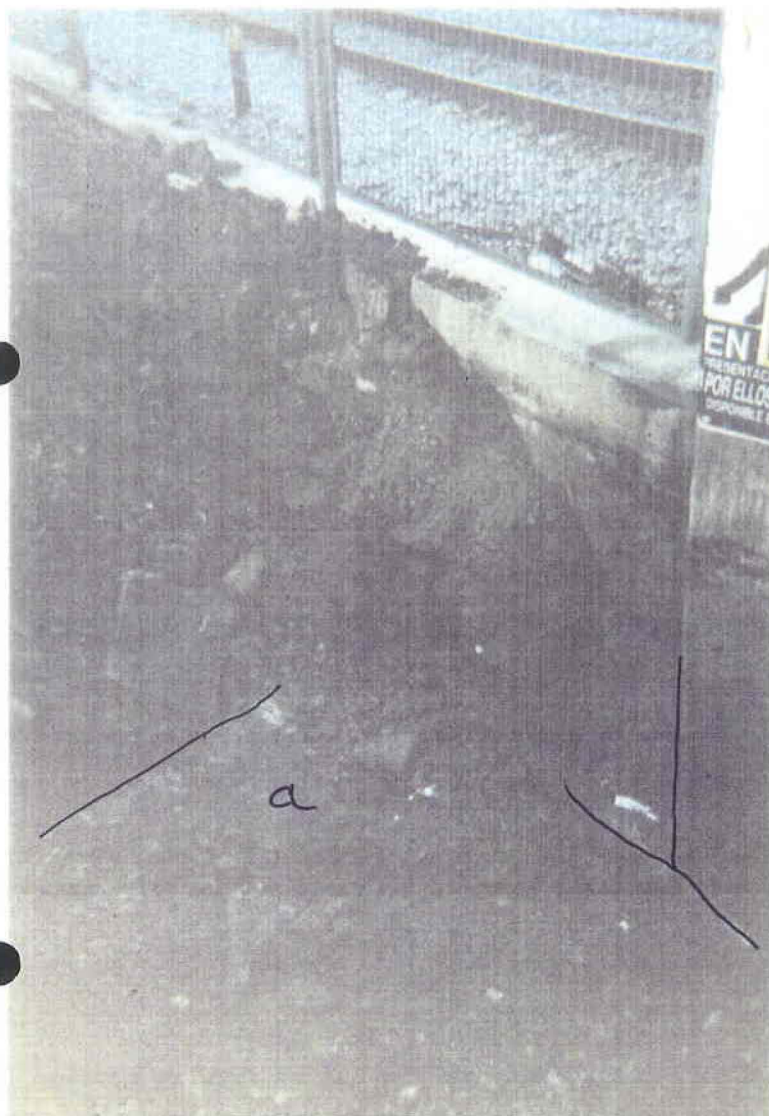
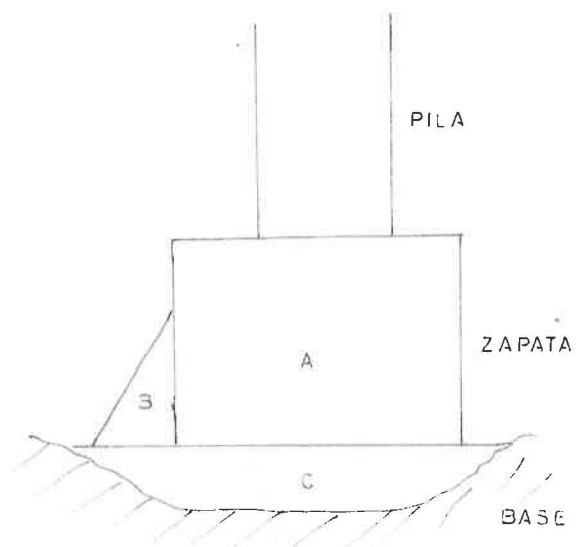
LURGINTZA

FERNANDEZ DEL CAMPO 21-5° 48010 BILBAO

GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

TFNO. (94) 4326954

CATA: C-An-2





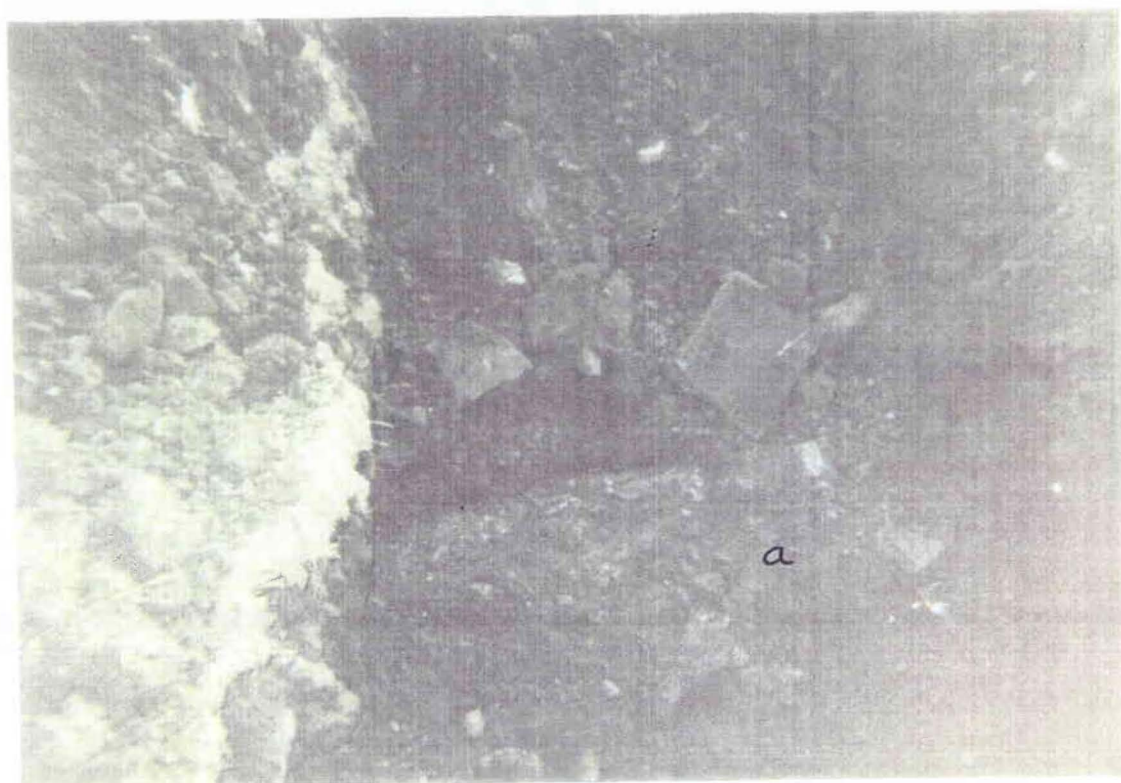
LURGINTZA

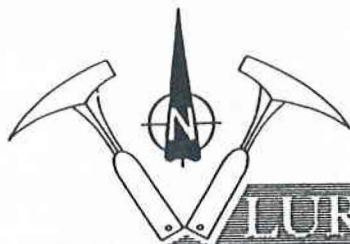
GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

FERNANDEZ DEL CAMPO 21-5° 48010 BILBAO

TFNO. (94) 4326954

CATA: C-An-2





PROYECTO:

ESTACION DE ANOETA

LUGAR:

SAN SEBASTIAN

REGISTRO DE CATAS

MAQUINA:

AKERMANS H7M

CATA Nº

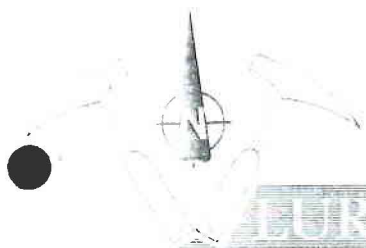
3

FECHA

14 XI 89

COTA (m.)	ESPESOR ESTRATO (m.)	SIMBOLO	MUESTRA	NIVEL FREATICO	GEOTESTER	GRAFICA	DESCRIPCION
0	0.3	0.3					0,0-0,3 Capa de tierra vegetal de color oscuro.
		0.9					0,3-1,2 Relleno: Arcillas con margas, de color oscuro
1	1.2						1,2-2,0 Relleno: Capa de hormigon con ladrillos.
		0.8					2,0-2,6 Relleno: Capa de arcillas plasticas de color marron claro-amarillo.
2	2						2,6-2,9 Relleno: Arcillas negras con ladrillos.
	2.6	0.6					2,9-3,4 Suelos: Zona de alteracion de la roca. son arcillas con grandes bloques de marga meteorizada.
3	2.9	0.3					3,4-3,9 Roca: Terreno duro, no ripable. Roca base.
	3.4	0.5	CL				
	3.9	0.5	ROCA				
4							
5							
6							

OBSERVACIONES :



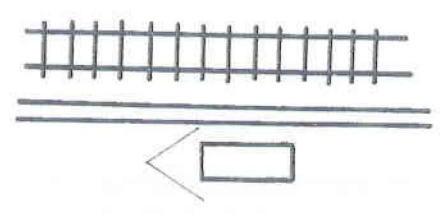
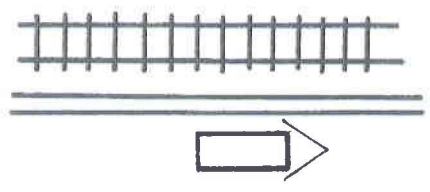
EURGINTZA

GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

FERNANDEZ DEL CAMPO 21-5' 48010 BILBAO

TFNO. (94) 4326954

CATA: C-An-3





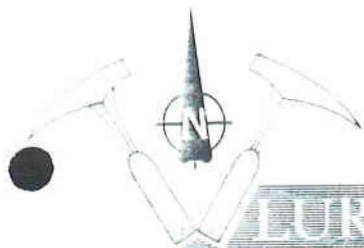
SAN SEBASTIAN:

AKERMANS H7M

4

14 XI 89

OBSERVACIONES:



GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

FERNANDEZ DEL CAMPO 21-5' 48010 BILBAO

TFNO. (94) 4326954

CATA: C-An-4





SAN SEBASTIAN

AKERMANS H7M

6

14 XI 89

OBSERVACIONES



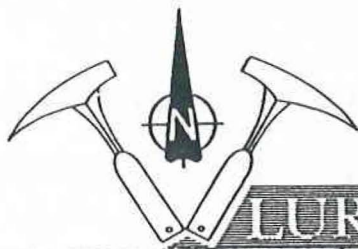
GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

FERNANDEZ DEL CAMPO 21-5° 48010 BILBAO

TFNO. (94) 4326954

CATA: C-An-6





LURGINTZA

PROYECTO:

ESTACION DE ANOETA

LUGAR:

SAN SEBASTIAN

REGISTRO DE CATAS

MAQUINA:

AKERMANS H7M

CATA N°

7

FECHA

14 XI 89

	COTA (m.)	ESPESOR ESTRATO (m.)	SIMBOLO	MUESTRA	NIVEL FREATICO	GEOTESTER	GRAFICA	DESCRIPCION
0	0,3	0,3	RELLENO					0,0-0,3 Capa de suelo vegetal.
		0,7						0,3-1,0 Relleno: Balasto del ferrocarril sobre una capa de marga triturada y apisonada.
1	1							1,0-3,1 Suelo: Arcillas marrones de plasticidad media alta con tonos amarillentos y alguna grava en su interior. Es el suelo edafico del sustrato rocoso
2		2,1	CL					
3	3,1							3,1-3,7 Roca: Alternancia de margas y margocalizas de color rosa. Los primeros 30 cm estan meteorizados el resto es mas duro.
		0,6	ROCA					
4	3,7							
5								
6								

OBSERVACIONES :



GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

FERNANDEZ DEL CAMPO 21-5' 48010 BILBAO

TFNO. (94) 4326954

CATA: C-An-7





REGISTRO DE CATAS

PROYECTO:

ESTACION DE ANOETA

LUGAR:

SAN SEBASTIAN

MAQUINA:

AKERMANS H7M

CATA Nº

8

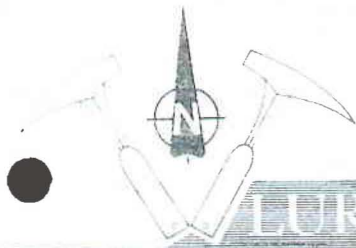
FECHA

14 XI 89

COTA (m.)	ESPEJOR ESTRATO (m.)	SIMBOLO	MUESTRA	NIVEL FREATICO	GEOTESTER	GRAFICA	DESCRIPCION
0	0.5	RELLENO					0,0-0,5 Relleno: Balasto con gravas que aumentas en tamaño en profundidad.
1	2.2						0,5-2,7 Relleno: Arena de playa en la zona de la carretera. Puede ser restos de antiguas dunas y en el lado del F.F.C.C. el relleno es de mar-
2	2.7						gas. la cata corta por la mitad el contacto.
3							
4							
5							
6							

OBSERVACIONES :

La interpretacion de la cata es problematica.



GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

FERNANDEZ DEL CAMPO 21-5° 48010 BILBAO

TFNO. (94) 4326954

CATA: C-An-8





LURGINTZA

HERNANDEZ DEL CAMPO, 21 - 5º

48010 - BILBAO

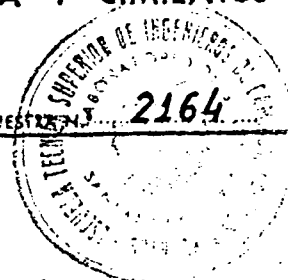
GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

TFNO. (94) 444 68 53

ANEXO.- 6

6.1.- Granulometrias

MINISTERIO DE INTERIORES
MUESTRA N.º 2163



TRABAJO N.º **224**

DENOMINACION: **ANDETA**

MUESTRA N.º

2164

ANALISIS GRANULOMETRICO

% Pasa por los tamices

Tamices Serie A. S. T. M.

N.º 200
N.º 100
N.º 80
N.º 70
N.º 60
N.º 50
N.º 40
N.º 30
N.º 16
N.º 12
N.º 10
N.º 8
N.º 4

7/16"
3/8"
1/2"
5/8"
3/4"
7/8"
1"
1 1/8"
1 1/4"
1 3/8"
1 1/2"
1 3/4"
2"
2 1/4"
2 3/4"
3"
3 3/4"
4"

% Que pasa

Tamaño de las partículas en mm.

85/12/2018

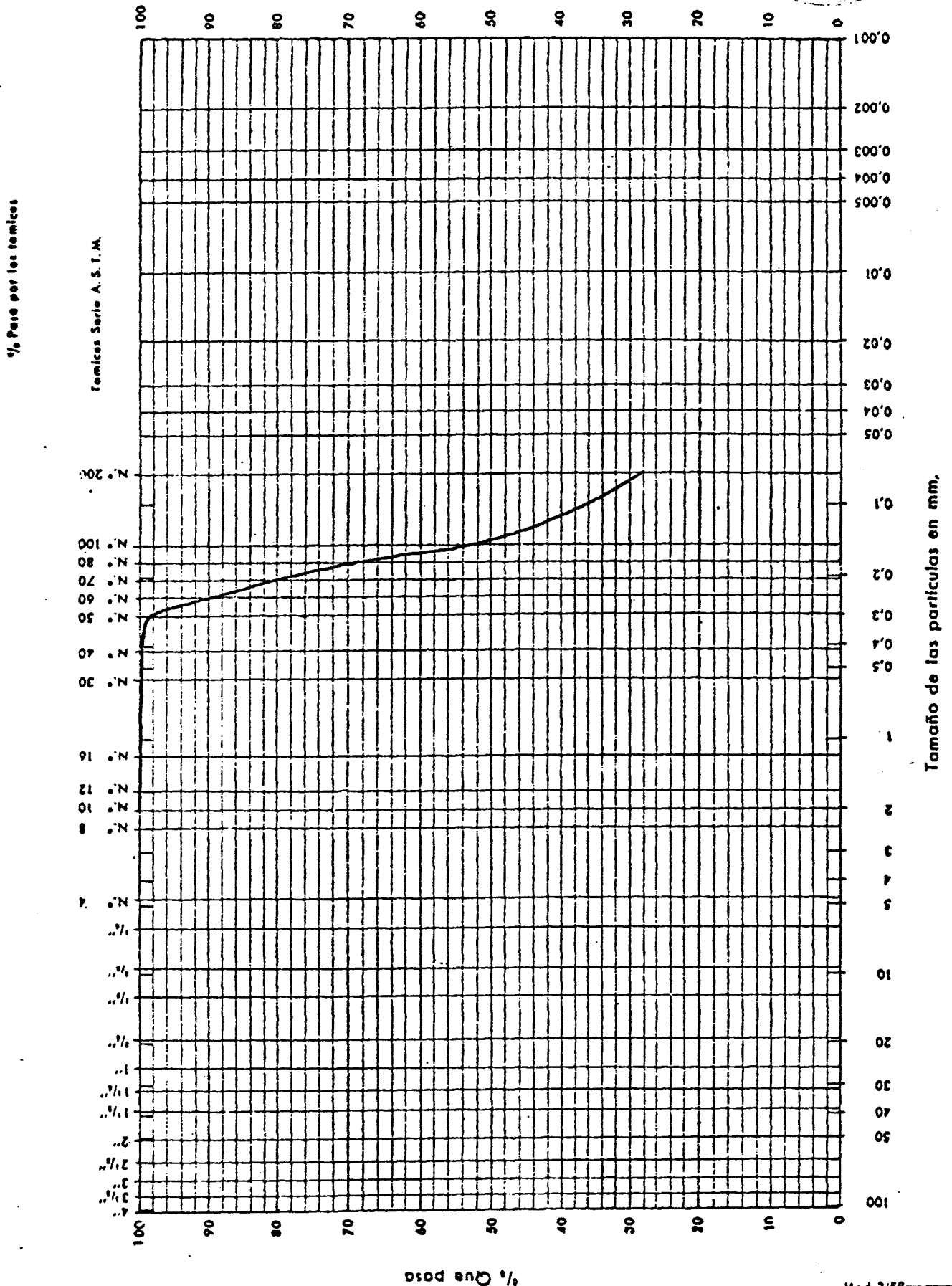
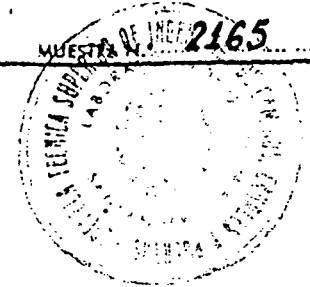


TRABAJO N.º 224

DENOMINACIÓN: ANDETA

MUESTRA N.º 2165

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

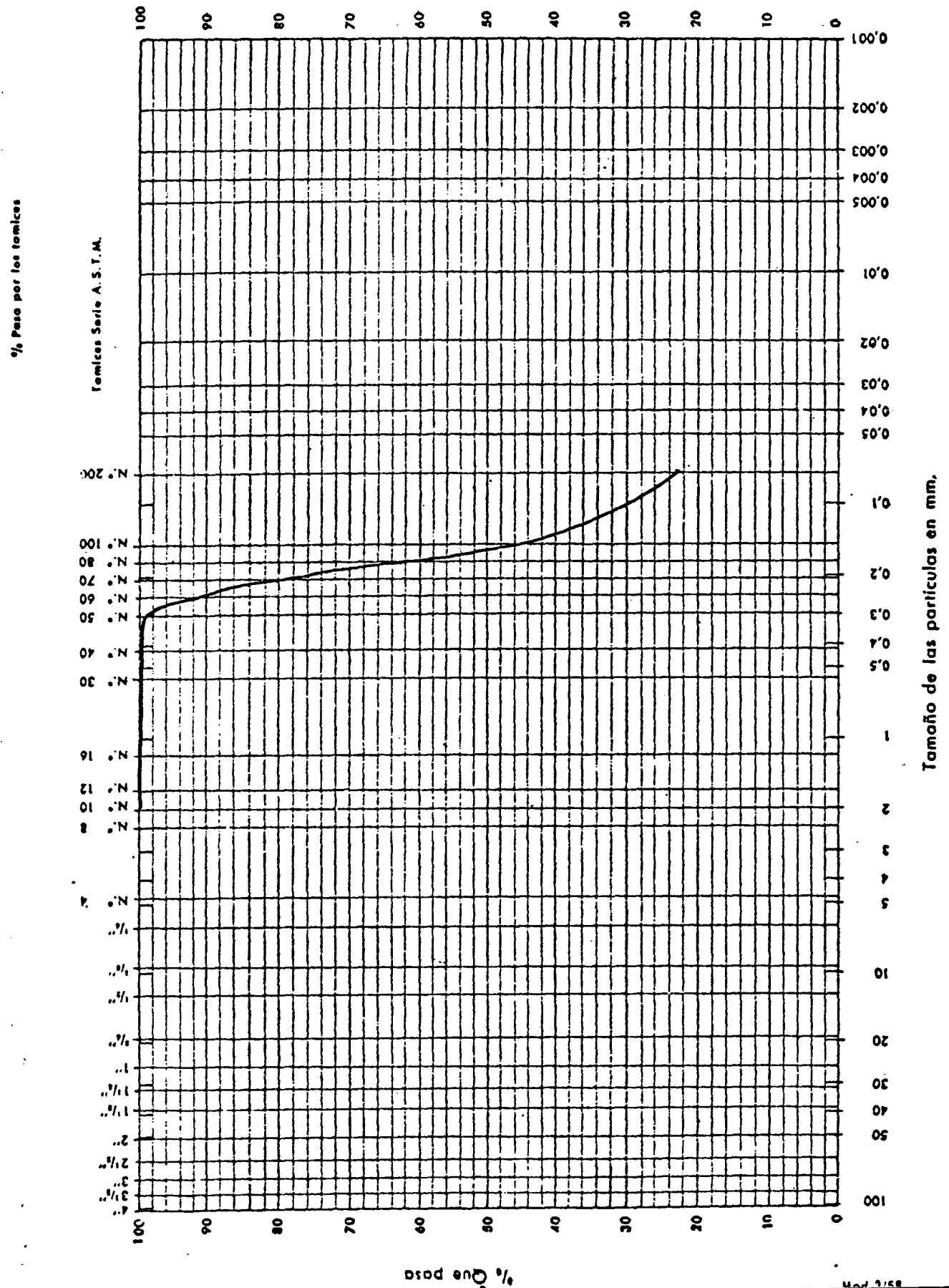


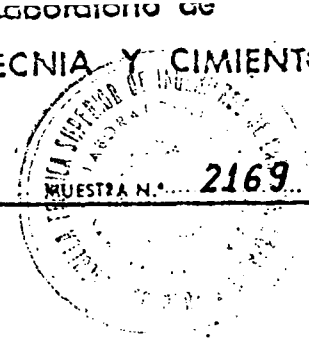


TRABAJO N.º 224

DENOMINACION: ANDETA

ANALISIS GRANULOMETRICO



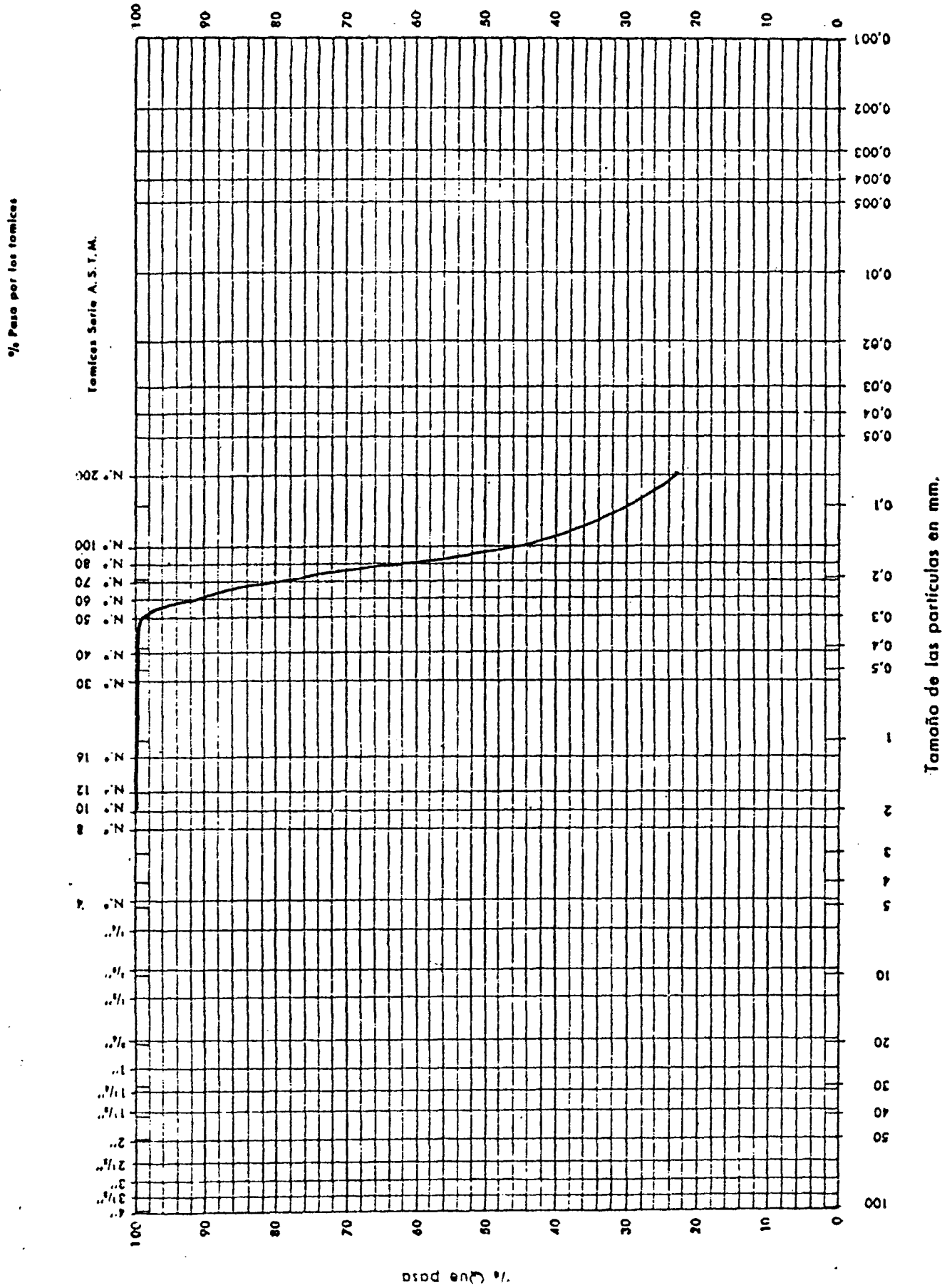


TRABAJO N.º 224

DENOMINACIÓN: ANDETA

MUESTRA N.º 2169

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO





TRABAJO N.º **224**

DENOMINACIÓN: **ANOETA**

MUESTRA N.º **2174**



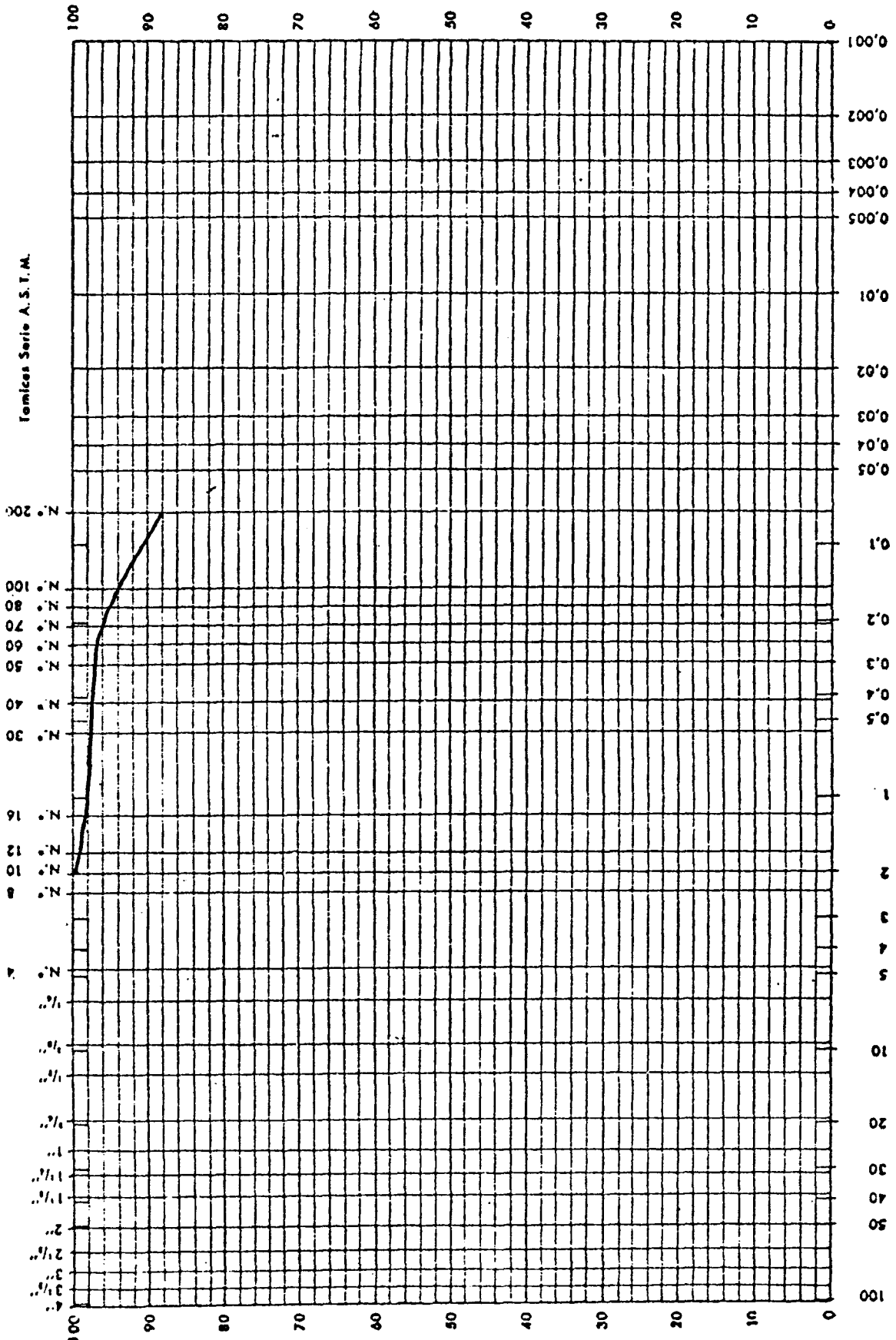
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

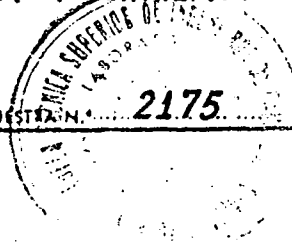
% Pasa por los tamices

Tamices Serie A. S. T. M.

N.º 200
N.º 100
N.º 80
N.º 70
N.º 60
N.º 50
N.º 40
N.º 30
N.º 16
N.º 12
N.º 10
N.º 8
N.º 4
N.º 2
N.º 1
N.º 1/2
N.º 1/4
N.º 1/8
N.º 3/16
N.º 1/2
N.º 3/4
N.º 1
N.º 1 1/4
N.º 1 1/2
N.º 2
N.º 2 1/2
N.º 3
N.º 4
N.º 6
N.º 10
N.º 20
N.º 40
N.º 60
N.º 80
N.º 100
N.º 200

Tamaño de las partículas en mm.





TRABAJO N.º **224**

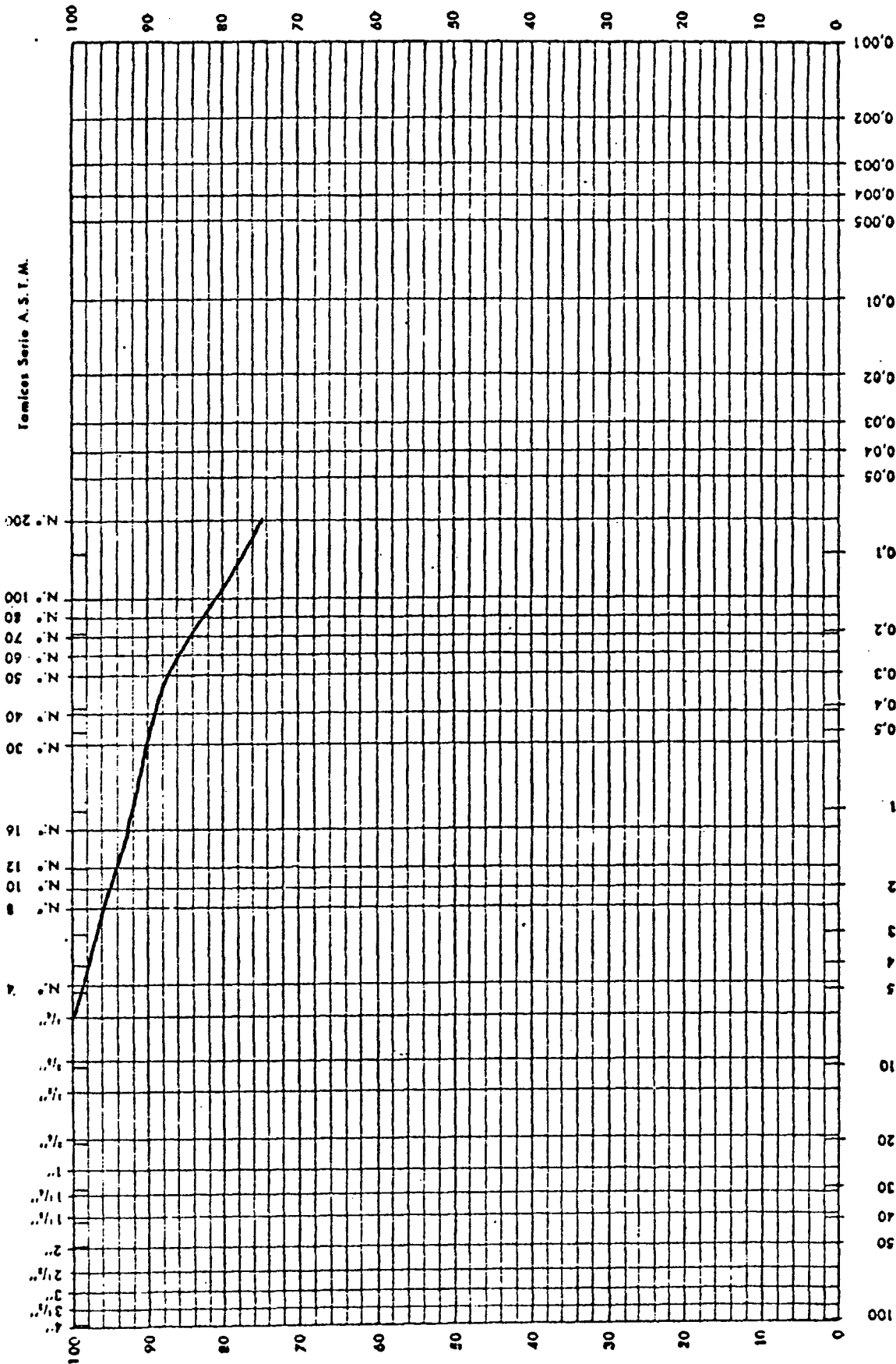
DENOMINACIÓN: **ANOETA**

MUESTRA N.º **2175**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

% Pasa por los tamices

Tamices Serie A. S. T. M.



Tamaño de las partículas en mm.

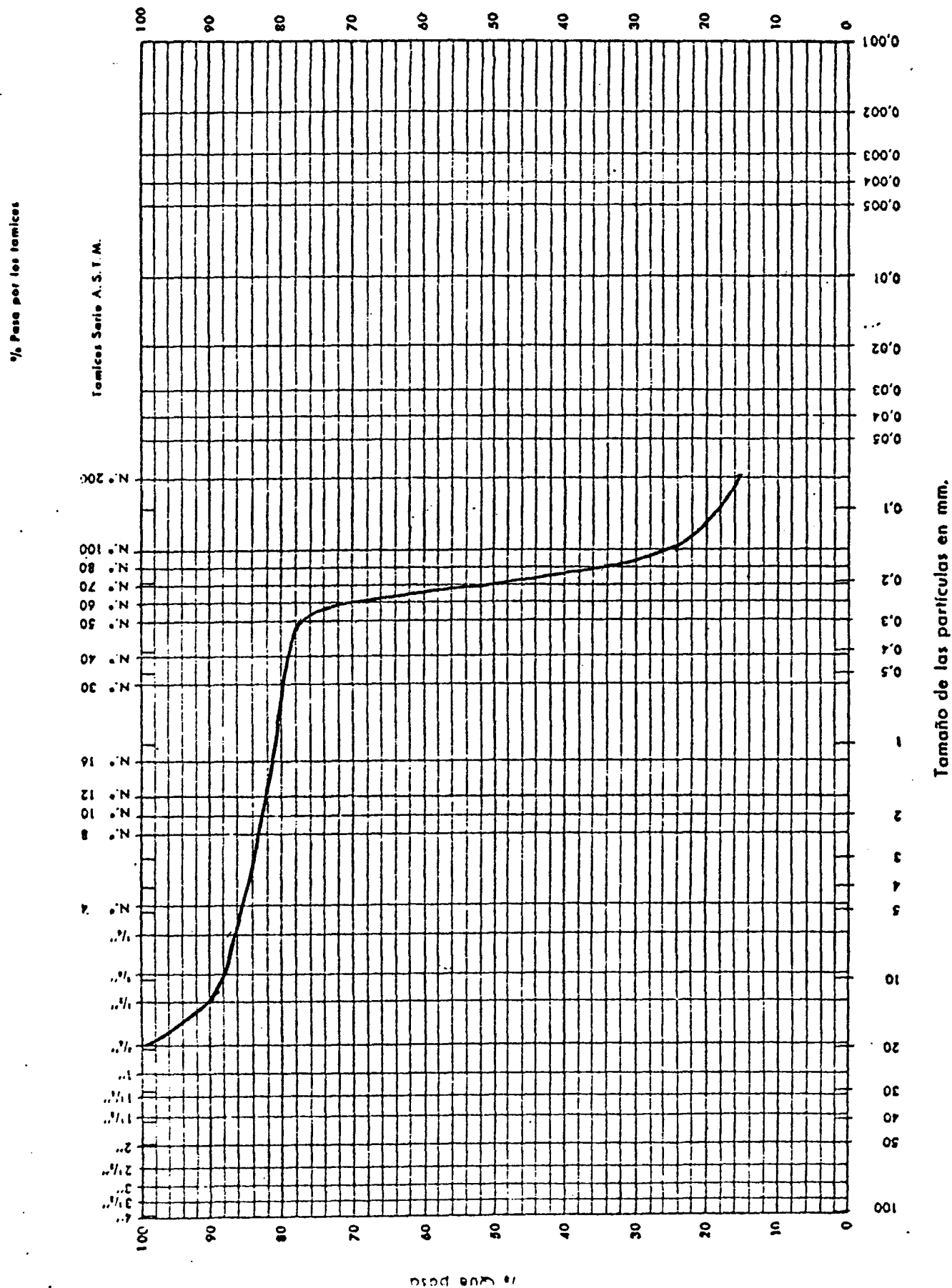


TRABAJO N.º 224

DENOMINACIÓN: ANDETA

MUESTRA N.º 2176

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO





ANEXO.- 6

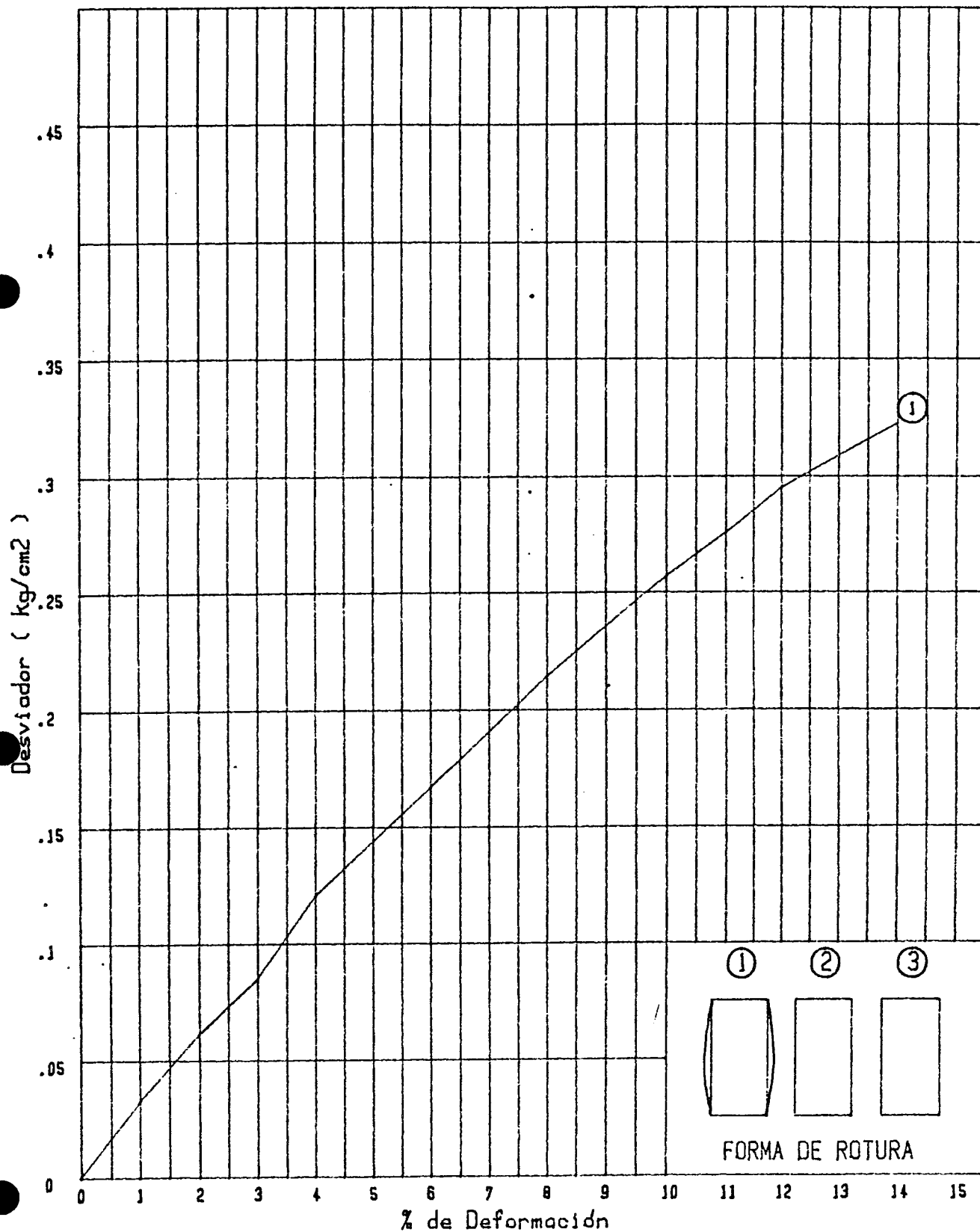
6.2.- Ensayos de Compresion Simple

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

REFERENCIA DE LA MUESTRA: 2147

Probeta No.	1				
Humedad (%)	41				
Densidad seca	1.24				
Qu (kg/cm ²)	.32				
Pres.celula	0				

CURVAS DE ROTURA

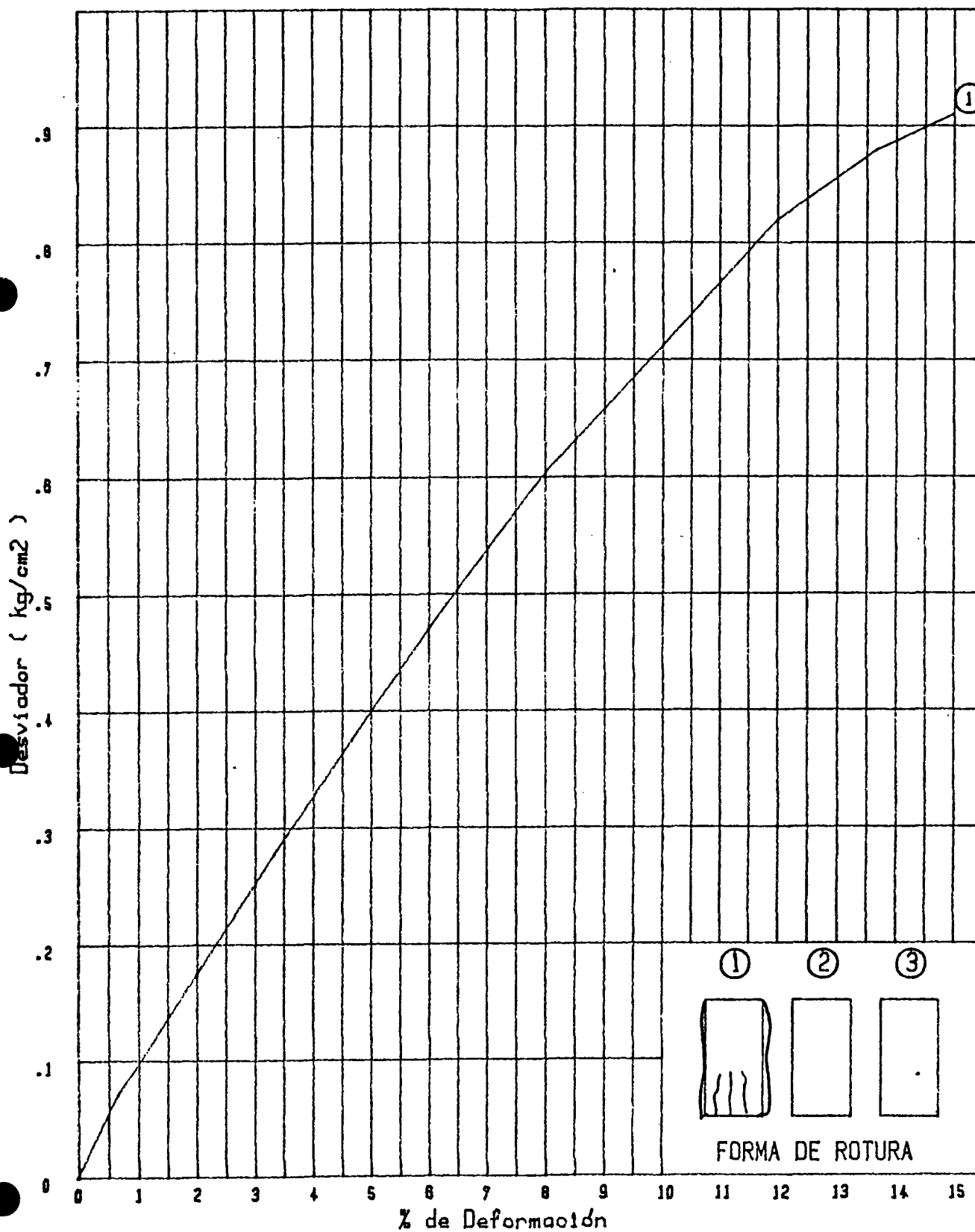


ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

REFERENCIA DE LA MUESTRA: 2149

Probeta No.	1				
Humedad (%)	32				
Densidad seca	1.41				
Qu (kg/cm ²)	.91				
Pres. celula	0				

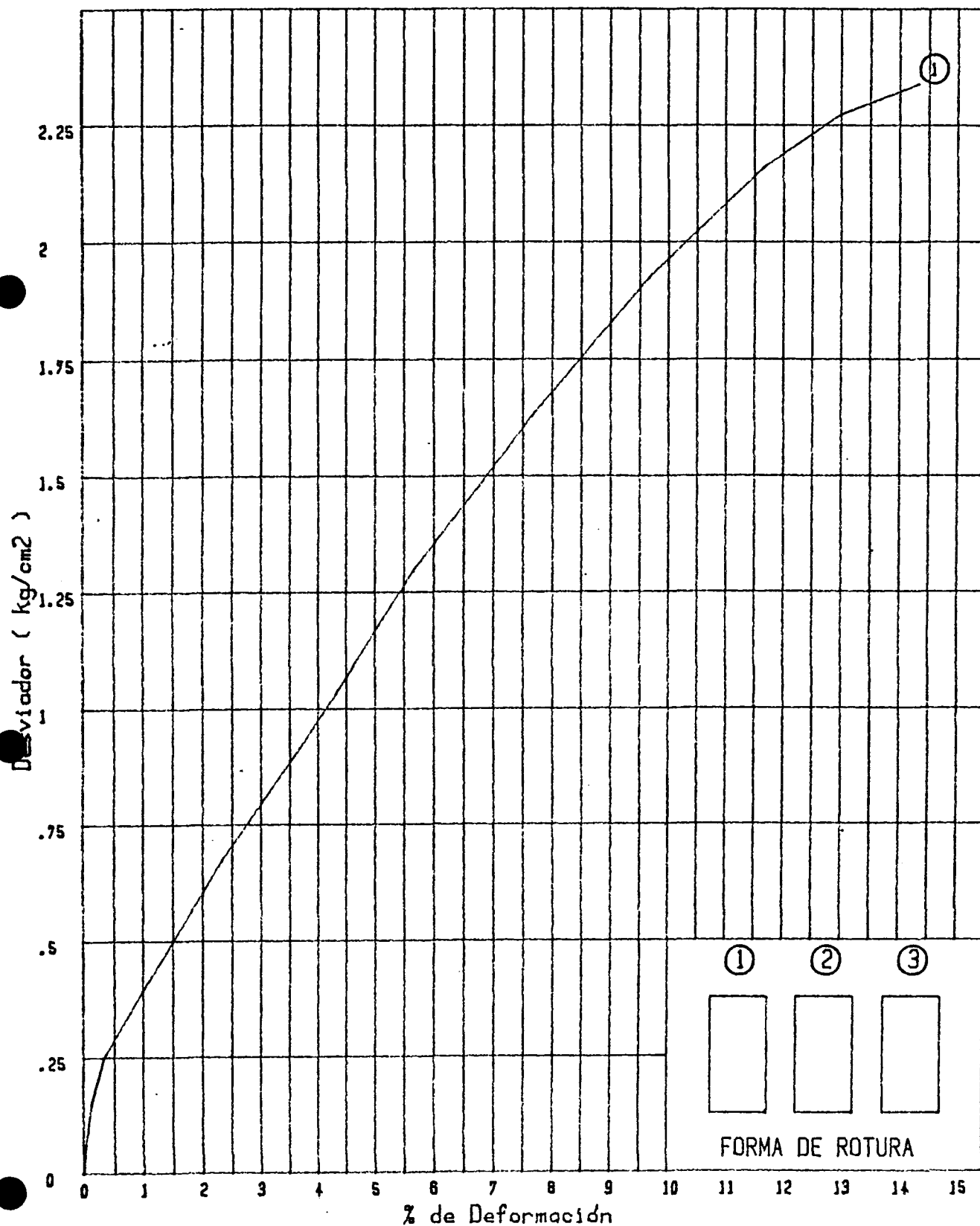
CURVAS DE ROTURA



ENSAYO TRIAXIAL UU REFERENCIA DE LA MUESTRA: 2150

Probeta No.	1				
Humedad (%)	26				
Densidad seca	1.62				
Qu (kg/cm ²)	2.34				
Pres.celula	1				

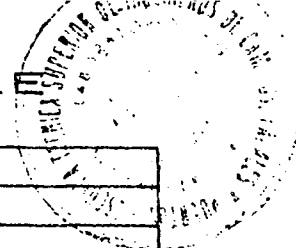
CURVAS DE ROTURA



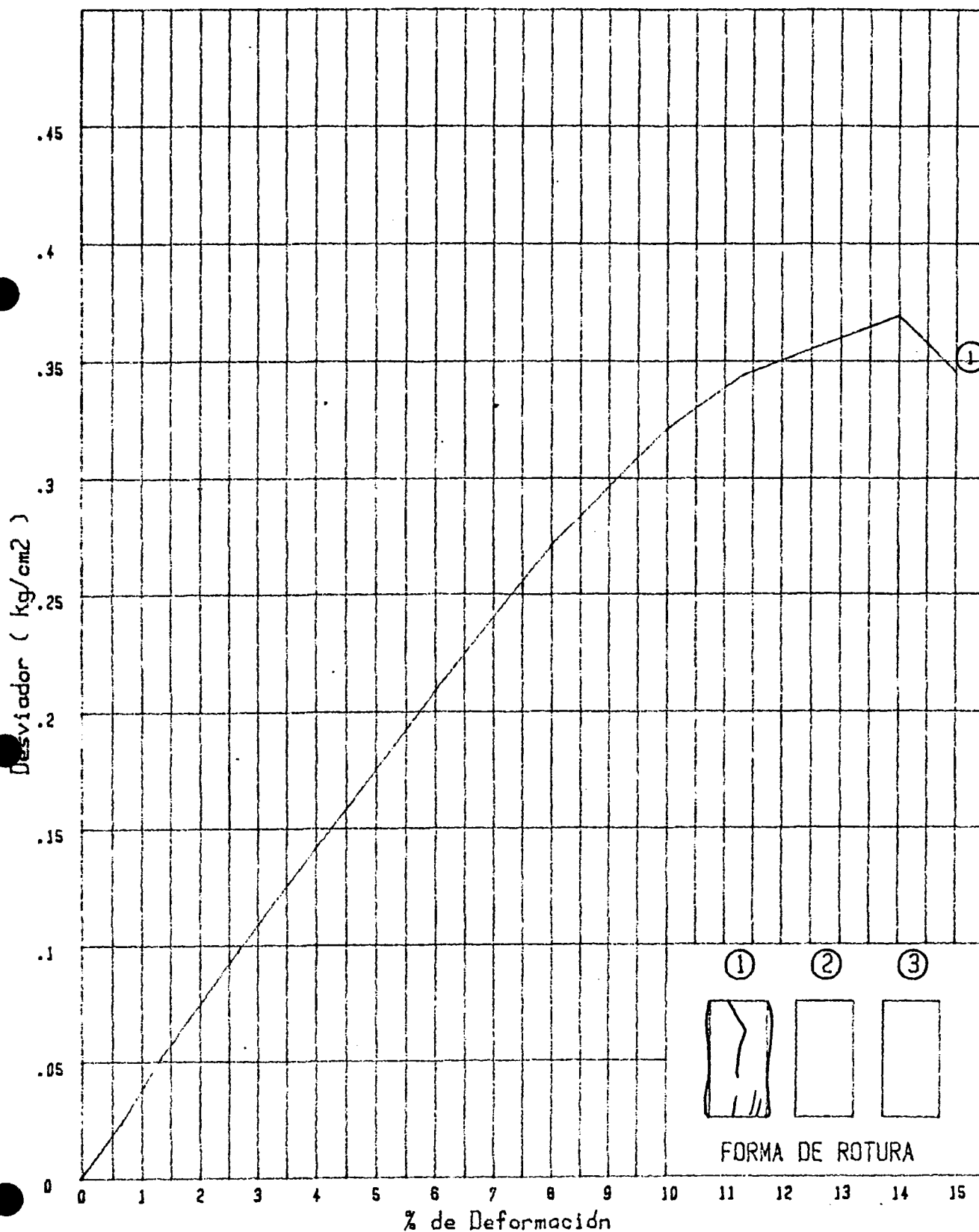
ENSAYO DE COMPRESION SIMPL

REFERENCIA DE LA MUESTRA: 2155

Probeta No.	1				
Humedad (%)	45				
Densidad seca	1.16				
Qu (kg/cm ²)	.37				
Pres.celula	0				



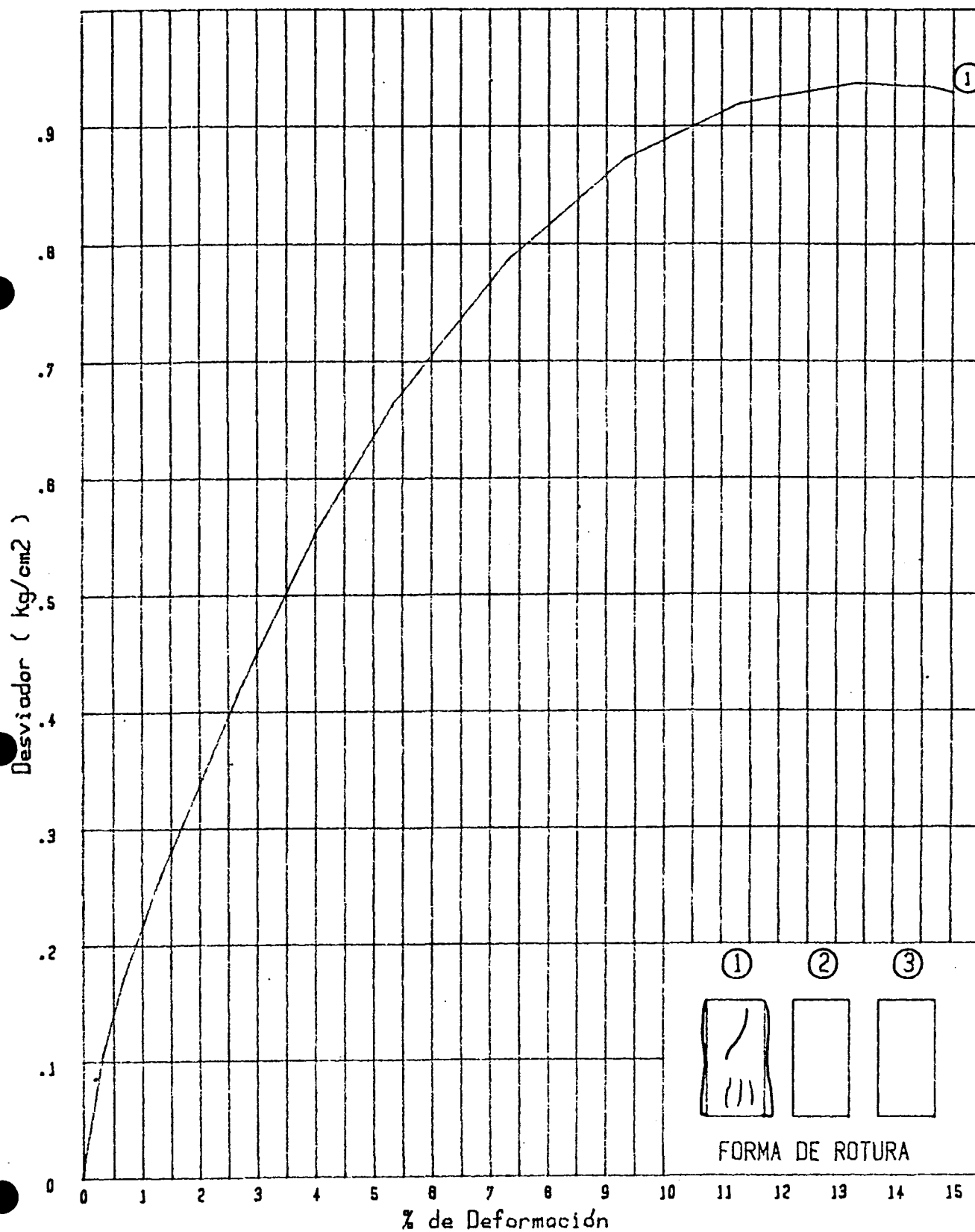
CURVAS DE ROTURA



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE REFERENCIA DE LA MUESTRA: 2156

Probeta No.	1				
Humedad (%)	45				
Densidad seca	1.15				
Qu (kg/cm ²)	.94				
Pres. celula	0				

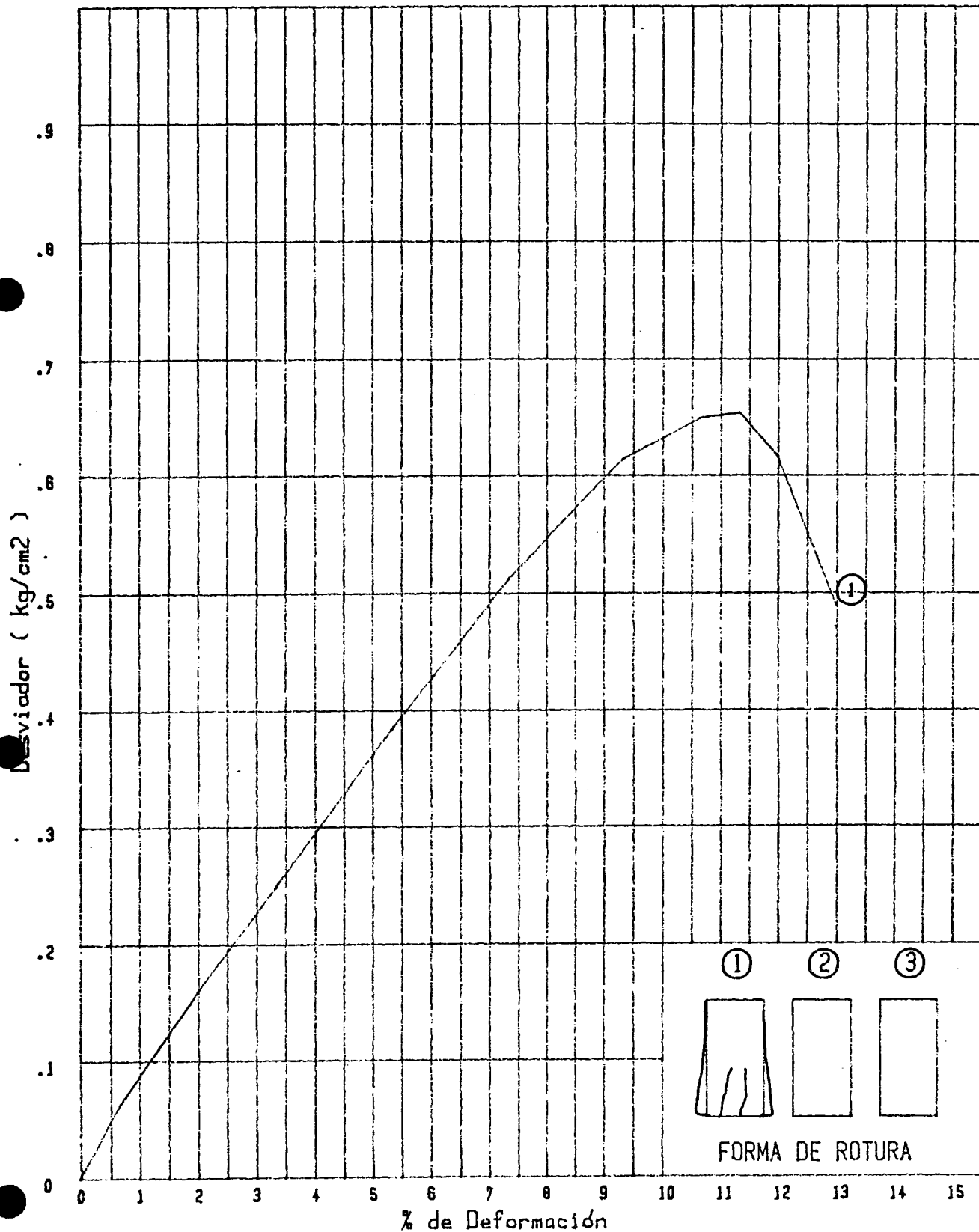
CURVAS DE ROTURA



ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE REFERENCIA DE LA MUESTRA: 2158

Probeta No.	1				
Humedad (%)	37				
Densidad seca	1.31				
Qu (kg/cm ²)	.65				
Pres.celula	0				

CURVAS DE ROTURA

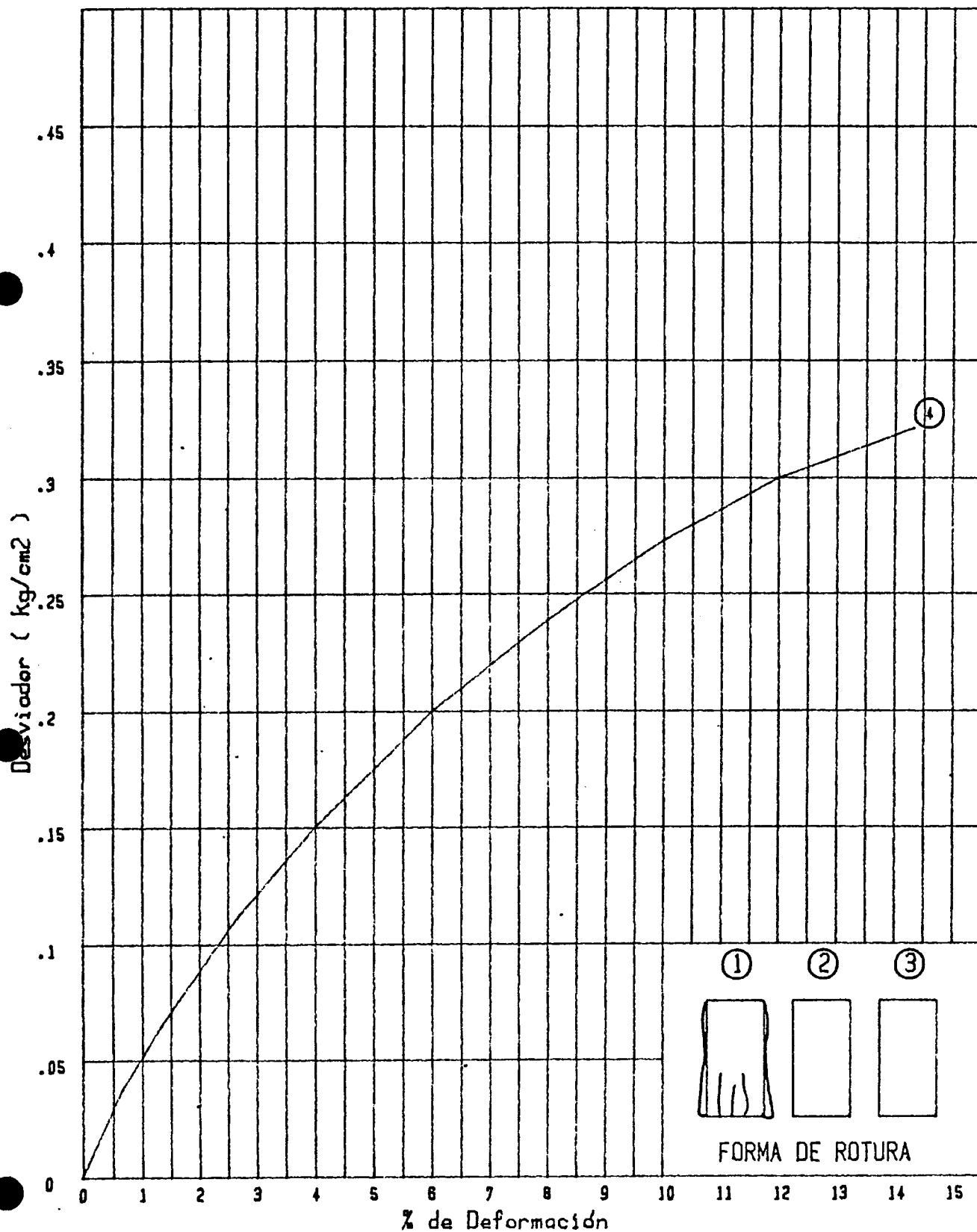


ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

REFERENCIA DE LA MUESTRA: 2159

Probeta No.				4	
Humedad (%)				40	
Densidad seca				1.25	
Qu (kg/cm ²)				.32	
Pres. celula				0	

CURVAS DE ROTURA

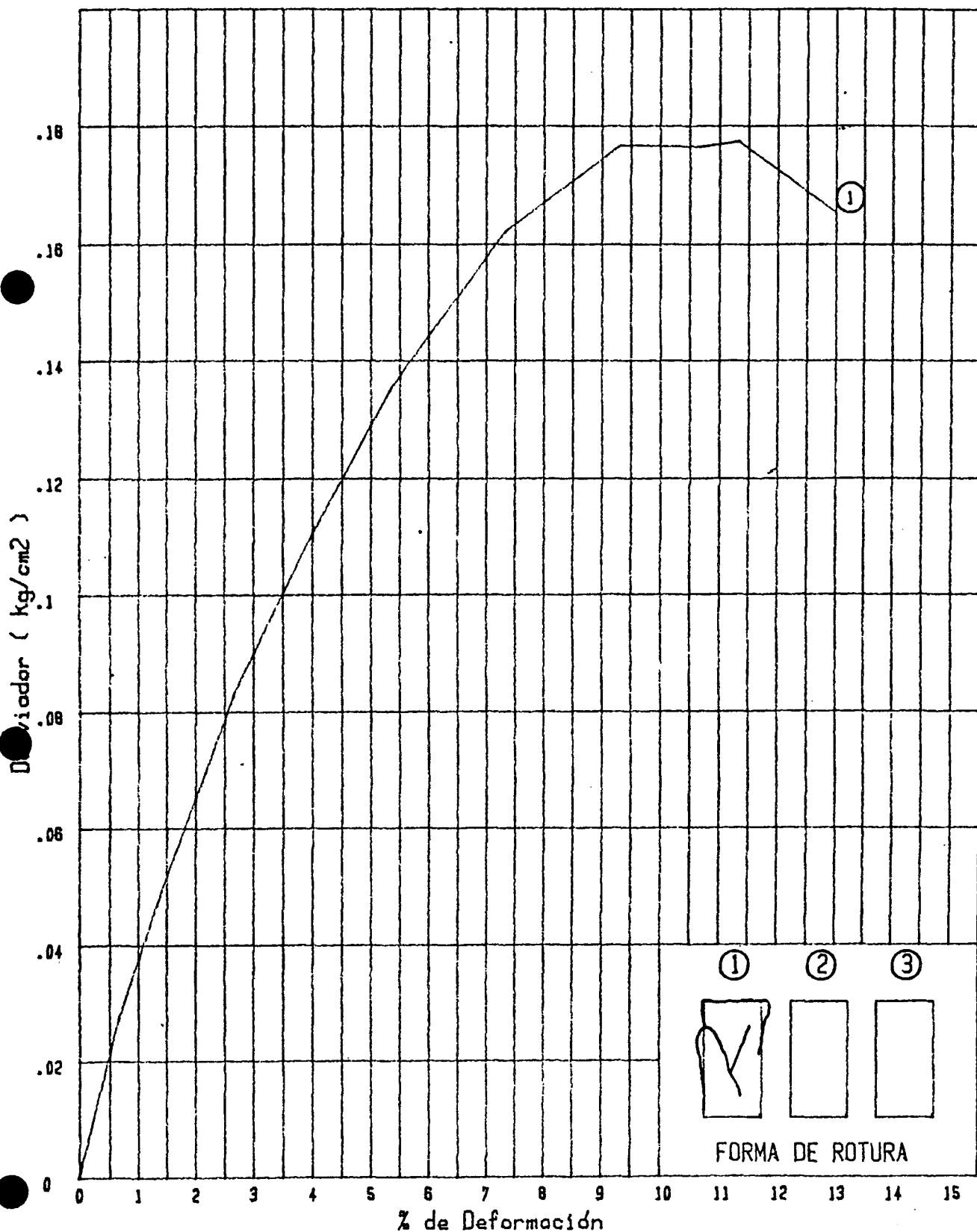


ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

REFERENCIA DE LA MUESTRA: 2161

Probeta No.	1			
Humedad (%)	40			
Densidad seca	1.29			
Qu (kg/cm ²)	.22			
Pres.celula	0			

CURVAS DE ROTURA

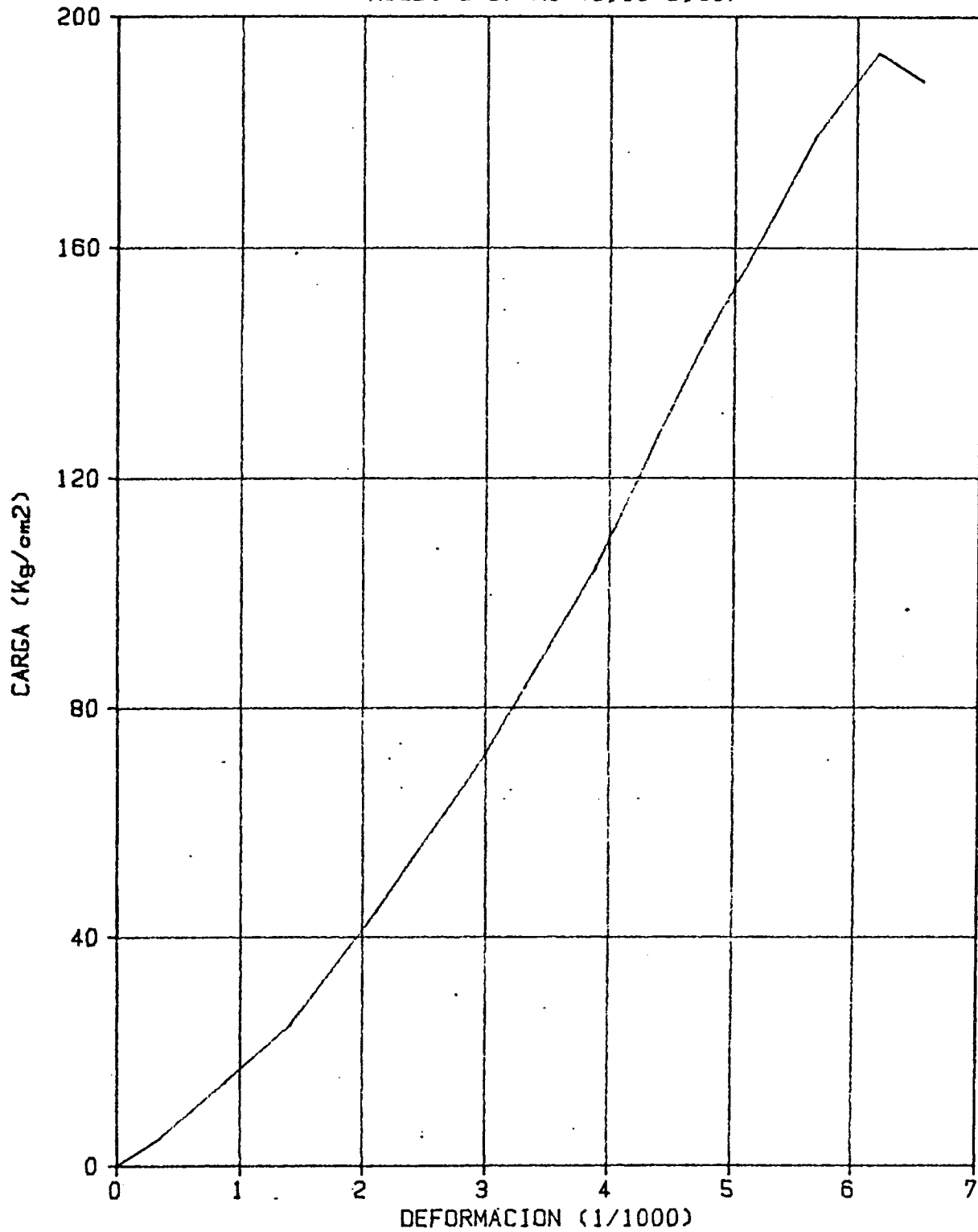


ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE EN ROCAS

DEFORMACIONES MEDIDAS CON LVDT



Muestra S7-M1 (9,10-9,50)





ANEXO.- 6

6.3.- Edometros

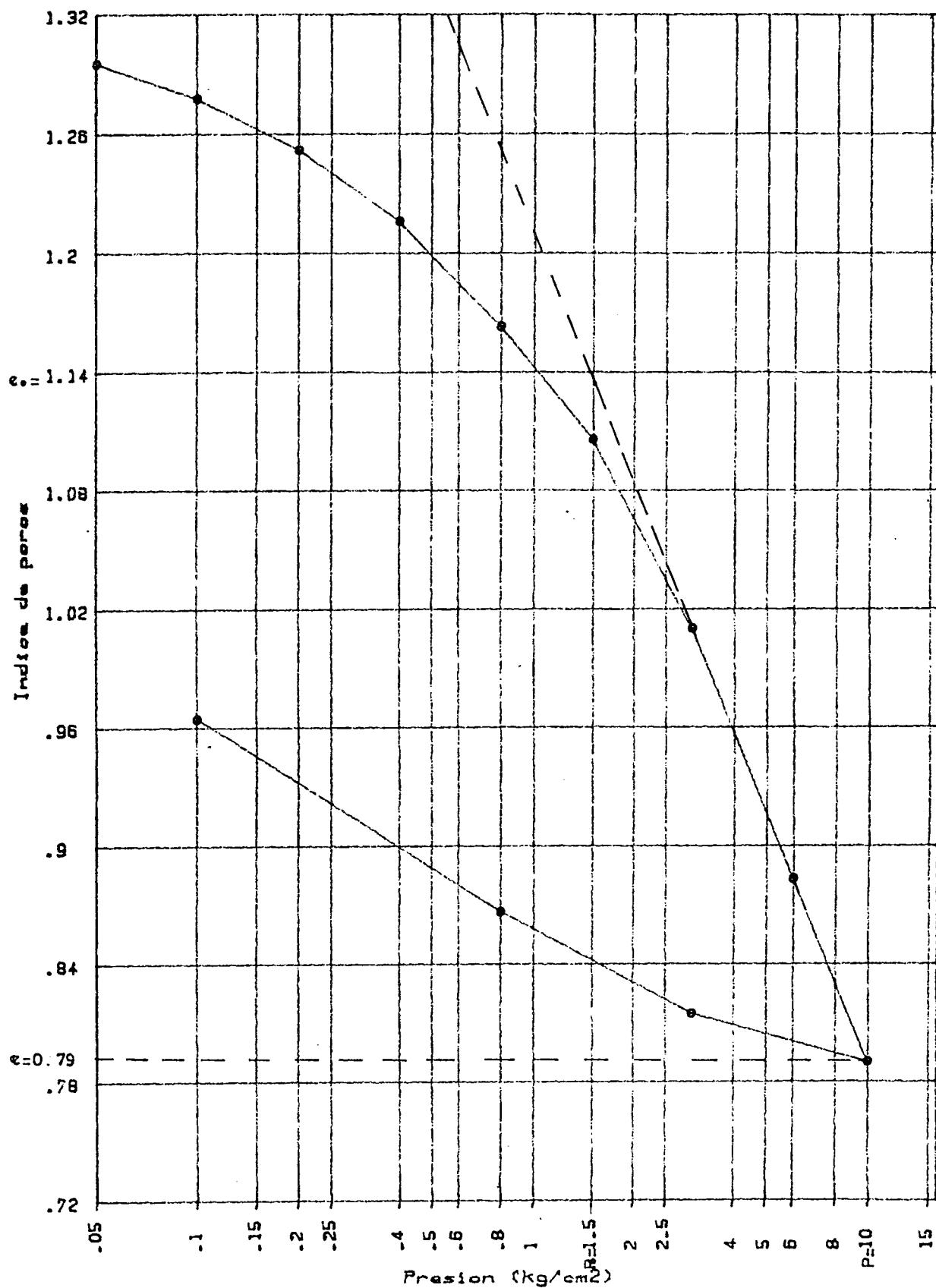
ENSAYO EDOMETRICO

Curva edométrica

Muestra No.: 2152

Peso específico de partículas: 2.5 gr/cm³

Humedad final: 38.5 %



ENSAYO EDOMETRICO

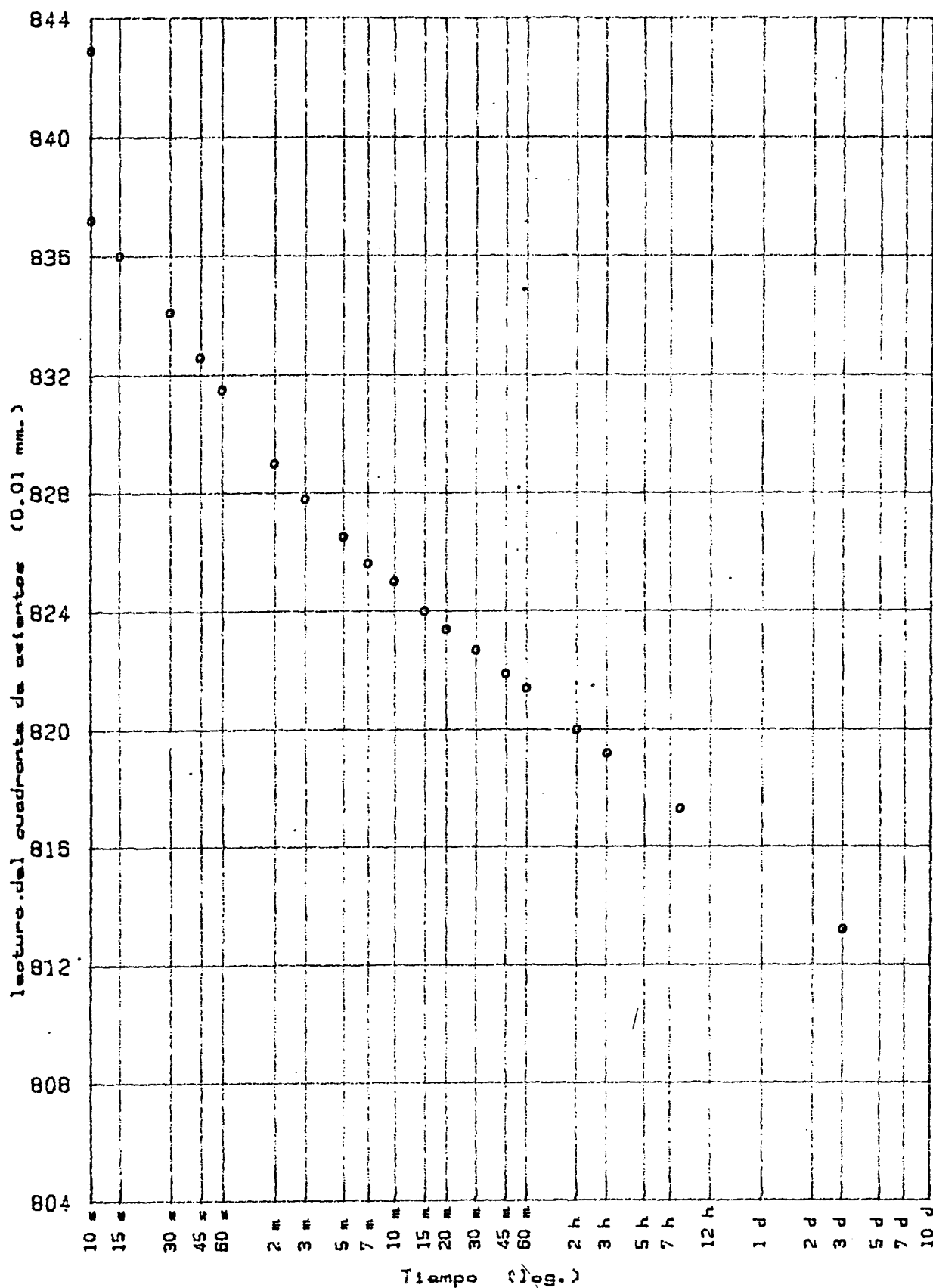
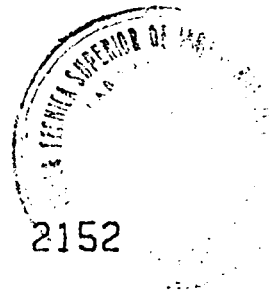
Curvas de Consolidacion

Muestra No.: 2152

Escala de .4 a .8 Kg/cm²

Lectura inicial del ensayo 900

Altura inicial de la muestra 12 mm.



ENSAYO EDOMETRICO

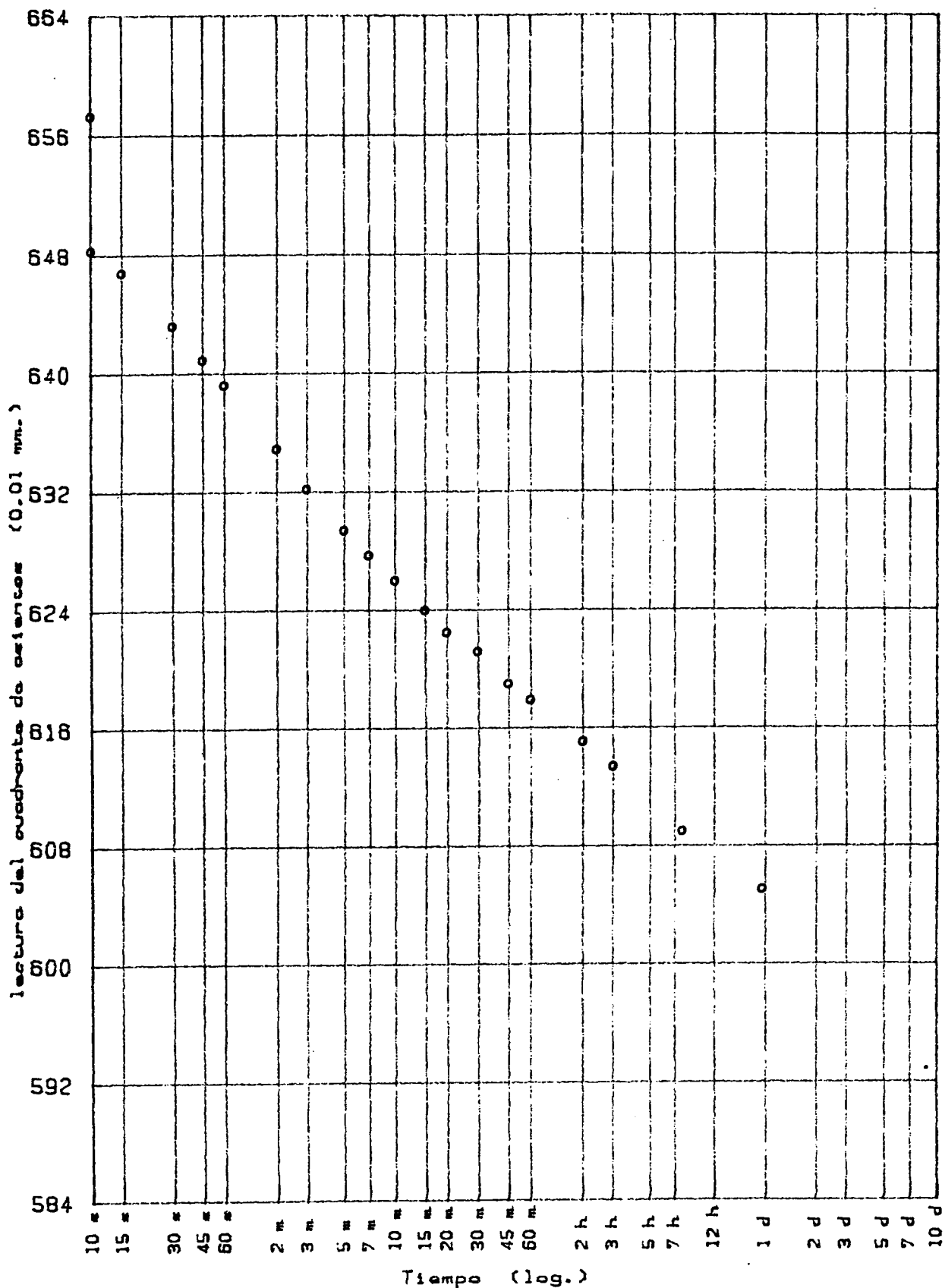
Curvas de Consolidacion

Muestra No.: 2152

Escala de 8 a 10 Kg/cm²

Lectura inicial del ensayo 900

Altura inicial de la muestra 12 mm.



ENSAYO EDOMETRICO

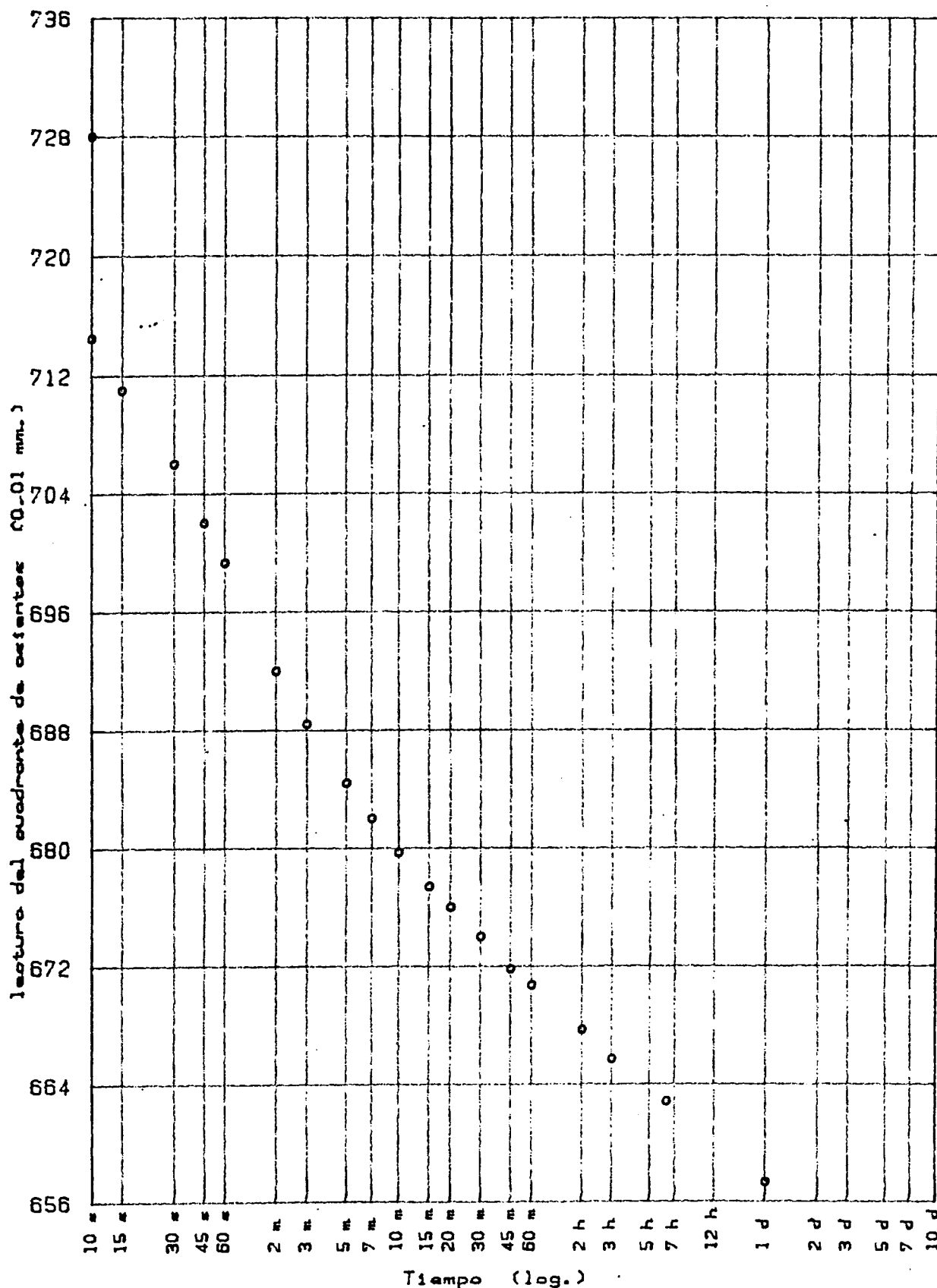
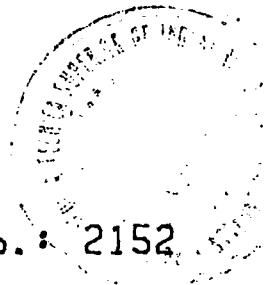
Curvas de Consolidacion

Muestra No.: 2152

Escala de 3 a 6 Kg/cm²

Lectura inicial del ensayo 900

Altura inicial de la muestra 12 mm.



ENSAYO EDOMETRICO

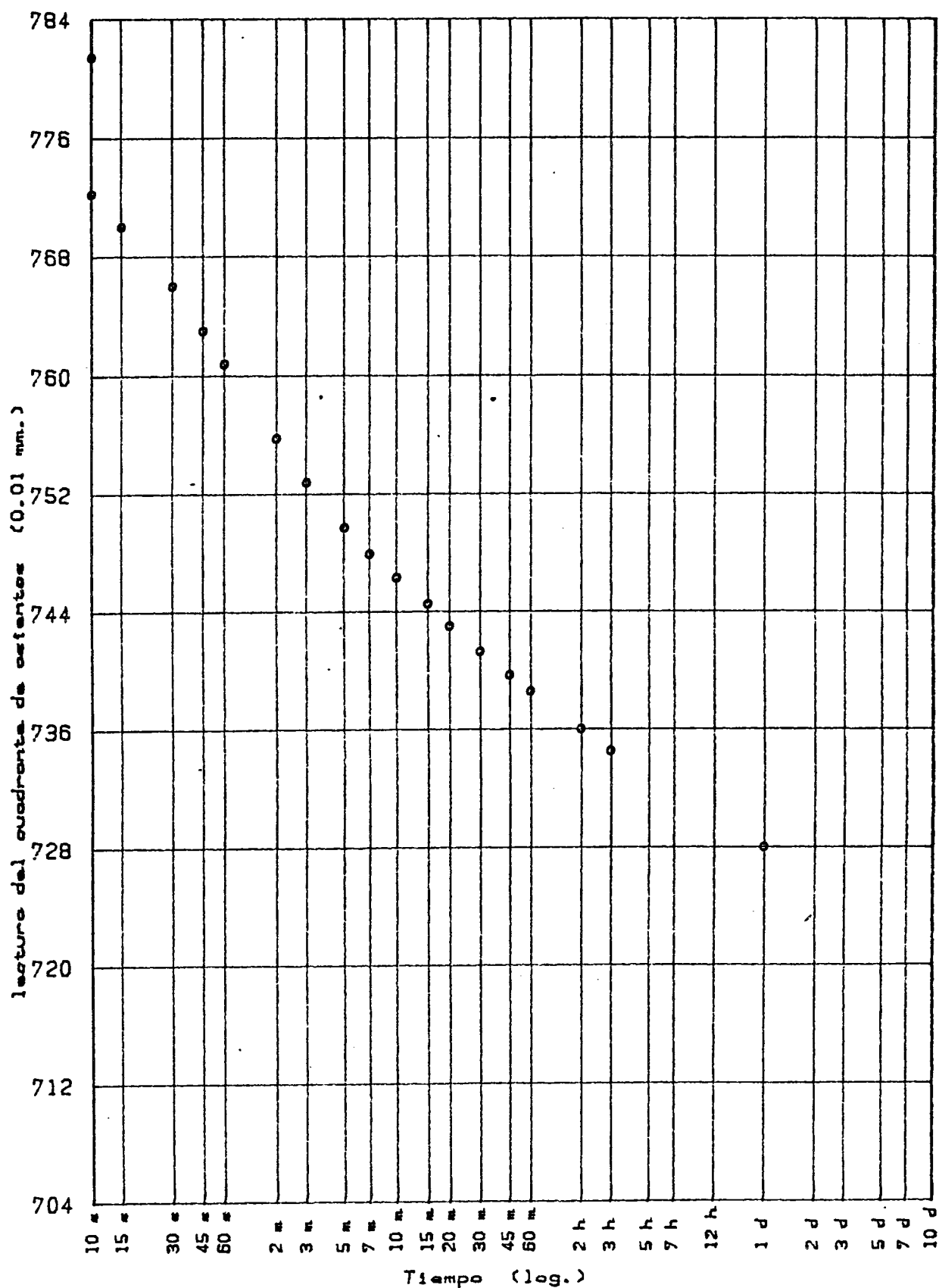
Curvas de Consolidación

Muestra No.: 2152

Escala de 1.5 a 3 Kg/cm²

Lectura inicial del ensayo 900

Altura inicial de la muestra 12 mm.



ENSAYO EDOMETRICO

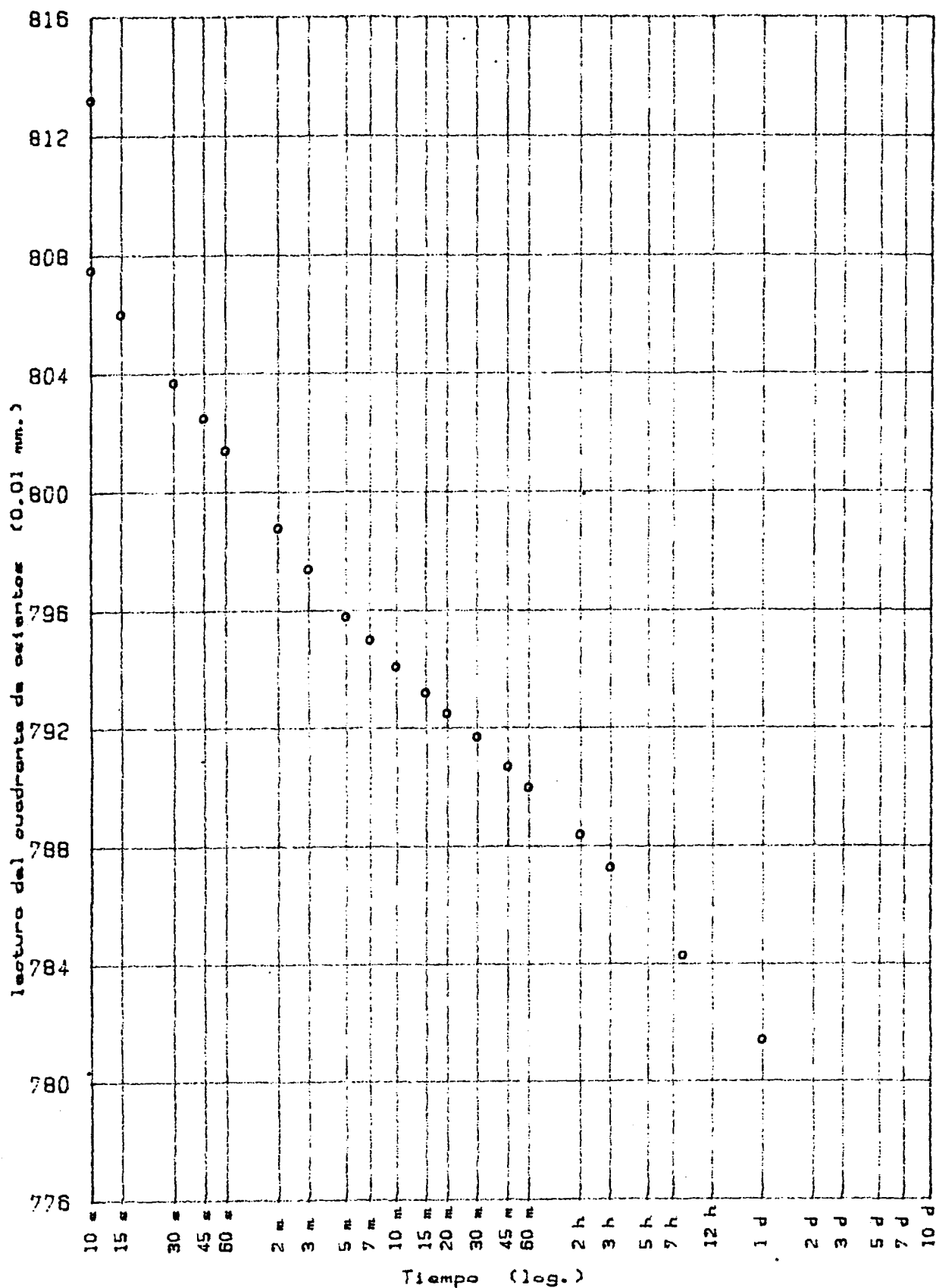
Curvas de Consolidación

Muestra No.: 2152

Escala de .8 a 1.5 Kg/cm²

Lectura inicial del ensayo 900

Altura inicial de la muestra 12 mm.



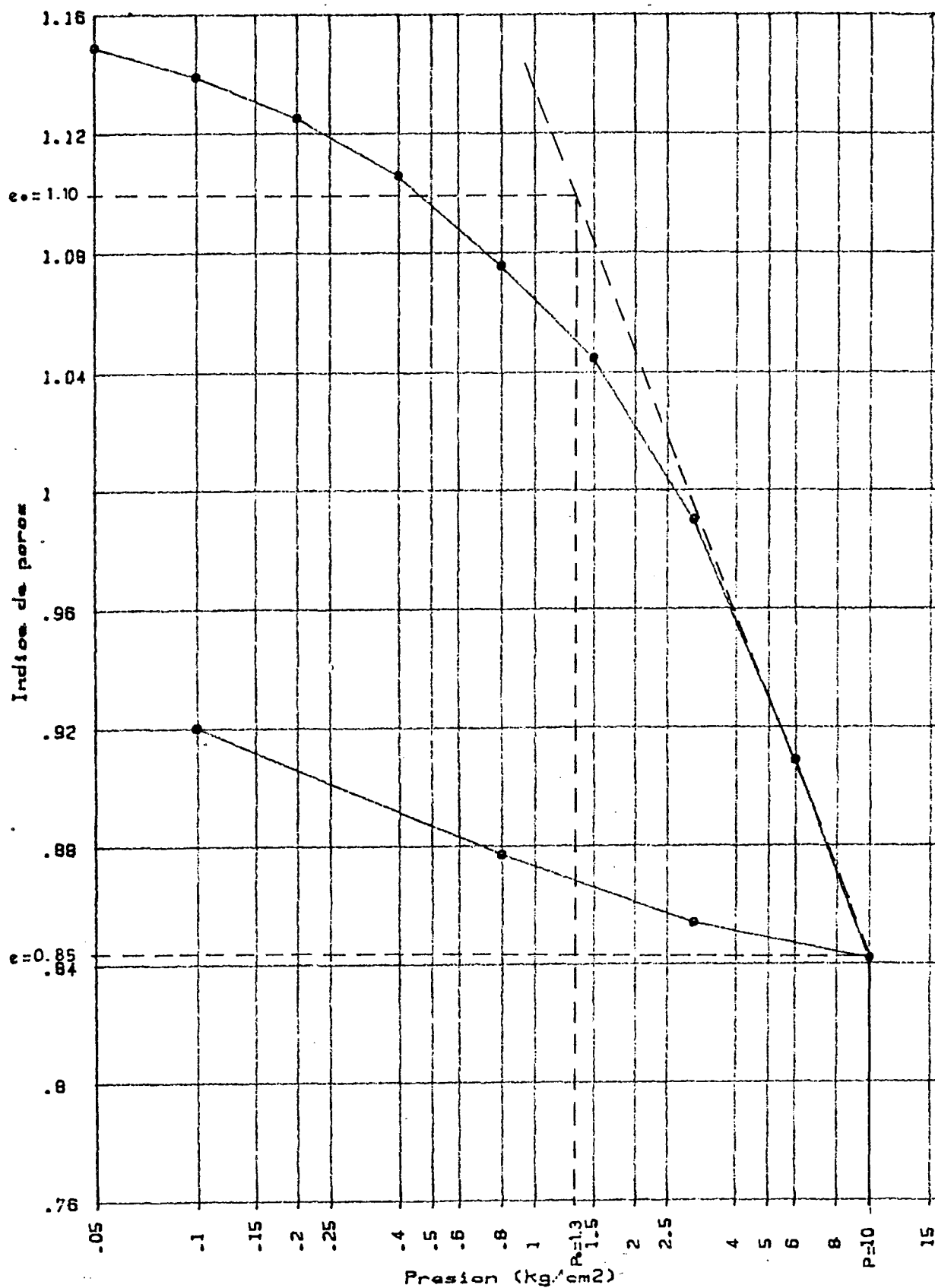
ENSAYO EDOMETRICO

Curva edométrica

Muestra No.: 2158

Peso específico de partículas: 2.5 gr/cm³

Humedad final: 38.7 %



ENSAYO EDOMETRICO

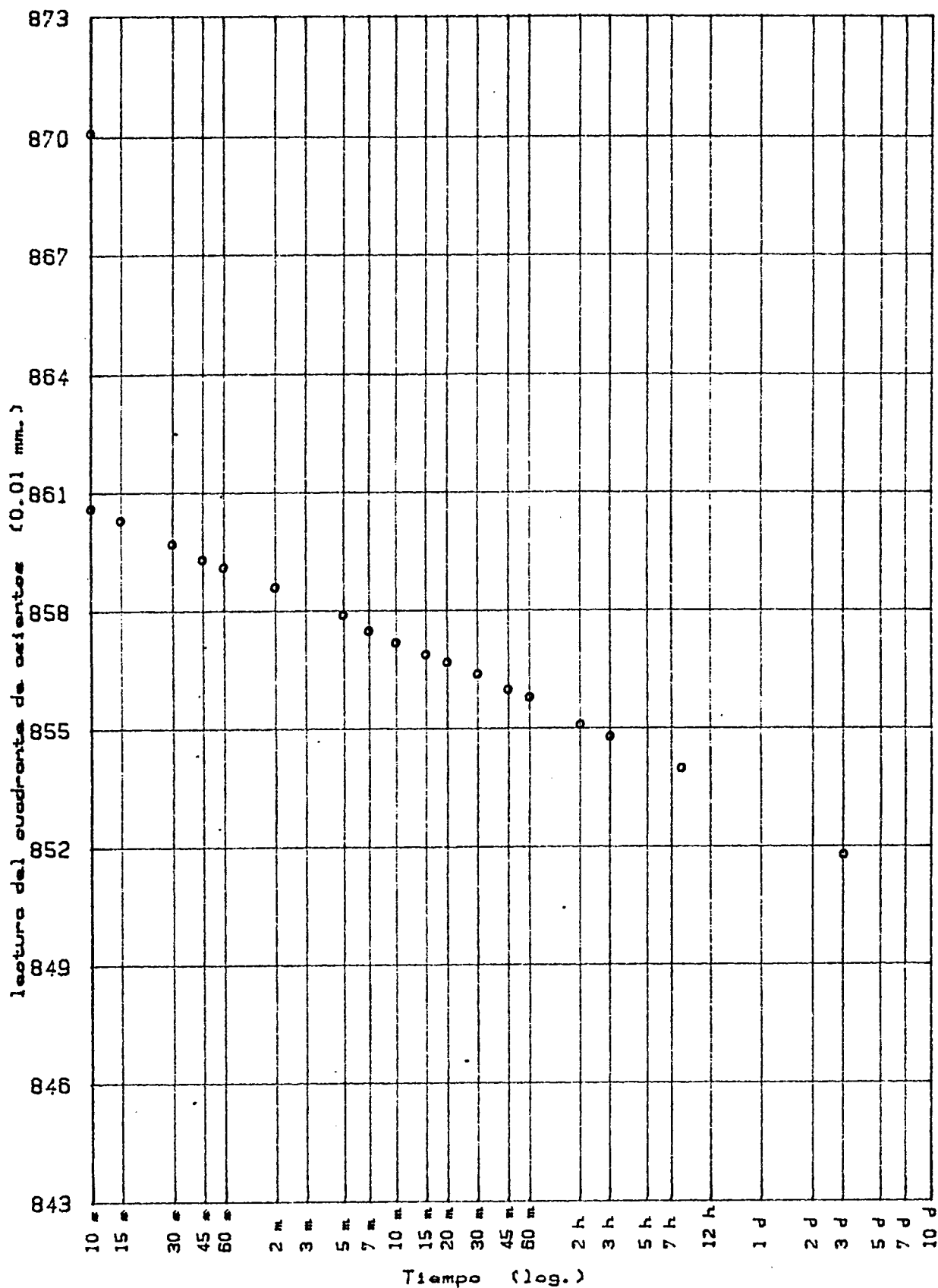
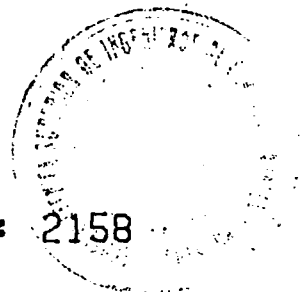
Curvas de Consolidación

Muestra No.: 2158

Escala de .4 a .8 Kg/cm²

Leitura inicial del ensayo 900

Altura inicial de la muestra 12 mm.



ENSAYO EDOMETRICO

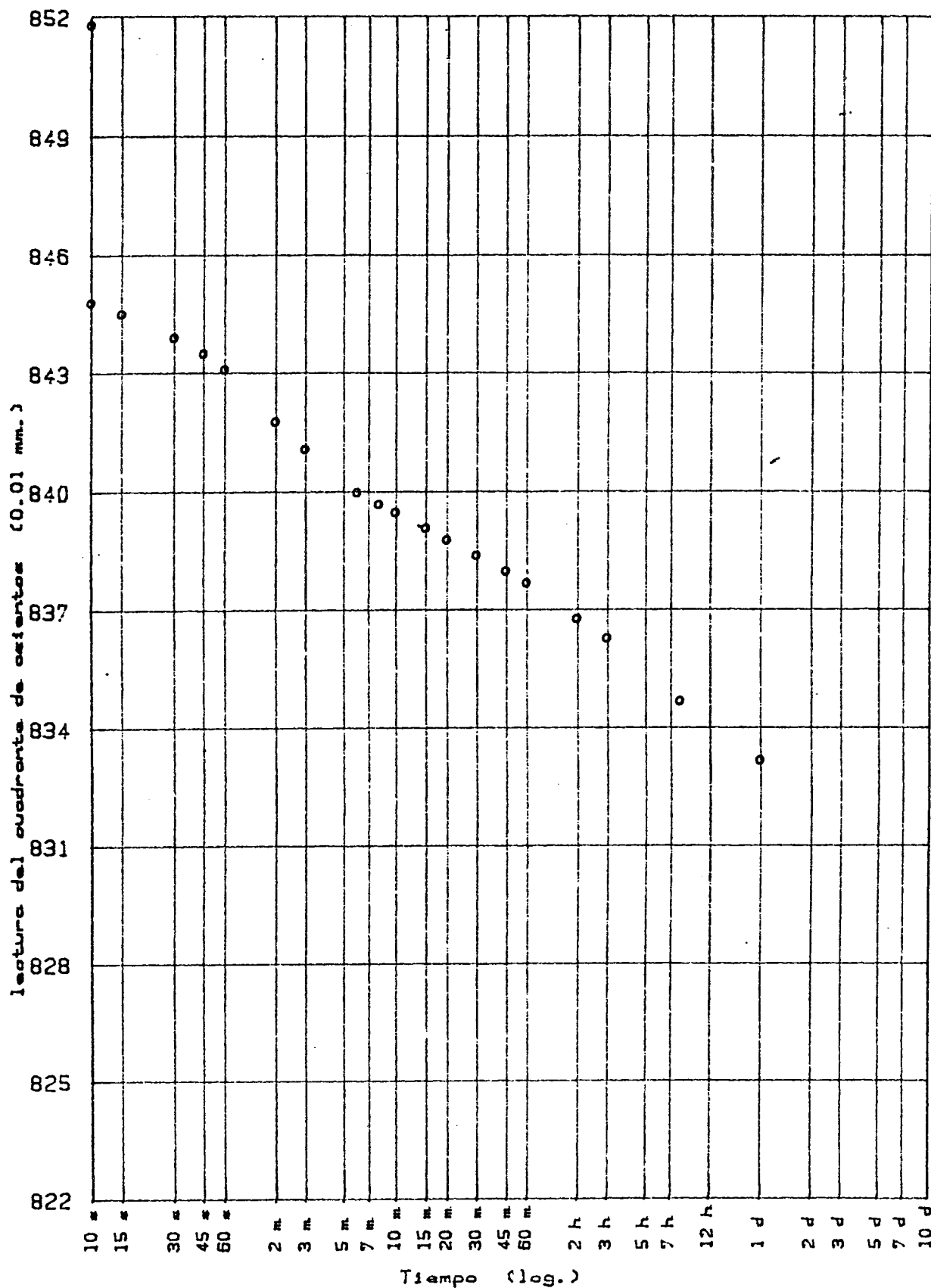
Curvas de Consolidacion

Muestra No.: 2158

Escala de .8 a 1.5 Kg/cm²

Lectura inicial del ensayo 900

Altura inicial de la muestra 12 mm.



ENSAYO EDOMETRICO

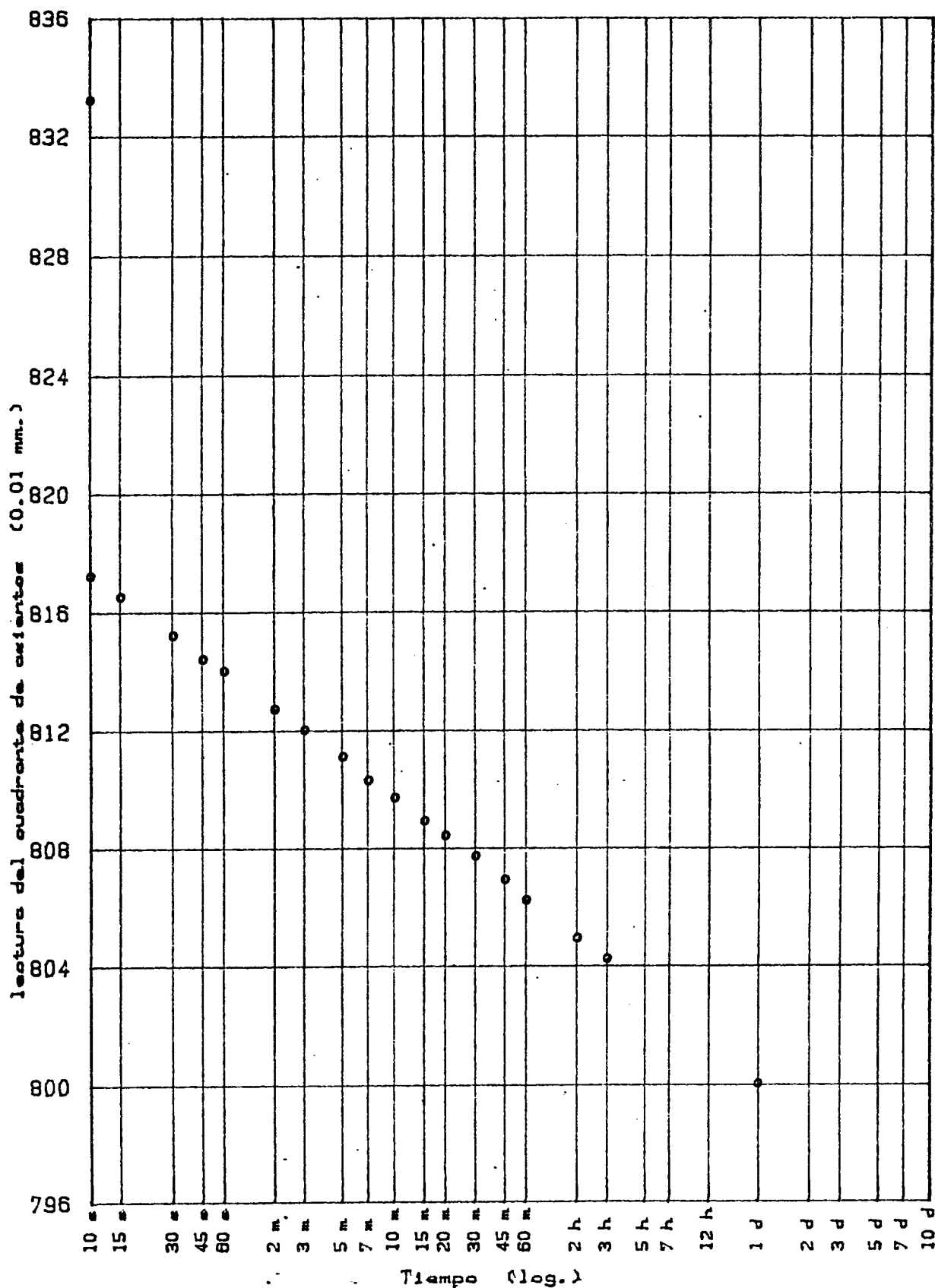
Curvas de Consolidacion

Muestra No.: 2158

Escala de 1.5 a 3 Kg/cm²

Lectura inicial del ensayo 900

Altura inicial de la muestra 12 mm.



ENSAYO EDOMETRICO

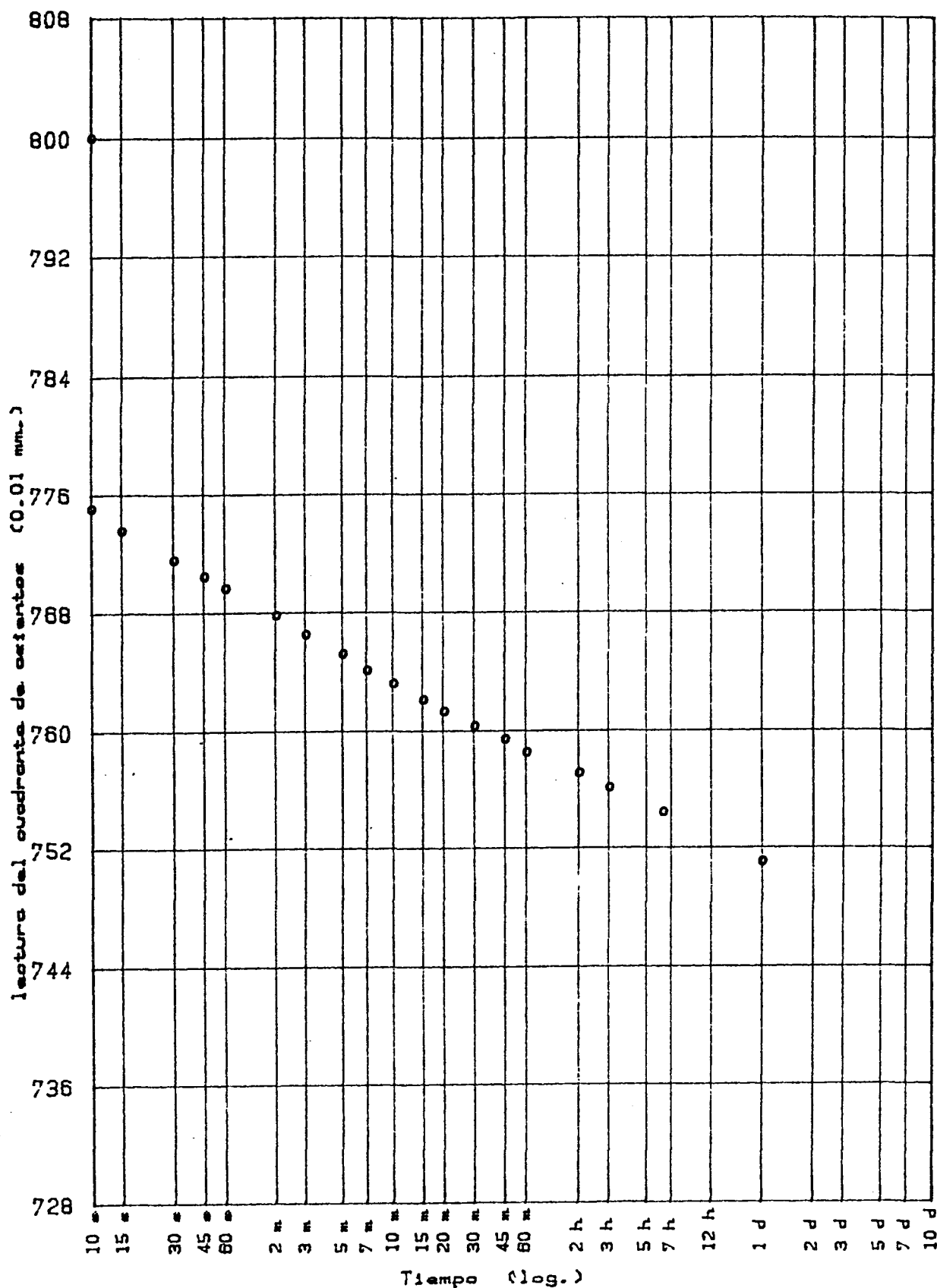
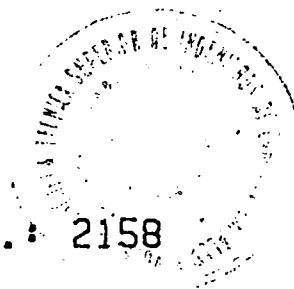
Curvas de Consolidación

Muestra No.: 2158

Escala de 3 a 8 Kg/cm²

Lectura inicial del ensayo 900

Altura inicial de la muestra 12 mm.



ENSAYO EDOMETRICO

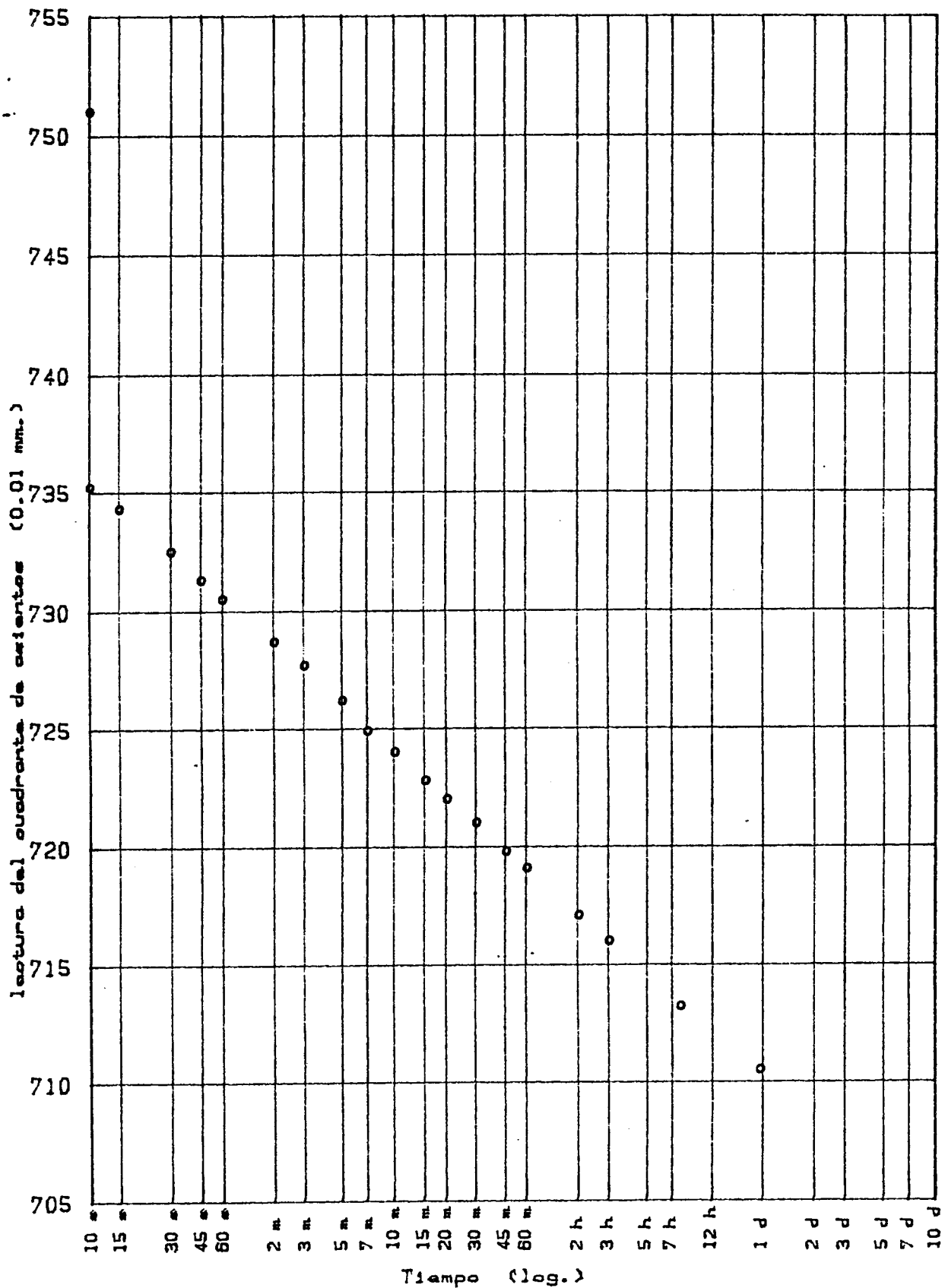
Curvas de Consolidación

Muestra No.: 2158

Escala de 8 a 10 Kg/cm²

Lectura inicial del ensayo 900

Altura inicial de la muestra 12 mm.





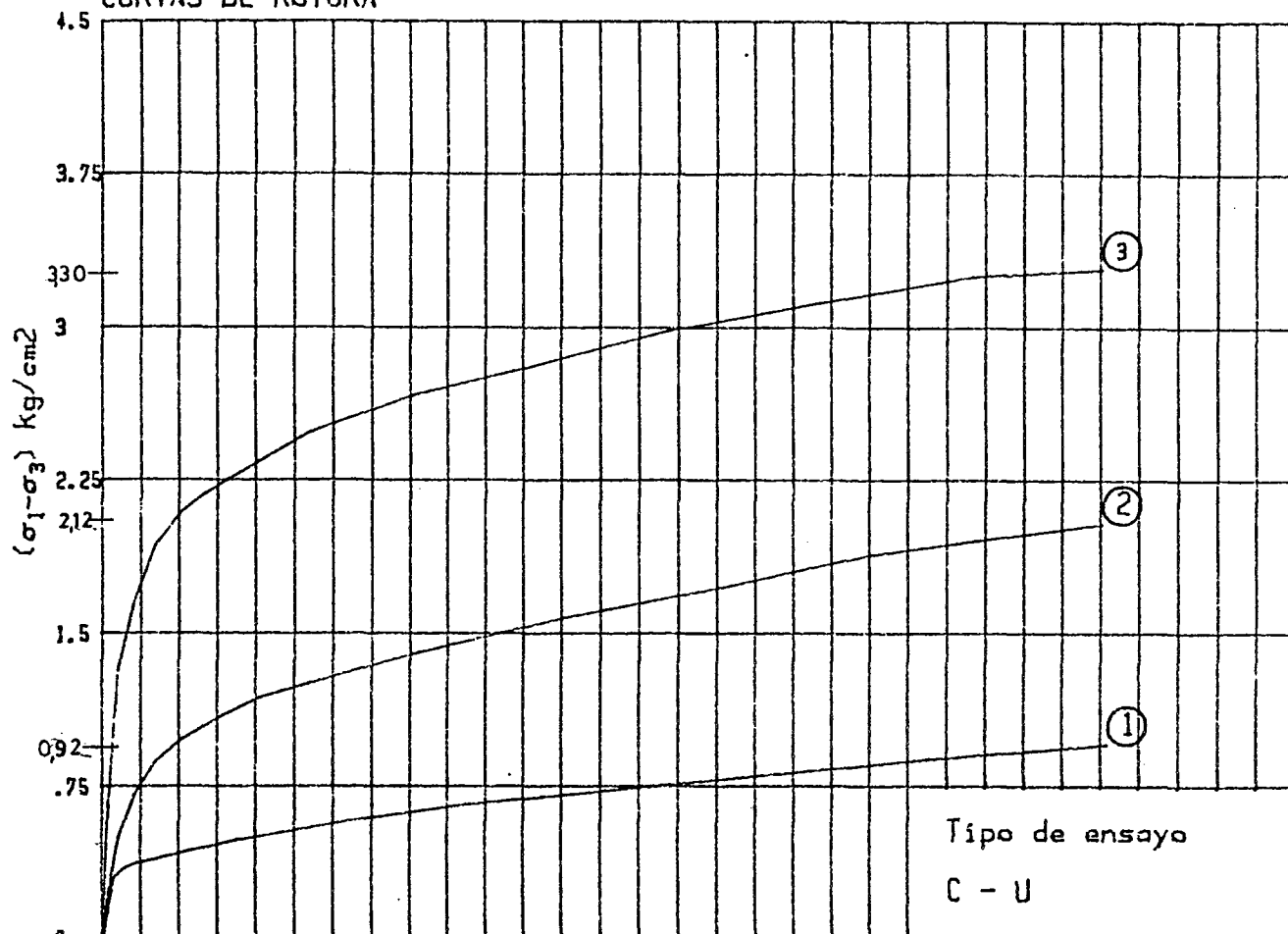
ANEXO.- 6

6.4.- Traxiales

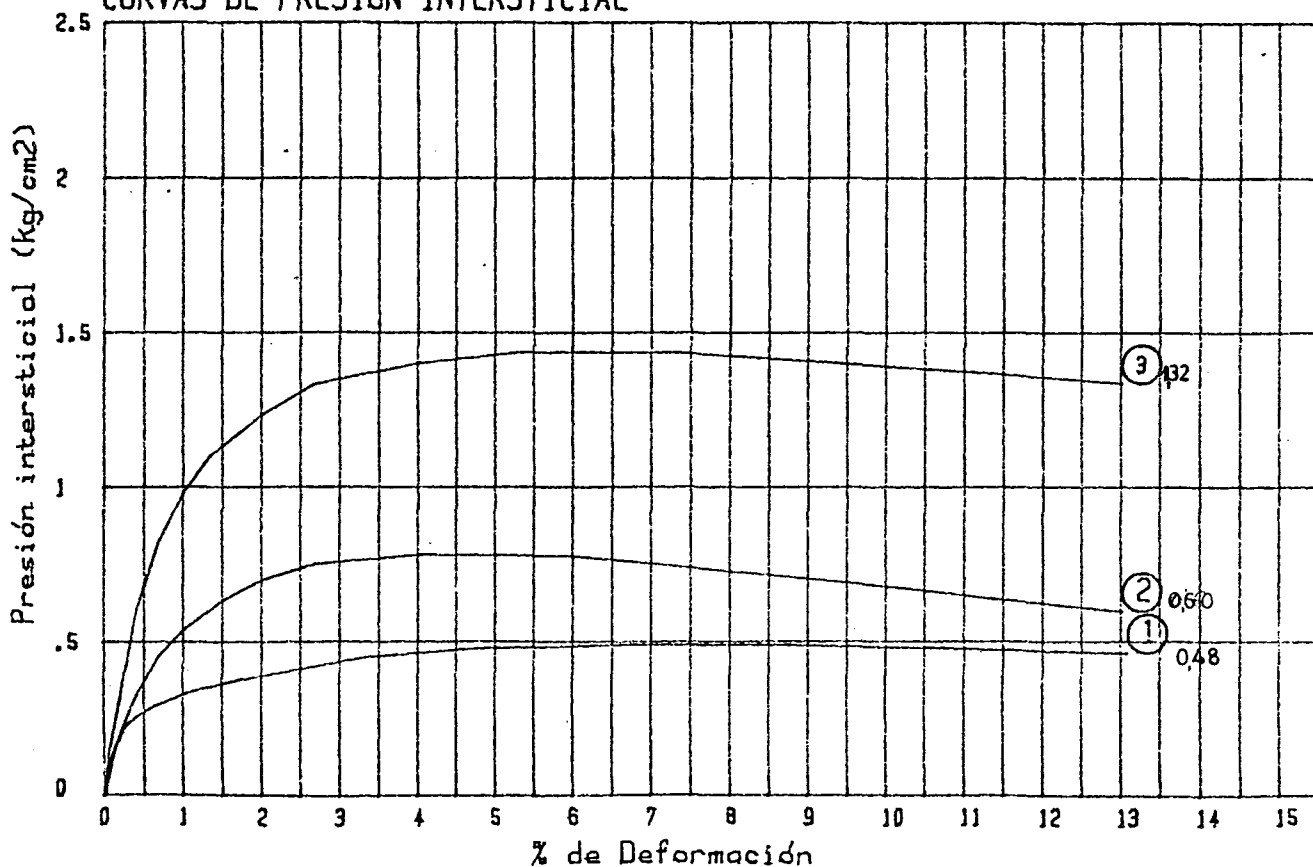
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL REFERENCIA DE LA MUESTRA: 2152

Probeta No.	1	2	3		
σ'_3 (kg/cm ²)	.5	1.5	3		

CURVAS DE ROTURA



CURVAS DE PRESION INTERSTICIAL





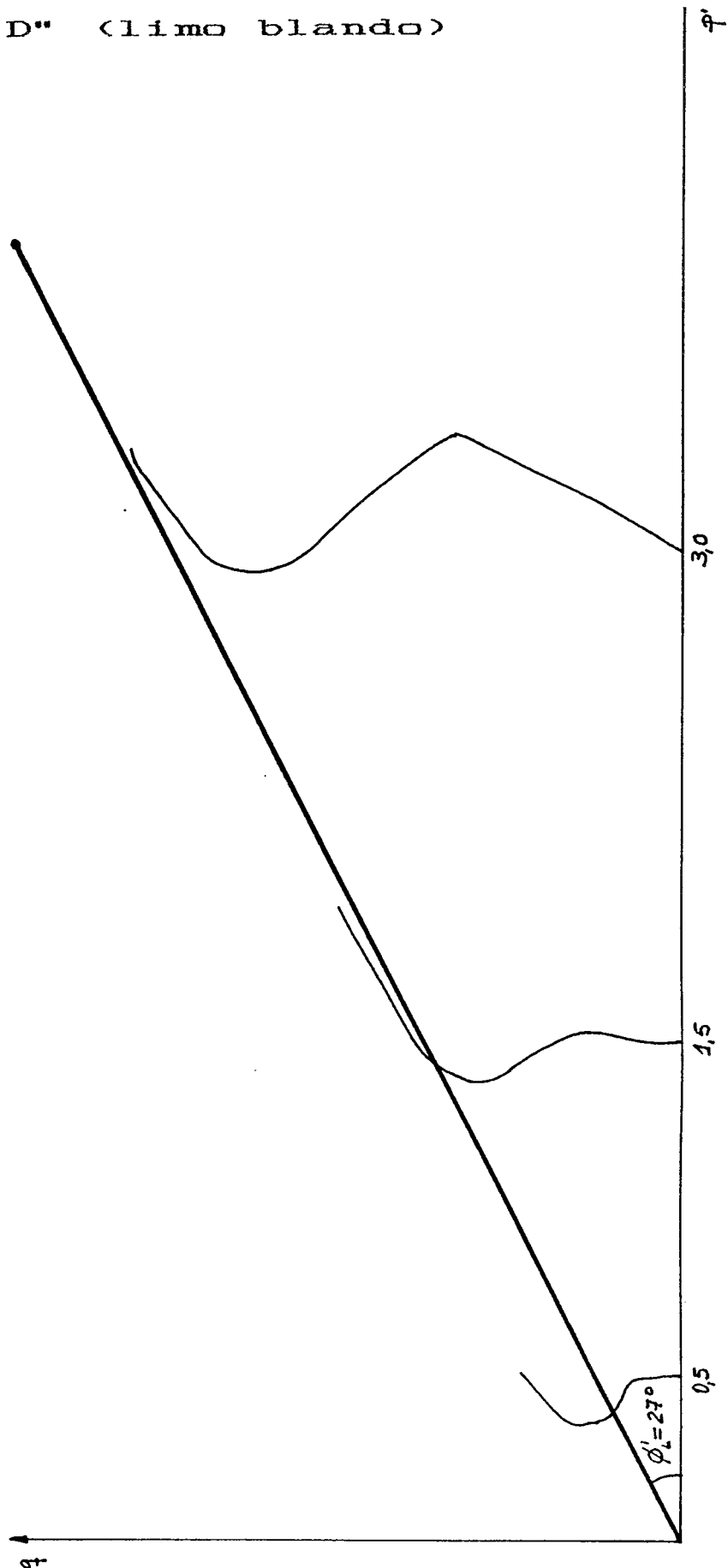
LURGINTZA

GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

FERNANDEZ DEL CAMPO, 21 - 5º 48010 - BILBAO

TFNO. (94) 444 68 53

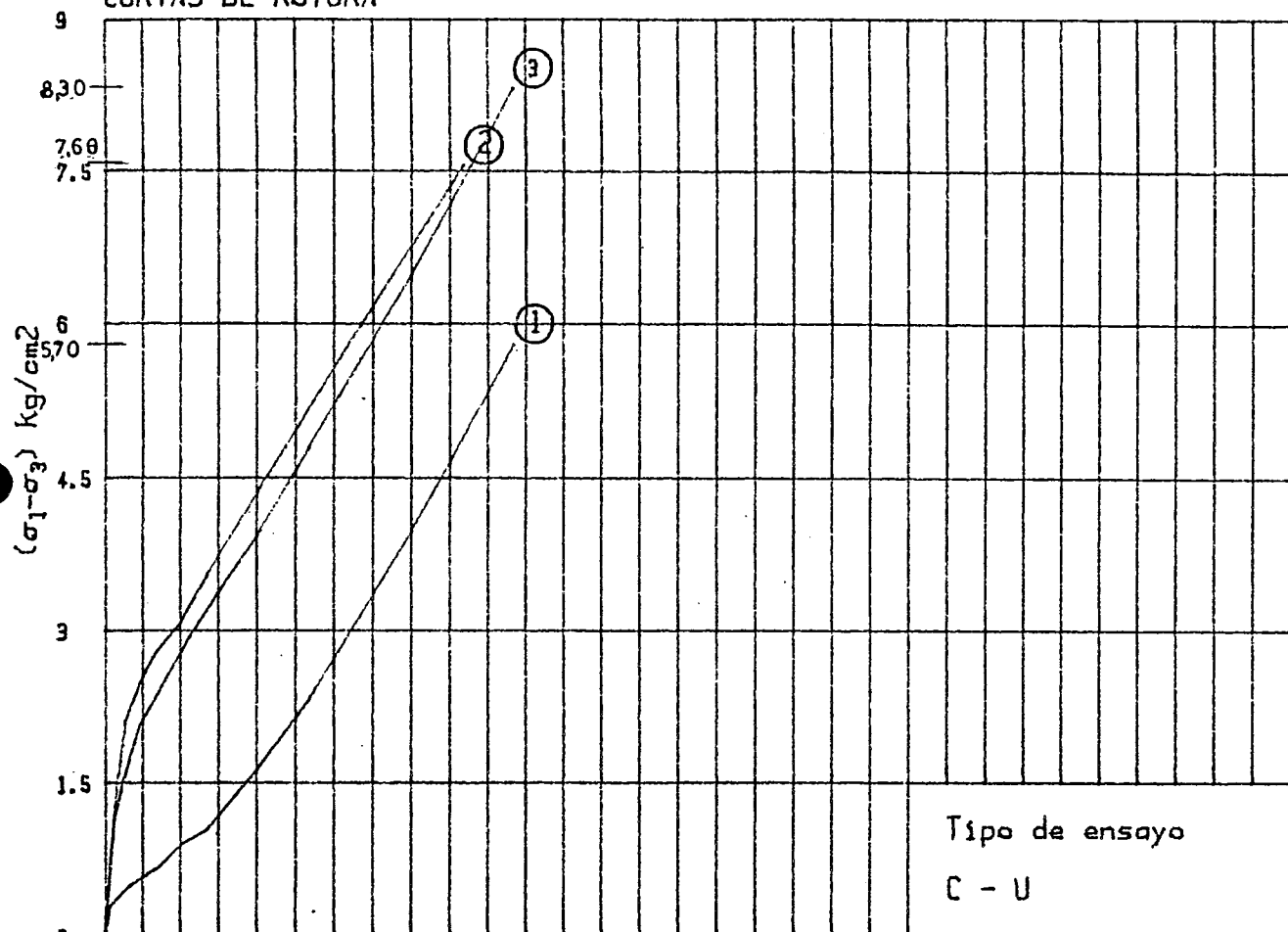
Estrato "D" (limo blando)



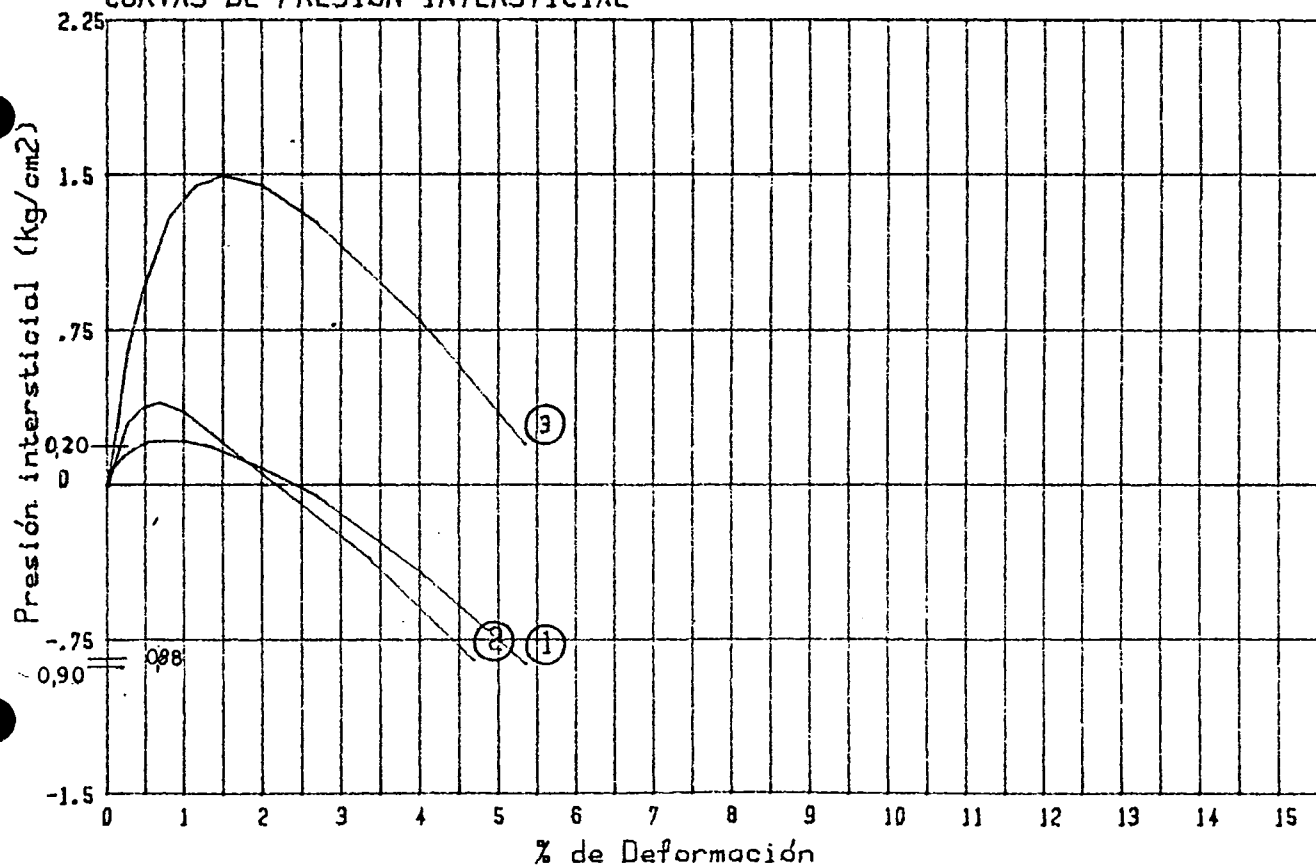
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL REFERENCIA DE LA MUESTRA: 2154

Próbete No.	1	2	3		
σ'_3 (kg/cm ²)	.5	1.5	3		

CURVAS DE ROTURA



CURVAS DE PRESION INTERSTICIAL





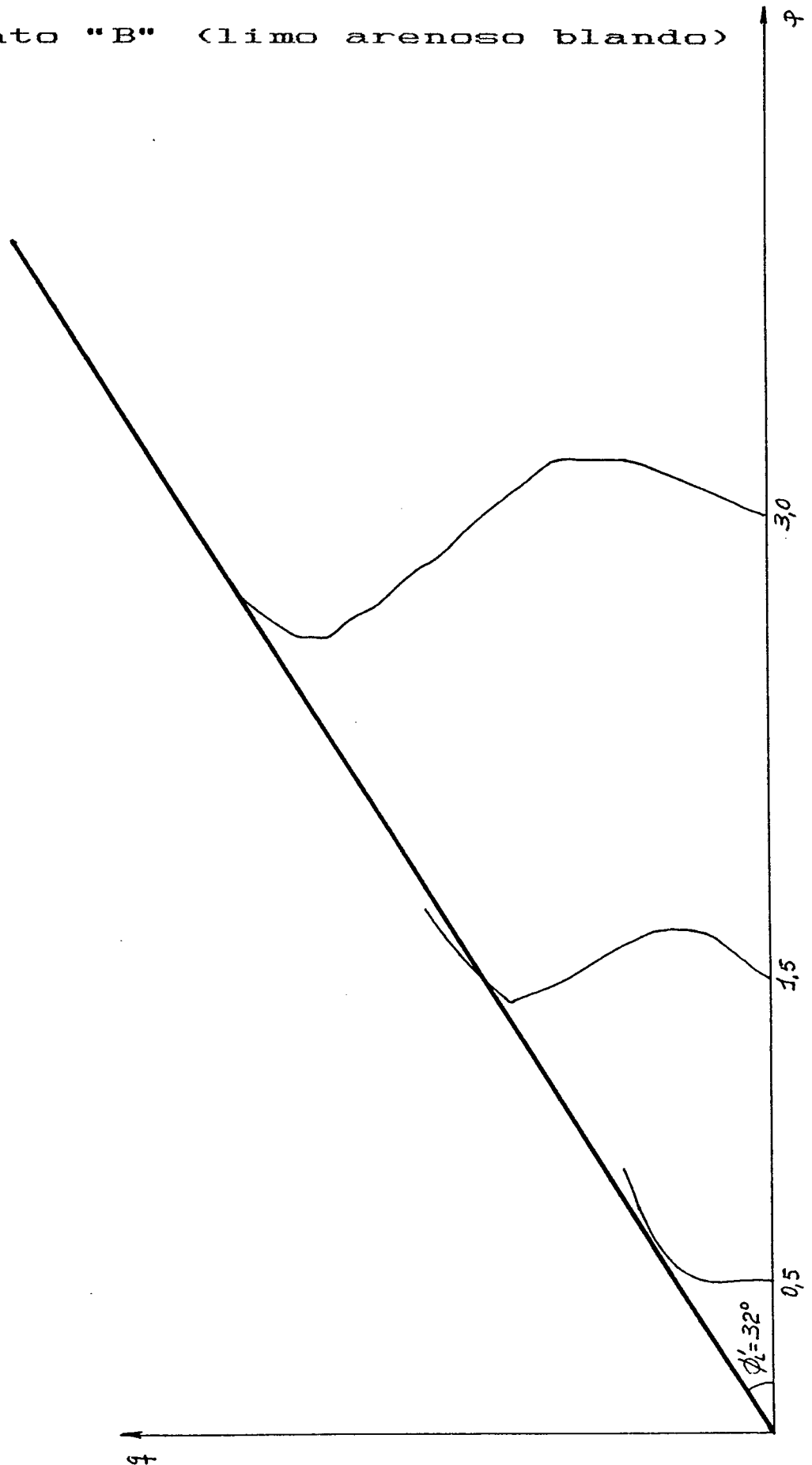
EURGINTZA

GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

FERRANDEZ DEL CAMPO, 21 - 5º 48010 - BILBAO

TFNO. (94) 444 68 53

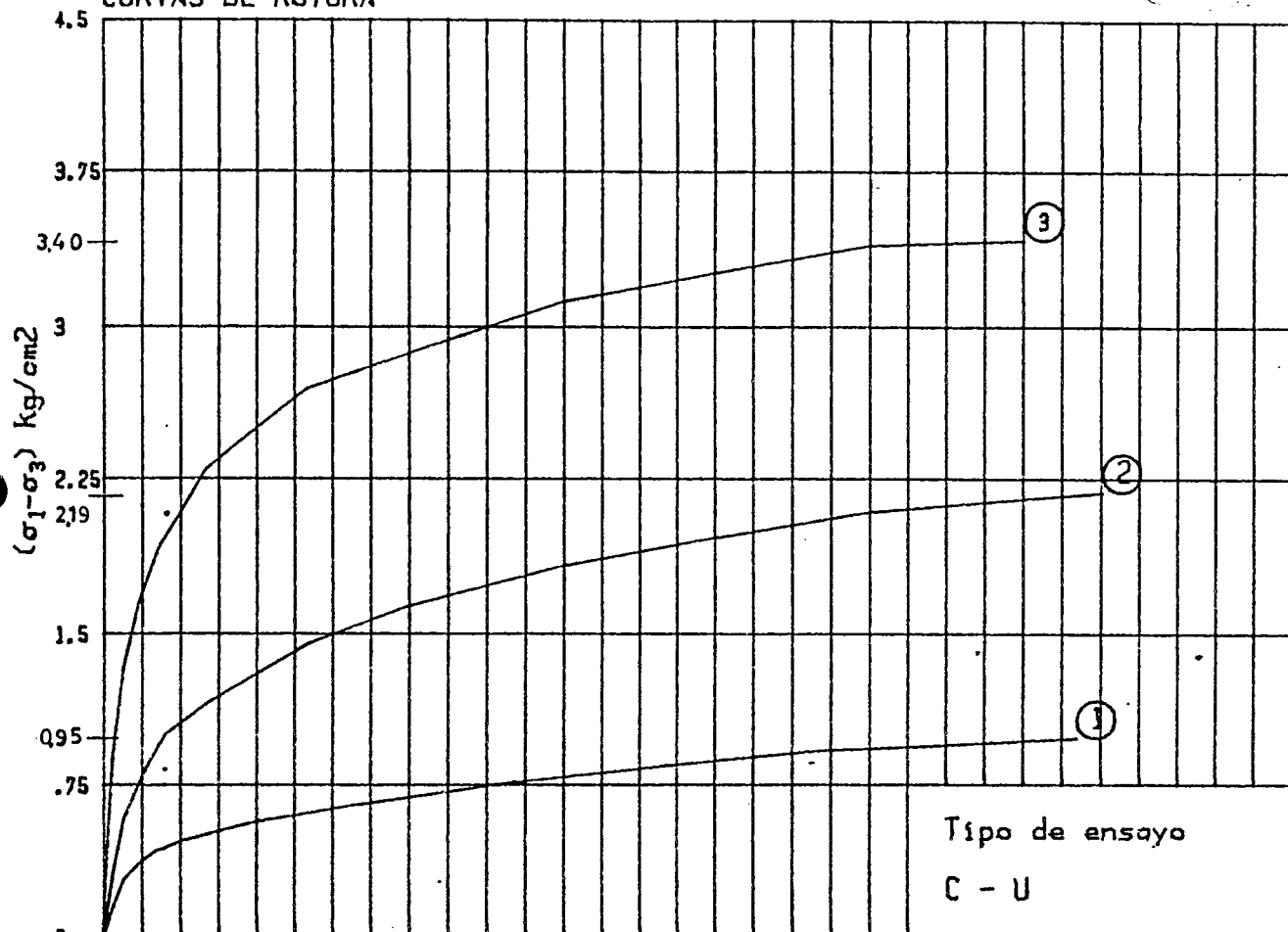
Estrato "B" (limo arenoso blando)



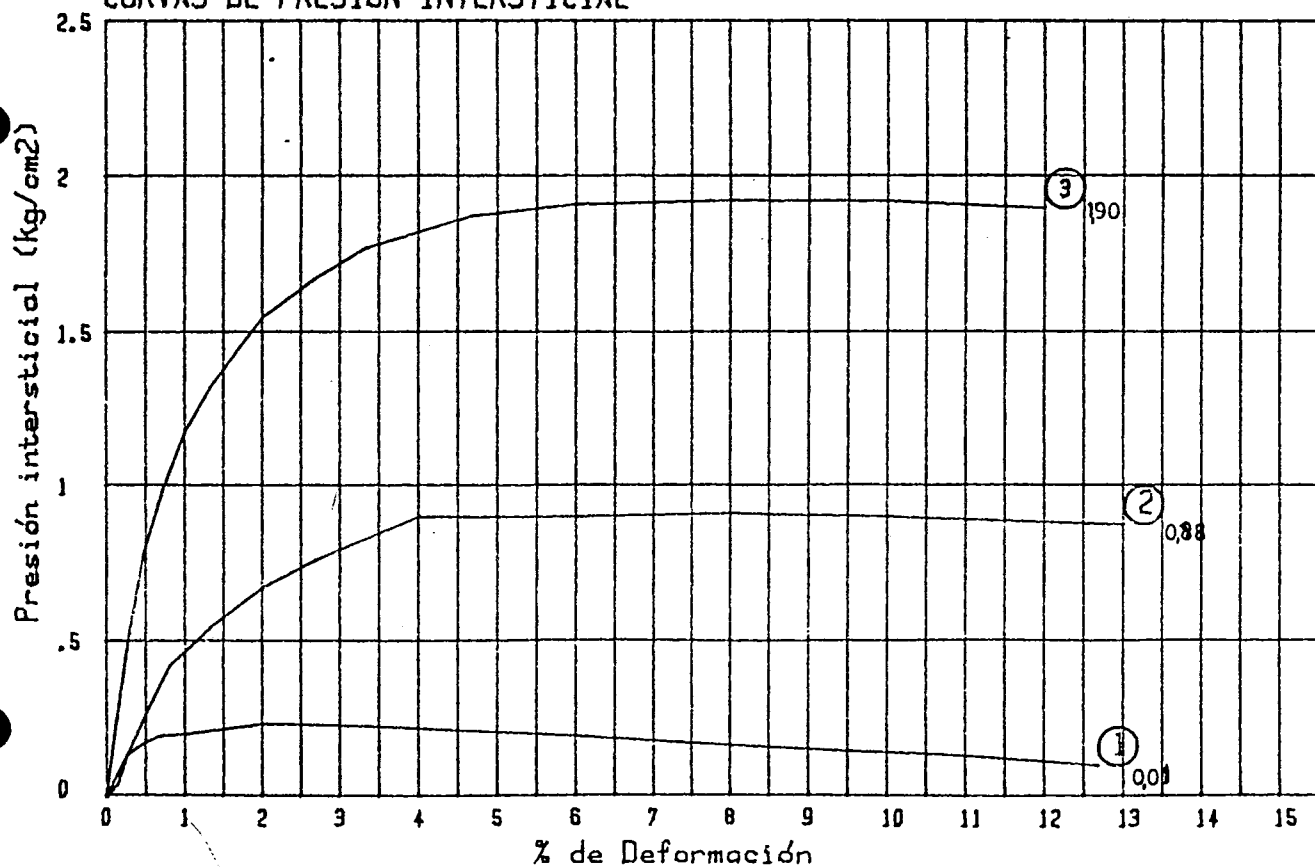
ENSAYO DE COMPRESION TRIAXIAL REFERENCIA DE LA MUESTRA: 2159

Probeta No.	1	2	3		
σ'_3 (kg/cm ²)	.5	1.5	3		

CURVAS DE ROTURA



CURVAS DE PRESION INTERSTICIAL





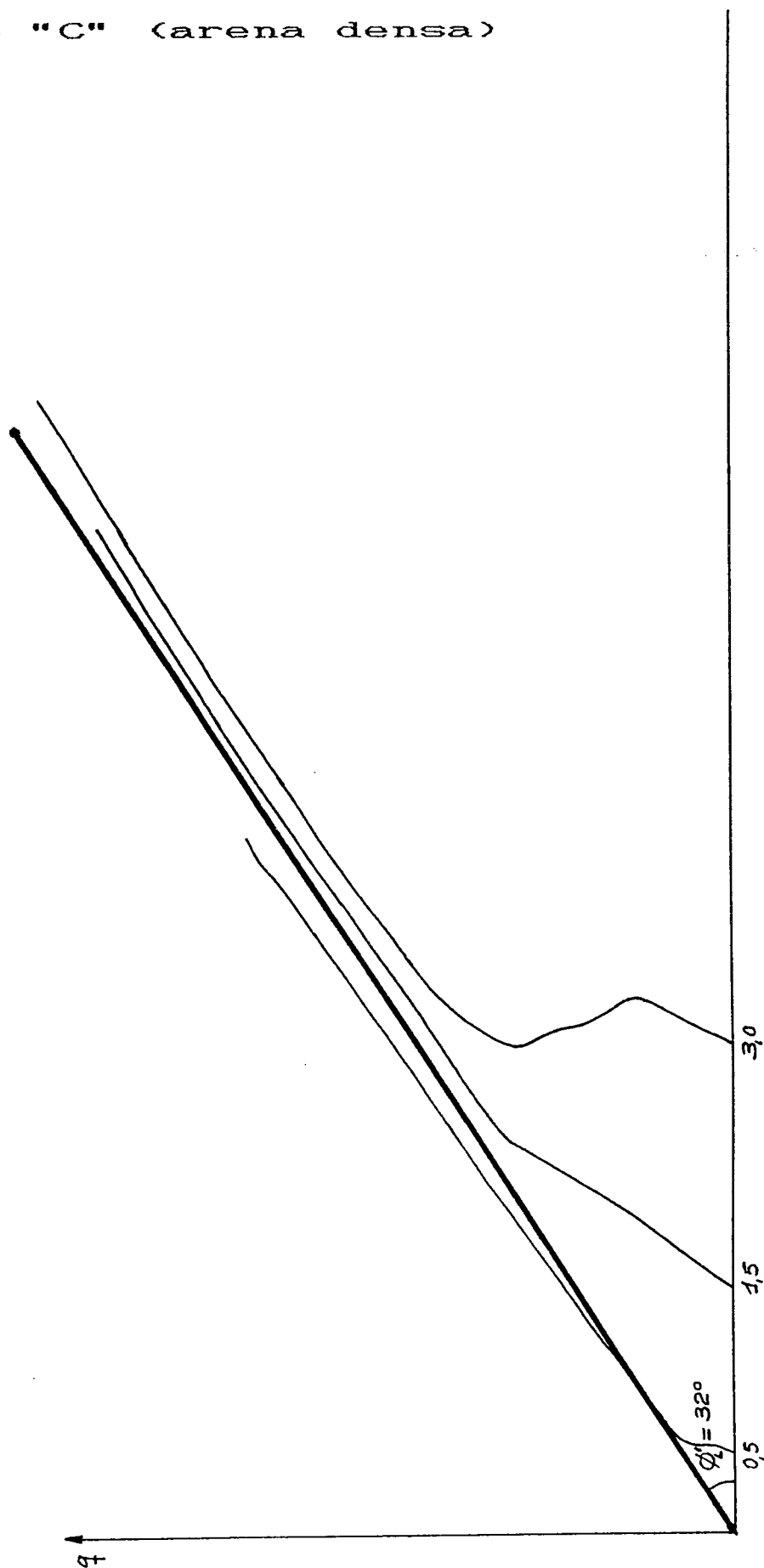
GURCINTZA

GEOLOGIA
PROSPECCION GEOFISICA
GEOTECNIA Y SONDEOS
MEDIO AMBIENTE

FERNANDEZ DEL CAMPO, 21 - 5º 48010 - BILBAO

TFNO. (94) 444 68 53

Estrato "C" (arena densa)





ANEXO.- 6

6.5.- Permeametros

ENSAYO DE PERMEABILIDAD CON CONTRAPRESION
EN CELULA TRIAXIAL

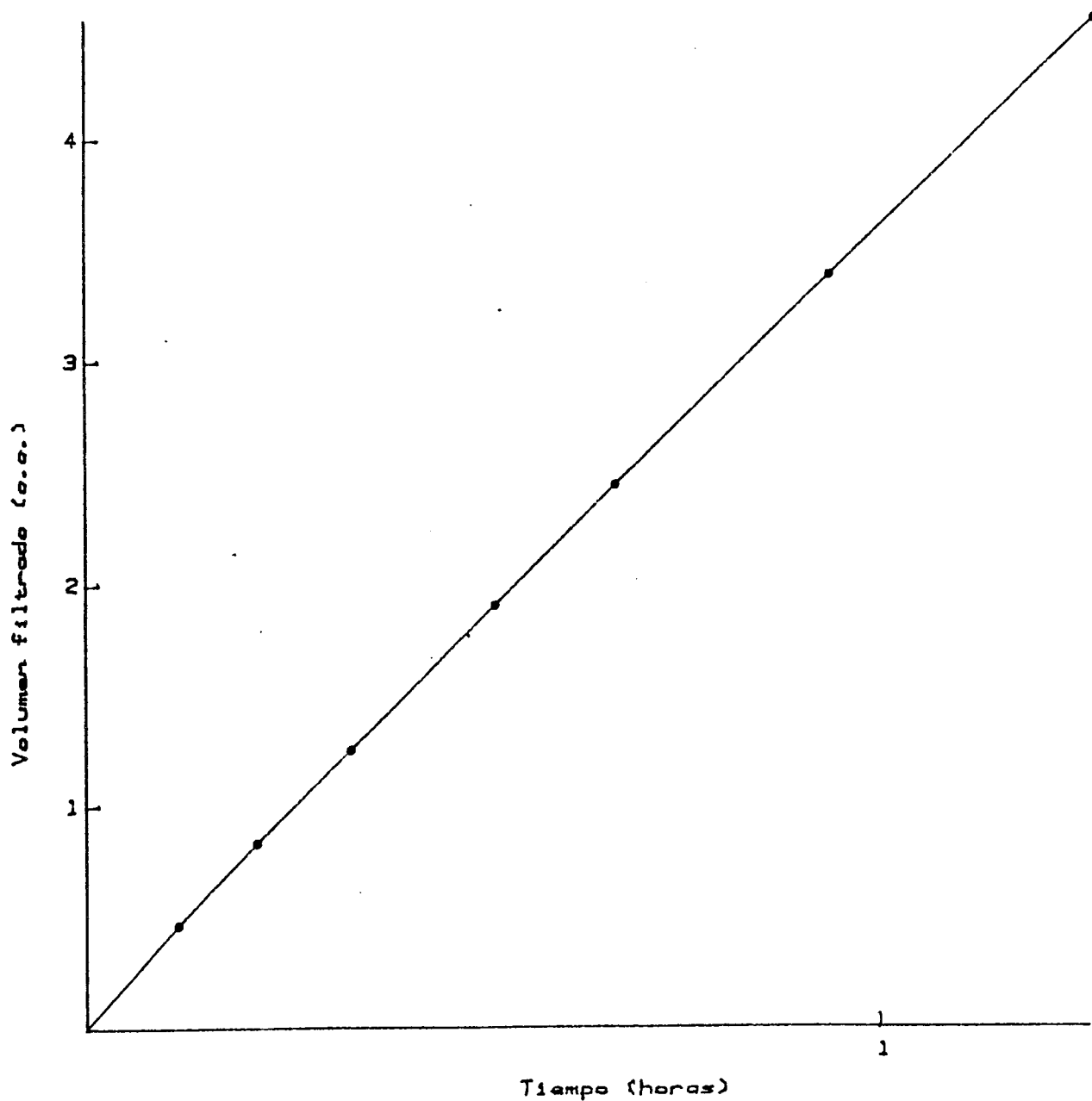


Tipo: Flujo axial Gradiente: 26

Referencia: 2148 Muestra 1

Caudal estacionario estimado : 3.53 c.c./hora

Coef. de permeabilidad : $0.33E-05$ cm/seg



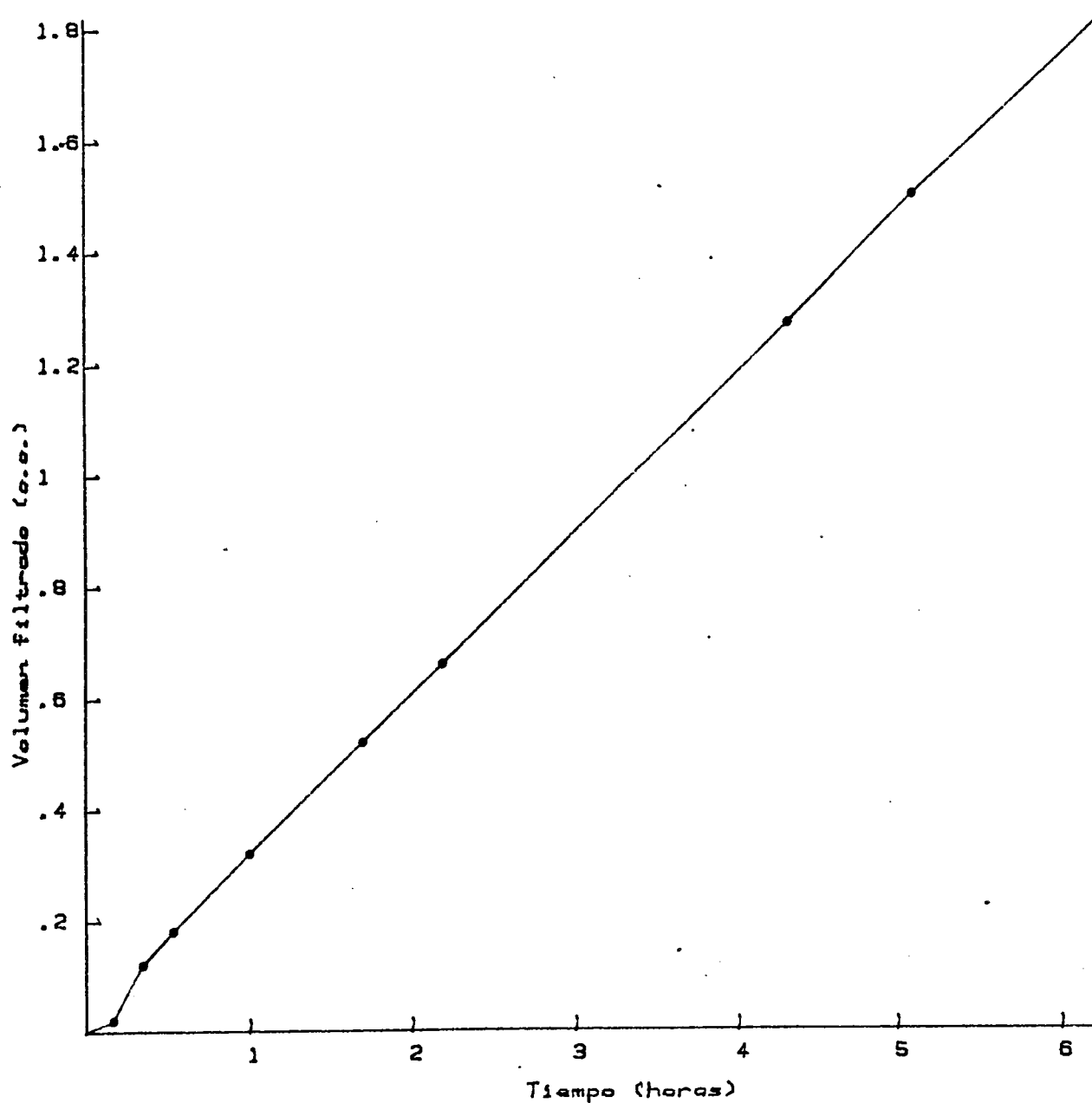
ENSAYO DE PERMEABILIDAD CON CONTRAPRESION
EN CELULA TRIAXIAL

Tipo: Flujo axial Gradiente: 266

Referencia: 2149 Muestra 1

Caudal estacionario estimado : 0.28 c.c./hora

Coef. de permeabilidad : $0.26E-07$ cm/seg



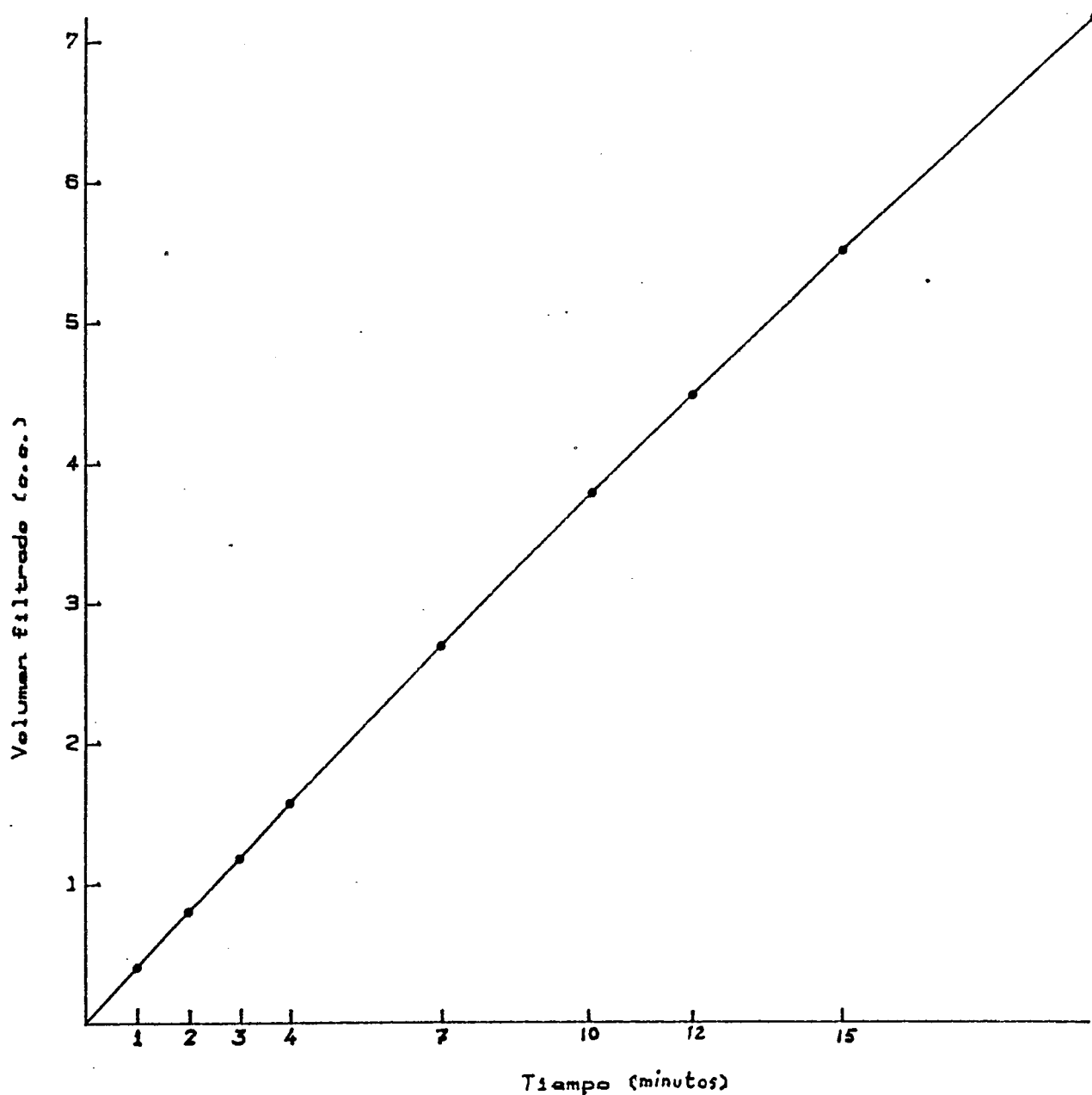
ENSAYO DE PERMEABILIDAD CON CONTRAPRESION
EN CELULA TRIAXIAL

Tipo: Flujo axial Gradiente: 13

Referencia: 2151 Muestra 1

Caudal estacionario estimado : 21.00 c.c./hora

Coef. de permeabilidad : $0.39E-04$ cm/seg



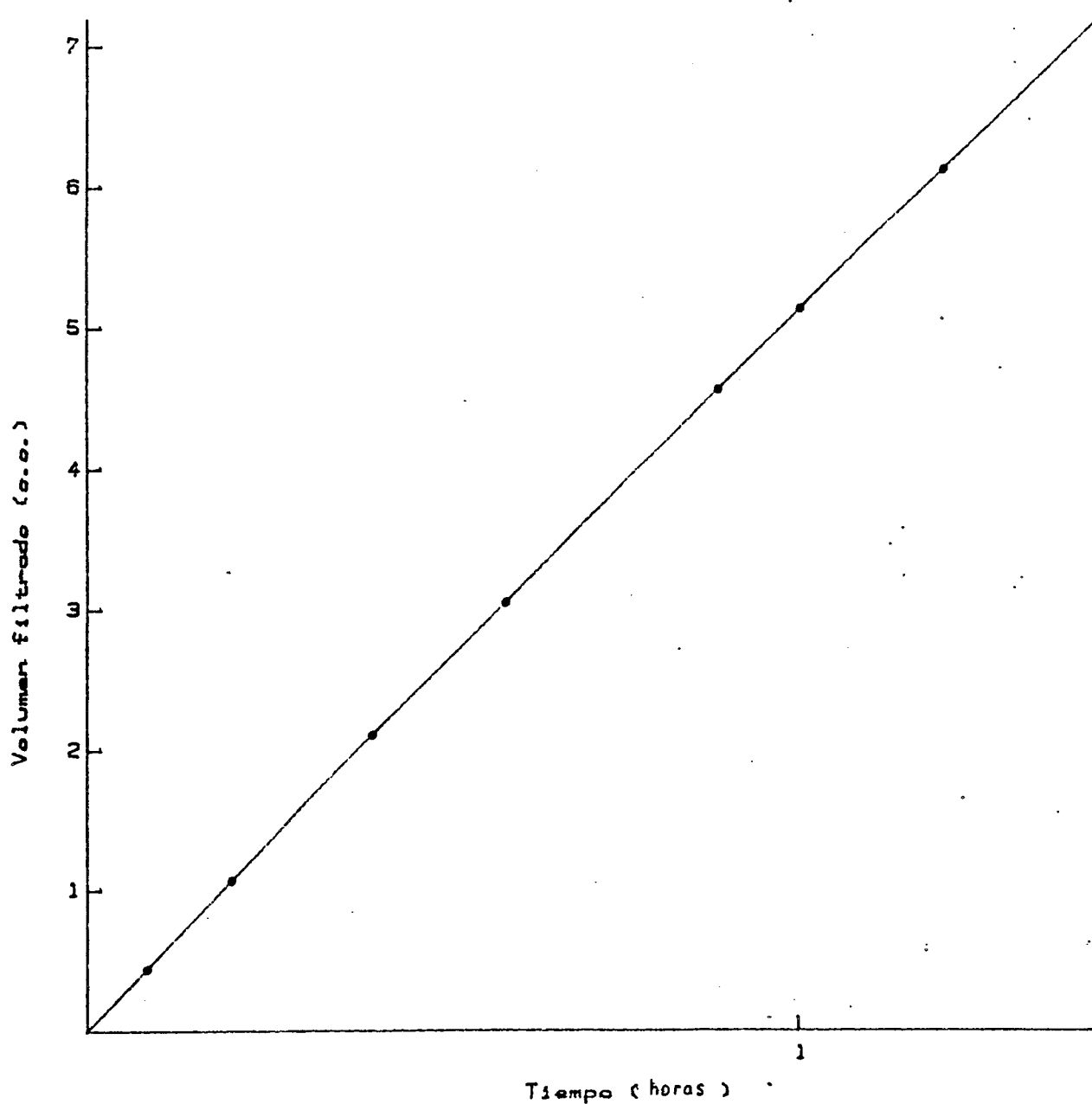
ENSAYO DE PERMEABILIDAD CON CONTRAPRESION
EN CELULA TRIAXIAL

Tipo: Flujo axial Gradiente: 131

Referencia: 2153 Muestra 1

Caudal estacionario estimado : 5.02 c.c./hora

Coef. de permeabilidad : $0.93E-06$ cm/seg



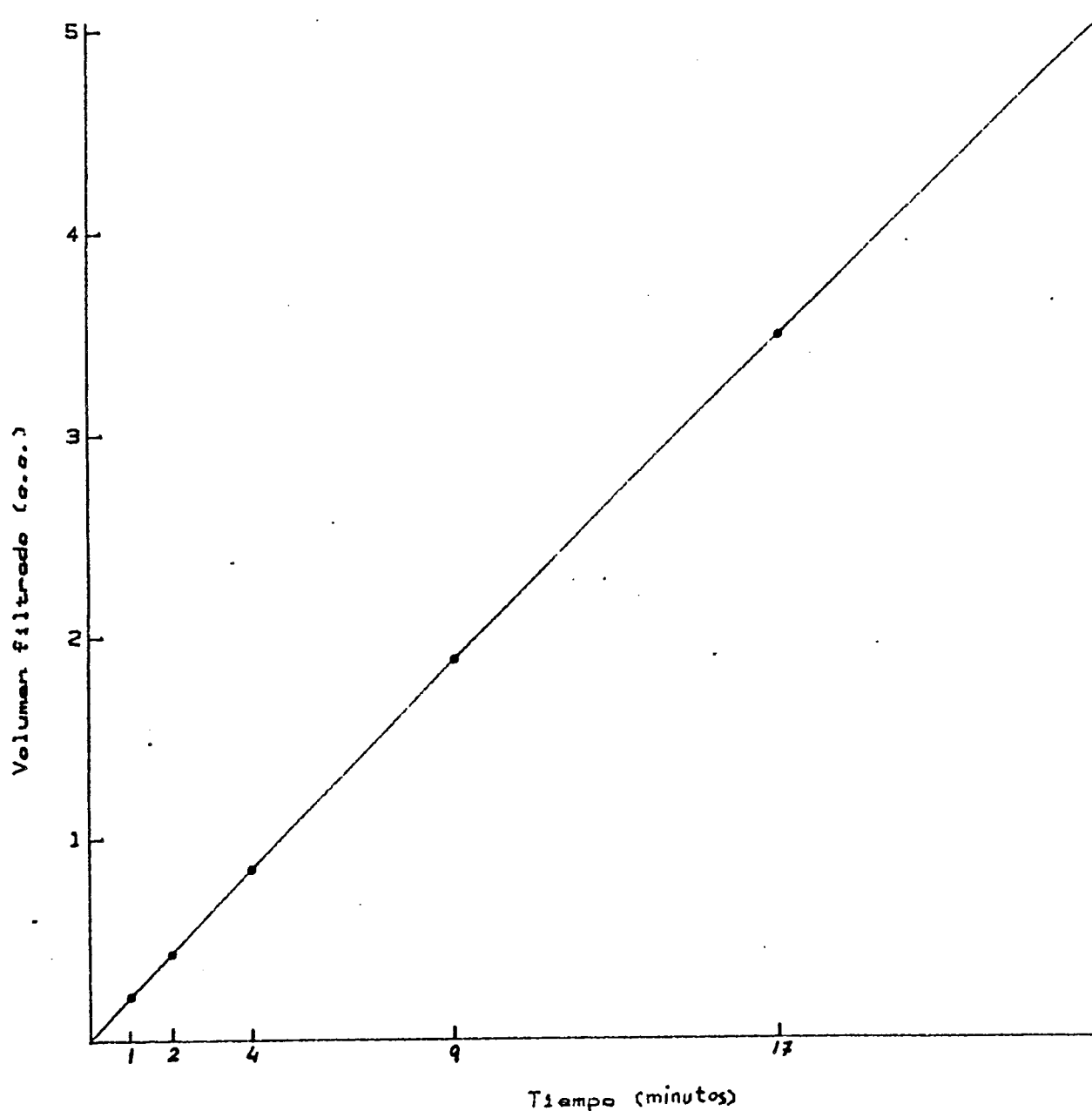
ENSAYO DE PERMEABILIDAD CON CONTRAPRESION
EN CELULA TRIAXIAL

Tipo: Flujo axial Gradiente: 13

Referencia: 2154 Muestra 1

Caudal estacionario estimado : 12.00 c.c./hora

Coef. de permeabilidad : 0.22×10^{-4} cm/seg



ENSAYO DE PERMEABILIDAD CON CONTRAPRESION EN CELULA TRIAXIAL

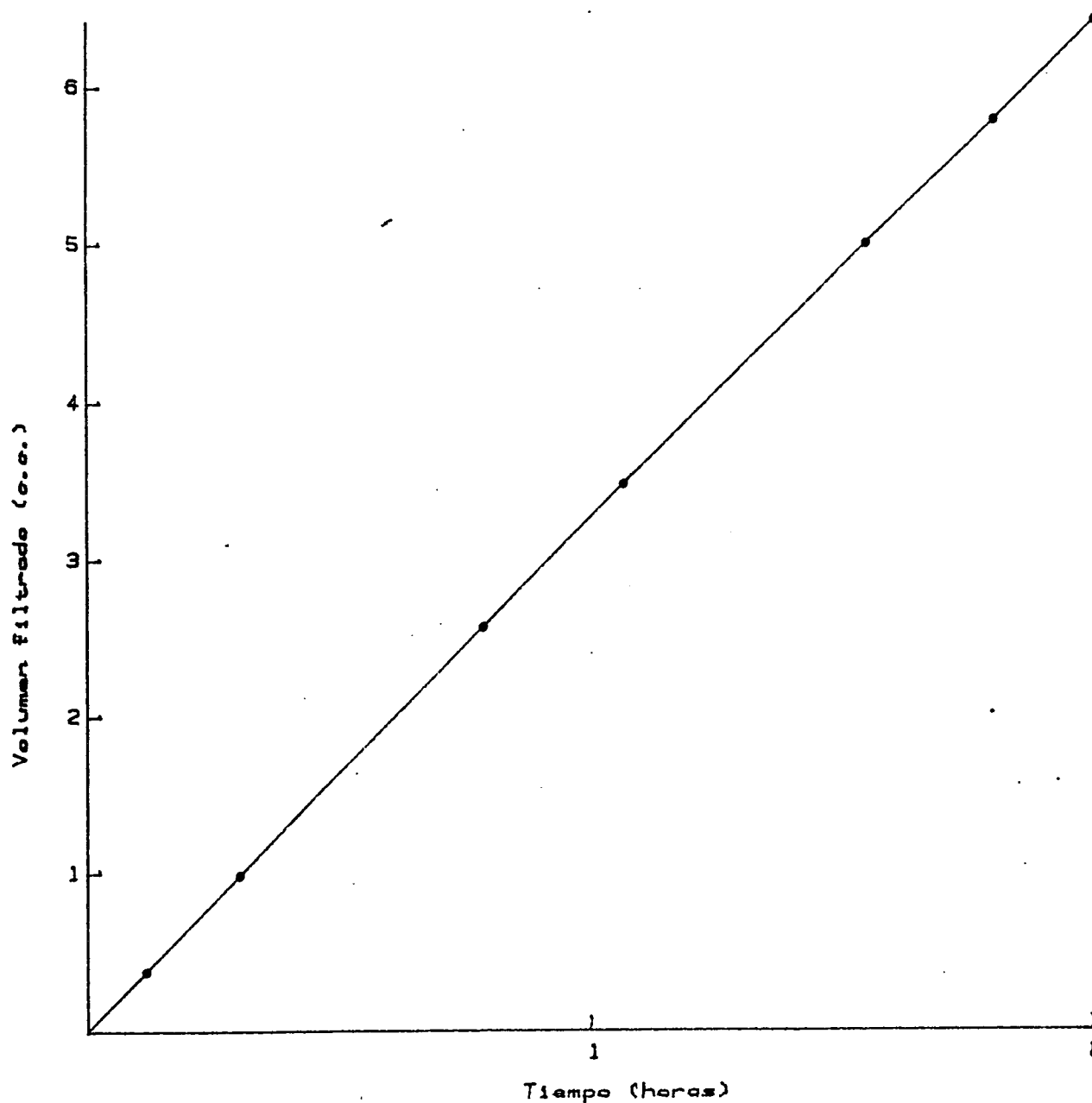


Tipo: Flujo axial Gradiente: 131

Referencia: 2157 Muestra 1

Caudal estacionario estimado : 3.19 c.c./hora

Coef. de permeabilidad : $0.59E-06$ cm/seg



ENSAYO DE PERMEABILIDAD CON CONTRAPRESION
EN CELULA TRIAXIAL

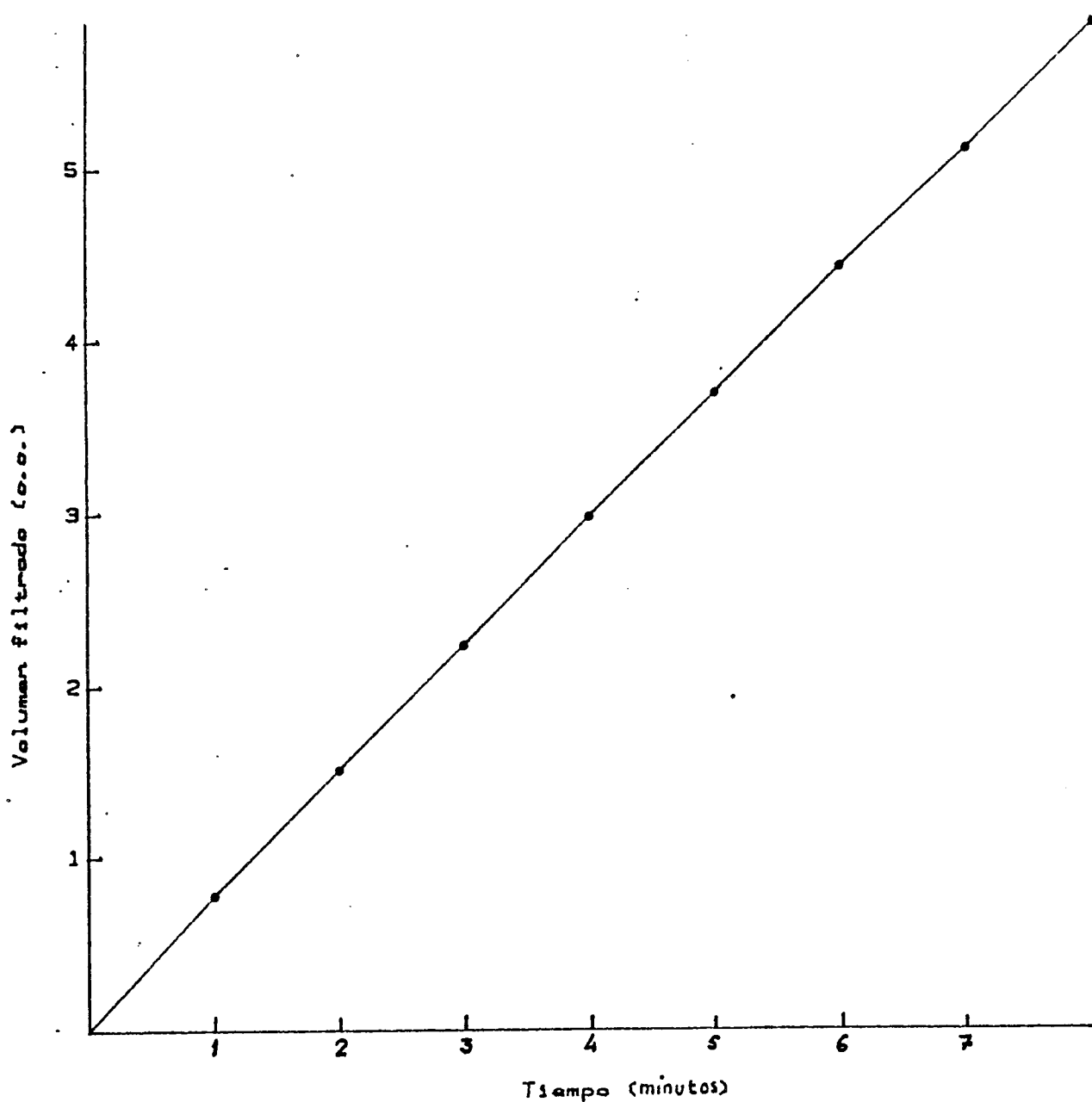


Tipo: Flujo axial Gradiente: 13

Referencia: 2160 Muestra 1

Caudal estacionario estimado : 43.45 c.c./hora

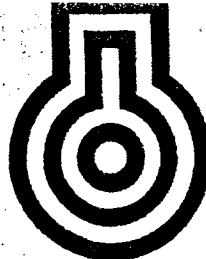
Coef. de permeabilidad : $0.81E-04$ cm/seg





ANEXO.- 6

6.6.- Analisis Quimico de Aguas



j. l. goyoaga, 1 - erandio - telf.: 467 58 72

DATOS DE OBRA Y/O PETICION					
EXP. N.º	168/89	ACTA(S) N.º:	1963	FECHA:	28-12-89
DENOMINACION	LURGINTZA				
DOMICILIADO(A) EN:	BILBAO 48010		PROVINCIA:		BIZKAIA
CALLE/PLAZA, N.º, PISO:	FERNANDEZ DEL CAMPO, 21-5º				

Solicita del Laboratorio de Ensayos del Colegio Oficial de Aparejadores y Arquitectos Técnicos de Bizkaia, los ensayos que a continuación se definen.

DEFINICION DEL MATERIAL A ENSAYAR
- 4 MUESTRAS DE AGUA.

ENSAYOS SOLICITADOS
- Ión clor CL-, s/UNE-7.178.
- Contenido de sulfatos, s/UNE-7.131.
- Contenido de materia orgánica.

Este acta contiene la exposición de los resultados obtenidos en los ensayos a que han sido sometidas las muestras, por lo que el LABORATORIO DE ENSAYOS responde únicamente de las características por él ensayadas, referidas a las muestras y no al producto en general, y las conclusiones que aquí se formulan no exceden, en ningún caso, el alcance y significado que permiten establecer dichos ensayos.

OBSERVACIONES
- Muestras entregadas al Laboratorio por el peticionario el día 21 de Diciembre de 1989.



j. l. goyoaga, 1 - erandio - telf.: 467 58 72

ACTA DE RESULTADOS

SOLICITANTE : LURGINTZA
MATERIAL : CUATRO AGUAS (S-2; S-4; S-5; S-7)
PROCEDENCIA : CATAS DE EXCAVACION PARA CIMENTACION
ENSAYOS : ESTUDIO DE LA AGRESIVIDAD AL HORMIGON

ANALISIS QUIMICO DE AGUA

	S-2	S-4	S-5	S-7
CLORUROS mg/l.	98	11.182	29	34
SULFATOS mg/l.	0,02	1,5	0,04	0,03
MATERIA ORGANICA mg.O2/l.	4,6	7,8	0,9	0,8

Erandio, 28 de Diciembre de 1989

Vo.Bº.
El Director

P.A.

El Técnico
de Laboratorio

