

	PAGINA		PAGINA
brir otra vacante, existentes todas ellas en esta Jefatura; agregándose a cada concurso en vacantes que se produzcan para el mismo hasta la terminación de los exámenes.		partamento de 21 de agosto de 1965 sobre formación de nuevas agrupaciones de agricultores trigueros para empleo de maquinaria en común y continuidad de las ya creadas	12729
MINISTERIO DE EDUCACION NACIONAL		Resolución del Instituto Nacional de Colonización por la que se señala fecha de levantamiento de actas previas a la ocupación de tierras en exceso en la zona del Guadalhorce (Málaga).	12744
Orden de 18 de julio de 1965 por la que se concede el ingreso en la Orden Civil de Alfonso X el Sabio, a don Evelio Verdura Tuells.	12736	Resolución de l. Secretaría General del Servicio Nacional del Trigo por la que se hace pública la relación de solicitudes admitidas y desestimadas para tomar parte en el concurso-oposición libre, convocado en 23 de junio de 1965 («Boletín Oficial del Estado» de 6 de julio de 1965), para proveer una vacante de Aparejador en este Organismo, se designa el Tribunal que ha de juzgar dicho concurso-oposición y se señala la fecha en que han de celebrarse las pruebas del mismo.	12737
Orden de 24 de julio de 1965 por la que se clasifica como Centro no oficial autorizado de Formación Profesional Industrial el Taller-Escuela Sindical «Santa Maria» de Munguía (Vizcaya).	12741	MINISTERIO DE COMERCIO	
Resolución de la Subsecretaría por la que se hace público haber sido adjudicadas las obras de construcción de edificio para Biblioteca Pública en Valls (Tarragona).	12741	Orden de 15 de septiembre de 1965 por la que se establece el derecho a la exportación de aceite de oliva.	12732
Resolución de la Subsecretaría por la que se hace público haber sido adjudicadas las obras de construcción de edificio con destino a Instituto Nacional de Enseñanza Media Femenino de Castellón de la Plana.	12741	Orden de 16 de septiembre de 1965 sobre fijación del derecho regulador para la importación de semilla de cacahuete y aceite de cacahuete crudo y refinado.	12732
Resolución de la Subsecretaría por la que se hace público haber sido adjudicadas las obras de construcción de edificio para Instituto Nacional de Enseñanza Media Mixto en Elbar (Guipúzcoa).	12742	Orden de 16 de septiembre de 1965 sobre fijación del derecho regulador para la importación de carne congelada deshuesada y canales de cerdo congelados.	12732
Resolución de la Dirección General de Enseñanza Media por la que se dan instrucciones para el nombramiento de Profesores adjuntos interinos de Institutos Nacionales de Enseñanza Media y para la concesión de licencias al personal de estos Centros.	12742	Orden de 16 de septiembre de 1965 sobre fijación del derecho regulador para la importación de la cebada, maíz y sorgo.	12732
Resolución de la Universidad de Santiago por la que se publica relación de aspirantes admitidos al concurso-oposición de la plaza de Profesor adjunto de «Derecho político» de la Facultad de Derecho de dicha Universidad.	12737	Orden de 16 de septiembre de 1965 sobre fijación del derecho regulador para la importación de garbanzos y lentejas.	12732
Resolución del Tribunal que ha de juzgar las pruebas de los opositores admitidos al concurso-oposición, de carácter libre, para cubrir plazas de Profesores Especiales numerarios de «Idiomas» en Centros de Enseñanza Media y Profesional, por la que se convoca a los señores opositores.	12737	Orden de 16 de septiembre de 1965 sobre fijación del derecho regulador para la importación de pollos congelados.	12733
Resolución del Tribunal del concurso de oposición a cuatro plazas de Profesores especiales de «Solfeo» del Real Conservatorio de Música de Madrid por la que se convoca a los señores opositores admitidos al mismo para efectuar su presentación.	12737	ADMINISTRACION LOCAL	
MINISTERIO DE INDUSTRIA		Resolución del Ayuntamiento de Bilbao por la que se transcribe relación de aspirantes admitidos al concurso convocado para la provisión de una plaza vacante de Ayudante del Archivero de esta Corporación.	12737
Resolución de la Dirección General de Minas y Combustibles por la que se hace público haber sido otorgado el permiso de investigación que se cita.	12744	Resolución del Ayuntamiento de Salamanca referente a la convocatoria para la provisión en propiedad mediante concurso de méritos de una plaza de Arquitecto municipal, Jefe de Servicios de esta Corporación.	12738
Resolución del Distrito Minero de Guipúzcoa por la que se hace público haber sido otorgada y titulada la concesión de explotación minera que se indica.	12744	Resolución del Ayuntamiento de Tarazona (Zaragoza) referente al concurso restringido de méritos para la provisión de una plaza de Jefe de Negociado de esta Corporación.	12738
MINISTERIO DE AGRICULTURA		Resolución del Ayuntamiento de Tortosa por la que se hace pública la composición del Tribunal que ha de juzgar el concurso para la provisión en propiedad de una plaza de Oficial Mayor de esta Corporación.	12738
Resolución de la Subsecretaría por la que se dictan normas para el desarrollo de la Orden de este De-			

I. Disposiciones generales

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

ORDEN de 21 de junio de 1965 por la que se aprueba la Instrucción de la Dirección General de Carreteras 5.1. IC «Drenaje», que figura como anejo a esta Orden.

Ilustrísimo señor:

La Orden ministerial de 27 de junio de 1961, que derogó la Instrucción de Carreteras vigente en aquella fecha, autorizo a la Dirección General de Carreteras y Caminos Vecinales para dictar por órdenes circulares las normas necesarias para la redacción de proyectos del trazado de las carreteras. Dichas normas habrían de sustituir a la Instrucción derogada hasta que por Orden ministerial se aprobasen las instrucciones correspondientes a las distintas cuestiones que se mencionaban. Entre ellas figuraba la relativa a «Drenaje».

Con fecha 2 de julio de 1964 se redactó la Orden Circular 5.1. IC, relativa a «Drenaje», que se comunicó a los Servicios, y desde dicha fecha ha venido siendo utilizada en la redacción de los proyectos correspondientes.

Informada por el Consejo de Obras Públicas, es procedente su aprobación definitiva, y en su virtud.

Este Ministerio ha tenido a bien disponer:

1.º Se aprueba la Instrucción de la Dirección General de Carreteras 5.1. IC «Drenaje», que figura como anejo a esta Orden.

2.º En la redacción de los proyectos de carreteras y en lo relativo a su drenaje se tendrán en cuenta las normas y recomendaciones que figuran en la Instrucción que se aprueba.

Lo digo a V. I. para su conocimiento y efectos.

Dios guarde a V. I. muchos años.

Madrid, 21 de junio de 1965.

VIGON

Ilmo. Sr. Director general de Carreteras y Caminos Vecinales.

INSTRUCCION 5.1. IC

Asunto: Drenaje

1. OBJETO

El objeto de la presente Instrucción es facilitar los datos y recomendaciones necesarios para proyectar adecuadamente los elementos de drenaje de una carretera.

2. DEFINICIONES

A los efectos de esta Instrucción se establecen las siguientes definiciones:

Drenaje

Acción y efectos de avenar una obra o terreno.

Cuenca

Territorio cuyas aguas afluyen todas a un mismo lugar.

Caudal

Cantidad de agua que pasa por unidad de tiempo por una sección normal determinada de una corriente líquida.

Periodo de retorno de una avenida o precipitación

Intervalo de N años en el que se espera que se presente una sola vez la avenida o precipitación que se considera.

Tiempo de concentración

Tiempo necesario para que el agua de lluvia caida en el punto más alejado de la sección de desagüe de una cuenca llegue a dicha sección.

Coefficiente de escorrentía

La parte de lluvia precipitada que no se evapora ni se filtra por el terreno, sino que corre por la superficie.

Obra de desagüe

Se denomina así la obra que permite el paso de una corriente de agua por debajo de un camino. Las obras de desagüe se clasifican en:

Caños.—Tubos de sección circular contruidos para desaguar pequeños caudales de agua.

Tajeas.—Las que no siendo caños tienen luces que no exceden de un metro (1 m).

Alcantarillas.—Las de luces superiores a un metro (1 m) y que no exceden de tres metros (3 m).

Pontones.—Las de luces superiores a tres metros (3 m) y que no exceden de diez metros (10 m).

Puentes.—Las de luces superiores a diez metros (10 m).

Alcantarilla (2.ª acepción)

Conducto subterráneo para recoger las aguas lloviznas o imundas.

Alcantarillado

Conjunto de alcantarillas (2.ª acepción).

Cuneta

Zanja abierta en el terreno con el fin de recibir y canalizar aguas de lluvia.

Caz

Faja estrecha longitudinal, generalmente situada al borde de la calzada, acondicionada especialmente para recoger y conducir aguas superficiales.

Sumidero

Conducto o canal por donde se sumen y evacúan las aguas.

Arqueta

Cavidad revestida de ladrillo, hormigón u otro material, que se intercala en puntos apropiados de una conducción de agua para decantación, registro, limpieza u otros fines.

Registro

Abertura con su tapa cubierta para revisar, conservar o reparar lo que está subterráneo o empotrado en un muro, pavimento, etc.

Dren

Cada una de las zanjas o tuberías con que se efectúa el avenamiento de una obra o terreno.

Dren subterráneo

Zanja abierta en el terreno en el que se coloca un tubo con juntas abiertas, perforaciones o de material poroso y se rodea de material filtro.

Dren de grava

El constituido por una zanja rellena de grava.

Dren ciego

Dren de grava que no vierte directamente al exterior.

Dren francés

El formado por una zanja que se rellena en su mitad inferior de piedras o cascotes.

Dren vertical de arena

Perforación vertical a través de un terreno que se llena de un material permeable para facilitar la evacuación del agua.

Material filtro

Arido natural o artificial que debe cumplir determinadas condiciones de calidad y granulometría y que se emplea en el relleno de zanjas de drenaje.

Capa

Parte de la explanada o del firme constituida con materiales homogéneos, dispuestos, generalmente, con espesor uniforme.

Capa anticapilar

Capa que se coloca sobre la explanada para impedir la ascensión capilar.

Capa anticontaminante

Capa que se coloca sobre la explanada cuando, por su naturaleza, es de temer la contaminación del firme.

Capa antihielo

Capa que se coloca sobre la explanada para preservar el firme contra los efectos del hielo.

3. FACTORES A CONSIDERAR

Al proyectar los elementos de drenaje de una carretera deben tenerse en cuenta los siguientes factores:

3.1. Factores topográficos

Situación de la carretera respecto al terreno natural: en desmonte, en terraplén o a media ladera.

3.2. Factores hidrológicos.

Presencia de aguas subterráneas: variaciones de su nivel y de su caudal.
Aportación y desagüe de aguas superficiales.

3.3. Factores geotécnicos

Naturaleza y condiciones de los suelos: homogeneidad, estratificación, permeabilidad, comprensibilidad, etc.
Posibilidad de corrimientos o de erosión del terreno.

4. HIDROLOGIA

4.1. Condiciones generales

El sistema de drenaje se proyectará de modo que sea capaz de desaguar el caudal máximo correspondiente a un determinado período de retorno, de acuerdo con la tabla 4.1.

TABLA 4.1

Tipo de estructura	Carretera	Período de retorno años
Puentes en puntos en los que la retención de la riada puede provocar daños en el puente o su pérdida	Todas	50-100
Puentes en otras circunstancias	Principal	50-100
Caños, tajeas, alcantarillas y pontones	Secundaria ..	25
Cunetas y drenaje longitudinal	Principal	25
Vías urbanas, excepto caces y sumideros	Secundaria ..	10
Caces y sumideros (1)	Principal	10
	Secundaria ..	5
	Todas	10
	Todas	2-5

(1) Se puede tolerar la formación de remansos de corta duración.

4.2. Cálculo de los caudales para obras de drenaje

El cálculo de caudales a desaguar se realizará partiendo de los datos de afloros existentes, complementados con la observación de las obras de desagüe en servicio próximas a la que se estudia.

Cuando no existan datos para proceder según lo indicado en el párrafo anterior, pero si cauces naturales bien definidos, se efectuará la determinación del caudal máximo previsible mediante el análisis de estos últimos.

Si no existieran tales cauces se recurrirá a los métodos de correlación entre las precipitaciones y las escorrentías, aplicando preferentemente el método racional, la fórmula de Burkli-Ziegler y, en su defecto, la de Talbot.

4.2.1. Utilización de afloros existentes

Se recabarán tales datos de los Servicios Hidráulicos del Ministerio de Obras Públicas.

4.2.2. Observación de las obras de desagüe en servicio

La observación de las obras próximas al punto de ubicación de la que se estudia permitirá conocer el nivel medio más frecuente, así como las máximas avenidas que han soportado y los daños producidos por las mismas.

Se deberán considerar las circunstancias existentes en estas estructuras, tales como las condiciones de entrada y salida del agua, si actúa o no en carga, etc., para obtener, con la máxima aproximación posible, los caudales de descarga.

4.2.3. Análisis de cauces naturales bien definidos

El cálculo de caudales se obtendrá mediante la aplicación de la fórmula de Manning para movimiento del agua en cauces abiertos:

$$Q = \frac{1}{n} \frac{2}{3} \frac{S}{J} \frac{1}{2}$$

en la que

Q es el caudal en m³/s

n es el coeficiente de rugosidad del cauce

S es el área de la sección de la corriente en m²

S

R = $\frac{S}{P}$ es el radio hidráulico en m

P es el perímetro mojado correspondiente al tramo elegido para el máximo nivel de agua en m

J es la pendiente de la línea de carga

La determinación de los elementos de la fórmula se realizará de la manera siguiente:

Se elegirá un tramo del cauce de una longitud mínima de unos 60 metros que cumpla, en lo posible, las siguientes condiciones: Uniformidad, alineación recta, proximidad al lugar de ubicación de la obra y marcas o señales claras de los niveles máximos alcanzados por las riadas. Del perfil de los máximos niveles alcanzados por el agua se deducirá un valor aproximado de la pendiente J de la línea de carga, dividiendo la pérdida de altura del principio al final del tramo por la longitud del mismo.

El coeficiente de rugosidad n se obtendrá, de acuerdo con las características del cauce, utilizando la tabla 4.2.3.

El valor obtenido de Q es una primera aproximación del verdadero caudal, ya que aparte de las limitaciones de validez que supone la aplicación de la fórmula de Manning, se ha supuesto que J era la pérdida de altura del agua en el tramo dividida por la longitud del mismo, cuando en realidad es la pendiente de la línea de carga.

Este caudal Q, dividido por las áreas medias a la entrada y a la salida del tramo, dará valores aproximados de la velocidad en ambas secciones, y la pérdida de carga dinámica en el tramo será:

$$\frac{V^2}{2g} = \left(\frac{(Q/A \text{ (entrada)})^2}{2g} \right) - \left(\frac{(Q/A \text{ (salida)})^2}{2g} \right)$$

Restando este valor de la diferencia de niveles del agua a la entrada y salida del tramo, utilizado para el primer tanteo, y dividiendo el resultado de esta resta por la longitud del tramo, se obtendrá un valor corregido de J y, a partir de él, un nuevo valor de Q más aproximado al verdadero que el anterior.

TABLA 4.2.3

Coeficiente de rugosidad n a utilizar en la fórmula de Manning

	Coeficiente de Manning
Cunetas y canales sin revestir	
En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa	0,020-0,025
En tierra ordinaria, superficie irregular	0,025-0,035
En tierra con ligera vegetación	0,035-0,045
En tierra con vegetación espesa	0,040-0,050
En tierra excavada mecánicamente	0,028-0,033
En roca, superficie uniforme y lisa	0,030-0,035
En roca, superficie con aristas e irregularidades	0,035-0,045
Cunetas y canales revestidos	
Hormigón	0,013-0,017
Hormigón revestido de gunita	0,016-0,022
Encachado	0,020-0,030
Paredes de hormigón, fondo de grava	0,017-0,020
Paredes encachadas, fondo de grava	0,023-0,033
Revestimiento bituminoso	0,013-0,016
Corrientes naturales	
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente	0,027-0,033
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lámina de agua suficiente, algo de vegetación	0,033-0,040
Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca importancia	0,035-0,050
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados	0,060-0,080
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados, vegetación densa	0,100-0,200 (1)
Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña	0,050-0,080
Áreas de inundación adyacentes al canal ordinario	0,030-0,200 (1)

(1) Se tomarán los valores más elevados para corrientes profundas que sumerjan parte importante de la vegetación.
Tabla tomada de S. M. Woodward and G. J. Posey «Hydraulics of steady flow in open channels».

4.2.4. Método racional

TABLA 4.2.4.2a

4.2.4.1. Fórmula a aplicar

El caudal de avenidas que debiera desaguar la obra de desagüe en estudio se relacionará con las características de la cuenca o superficie aportadora y las precipitaciones por medio de la fórmula

$$Q = \frac{C I A}{360}$$

en la que

Q es el caudal máximo previsible en la sección de desagüe en estudio en m³/s

C es el coeficiente de escorrentía de la cuenca

I es la intensidad de lluvia máxima previsible para un período de retorno dado en mm/h

Corresponde a una precipitación de duración igual al tiempo de concentración.

A es la superficie de la cuenca aportadora en ha

4.2.4.2. Coeficiente de escorrentía

Hasta que un método más preciso permita determinar la escorrentía para unas condiciones dadas, se utilizarán los coeficientes de la tabla 4.2.4.2a

Los valores más elevados para cada tipo de superficie corresponden a las pendientes más fuertes y a los suelos más impermeables.

Cuando la cuenca se componga de zonas de distintas características se obtendrá un coeficiente ponderado de escorrentía, teniendo en cuenta el área y coeficientes de escorrentía de las zonas que la constituyen.

Tipo de superficie	Coeficiente de escorrentía
Pavimentos de hormigón y bituminosos ...	0,70 a 0,95
Pavimentos de macadam	0,25 a 0,60
Adoquinados	0,50 a 0,70
Superficies de grava	0,15 a 0,30
Zonas arboladas y bosques	0,10 a 0,20
Zonas con vegetación densa:	
Terrenos granulares	0,05 a 0,35
Terrenos arcillosos	0,15 a 0,50
Zonas con vegetación media:	
Terrenos granulares	0,10 a 0,50
Terrenos arcillosos	0,30 a 0,75
Tierra sin vegetación	0,20 a 0,80
Zonas cultivadas	0,20 a 0,40

En la mayor parte de los casos se obtendrá un valor, suficientemente aproximado, del coeficiente de escorrentía, utilizando la tabla 4.2.4.2b. A cada suma de índices K, para las cuatro (4) condiciones generales señaladas en la tabla, corresponderá un valor de C, de acuerdo con los límites que en la misma se establecen.

En una primera aproximación puede aceptarse como coeficiente de escorrentía media el de 0,50.

TABLA 4.2.4.2b.—COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

Valores de K				
	40	30	20	10
1.—Relieve del terreno	Muy accidentado Pendientes superiores al 30 %	Accidentado Pendientes entre el 10 % y el 30 %	Ondulado Pendientes entre el 5 % y el 10 %	Llano Pendientes inferiores al 5 %
2.—Permeabilidad del suelo	20 Muy impermeable	15 Bastante impermeable	10 Bastante permeable	5 Muy permeable
	Roca	Arcilla	Normal	Arena
3.—Vegetación	20 Ninguna	15 Poca Menos del 10 % de la superficie	10 Bastante Hasta el 50 % de la superficie	5 Mucha Hasta el 90 % de la superficie
4.—Capacidad de almacenaje de agua	20 Ninguna	15 Poca	10 Bastante	5 Mucha

Valor de K comprendido entre ...	75 - 100	50 - 75	30 - 50	25 - 30
Valor de C	0,65 - 0,80	0,50 - 0,65	0,35 - 0,50	0,20 - 0,35

4.2.4.3. Intensidad de lluvia

El factor I de la fórmula racional representa la intensidad media de la precipitación máxima, de duración igual al tiempo de concentración y frecuencia correspondiente al periodo de retorno fijado en el proyecto.

4.2.4.3.1. Tiempo de concentración

Se compone de dos sumandos: el tiempo necesario para que el agua corra por el terreno desde el punto más alejado al sumidero del dren y el preciso para que llegue del sumidero a la sección considerada.

Para determinar el tiempo de concentración pueden utilizarse testigos que sean fácilmente arrastrados por el agua en la cabecera de la cuenca mientras llueve, midiendo el tiempo que tardan en llegar al punto que interesa.

En su defecto, el cálculo aproximado del primero de los sumandos indicados se efectuará utilizando el ábaco de la figura 4.2.4.3.1, y la determinación del segundo sumando se hará a la vista de las características hidráulicas del colector. En el cálculo de obras de desagüe este sumando será normalmente despreciable.

Si por las dimensiones de la cuenca no se puede aplicar el ábaco se utilizará la fórmula

$$T = \left(\frac{0,871 L^2}{H} \right)^{0,385}$$

en la que:

T es el tiempo de concentración, en horas.

L es la longitud de recorrido, en kilómetros.

H es el desnivel entre la cabecera de la cuenca y el punto de desagüe, en metros.

La aplicación de esta fórmula se limitará a cuencas de extensión inferior a 5.000 hectáreas.

4.2.4.3.2. Cálculo de las precipitaciones

La correlación entre la intensidad media de precipitación de duración variable y la intensidad media de la precipitación horaria máxima que se refiere al mismo periodo de retorno viene dada por la fórmula

$$I_t = 9,25 I_h t^{-0,55}$$

en la que:

I_t es la intensidad media horaria que corresponde a la precipitación de duración t , en mm/h

I_h es la intensidad media de la precipitación horaria máxima, en mm/h

t es la duración de la precipitación, en minutos

Para la aplicación de la fórmula anterior puede utilizarse el ábaco representado en la figura 4.2.4.3.2a.

El valor de la máxima precipitación horaria que corresponde a un determinado periodo de retorno, I_h , se solicitará del Servicio Meteorológico Nacional.

En defecto de tales datos se tomará como máxima precipitación horaria el 25 por 100 de la máxima precipitación diaria correspondiente al mismo periodo de retorno. Las isohietas de las figuras 4.2.4.3.2b-c y d pueden ser de utilidad en la determinación de máximas precipitaciones.

4.2.4.4. Superficie de la cuenca aportadora

Se medirá sobre el terreno o sobre los planos disponibles.

Su valor en la fórmula reseñada se expresará en hectáreas.

4.2.5. Fórmula de Bürki-Ziegler

Su aplicación puede ser útil en zonas de bastante extensión, por ejemplo de área superior a 200 hectáreas.

$$Q = 3,90 A I_m C \sqrt[4]{\frac{J}{A}}$$

en la que:

Q es el caudal, en l/s

A es la superficie de la cuenca, en ha

I_m es la intensidad de la lluvia, en mm

C es el coeficiente de escorrentía

J es la pendiente

La intensidad de la lluvia se calculará de modo análogo al reseñado en el epígrafe 4.2.4.

4.2.6. Fórmula de Talbot

La fórmula de Talbot relaciona la sección de desagüe necesaria con el área de la cuenca de la forma siguiente:

$$S = K \sqrt[4]{A^3}$$

en la que:

S es la sección de desagüe de la obra de fábrica, en m²

K es un coeficiente variable con las características topográficas y físicas de la cuenca aportadora.

A es la superficie de la cuenca aportadora, en ha

Pueden utilizarse los valores de K recogidos en la tabla 4.2.6.

TABLA 4.2.6

Tipo de terreno	K
Terreno montañoso con pendientes fuertes ...	0,18
Terreno ondulado con pendientes moderadas.	0,12
Valles aislados muy anchos en relación con su longitud	0,09
Terreno agrícola con cuenca a desaguar de longitud tres o cuatro veces su ancho	0,06
Terreno muy llano sujeto a nevadas o inundaciones	0,04

Estos valores del coeficiente K servirán de orientación y deberán ser modificados de acuerdo con la experiencia local.

5. DRENAJE SUPERFICIAL

5.1. Drenaje de los diversos elementos de la sección transversal.

5.1.1. Plataforma

De acuerdo con el tipo de pavimento elegido y la naturaleza de los arceles, en las secciones en recta se adoptarán las siguientes pendientes transversales:

Pavimento	Pendiente transversal en %	
	Calzada	Arceles
De hormigón	1,5 a 2,5	4 a 8
Bituminoso	1,5 a 2,5	
De macadam	2 a 4	

En las secciones en curva y transiciones las pendientes transversales de la plataforma vendrán impuestas por las exigencias de las normas correspondientes a sus características geométricas.

5.1.2. Mediana

En el caso de medianas elevadas debe darse a éstas un ligero bombeo, de modo que el agua de escorrentía vierta en los bordes de las plataformas adyacentes.

En las medianas hundidas el agua de escorrentía correrá por su parte inferior, como si realmente fuera una cuneta superficial. Por tanto será necesario disponer de sumideros que desagüen el agua precipitada a un colector de recogida general.

5.1.3. Taludes adyacentes

La tabla 5.1.3. puede servir de orientación para fijar los taludes mínimos aconsejables.

5.2. Obras de recogida y evacuación de aguas superficiales

5.2.1. Cunetas

5.2.1.1. Condiciones generales

Las cunetas longitudinales deben proyectarse para satisfacer una o varias de las finalidades siguientes:

- Recoger las aguas de escorrentía procedentes de la calzada y de los taludes de los desmontes adyacentes.
- Recoger las aguas infiltradas en el firme y terreno adyacente.
- Almacenar la nieve.
- Controlar el nivel freático.

Al proyectar una cuneta han de fijarse, mediante los cálculos hidráulicos correspondientes, su sección transversal, la pendiente longitudinal y los puntos de desagüe, así como el tipo de revestimiento, en caso necesario.

La velocidad de circulación del agua debe limitarse para evitar la erosión, sin reducirla tanto que pueda dar lugar al depósito de sedimentos.

La velocidad mínima aconsejable es de 0.25 m/s, y las máximas admisibles se indican en la tabla 5.2.1.1.

TABLA 5.2.1.1

Tipo de revestimiento	Velocidad admisible m/s
Hierba bien cuidada en cualquier clase de terreno	1.80
Terreno parcialmente cubierto de vegetación	0.60-1.20
Arena fina o limo (poca o ninguna arcilla)	0.30-0.60
Arena arcillosa dura	0.60-0.90
Arcilla dura muy coloidal	1.20
Arcilla con mezcla de grava	1.20
Grava gruesa	1.20
Pizarra blanda	1.50
Mampostería	4.50
Hormigón	4.50

5.2.1.2. Cálculo hidráulico

Comprenderá dos fases:

- Cálculo de los caudales a desaguar.
- Determinación de la capacidad hidráulica de la cuneta.

Los caudales a desaguar se calcularán aplicando el método racional o, en su defecto, el método de Talbot, según lo indicado en el epígrafe 4 de esta Instrucción.

La capacidad hidráulica se determinará aplicando la fórmula de Manning, con los coeficientes de rugosidad que se señalan en la tabla 5.2.1.2a.

TABLA 5.2.1.2a

Tipo de revestimiento	n
Tierra ordinaria con superficie uniforme	0.02
Hierba (altura de la lámina de agua superior a 15 cm.)	0.04
Hierba (altura de la lámina de agua inferior a 15 cm.)	0.06
Hierba espesa	0.10
Encachado de piedra, rugoso	0.04
Encachado de piedra, liso	0.02
Hormigón rugoso	0.024
Hormigón liso	0.012

Los ábacos de las figuras 5.2.1.2 son el resultado de la aplicación de la fórmula de Manning a diversos tipos de la sección transversal.

La tabla 5.2.1.2b se deduce de la aplicación de la fórmula de Talbot.

5.2.1.3. Sección transversal

Se adoptarán las secciones transversales que se indican en las figuras 5.2.1.3.

Corresponden a tres grupos de cunetas:

- Triangulares, tipo V (figuras 5.2.1.3a).
- Trapeziales, tipo T (figuras 5.2.1.3b).
- Reducidas (figura 5.2.1.3c).

Las de los dos primeros grupos se utilizarán para recoger el agua de escorrentía y la infiltrada en el firme.

Para ello deberán prolongarse las capas drenantes del mismo hasta el talud del cajero interior de la cuneta, de modo que su nivel inferior quede por lo menos 30 cm. por encima del fondo de la cuneta.

Las cunetas reducidas se utilizarán sólo para recoger aguas superficiales. Por tanto, se deberán complementar, normalmente, con drenes subterráneos para captar aguas infiltradas.

En todo caso será necesario evitar que el agua recogida por las cunetas superficiales se infiltre en el firme.

5.2.1.4. Pendientes

Las pendientes mínimas serán las siguientes:

- Cunetas revestidas, 0.2 por 100.
- Cunetas sin revestir, 0.5 por 100

Siempre que sea posible se procurará llegar al 1 por 100 de pendiente.

5.2.1.5. Puntos de desagüe

Se limitará la longitud de las cunetas desagüandolas en los cauces naturales del terreno en las obras de fábrica que cruzan la carretera, o proyectando desagües donde no existan, de forma que la longitud máxima entre desagües no exceda de 150 metros.

Las cunetas no deben interrumpirse en la transición del desmonte o terraplén, de cuyo pie las aguas deberán alejarse proyectando cauces bien definidos.

5.2.1.6. Revestimiento

Si la cuneta es de material fácilmente erosionable y se proyecta con fuerte pendiente longitudinal, se protegerá con un revestimiento resistente a la erosión.

5.2.1.7. Cunetas de coronación en desmonte

Si las aguas que recoge el talud del desmonte pueden producir erosión o corrimientos, se proyectará una cuneta protectora sobre la coronación del talud y a poca distancia de la misma para recoger las aguas superficiales y conducirlas a puntos de desagüe donde viertan sin producir erosión.

5.2.1.8. Cunetas de coronación en terraplén

En los terraplenes, el agua procedente de la superficie del pavimento y arcenes cae por los taludes. Si es de temer la erosión de los terraplenes por la acción de las aguas superficiales, debe proyectarse una cuneta poco profunda a lo largo de los arcenes para conducir el agua hasta los puntos de desagüe donde vierta sin producir erosión. La cuneta deberá situarse en el borde exterior del arcén, a fin de que no constituya un peligro para la circulación, y puede formarse mediante un pequeño borde elevado de tierra e incluso pavimentarse si las condiciones lo requieren.

5.2.2. Caces

En la figura 5.2.2 se detallan diversos tipos de caces que se pueden utilizar en los bordes de la calzada para recoger el agua superficial procedente de la misma y de las aceras o arcenes.

Para el cálculo de la capacidad hidráulica de caces puede utilizarse la fórmula

$$Q = \frac{0.00167 \cdot Z \cdot J^{1/2} \cdot H^{3/2}}{n}$$

en la que:

- Q es el caudal en l/s
- Z es la pendiente transversal del fondo del canal
- J es la pendiente longitudinal del canal
- H es la profundidad máxima del agua en cm
- n es el coeficiente de rugosidad

TABLA 5.2.12b

Sección transversal de cuneta, en metros cuadrados, necesaria para drenar un área de A hectáreas.

A ha	Terreno				
	Muy llano	Llano	Ondulado	Accidentado	Muy accidentado
0.5	0.0218	0.0381	0.0419	0.0871	0.120
1	0.0366	0.0641	0.101	0.148	0.201
2	0.0616	0.108	0.169	0.246	0.339
3	0.0835	0.146	0.230	0.334	0.459
4	0.104	0.181	0.285	0.414	0.570
5	0.122	0.214	0.337	0.490	0.673
6	0.140	0.246	0.386	0.562	0.772
7	0.158	0.276	0.433	0.630	0.867
8	0.174	0.305	0.479	0.697	0.958
9	0.190	0.333	0.523	0.761	1.047
10	0.208	0.360	0.566	0.824	1.133
11	0.221	0.387	0.608	0.885	1.217
12	0.236	0.413	0.649	0.944	1.299
13	0.251	0.439	0.689	1.003	1.379
14	0.265	0.464	0.729	1.060	1.458
15	0.279	0.488	0.768	1.117	1.535
16	0.293	0.513	0.806	1.172	1.611
17	0.307	0.537	0.843	1.226	1.686
18	0.320	0.560	0.880	1.280	1.760
19	0.333	0.583	0.917	1.333	1.833
20	0.346	0.606	0.952	1.385	1.905
22	0.372	0.651	1.023	1.488	2.046
24	0.397	0.695	1.092	1.588	2.184
26	0.422	0.738	1.160	1.687	2.319
28	0.446	0.780	1.226	1.783	2.452
30	0.479	0.822	1.291	1.878	2.582
32	0.493	0.862	1.355	1.971	2.710
34	0.516	0.902	1.418	2.063	2.836
36	0.538	0.942	1.480	2.153	2.960
38	0.560	0.981	1.541	2.242	3.083
40	0.582	1.019	1.602	2.330	3.204
45	0.636	1.114	1.750	2.545	3.500
50	0.687	1.205	1.894	2.755	3.788
55	0.740	1.294	2.074	2.959	4.068
60	0.790	1.382	2.171	3.158	4.343
65	0.838	1.467	2.306	3.354	4.611
70	0.886	1.551	2.437	3.545	4.875
75	0.933	1.633	2.567	3.734	5.134
80	0.980	1.714	2.694	3.929	5.388
85	1.025	1.794	2.819	4.101	5.639
90	1.070	1.873	2.943	4.281	5.886
95	1.114	1.950	3.065	4.458	6.130
100	1.158	2.027	3.185	4.723	6.370

En todo caso, debe considerarse el ancho máximo en el que puede extenderse la corriente de agua sin que constituya peligro para la circulación.

5.2.3. Sumideros

Se utilizarán para recoger el agua de escorrentía superficial que corre por los cauces. Pueden proyectarse de tres tipos: laterales en bordillo, horizontales y mixtos (figura 5.2.3a.).

En carreteras no son convenientes los que van provistos de rejilla hundida con relación al plano del cauce.

La capacidad del sumidero puede estimarse como sigue:

a) Laterales en bordillo.

Con la fórmula

$$Q = 0.00383 (a + H)^{3/2}$$

en la que:

Q es el caudal en l/s

a es la depresión en la entrada, si existe, en cm

H es la profundidad de la lámina de agua en cm. (Debe estimarse en el cauce, junto al sumidero.)

b) Horizontales.

1.º Si la profundidad de la lámina es inferior a 12 cm

$$Q = 0.0164 PH^{3/2}$$

en la que:

Q es el caudal en l/s

P es el perímetro de la abertura en cm

H es la profundidad de la lámina de agua en cm (Debe estimarse en el cauce, junto al sumidero.)

2.º Si la profundidad de la lámina de agua es superior a 40 cm

$$Q = 29.6 \cdot S \sqrt{H}$$

en la que:

Q es el caudal en l/s

S es el área del sumidero en m²

H es la altura de la lámina de agua en cm (Debe estimarse en el cauce, junto al sumidero.)

3.º Si la profundidad de la lámina de agua está entre 12 cm y 40 cm, se tomará el menor de los dos valores obtenidos, aplicando las dos fórmulas anteriores.

c) Mixtos.

Se determinará separadamente la de cada uno de los dos tipos que los constituyen, suponiendo que estuvieran uno a continuación de otro.

La capacidad de los sumideros depende de su espaciamiento, el que a su vez es función de la profundidad alcanzada por el agua en el caz. El espaciamiento se fijará de modo que la capacidad iguale al caudal que a ellos va a afluir, siendo normal situarlos a distancias que oscilan entre los 25 metros y 50 metros, según la pendiente longitudinal.

El caudal que ha de afluir a cada sumidero puede determinarse según el método indicado en el epígrafe 4.2.4.

En los sumideros horizontales, las barras de las rejillas deben disponerse paralelas a la dirección de la corriente. El ancho del sumidero debe ser igual al ancho normal del caz.

En el sumidero debe disponerse una cámara cilíndrica o paralelepípedica provista de arenero de sedimentación, de la que partirá la conexión al sistema general de alcantarillado (figura 5.2.3b).

6. DRENAJE SUBTERRÁNEO

6.1. Condiciones generales

El drenaje subterráneo se proyectará para controlar y/o limitar la humedad de la explanada y de los diversos elementos del firme de una carretera.

Sus funciones serán alguna o varias de las siguientes:

- Interceptar y desviar corrientes subterráneas antes de que lleguen al lecho de la carretera.
- Hacer descender el nivel freático.
- Sanear las capas del firme.

Las figuras 6.1a y 6.1b muestran la disposición general que deben tener los drenes subterráneos.

6.2. Drenes subterráneos

6.2.1. Condiciones generales

El dren subterráneo estará constituido por una zanja en la que se colocará un tubo con orificios perforados, juntas abiertas o de material poroso. Se rodeará de un material permeable, material filtro, compactado adecuadamente, y se aislará de las aguas superficiales por una capa impermeable que ocupe y cierre la parte superior de la zanja. (Figura 6.2.1a.)

Las paredes de la zanja serán verticales o ligeramente inclinadas, salvo en drenes transversales o en espina de pez (epígrafe 6.4.3), en que serán admisibles, incluso convenientes, pendientes más fuertes. En casos normales, el talud máximo no superará el valor 1/5.

Si se proyectan colectores longitudinales, puede aprovecharse la zanja del dren para la ubicación de aquéllos. En tal caso se aconseja una disposición similar a la que se señala en la figura 6.2.1b.

6.2.2. La tubería

6.2.2.1. Condiciones generales

Los tubos serán de cualquier materia que a juicio del Ingeniero autor del proyecto reúna las propiedades necesarias. Los tubos de cerámica u hormigón podrán proyectarse con juntas abiertas o perforaciones que permitan la entrada de agua en su interior. Los de plástico, de material ondulado, o de fibras bituminosas deberán ir provistos de ranuras u orificios para el mismo fin que el señalado anteriormente. Los de hormigón poroso permitirán la entrada del agua a través de sus paredes. Se recomienda el empleo de tuberías de hormigón poroso o de plástico.

En las tuberías con juntas abiertas el ancho de éstas oscilará entre 1 cm. y 2 cm. Los orificios de las tuberías perforadas se dispondrán preferentemente en la mitad inferior de la superficie del tubo, y tendrán un diámetro entre 8 cm y 10 cm.

En la figura 6.2.2.1 se indica la disposición que deben satisfacer los orificios de tuberías perforadas en la mitad inferior de la superficie del tubo.

Los tubos de hormigón poroso tendrán una superficie de

absorción mínima del 20 por 100 de la superficie total del tubo y una capacidad de absorción mínima de 50 l/min por decímetro cuadrado de superficie, bajo una carga hidrostática de 1 kg/cm².

6.2.2.2. Condiciones mecánicas

Los tubos cerámicos o de hormigón tendrán una resistencia mínima, medida en el ensayo de los tres puntos de carga, de 1.000 kg/m.

No será necesario calcular las tensiones que se desarrollan en los tubos por la acción de las cargas exteriores a ellos.

Cuando los tubos hayan de instalarse en la vertical de las cargas del tráfico, se situarán, como mínimo, a las profundidades que se señalan en la tabla 6.2.2.2.

TABLA 6.2.2.2

Tipo de tubo	Profundidad mínima cm	
	Ø = 15 cm	Ø = 30 cm
Cerámica	50	90
Plástico	50	75
Hormigón	50	75
Hormigón armado		60
Metal ondulado		
Espesor, 1,37 mm.	30	30
Espesor, 1,58 mm.		

6.2.2.3. Condiciones hidráulicas

Normalmente la capacidad hidráulica del dren queda limitada por la posibilidad de filtración lateral del agua a través del material permeable hacia los tubos. La capacidad hidráulica de éstos, con los diámetros que se indican en el epígrafe 6.2.2.4, será muy superior a la necesaria para las exigencias del drenaje.

No obstante, si existe posibilidad de conocer el caudal de desague, puede hacerse el cálculo hidráulico de los tubos utilizando la fórmula de Manning u otra análoga de las que rigen el movimiento del agua en cauces abiertos. Se utilizará la tabla de coeficientes de rugosidad que se incluye a continuación:

TABLA 6.2.2.3

Tipo de tubo	Coefficiente n de rugosidad
De hormigón normal y cerámica	
Condiciones buenas	0,013
Condiciones medias	0,015
De hormigón poroso:	
Condiciones buenas	0,017
Condiciones medias	0,021
De plástico:	
Condiciones buenas	0,013
Condiciones medias	0,015
De metal:	
Condiciones buenas	0,017
Condiciones medias	0,021

Las figuras 6.2.2.3 son ábacos para facilitar el cálculo hidráulico de los tubos en la hipótesis de que el agua llene la sección transversal, pero circule sin carga. Para otras alturas y diámetros no comprendidos en los ábacos deberá hacerse el cálculo directamente.

6.2.2.4. Diámetros y pendientes

Los diámetros de los tubos oscilarán entre 10 cm y 30 cm. Los diámetros hasta 20 cm serán suficientes para longitudes

inferiores a 120 m. Para longitudes mayores se aumentará la sección. Los diámetros menores, sin bajar de 10 cm, se utilizarán con caudales y pendientes pequeños.

Las pendientes longitudinales no deben ser inferiores al 0,5 por 100, y habrá de justificarse debidamente la necesidad de pendientes menores, que nunca serán inferiores al 0,2 por 100.

En tales casos la tubería se asentará sobre una cuna de hormigón que permita asegurar la perfecta situación del tubo.

La velocidad del agua en las conducciones de drenaje estará comprendida entre 0,7 m/s y 4 m/s.

6.2.3. Relleno de zanjas

Cuando el fondo de la zanja se encuentre en terreno impermeable, para evitar la acumulación de agua bajo la tubería se preverá la colocación de una capa de material, perfectamente apisonado, y que puede ser del mismo terreno, alrededor del tubo, sin que alcance el nivel de las perforaciones, o se asentará sobre una cuna de hormigón. En caso de tuberías con juntas abiertas, éstas pueden cerrarse en su tercio inferior y dar a la capa impermeable el espesor correspondiente.

Si el fondo de la zanja se encuentra en terreno permeable, no son necesarias las anteriores precauciones.

La composición granulométrica del material permeable, material filtro, con el que se rellene la zanja del dren requiere una atención especial, pues de ella depende su buen funcionamiento.

Si d_n es el diámetro del elemento de suelo o filtro, tal que $n\%$ de sus elementos en peso son menores que d_n , deben cumplirse las siguientes condiciones:

a) Para impedir el movimiento de las partículas del suelo hacia el material filtrante,

$$\frac{d_{10} \text{ del filtro}}{d_{10} \text{ del suelo}} \leq 5$$

$$\frac{d_{20} \text{ del filtro}}{d_{20} \text{ del suelo}} \leq 25$$

En el caso de terreno natural de granulometría uniforme se sustituirá la primera relación por:

$$\frac{d_{10} \text{ del filtro}}{d_{10} \text{ del suelo}} \leq 4$$

b) Para que el agua alcance fácilmente el dren:

$$\frac{d_{10} \text{ del filtro}}{d_{10} \text{ del suelo}} \geq 5$$

c) Para evitar el peligro de colmatación de los tubos por el material filtro.

En los tubos con perforaciones circulares:

$$\frac{d_{10} \text{ del filtro}}{\text{diámetro del orificio del tubo}} > 1,0$$

En los tubos con juntas abiertas:

$$\frac{d_{10} \text{ del material filtro}}{\text{ancho de la junta}} > 1,2$$

En los tubos de hormigón poroso se debe respetar la siguiente condición:

$$\frac{d_{10} \text{ del árido del dren poroso}}{d_{10} \text{ del filtro}} \leq 5$$

En caso de terrenos cohesivos el límite superior para d_{10} del filtro se establecerá en 0,1 mm.

Cuando sea preciso deberán utilizarse en el proyecto dos o más materiales de filtros. Ordenados éstos desde el terreno natural a la tubería deben satisfacer, cada uno con respecto al contiguo, las condiciones exigidas anteriormente entre el material filtro y el suelo a drenar. El último, que será el que rodea el tubo, deberá satisfacer, además, las condiciones que

se han indicado en relación con el ancho de las juntas o diámetro de los orificios de dichos tubos.

Para impedir cambios en la composición granulométrica o segregaciones del material filtro por movimiento de su finos debe

utilizarse material de coeficiente de uniformidad $\frac{d_{60}}{d_{10}}$ inferior a 20, cuidadosamente compactado.

La figura 6.2.3a se incluye como ejemplo de determinación de la granulometría del material filtro de un dren subterráneo a partir de la granulometría del suelo que rodea la zanja del dren.

El dren subterráneo se proyectará cumpliendo las disposiciones que se detallan en la figura 6.2.3b, según se encuentre en terreno permeable o impermeable y sean necesarios uno o dos materiales filtro.

6.2.4. Arquetas y registros

En los drenes longitudinales se proyectarán, a intervalos regulares, arquetas o registros que permitan controlar el buen funcionamiento del drenaje y sirvan para evacuar el agua recogida por la tubería del dren, bien a un colector principal, bien a una cuneta situada, por ejemplo, al pie de un terraplén, a una vaguada natural o a otros dispositivos de desagüe.

Con independencia de lo anterior, deberán colocarse arquetas o registros en todos los cambios de alineación de la tubería de drenaje.

La distancia entre dos arquetas o registros consecutivos oscilará en general entre 30 m y 100 m, y dependerá de la pendiente longitudinal del tubo y de su capacidad de desagüe, de la disposición general del drenaje y de los elementos naturales existentes.

Las figuras 6.2.4a y 6.2.4b son esquemas de arquetas y registros que pueden servir de orientación para su proyecto.

En el caso de salida libre de la tubería de desagüe de la arqueta o del registro a una cuneta, a una vaguada, etc., se cuidará que el nivel de salida quede lo suficientemente alto y con las protecciones necesarias para impedir su aterramiento, inundación, entrada de animales, etc.

6.3. Investigación del agua freática

La presencia de un nivel freático elevado exigirá una investigación cuidadosa de sus causas y naturaleza. Deberán practicarse los pozos y orificios que se consideren precisos para fijar la posición del nivel freático y, si es posible, la naturaleza, origen y movimientos del agua subterránea.

El reconocimiento se debe efectuar al final del invierno, época en la que en condiciones normales alcanzará su máxima altura.

Los casos que pueden presentarse en la práctica y su tratamiento adecuado son innumerable. Algunos de ellos se señalan en la figura 6.3.

6.4. Drenes de intercepción

6.4.1. Objeto y clasificación

Se proyectarán drenes de intercepción para cortar corrientes subterráneas e impedir que alcancen las inmediaciones de la carretera.

Se clasifican por su posición en longitudinales y transversales.

6.4.2. Longitudinales

El dren de intercepción deberá proyectarse cumpliendo las condiciones generales expuestas anteriormente para los drenes enterrados.

El fondo del tubo debe quedar por lo menos 15 cm por debajo del plano superior de la capa impermeable o relativamente impermeable que sirve de lecho a la corriente subterránea. En el caso de que esta capa sea roca deben extremarse las precauciones para evitar que parte de la filtración cruce el dren por debajo de la tubería.

El caudal a desaguar puede determinarse aforando la corriente subterránea. Para ello se agotará el agua que afluya a la zanja en que se ha de situar el dren en una longitud y tiempo determinados.

Para interceptar filtraciones laterales que procedan de uno de los lados de la carretera se dispondrá un solo dren longitudinal en el lado de la filtración. Sin embargo, en el fondo de

un valle o trinchera, donde el agua pueda proceder de ambos lados, deberán disponerse dos drenes de intercepción, uno a cada lado de la carretera.

Las figuras 6.4.2a y b son ejemplo de drenes longitudinales en carreteras a media ladera y en trinchera, respectivamente.

6.4.3. Transversales

En carreteras en pendiente, los drenes longitudinales pueden no ser suficientes para interceptar todo el agua de filtración.

En estos casos deberá instalarse drenes interceptores transversales normales al eje del camino o un drenaje en espina de pez.

La distancia entre drenes interceptores transversales será por término medio de 20 m a 25 m.

El drenaje en espina de pez se proyectará de acuerdo con las siguientes condiciones (figura 6.4.3a):

- a) El eje de las espinas formará con el eje de la carretera un ángulo de 90°.
- b) Las espinas estarán constituidas por una zanja situada bajo el nivel del plano superior de la explanada.
- c) Sus paredes serán inclinadas, con talud aproximado de 1/2, para repartir al máximo el posible asiento diferencial.
- d) Las zanjas se rellenarán de material filtro.
- e) Las espinas llevarán una cuna de hormigón pobre o arcilla unida a la cuna del dren longitudinal.
- f) Las espinas consecutivas se situarán a distancias variables, que dependerán de la naturaleza del suelo que compone la explanada. Dichas distancias estarán comprendidas entre 6 m, para suelos muy arcillosos, y 28 m para suelos arenosos.

Con independencia de la pendiente longitudinal de la carretera, se recomienda utilizar drenes en espina de pez al pasar de trinchera a terraplén, como protección de éste contra las aguas infiltradas procedentes de la trinchera (figura 6.4.3b).

6.5. Drenes para rebajar el nivel freático

Para rebajar el nivel freático manteniéndolo a una profundidad conveniente del nivel superior de la explanada o del nivel máximo de penetración de la helada deben proyectarse drenes enterrados longitudinales.

El nivel freático debe mantenerse de 1 m a 1,50 m, según la naturaleza del suelo, bajo el nivel superior de la explanada. Para ello, el fondo de las zanjas drenantes deberá estar a una profundidad comprendida entre 1,20 m y 1,80 m, bajo el nivel de la calzada.

Los drenes para rebajar el nivel freático se dispondrán, como mínimo, a 0,50 m del borde de la calzada y en las secciones en trinchera entre dicha posición y la cuneta de pie.

En las figuras 6.5a y 6.5b se representan dispositivos para rebajar el nivel freático mediante drenes enterrados, en secciones a media ladera y en trinchera. Dichos drenes cumplen también la función de drenar el firme.

Para apreciar el efecto de una instalación de drenes sobre el nivel freático se utilizará el siguiente procedimiento. Se excavarán dos zanjas paralelas, de unos 10 m a 15 m de longitud, en la línea de las zanjas de drenaje para la carretera, hasta una profundidad de unos 50 cm por debajo del nivel a que se desea rebajar el agua freática. Se perforarán una serie de taladros, por ejemplo, a intervalos entre 1,5 m y 3 m en la línea perpendicular al eje de la carretera y, por consiguiente, a las zanjas de drenaje. Se situarán los taladros entre ambas zanjas y exteriormente a ellas, por ejemplo, hasta unos 6 m a cada lado. Efectuado este trabajo se pueden hacer observaciones de los niveles de la capa freática en los taladros, antes y después de bombear el agua fuera de las zanjas, durante un período de tiempo suficiente para establecer las condiciones de equilibrio.

Dibujando un gráfico con estos resultados puede estimarse el efecto de las zanjas de drenaje y establecer la correcta profundidad y separación de los drenes. La capacidad requerida para los tubos del dren puede estimarse por el grado de bombeo necesario para mantener las zanjas libres de agua.

6.6. Drenaje del firme

Salvo en el caso de explanadas permeables, debe proyectarse el drenaje de la capa drenante constituida por la base, por la subbase del firme o por ambas, bien mediante drenes enterra-

dos o prolongando la capa drenante hasta los taludes de los terraplenes o cunetas.

Además, deben darse pendientes transversales mínimas a la explanada, subbase y base. Los valores de estas pendientes mínimas y las disposiciones a adoptar con la capa drenante desaguando en el talud de un terraplén, en una cuneta o en un dren enterrado se detallan en la figura 6.6a.

Si se proyectan drenes enterrados para el drenaje del firme deben situarse, por lo menos, a 0,50 m del borde de la calzada, con la tubería por debajo del nivel de máxima penetración de la helada y con el borde superior de las cunetas de hormigón o arcilla del tubo a una profundidad de 15 cm a 40 cm, bajo el nivel superior de la explanada (figura 6.6b).

Los drenes que deban proyectarse para interceptar filtraciones o rebajar un nivel freático elevado pueden utilizarse también para drenar el firme. En este caso, la tubería se situará a una profundidad mayor, de acuerdo con lo indicado en los epígrafes 6.4 y 6.5.

Cuando el suelo de la explanada sea arcilloso o limoso y al humedecerse pueda penetrar en el firme, contaminándolo, deberá proyectarse una capa filtro de 10 cm de espesor, como mínimo, cuya granulometría cumplirá las condiciones para material filtro del epígrafe 6.2.3.

6.7. Casos especiales

6.7.1. Protección del suelo de la explanada contra el agua libre en terreno de elevado nivel freático, llano y sin desagüe

Cuando haya de construirse una carretera en terreno llano y elevado nivel freático se estudiará el rebajamiento del mismo por medio de drenes enterrados, tal como se detalla en el epígrafe 6.4. Si no existiera posibilidad de desaguar el sistema de drenaje se proyectará la carretera en terraplén.

Para la elección del material del terraplén se tendrá en cuenta que su humedad de equilibrio debe disminuir rápidamente con la distancia al nivel freático y que el terraplén ha de construirse sobre un terreno saturado de agua, sin capacidad para resistir esfuerzos de compactación elevados.

La necesidad de proteger el terraplén mediante la colocación de membranas bituminosas u hojas de plástico, tratando su superficie con sustancias hidrófobas o adoptando disposiciones análogas a la indicada en las figuras 6.7.1a y 6.7.1b, dependerá de la naturaleza y estado del terreno y del material disponible para la construcción del terraplén.

Si el terreno natural es comprensible y está saturado, en el proyecto de los terraplenes de la carretera se considerará la conveniencia de acelerar su consolidación mediante drenes verticales de arena, vaciado u otras técnicas especiales.

6.7.2. Protección del suelo de la explanada situado bajo la calzada contra los movimientos capilares del agua entre este suelo y el situado bajo arcenes

Las diferencias de humedad en el suelo bajo la calzada y bajo los arcenes facilitan los movimientos capilares y, al aumentar el contenido de humedad del suelo de la explanada bajo la calzada, disminuyen su capacidad resistente. Para evitar esta disminución, las fisuraciones del suelo y los asientos diferenciales que con dicho aumento de humedad pueden producirse deben utilizarse alguna de las siguientes técnicas:

- Impermeabilizar los arcenes en un ancho, al menos, de 1,50 m a 2,00 m a cada lado de la calzada.
- Establecer una membrana impermeable que impida el movimiento del agua capilar, situándola en un plano más o menos vertical bajo los bordes de la calzada.
- Construir zanjas anticapilares bajo los bordes de la calzada.

Tanto la membrana impermeable como las zanjas anticapilares deberán ejecutarse hasta una profundidad de 1,20 m bajo la superficie de los arcenes. Pueden utilizarse como zanjas anticapilares las que se proyecten para el drenaje del firme, cuidando de que el material filtro rompa la continuidad en fase líquida entre el agua situada a un lado y otro de la misma.

7. EFECTO HELADA

En aquellos casos en que sea de temer el efecto helada se actuará en la forma prevista al respecto en la Instrucción 6.1. IC., aprobada en 21 de marzo de 1963.

5.1-IC.

DRENAJE

TIEMPO DE CONCENTRACION

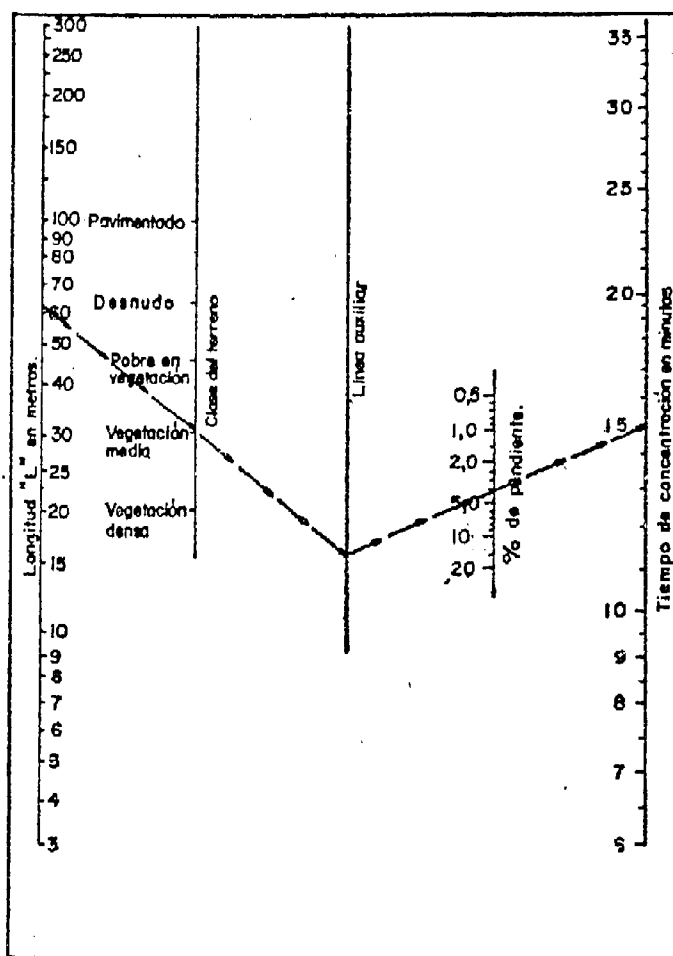


Figura 4.2.4.3.1

5.1-101

DRENAJE

CALCULO DE PRECIPITACIONES

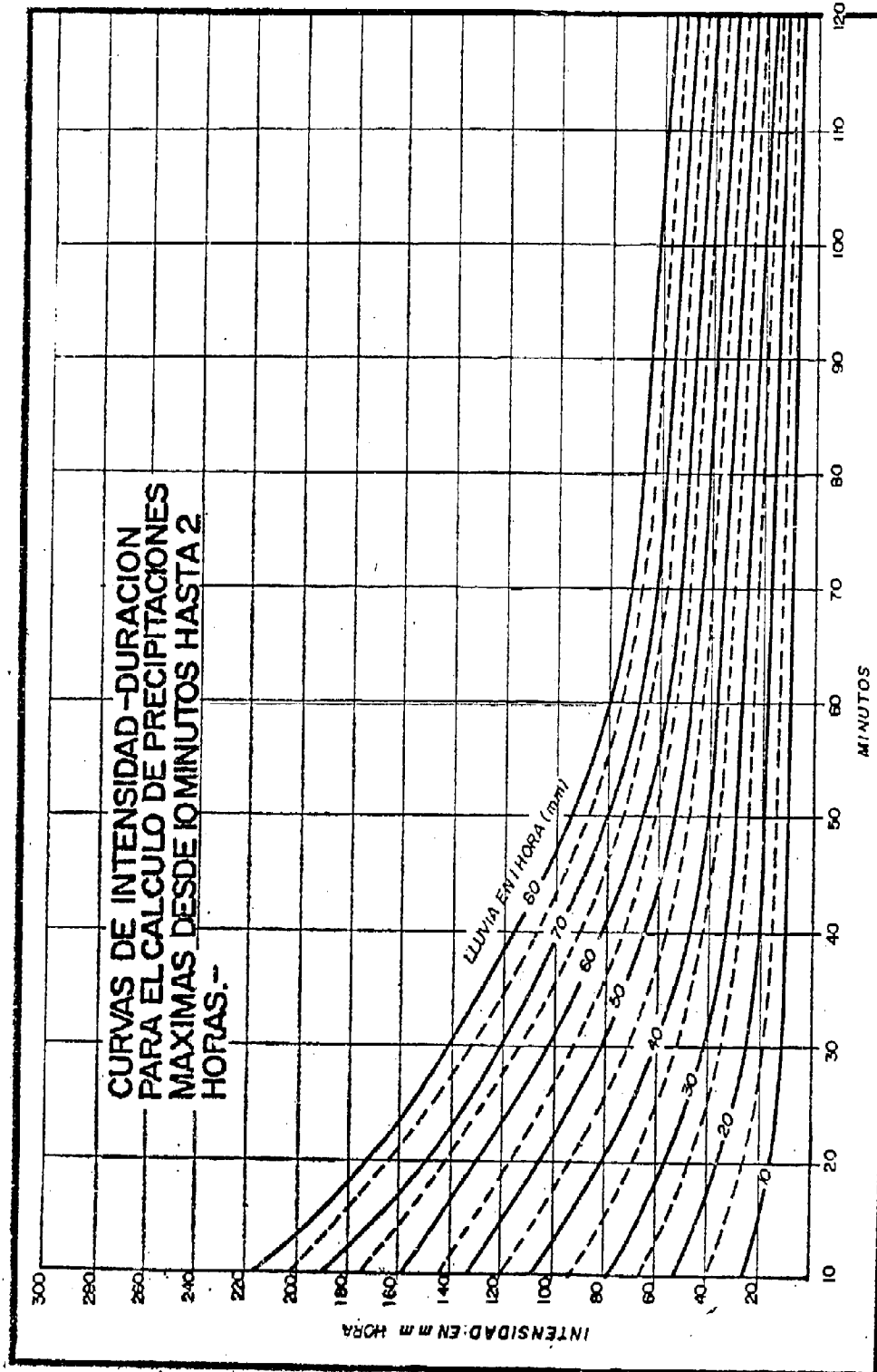
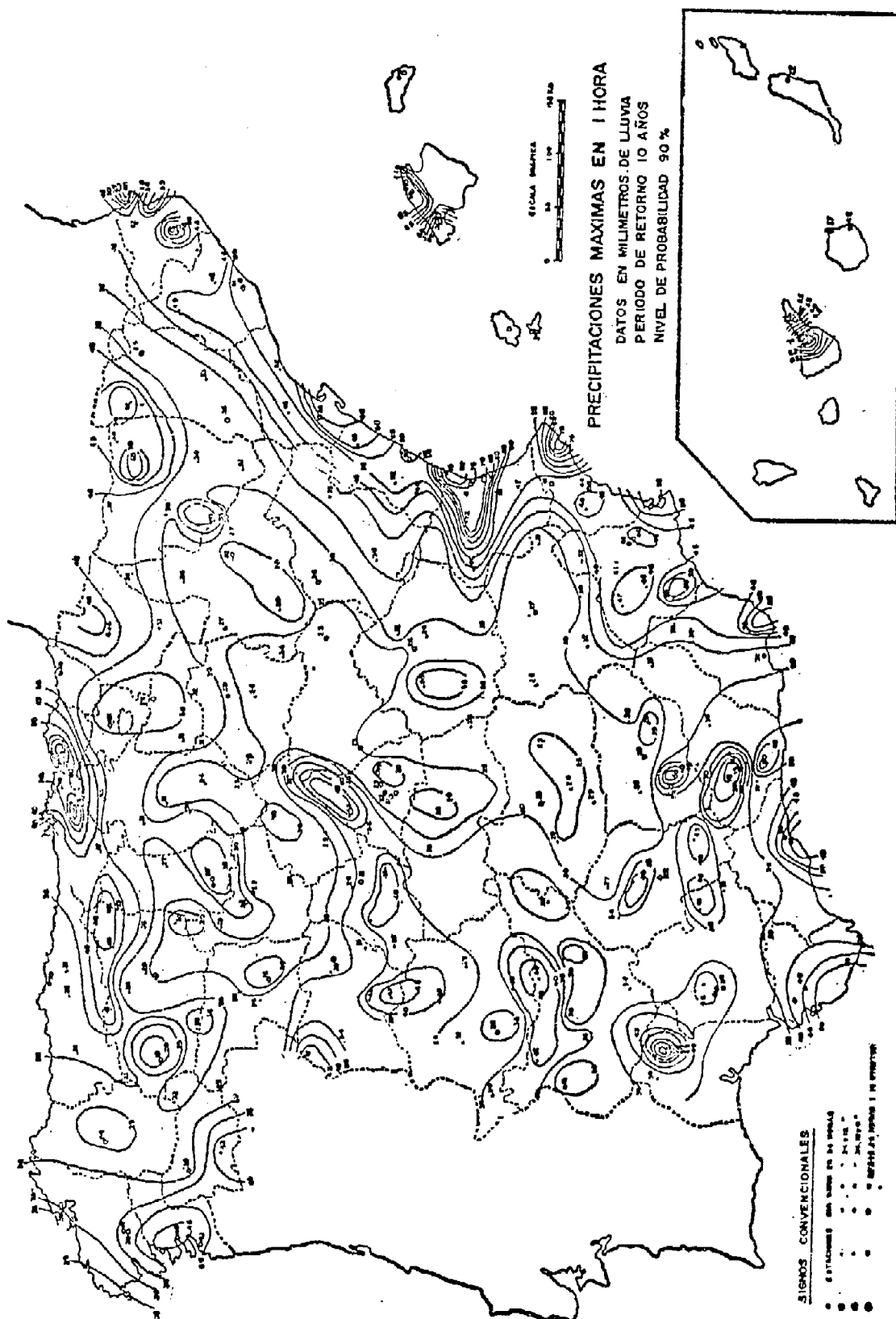
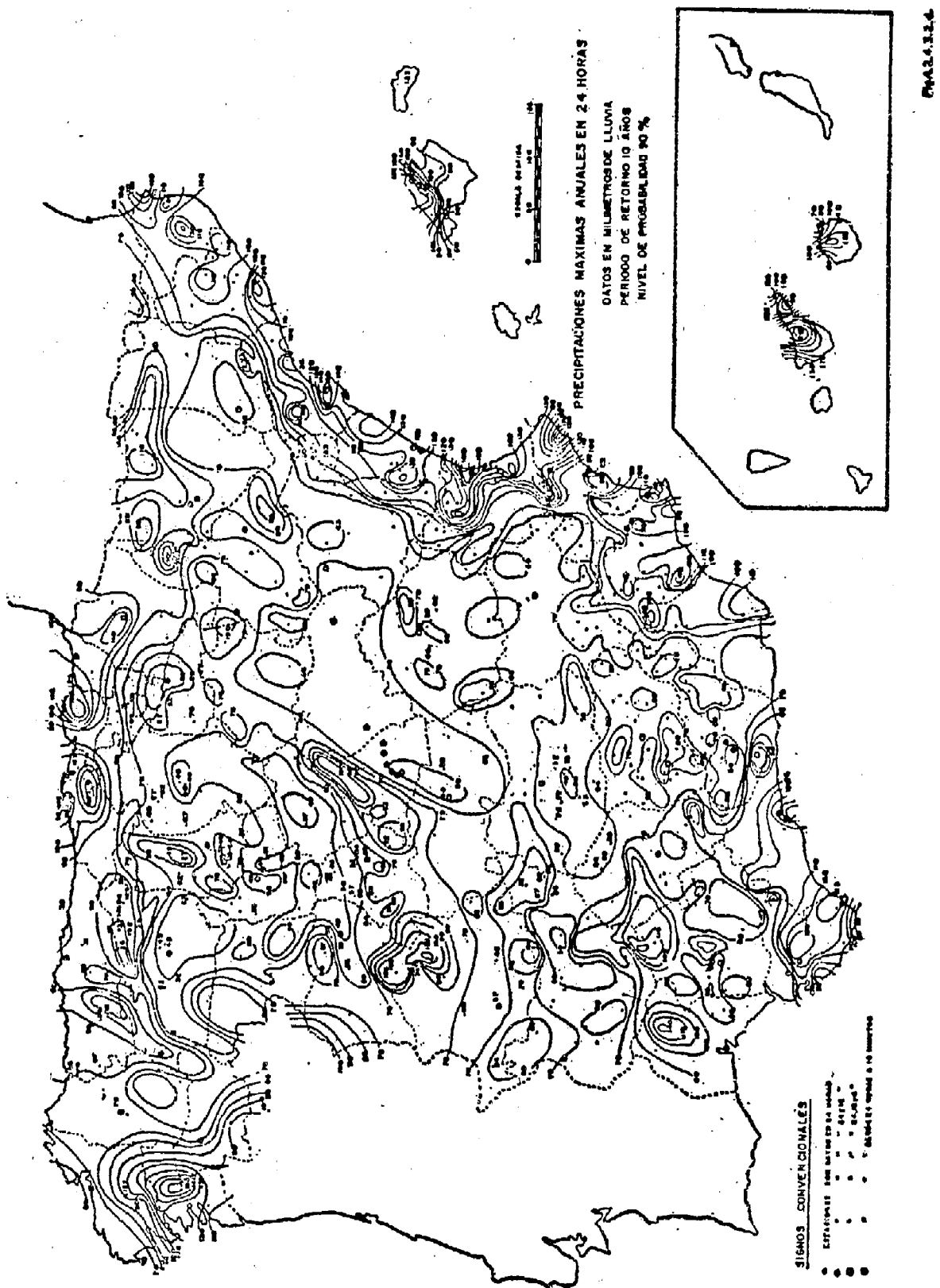


Figura 4.2.4.3.2 a





5.1-IC.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE CUNETAS

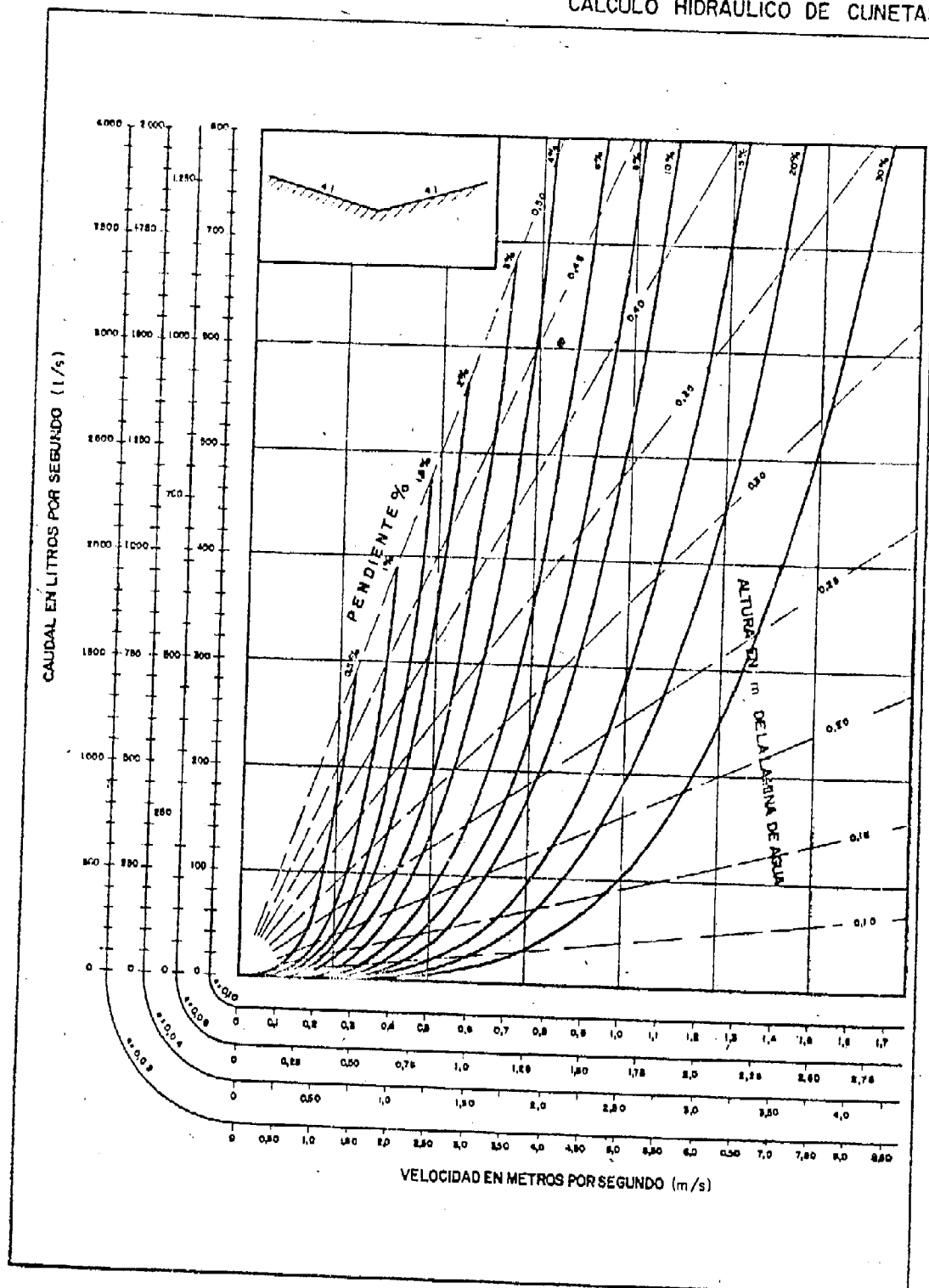


Figura 5.2.1.2.c

5.1-1C.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE CUNETAS

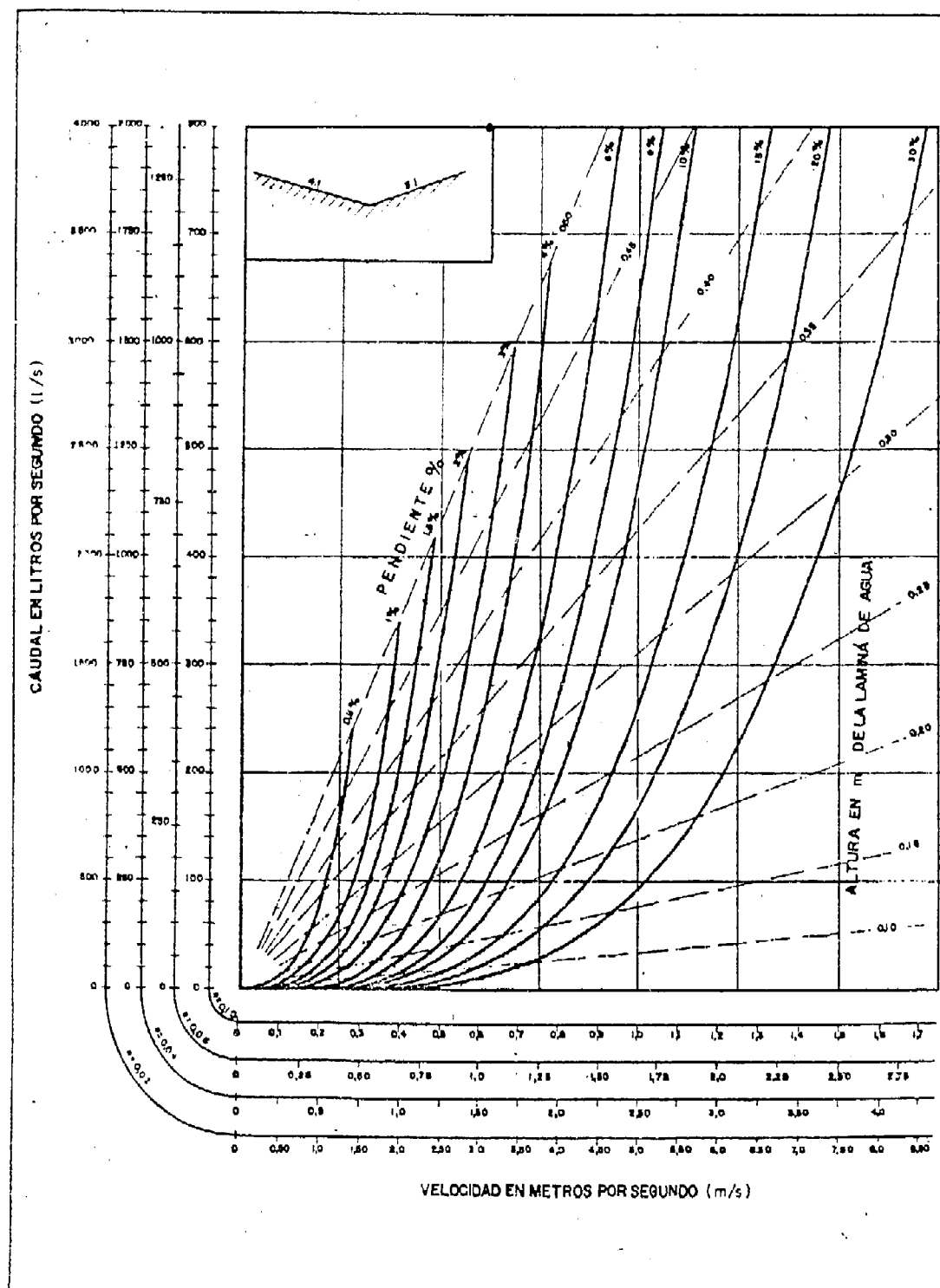


Figura 5.2.1.2 b

5.1-1C.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE CUNETAS

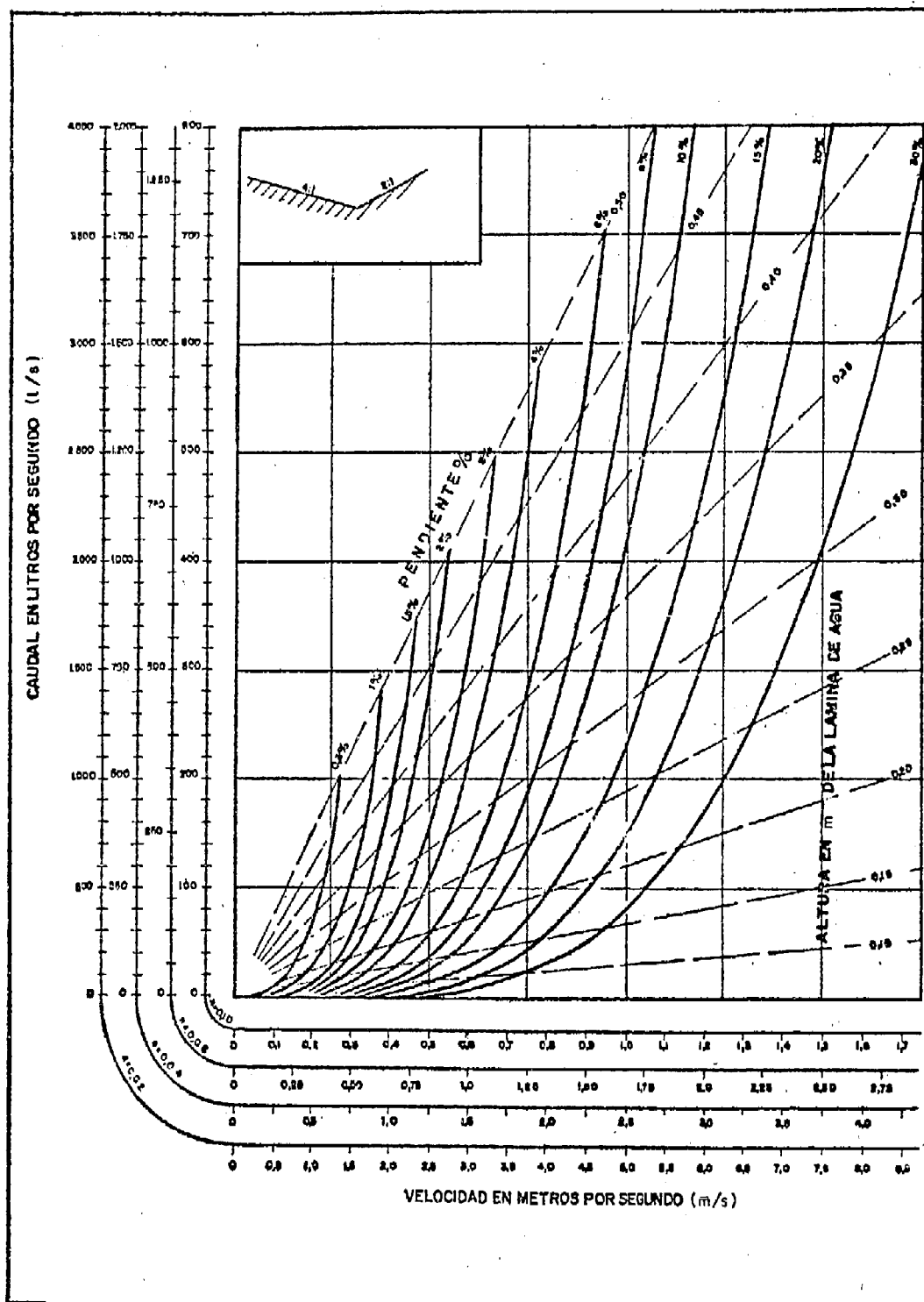


Figura 5.2.1.2 c

5.1-1C.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE CUNETAS

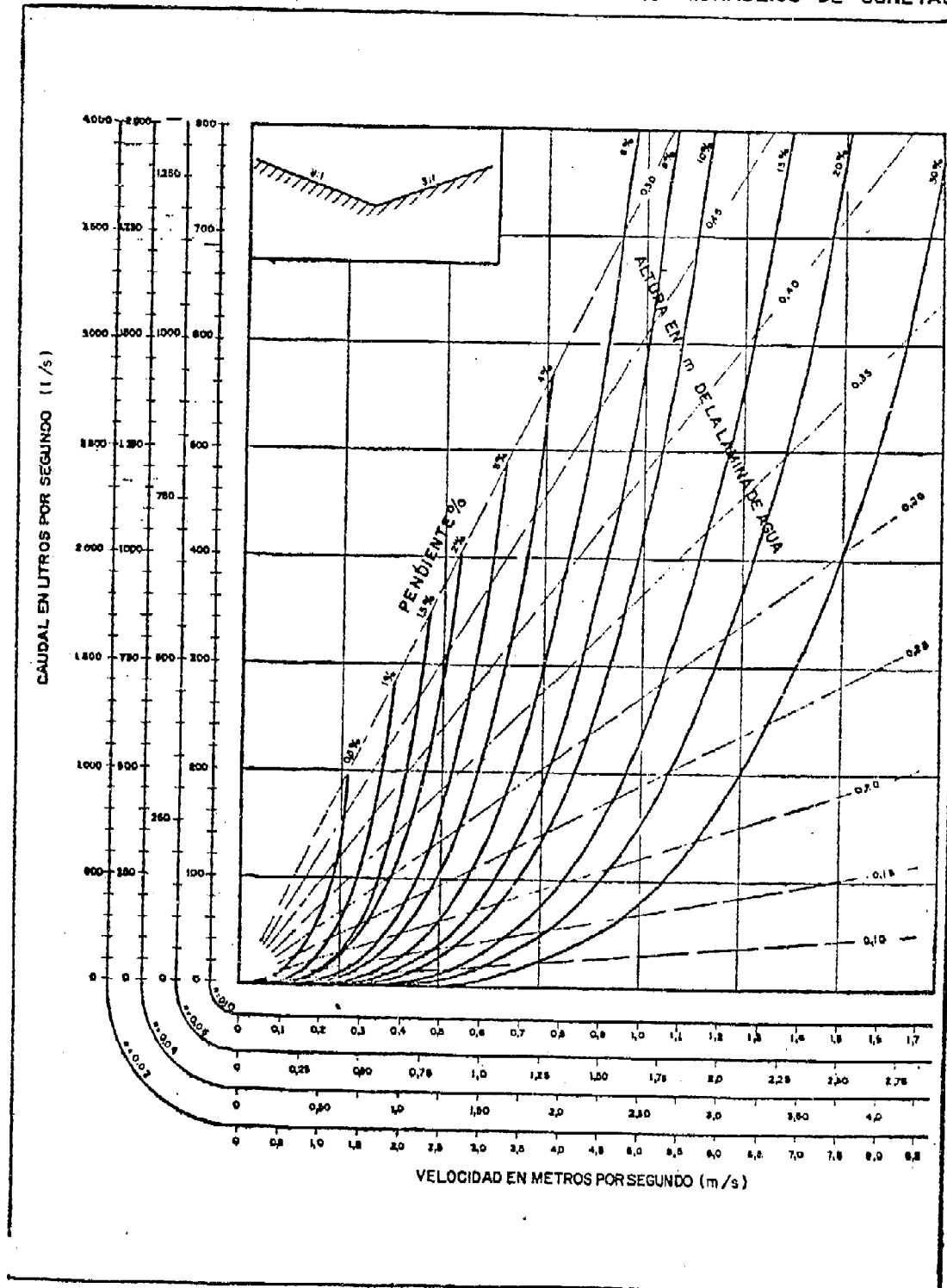


Figura 5.2.1.2 d

5.1-IC.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE CUNETAS

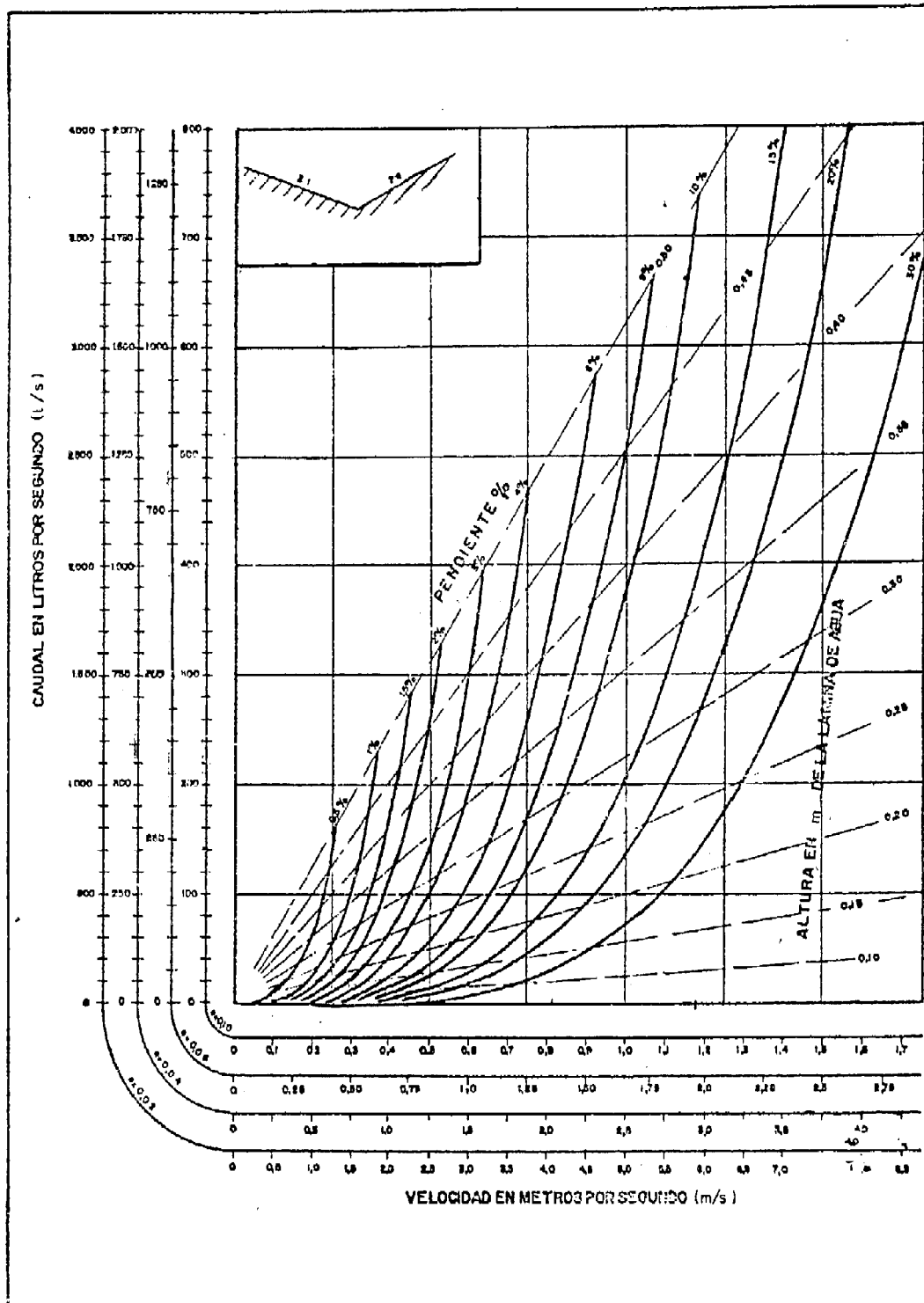


Figura 5.2.1.2 *

5.1-IC.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE CUNETAS

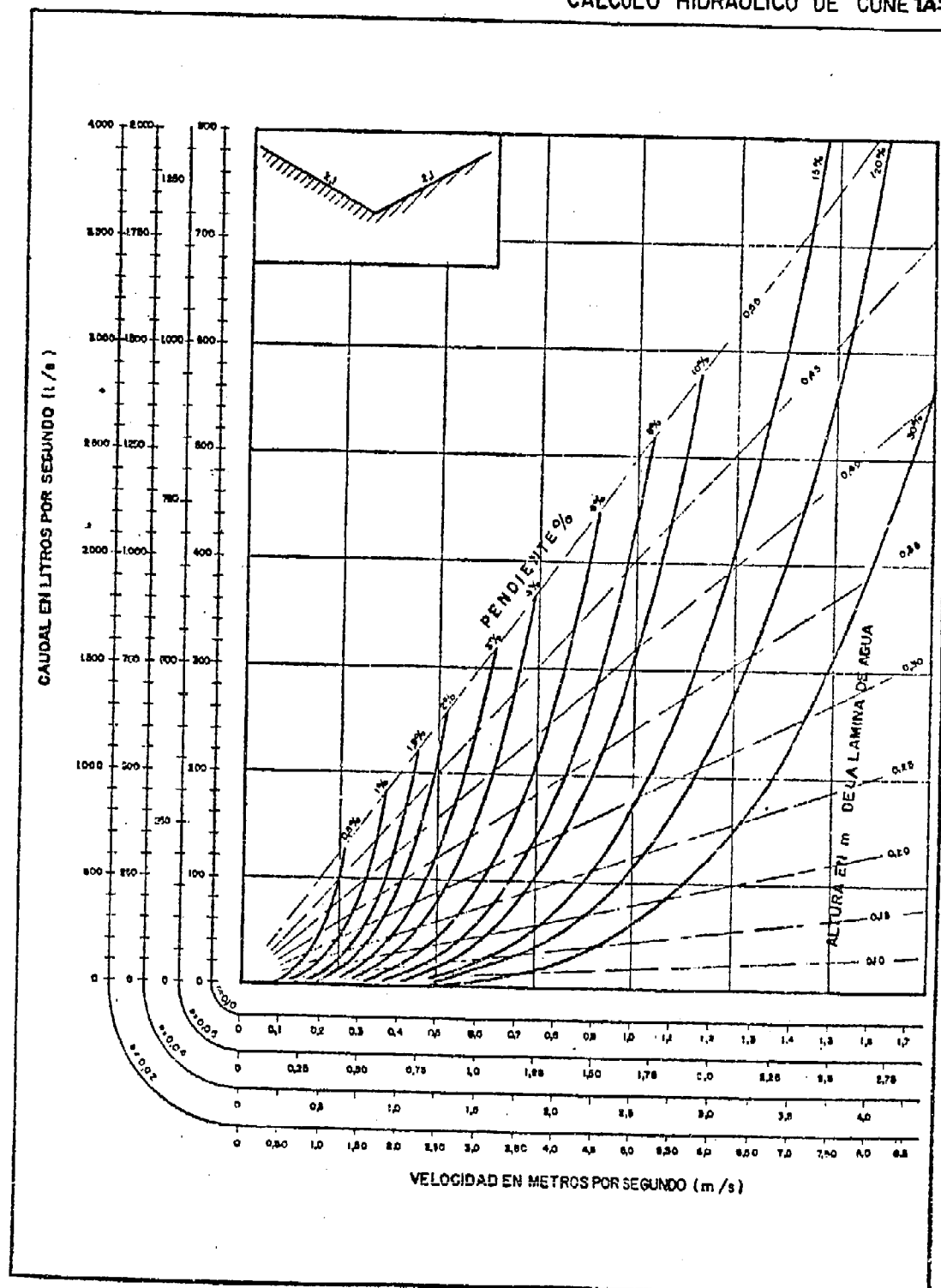


Figura 5.2.12 f

S.1-10.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE CUNETAS

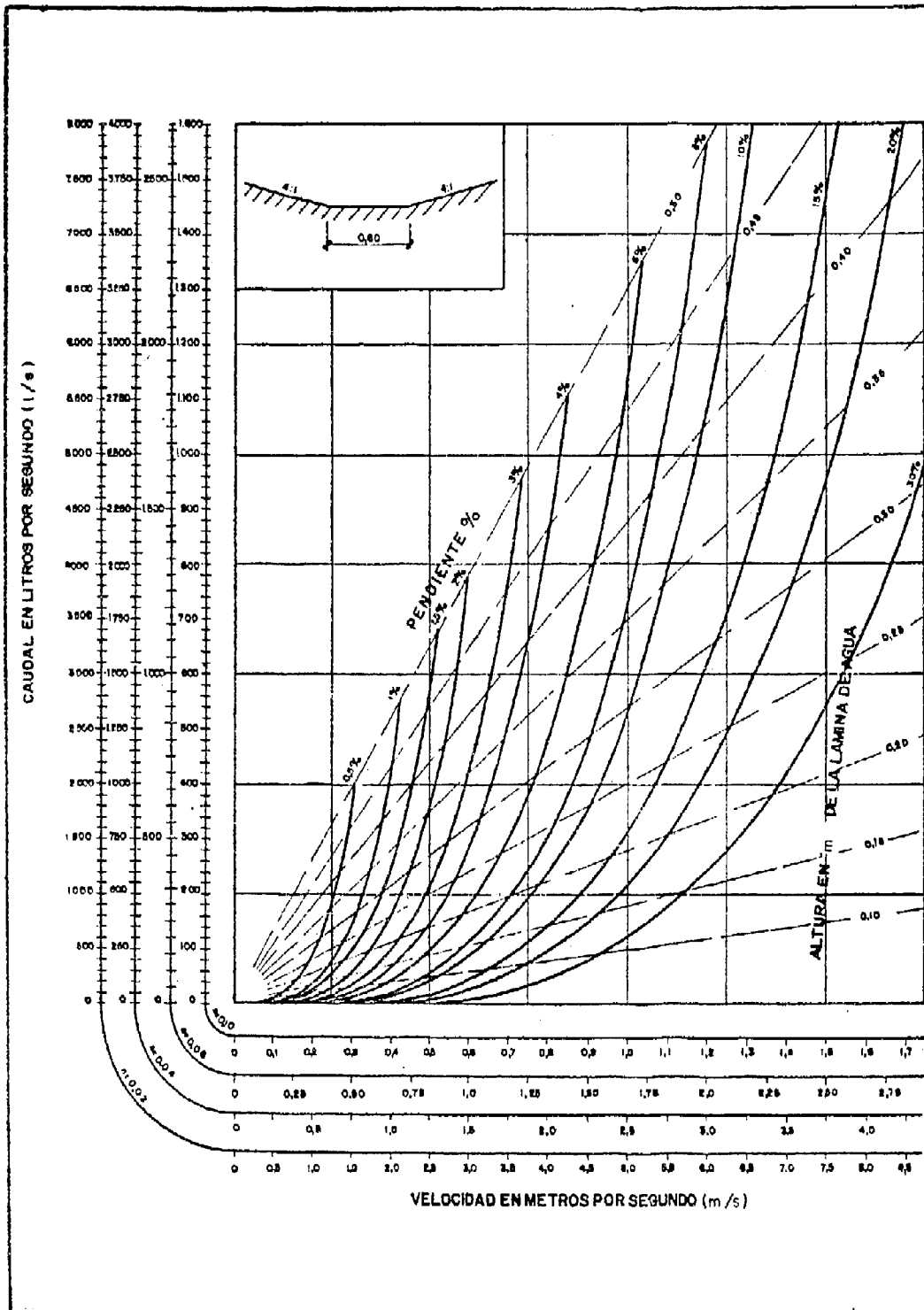


Figura 5.2.1.2.9

5.1-IC.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE CUNETAS

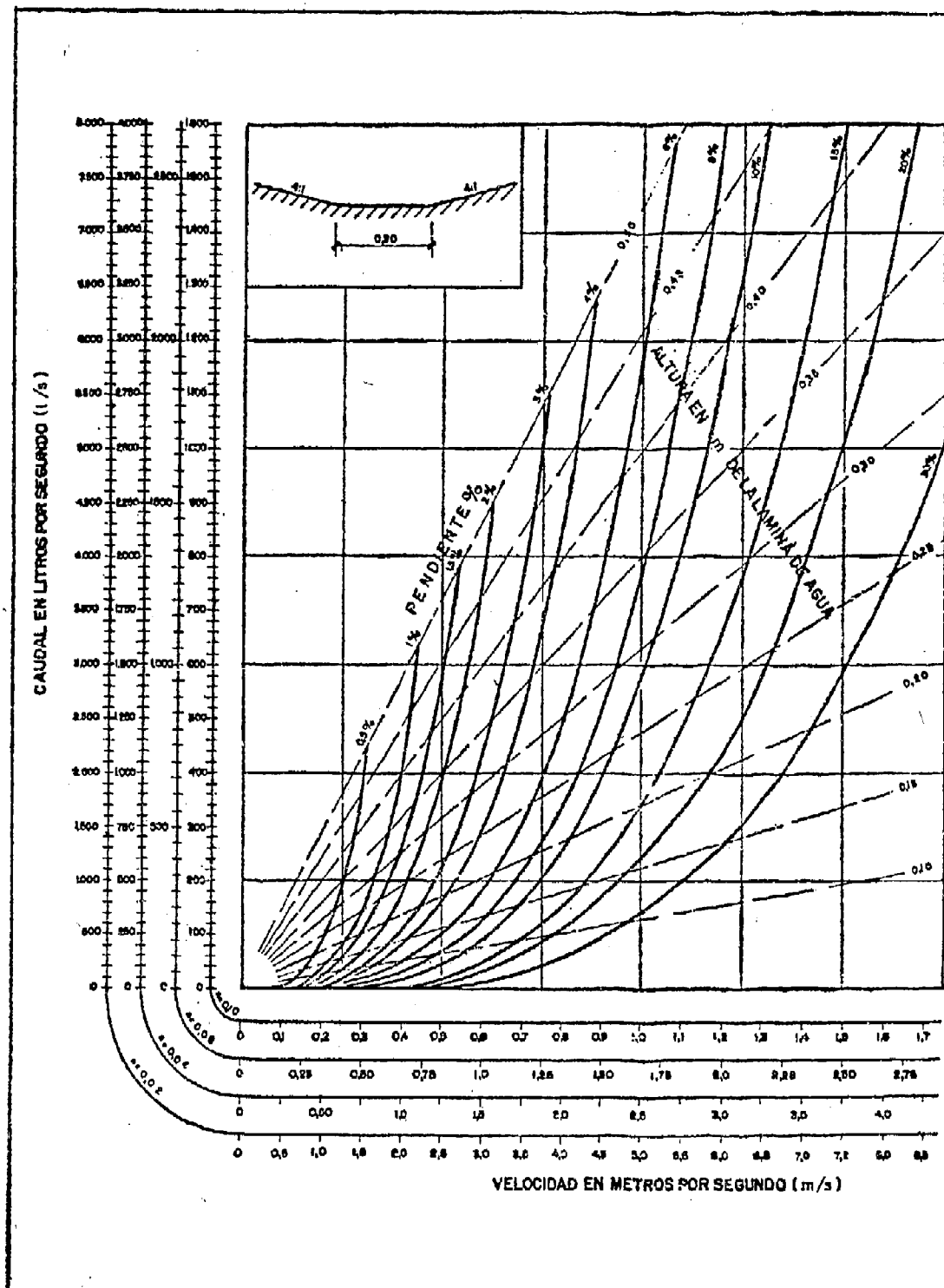


Figura 5.2.12.h

S.1-1C.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE CUNETAS

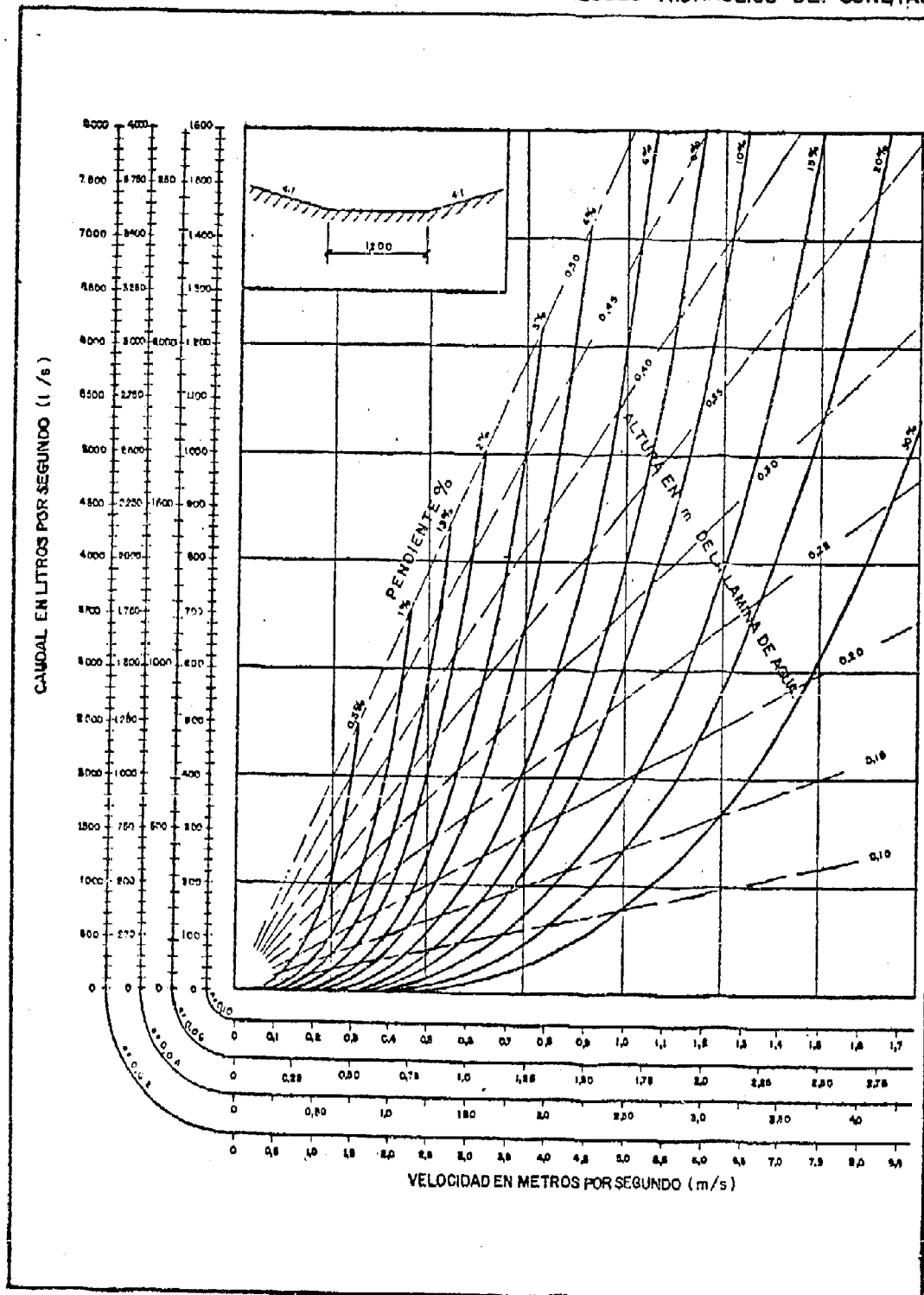


Figura 5.2.1.2.)

5.1-1C.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE CUNETAS

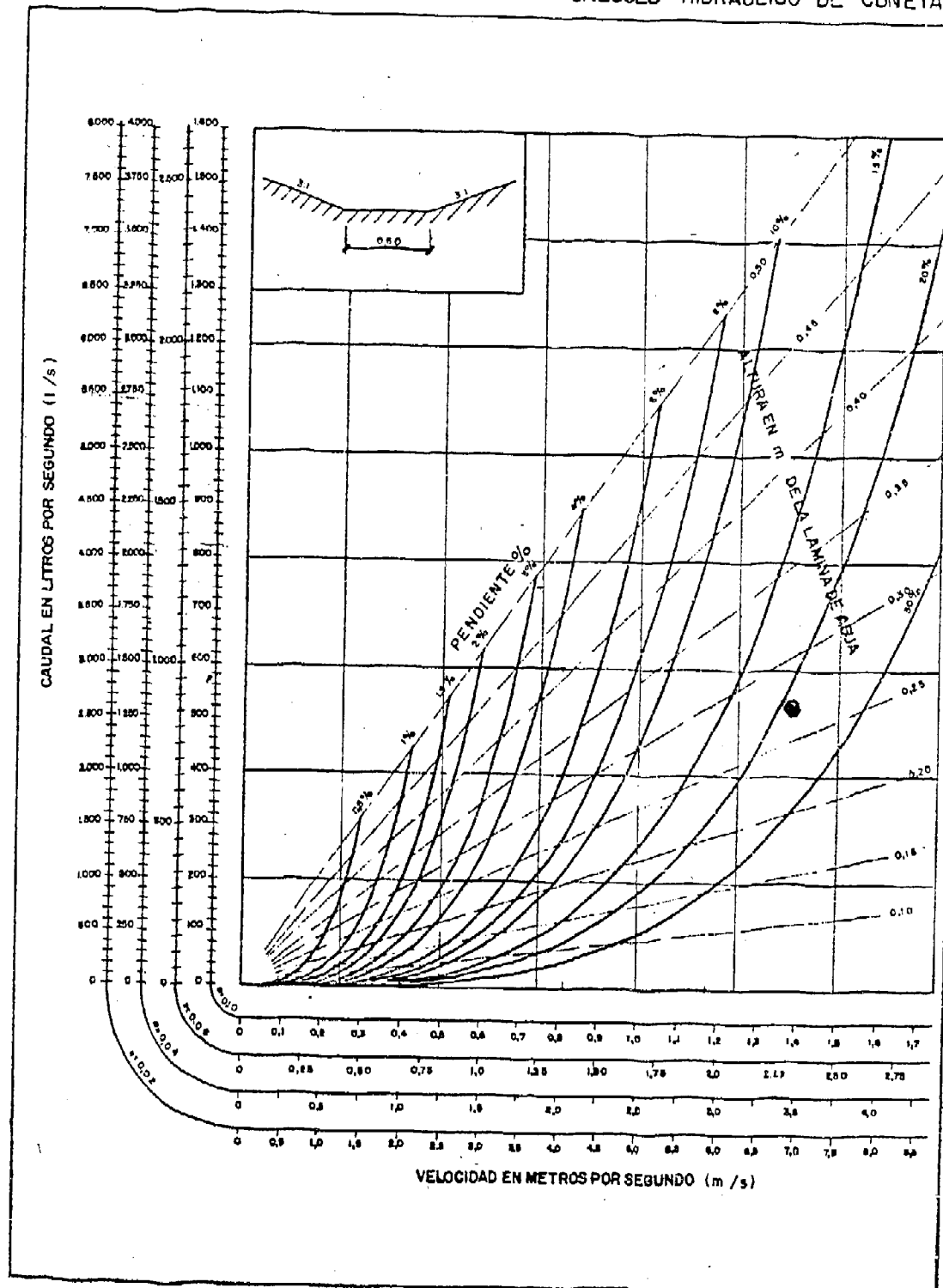


Figura 5.2.12.)

5.1-1C.

DRENAJE

CÁLCULO HIDRAULICO DE CUNETAS

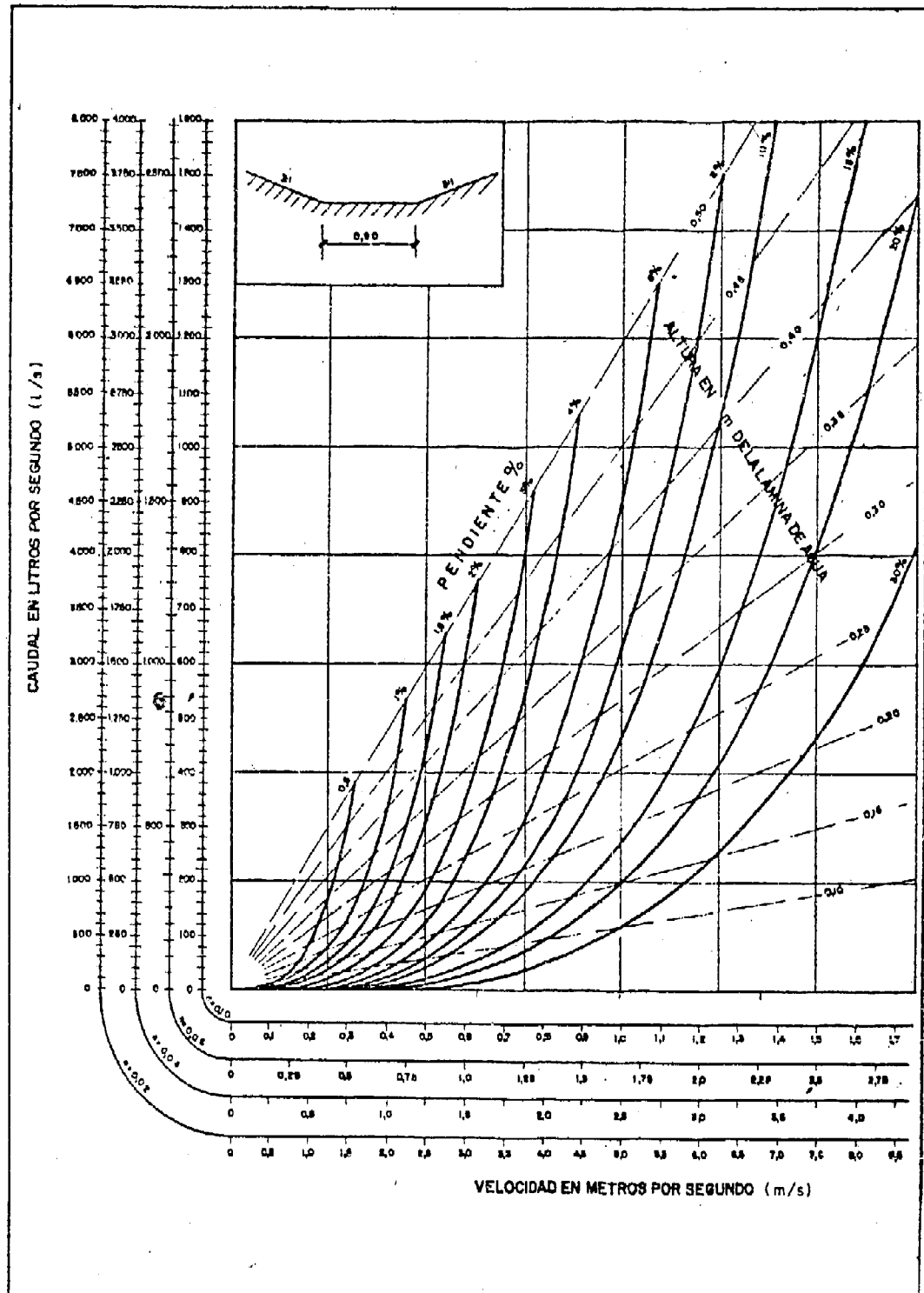


Figura 5.2.12 b

S.1-1C.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE CUNETAS

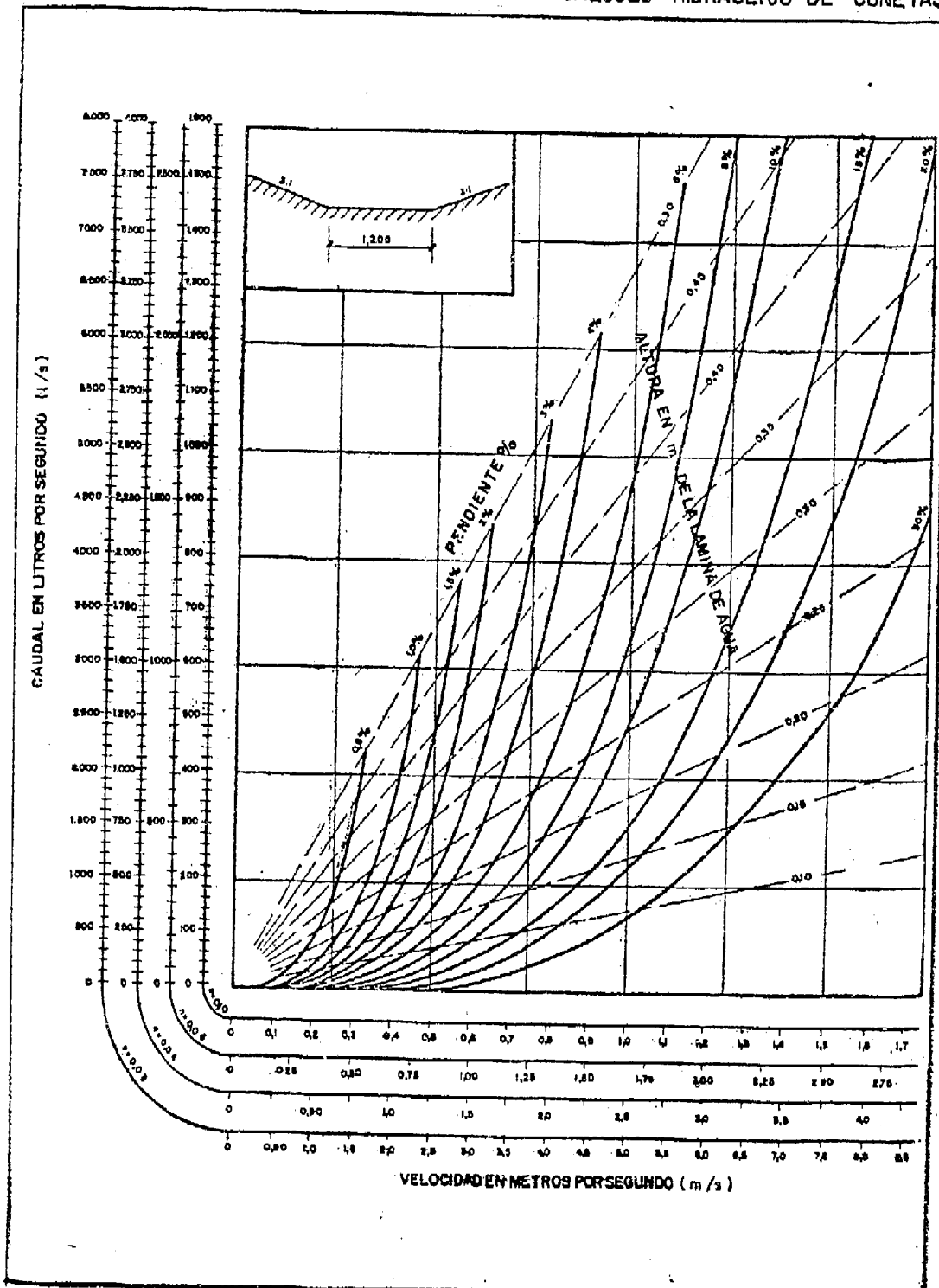


Figura 5.2.1.2.1

51-1C.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE CUNETAS

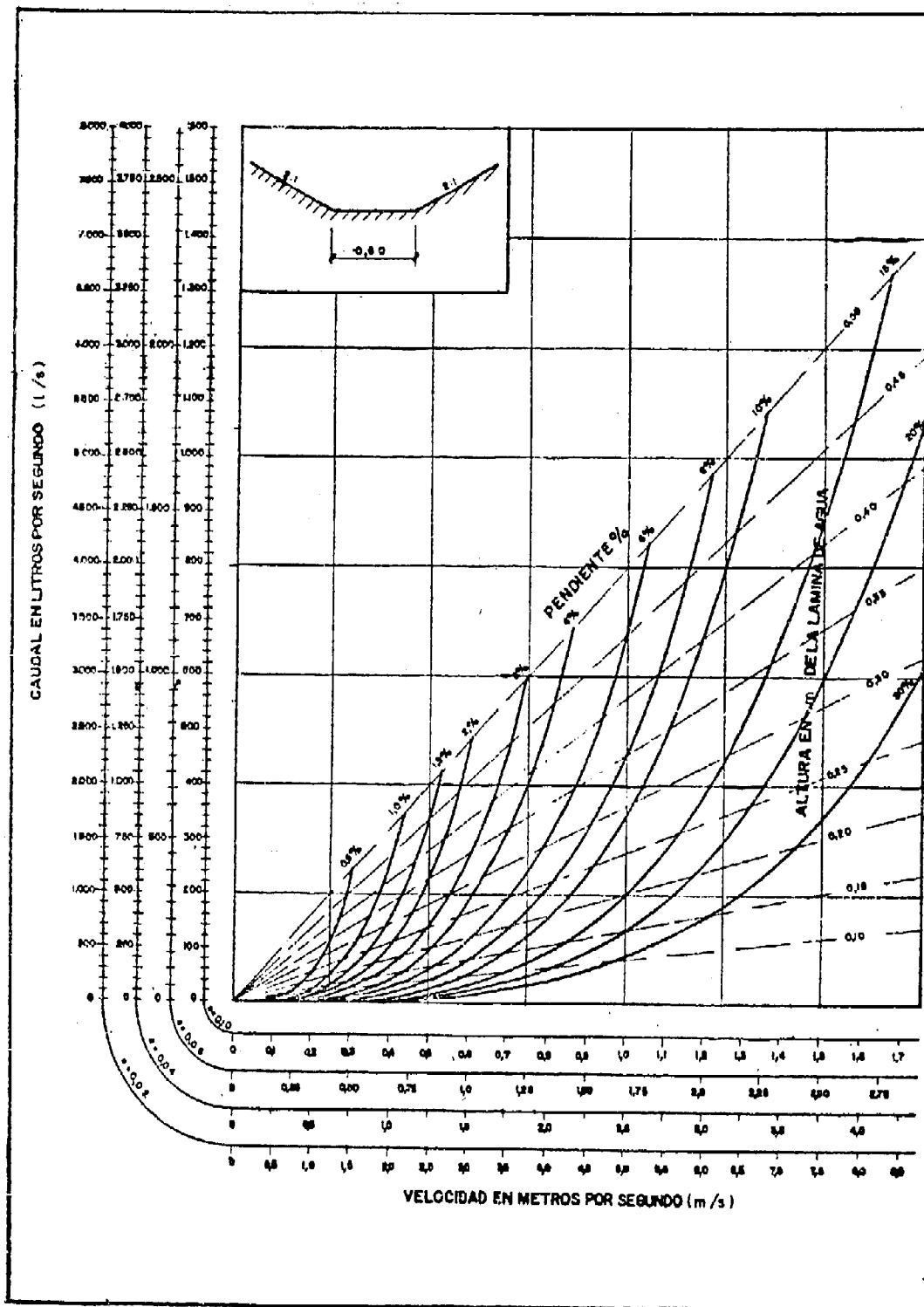


Figura 5.2.1. 2 m.

5.1-IC.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE CUNETAS

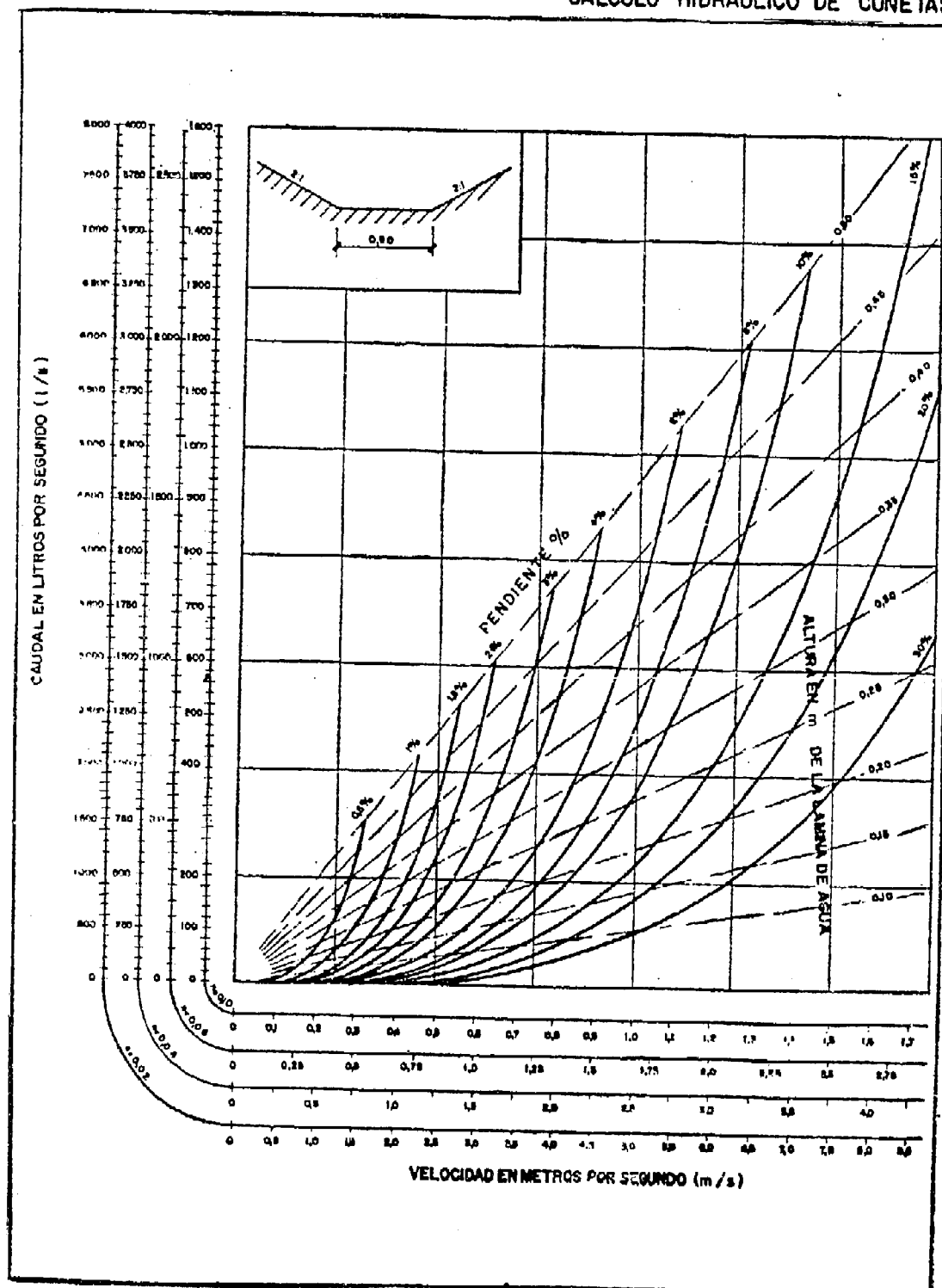


Figura 5.2.1.2.n

5.1-1C.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE CUNETAS

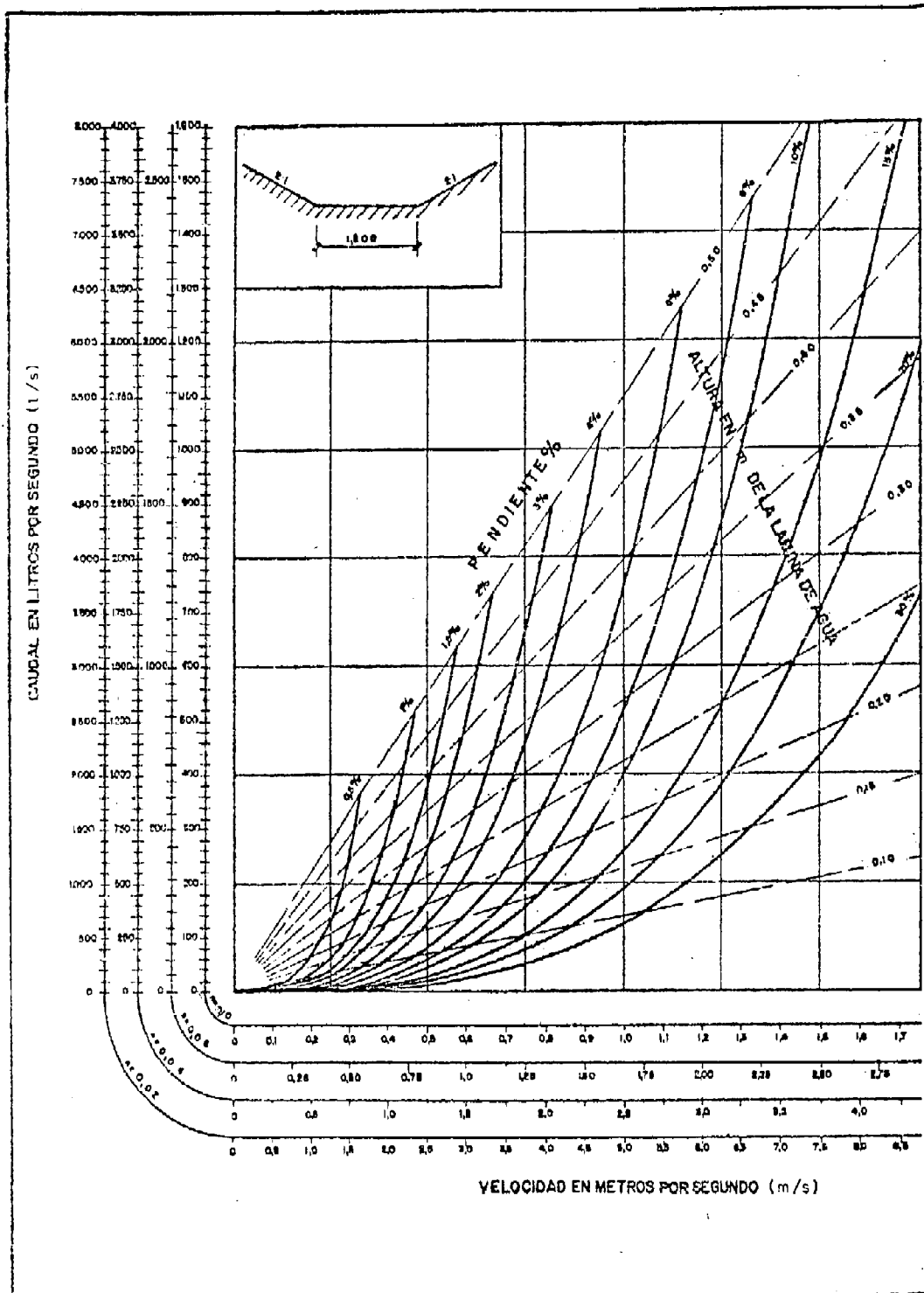


Figura 5.2.1.2.6

5.1-1C.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE CUNETAS

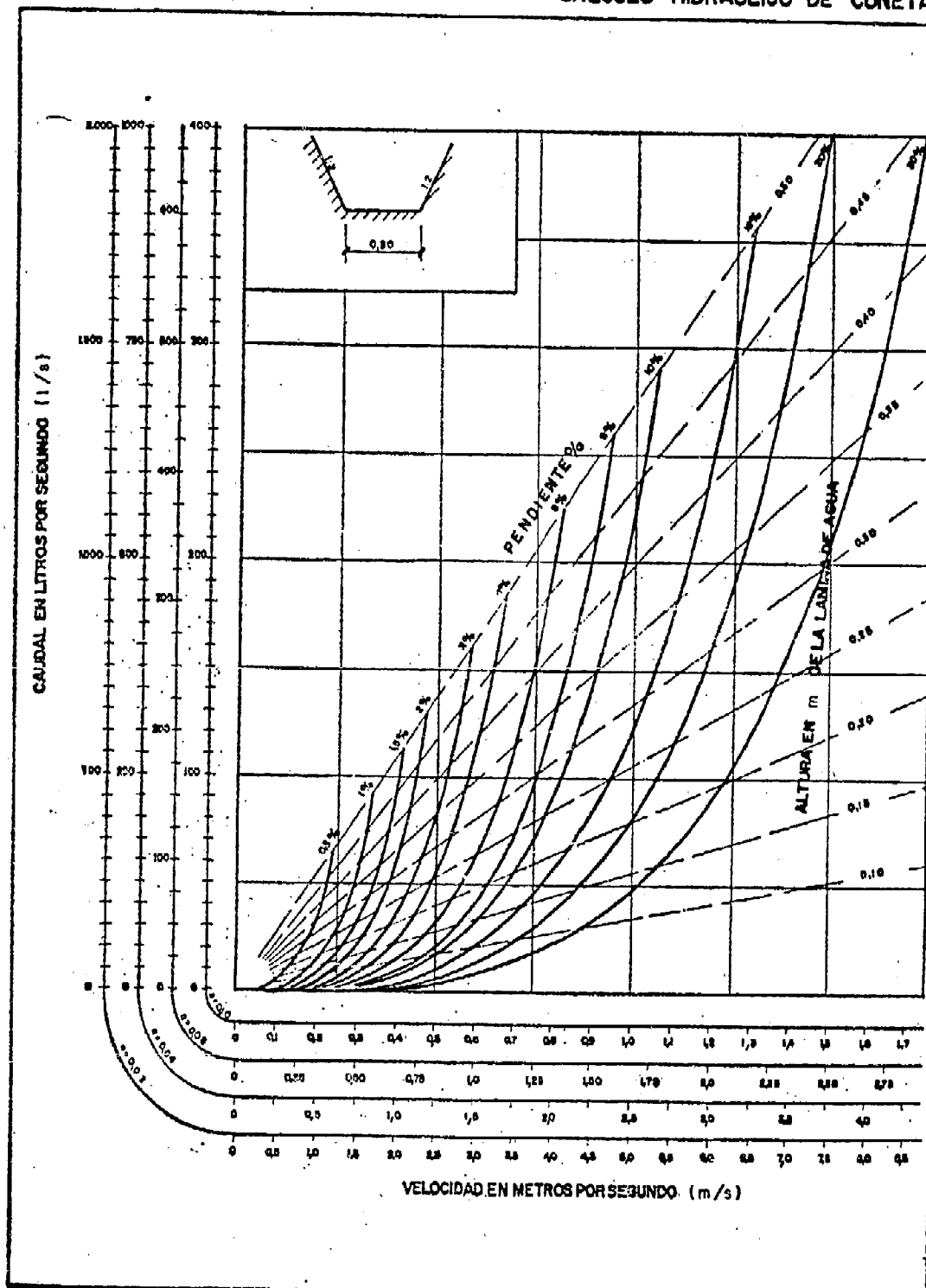


Figura 5.2.1.2.p

S.1-15

DRENAJE

CUNETAS TRIANGULARES

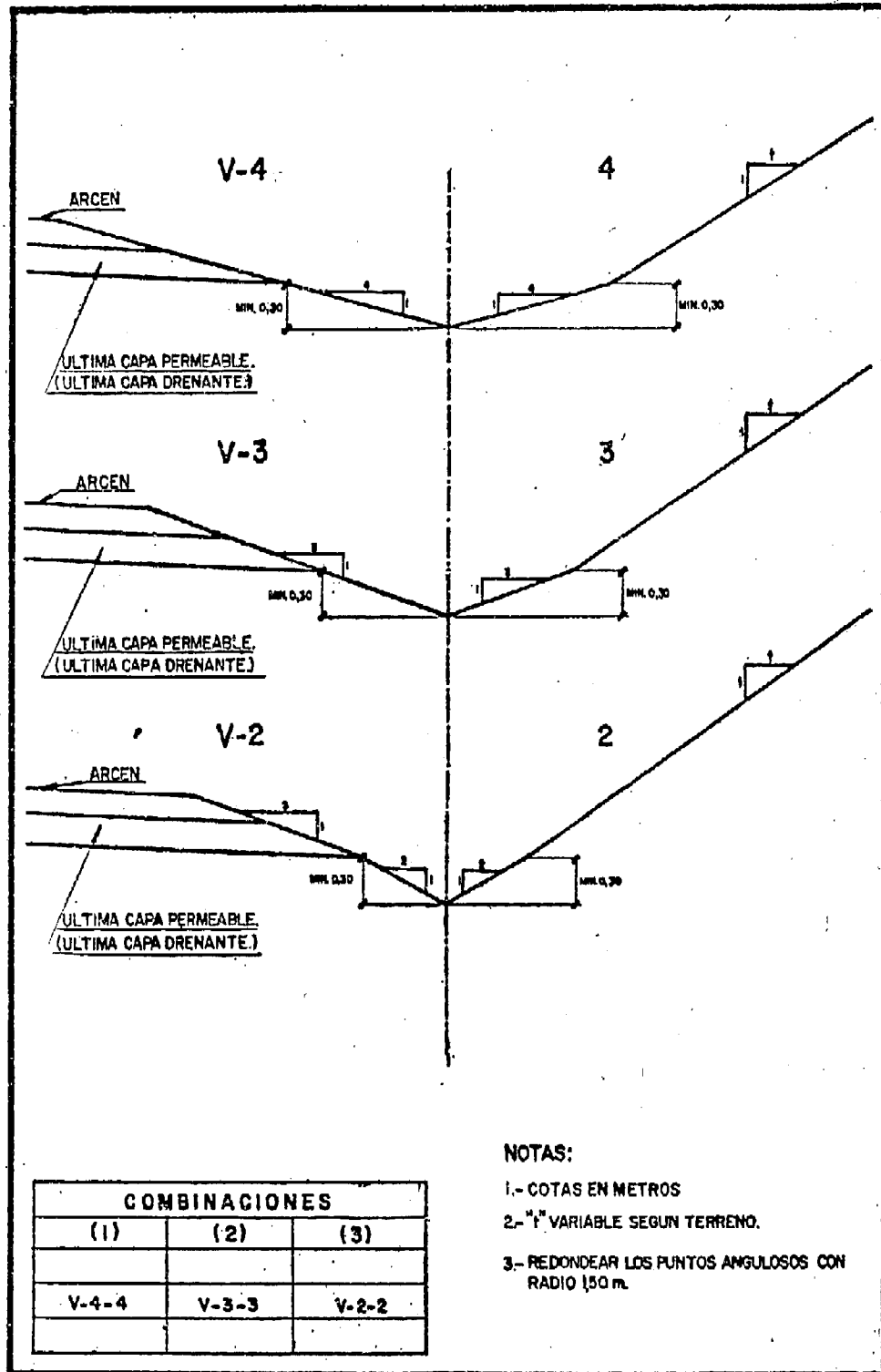


Figura 6.2.13.a

5.1-1C.

DRENAJE

CUNETAS TRIANGULARES

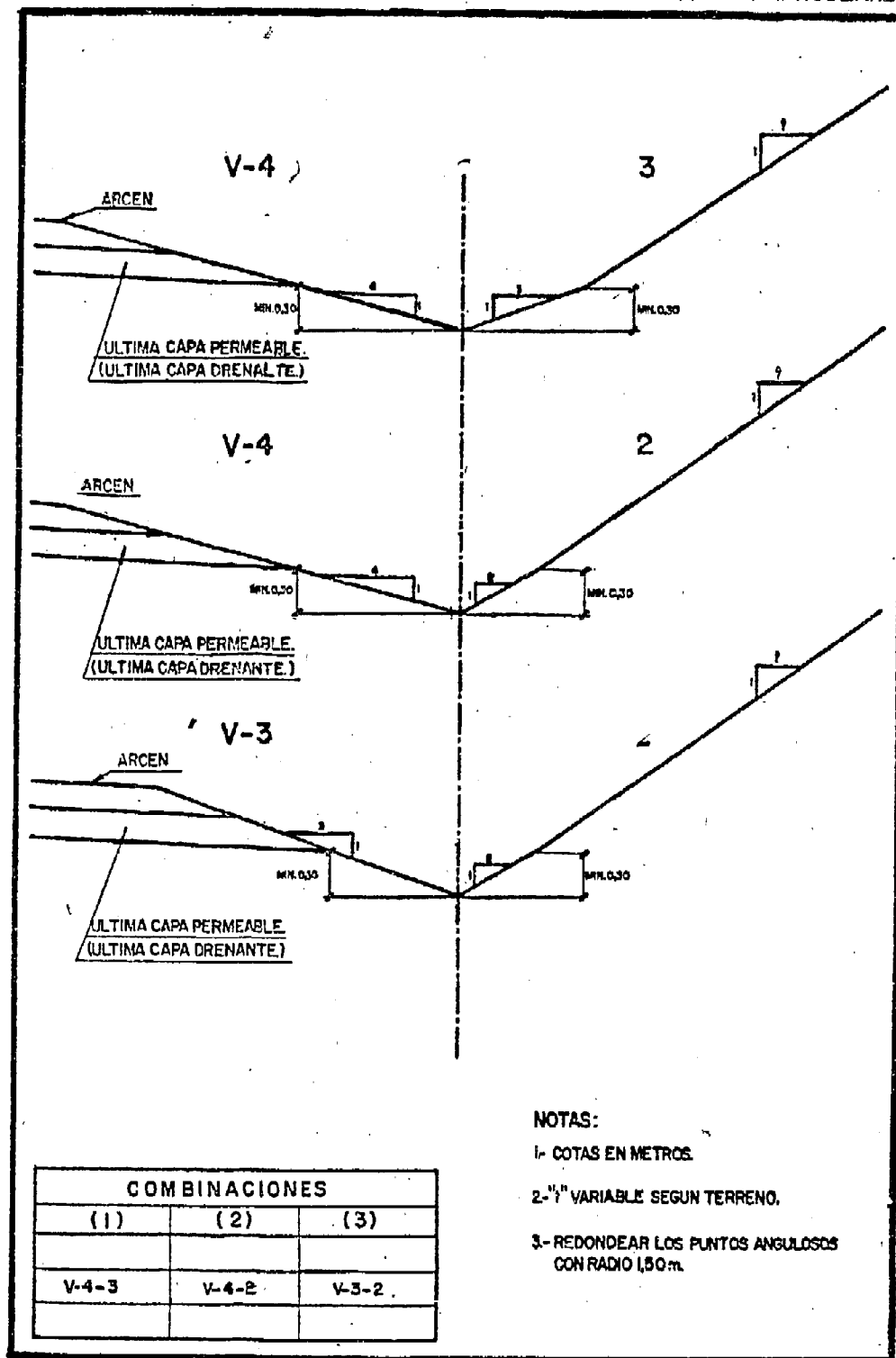


Figura 5.2.1.3.a

51-10

DRENAJE

CUNETAS TRAPECIALES

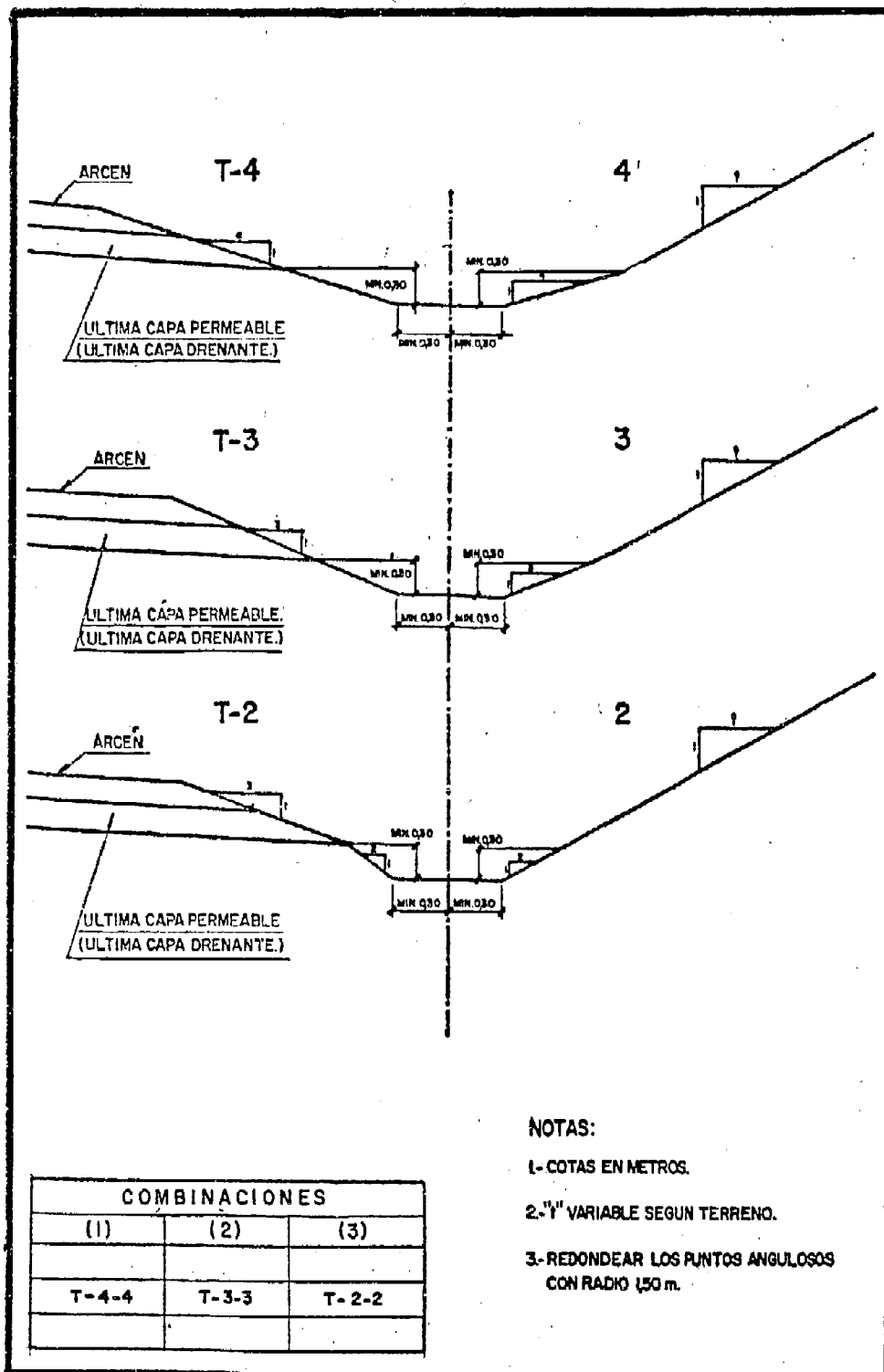


Figura 5.2.1.3.b

5.1-1C.

DRENAJE

CUNETAS TRAPECIALES

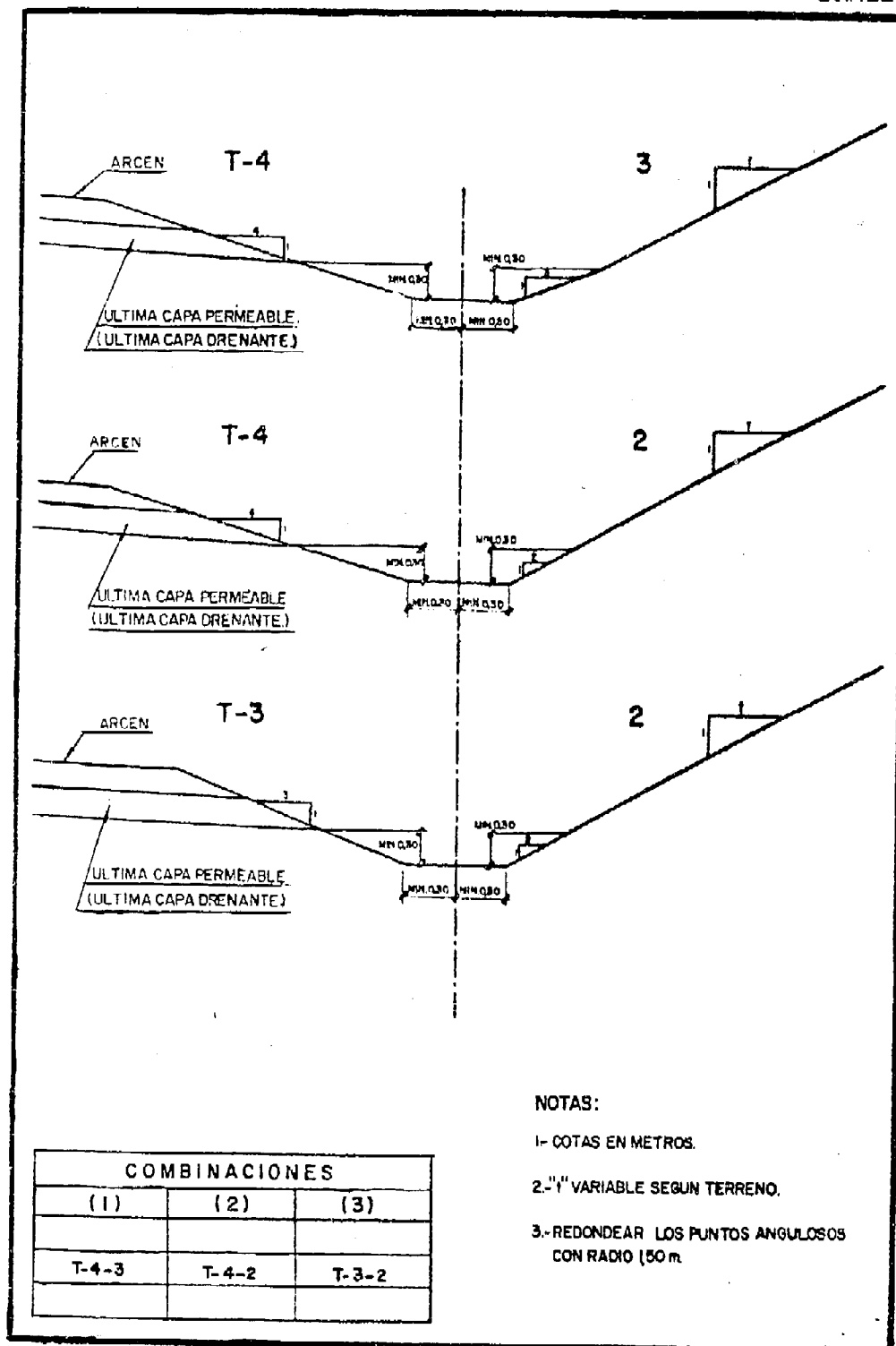


Figura 6.2.1.3, b

5.1-1C.

DRENAJE

CUNETAS REDUCIDAS

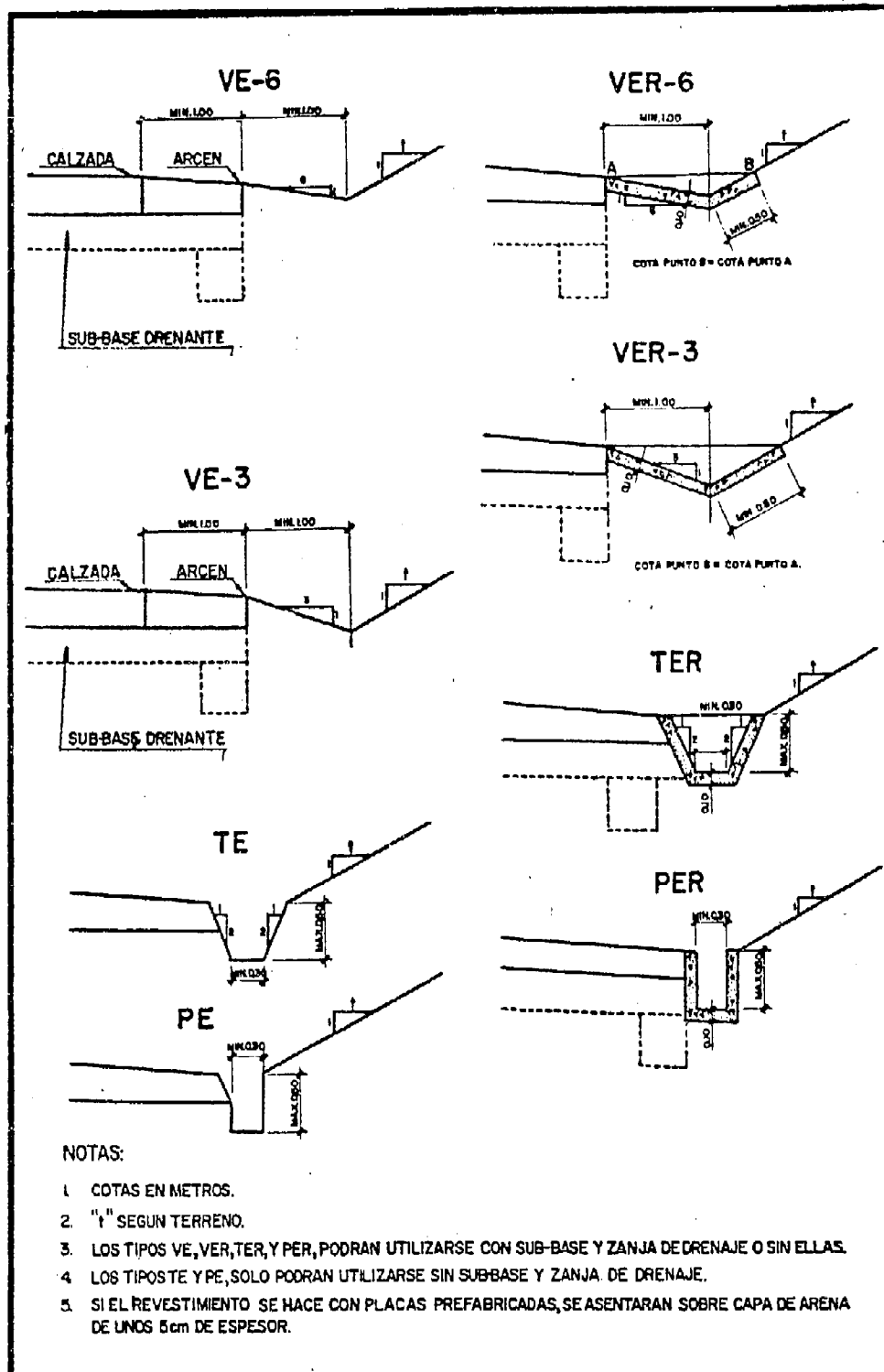


Figura 5.2.1.3.c

5.1-1C.

DRENAJE

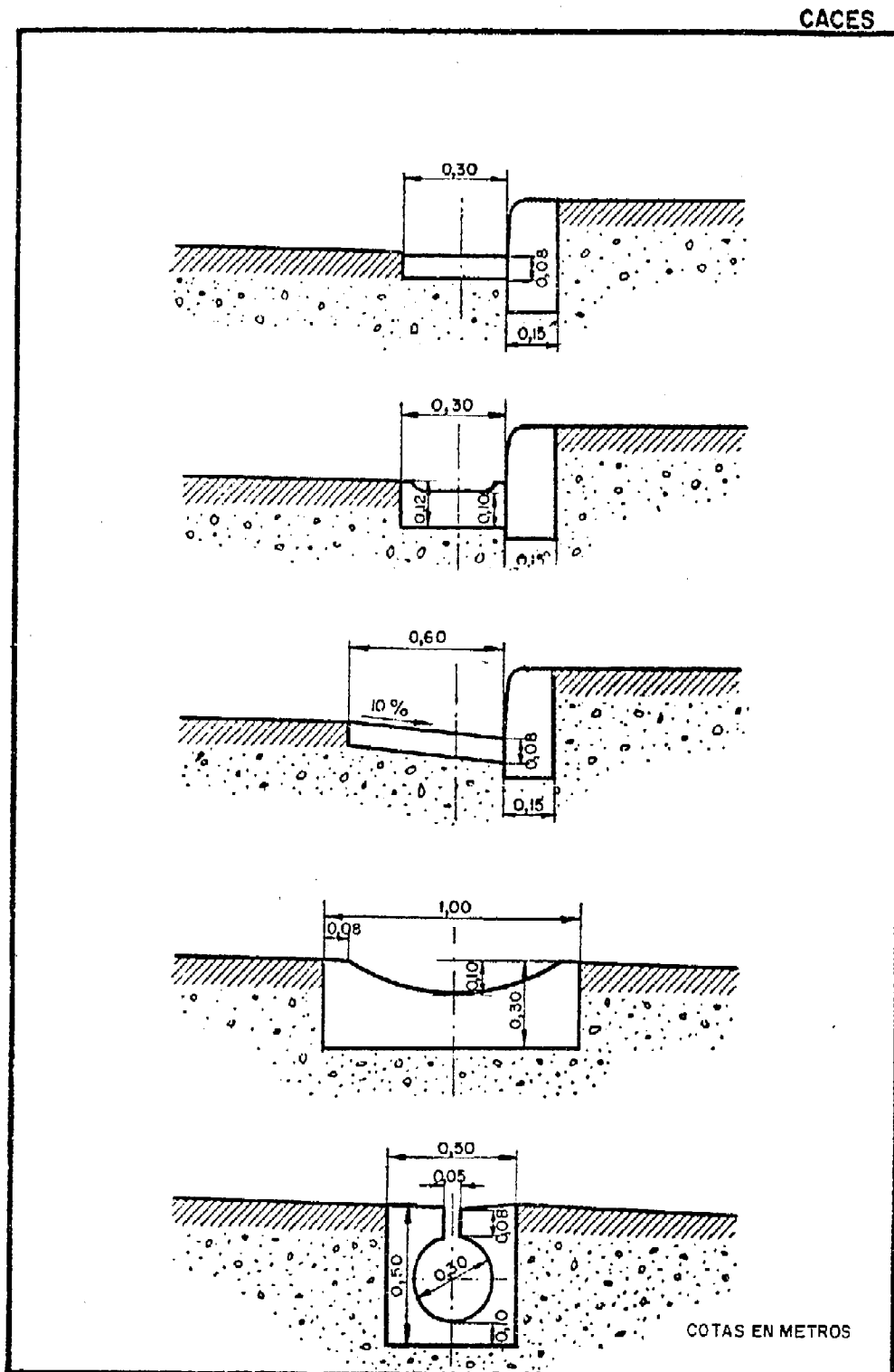


Figura 5.2.2

S.1-IC.

DRENAJE

SUMIDEROS

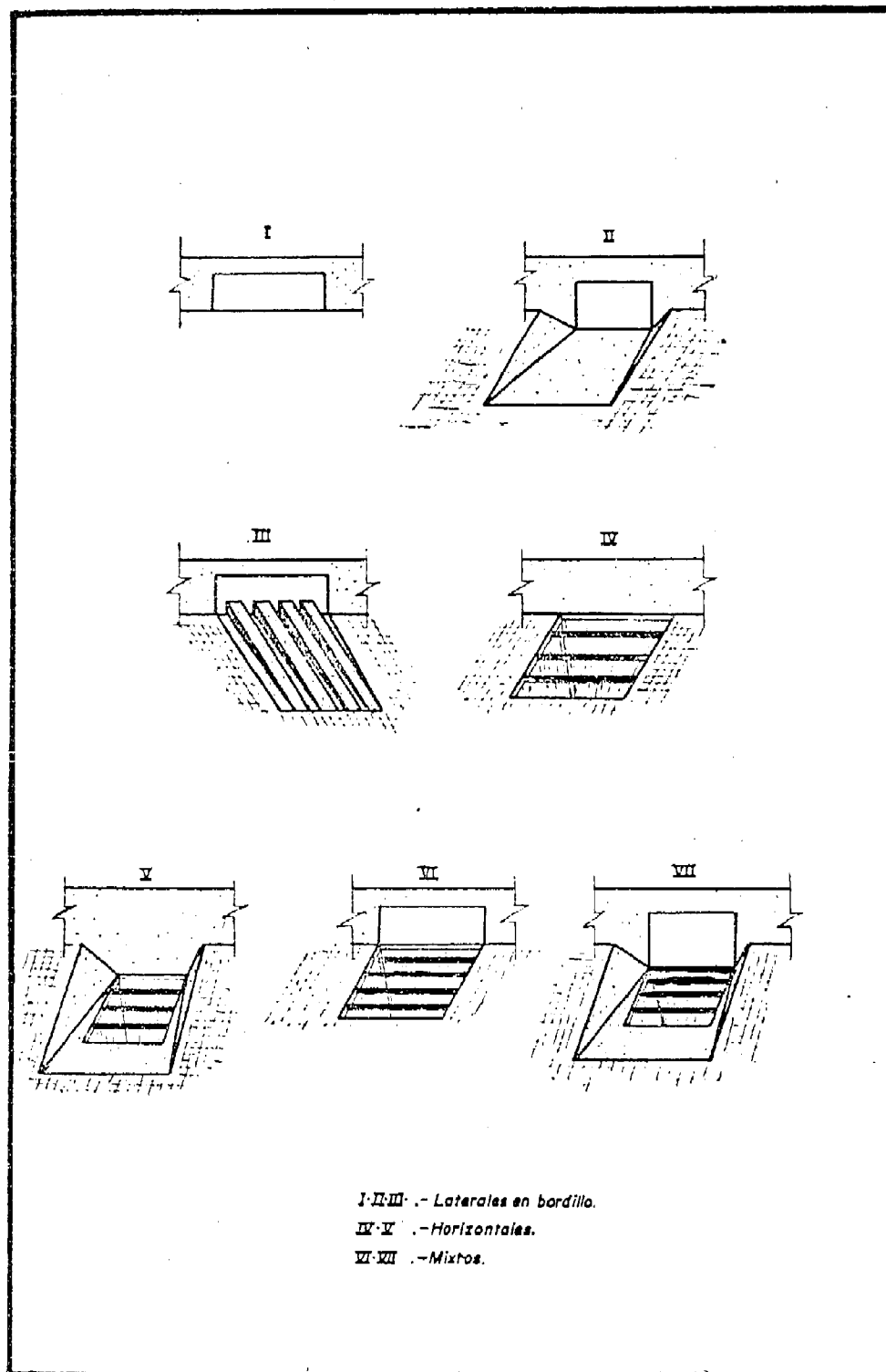


Figura 5.2.3 a

5.1-1C.

DRENAJE

SUMIDEROS

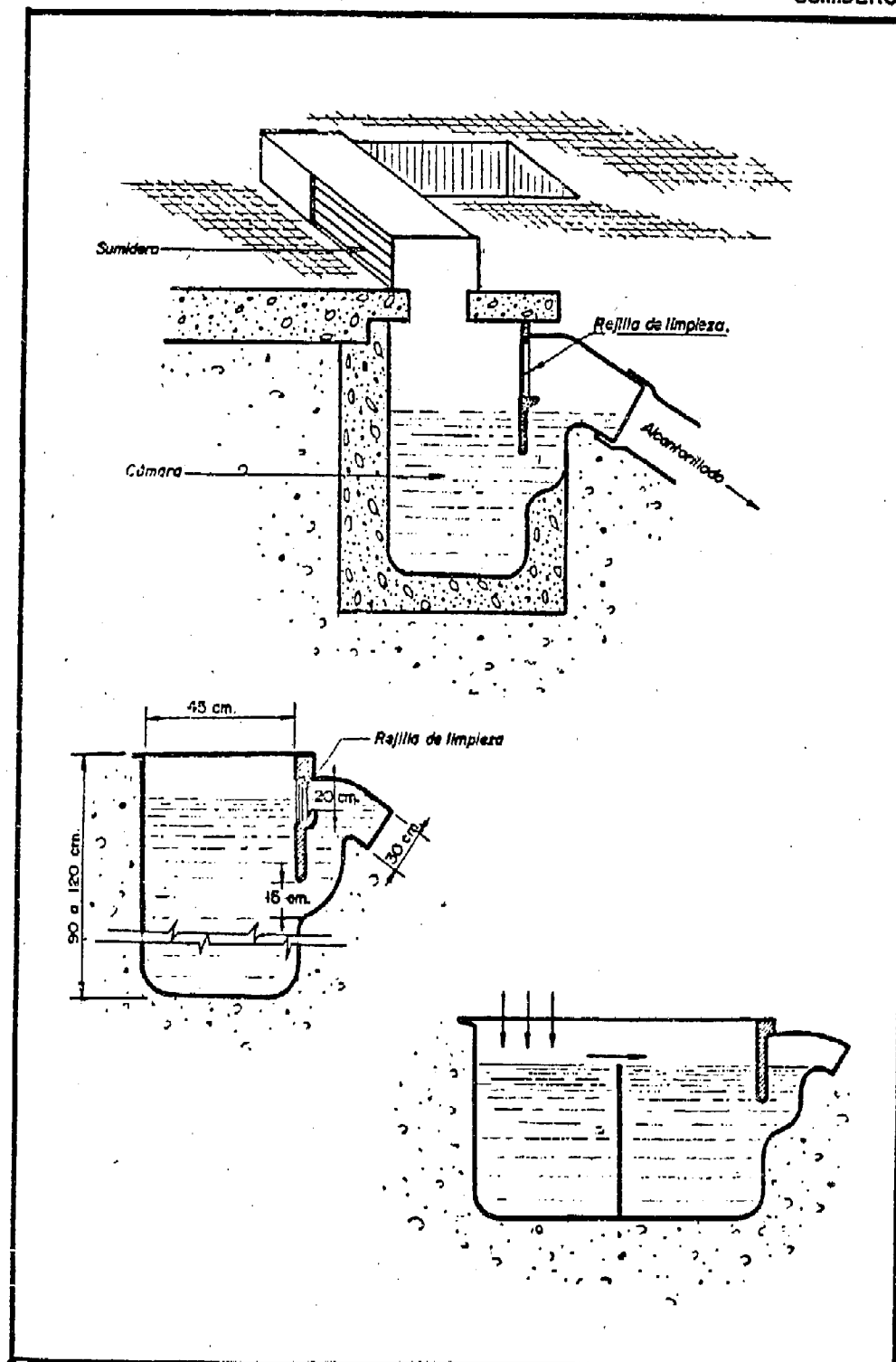
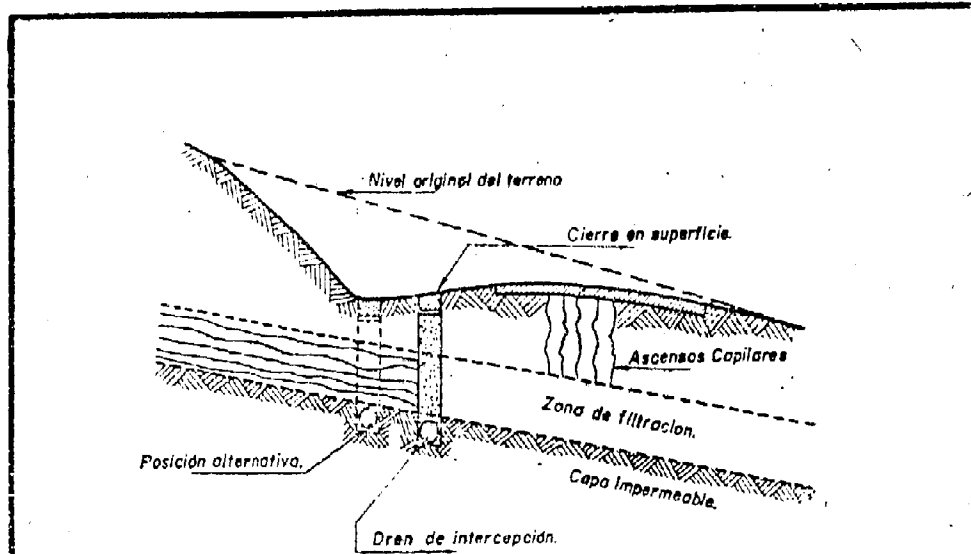


Figura 5.2 3.b

5.1-1C.

DRENAJE

DRENAJE SUBTERRANEO



DREN DE INTERCEPCION.-

Fig. 6.1.a

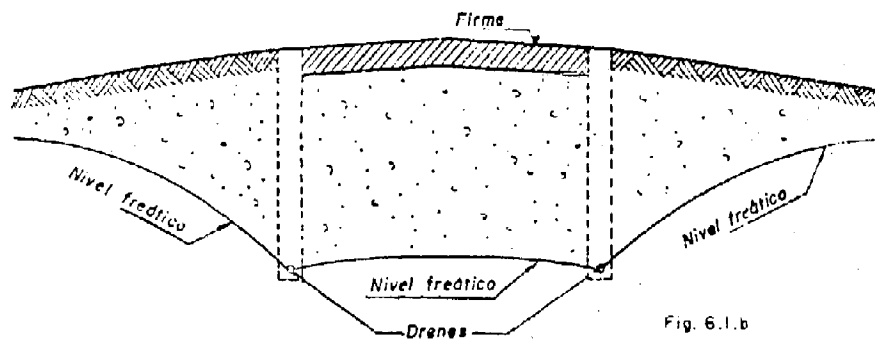


Fig. 6.1.b

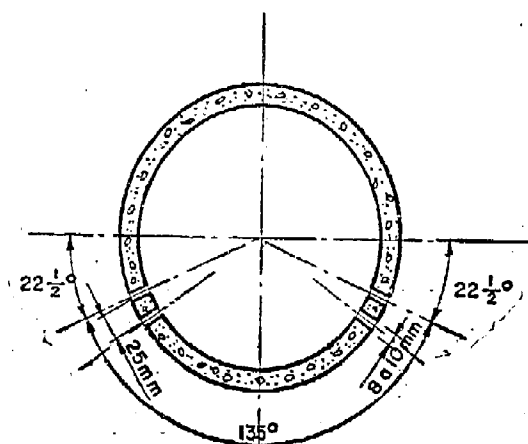
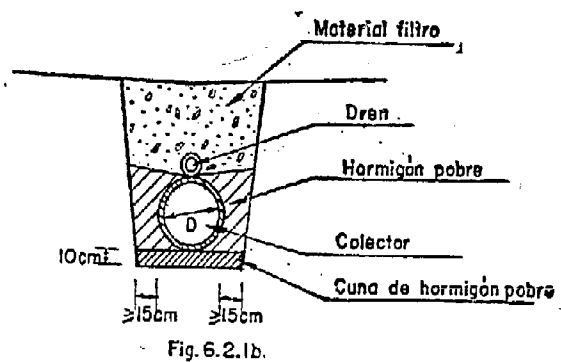
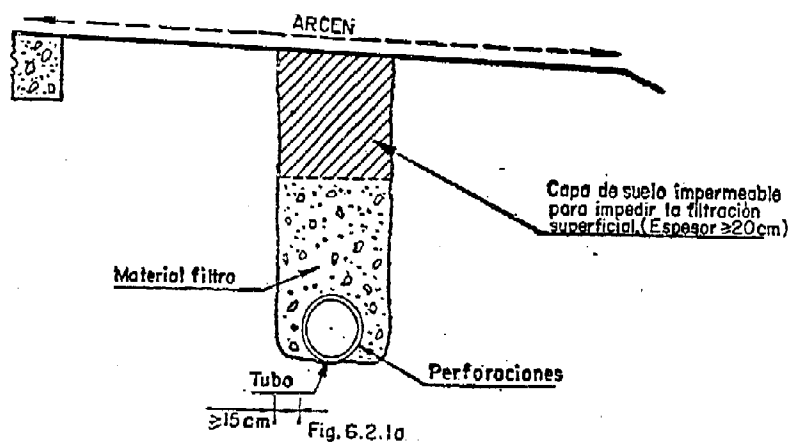
DRENES PARA REBAJAR EL
NIVEL FREATICO

Figura 6.1.

5.1-1C.

DRENAJE

DRENES SUBTERRANEOS



S.I.-IC.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE TUBOS

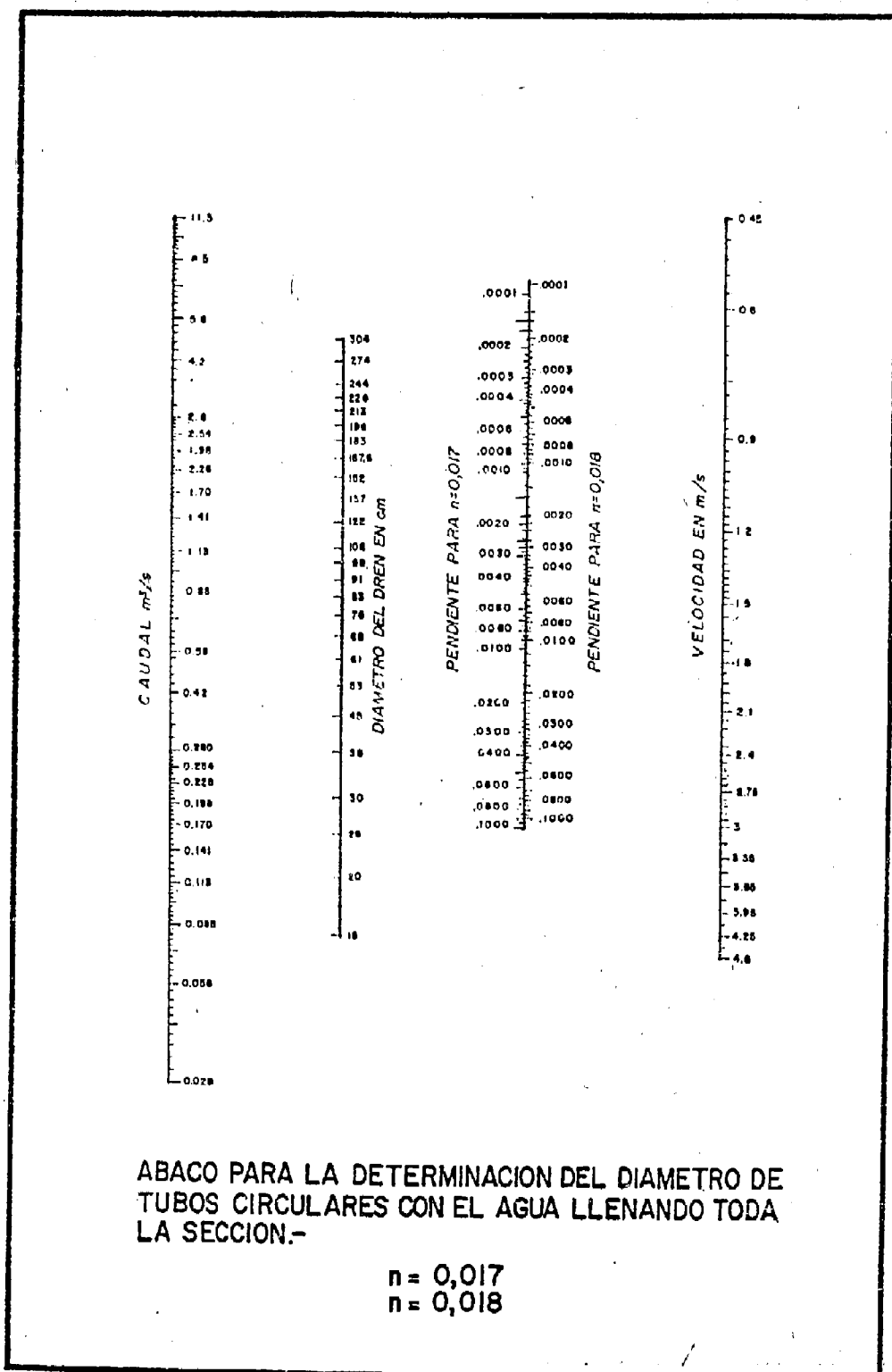
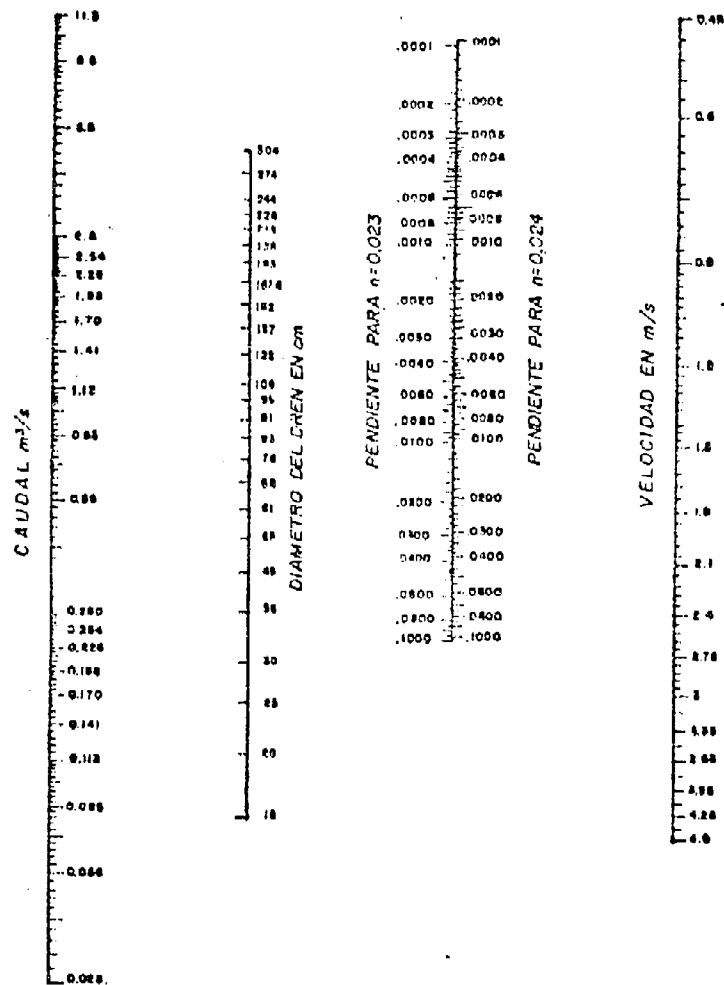


Figura 6.2.2.3.a

5.1-1C.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE TUBOS



ABACO PARA LA DETERMINACION DEL DIAMETRO DE
TUBOS CIRCULARES CON EL AGUA LLENANDO TODA
LA SECCION.-

$n = 0,023$
 $n = 0,024$

Figura 6.2.2.3.b

3.1-IC.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE TUBOS

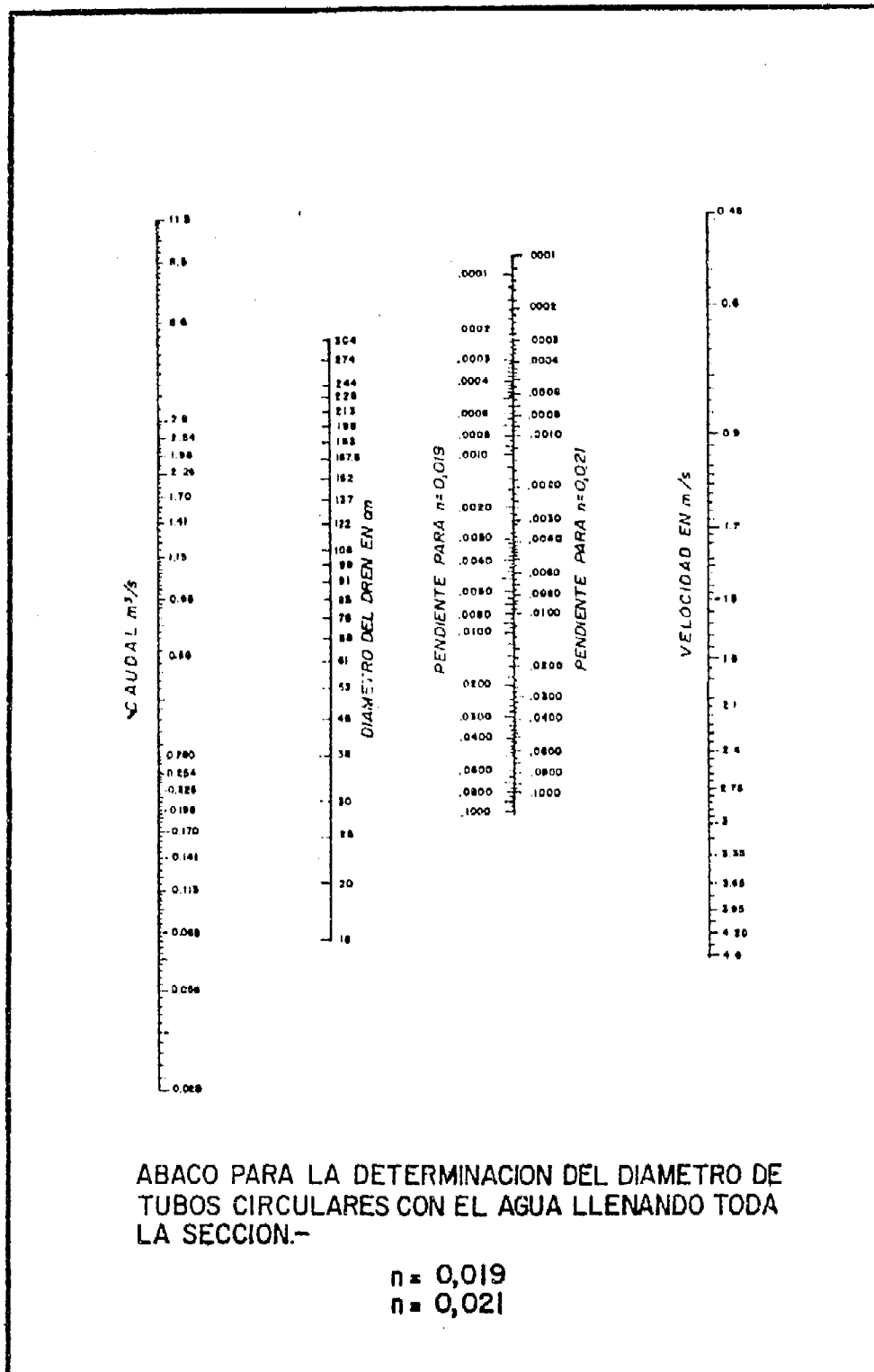
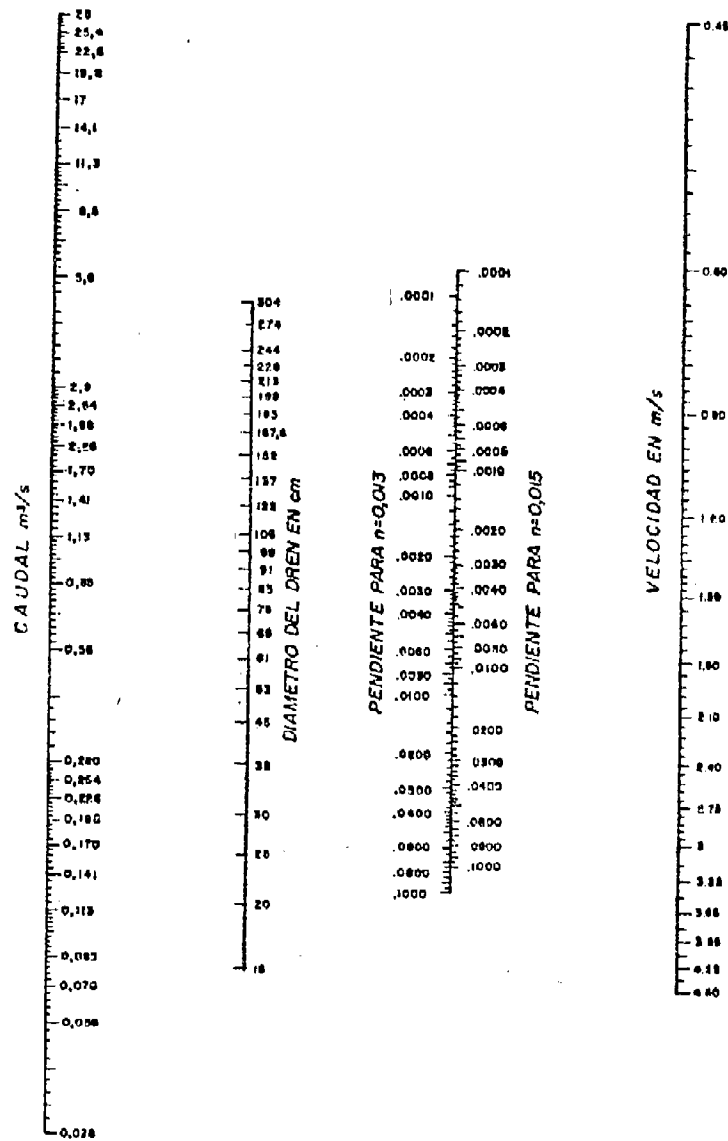


Figura 6.2.2.3.c

5.1-IC.

DRENAJE

CALCULO HIDRAULICO DE TUBOS



ABACO PARA LA DETERMINACION DEL DIAMETRO DE
TUBOS CIRCULARES CON EL AGUA LLENANDO TODA
LA SECCION.--

$n = 0,013$
 $n = 0,015$

Figura 8.2.23.d

5.1-IC.

DRENAJE

RELLENO DE ZANJAS DE DRENAJE

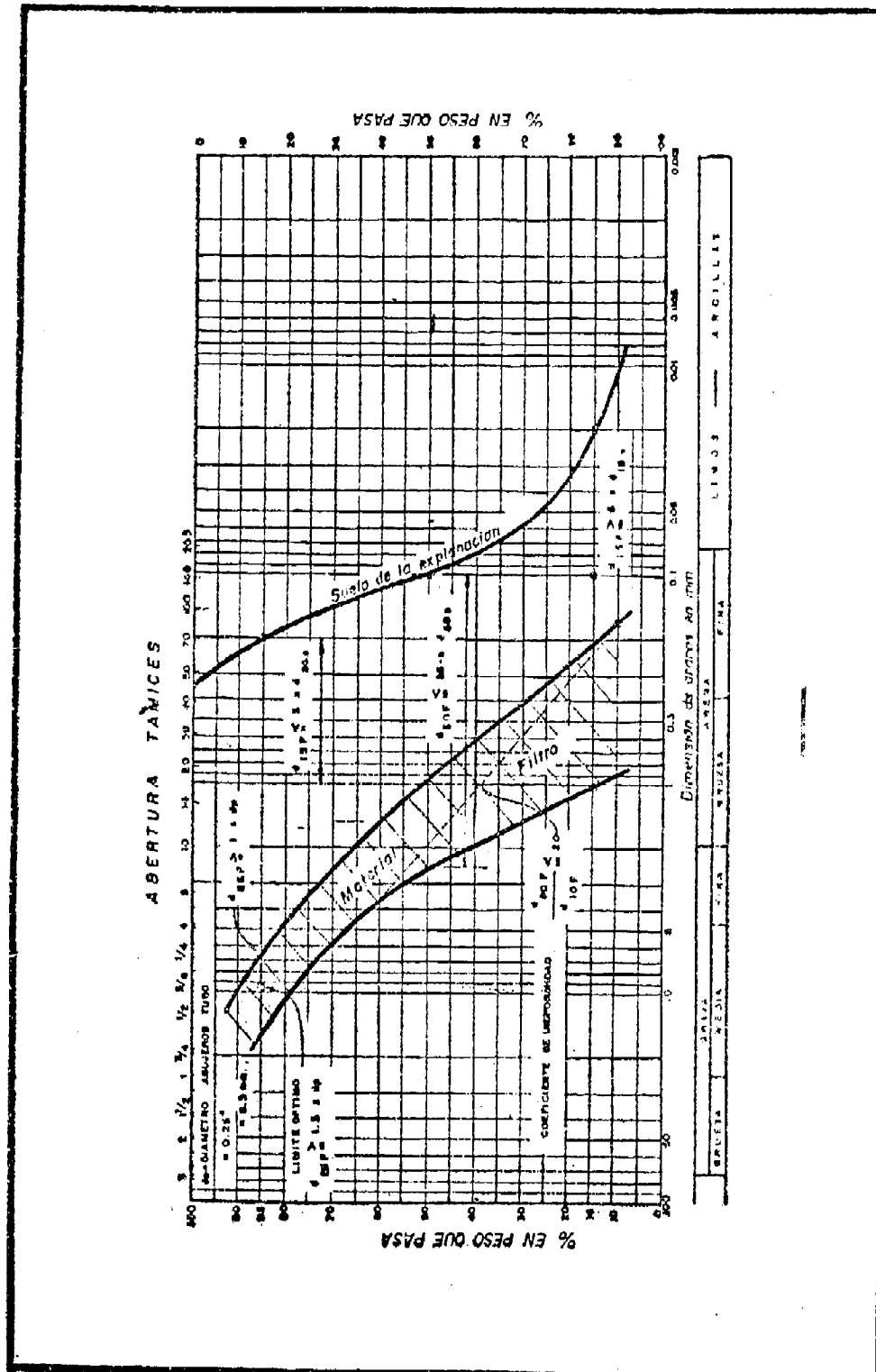


Figura 6.2.3.e

5.1-IC.

DRENAJE

RELLENO DE ZANJAS DE DRENAJE

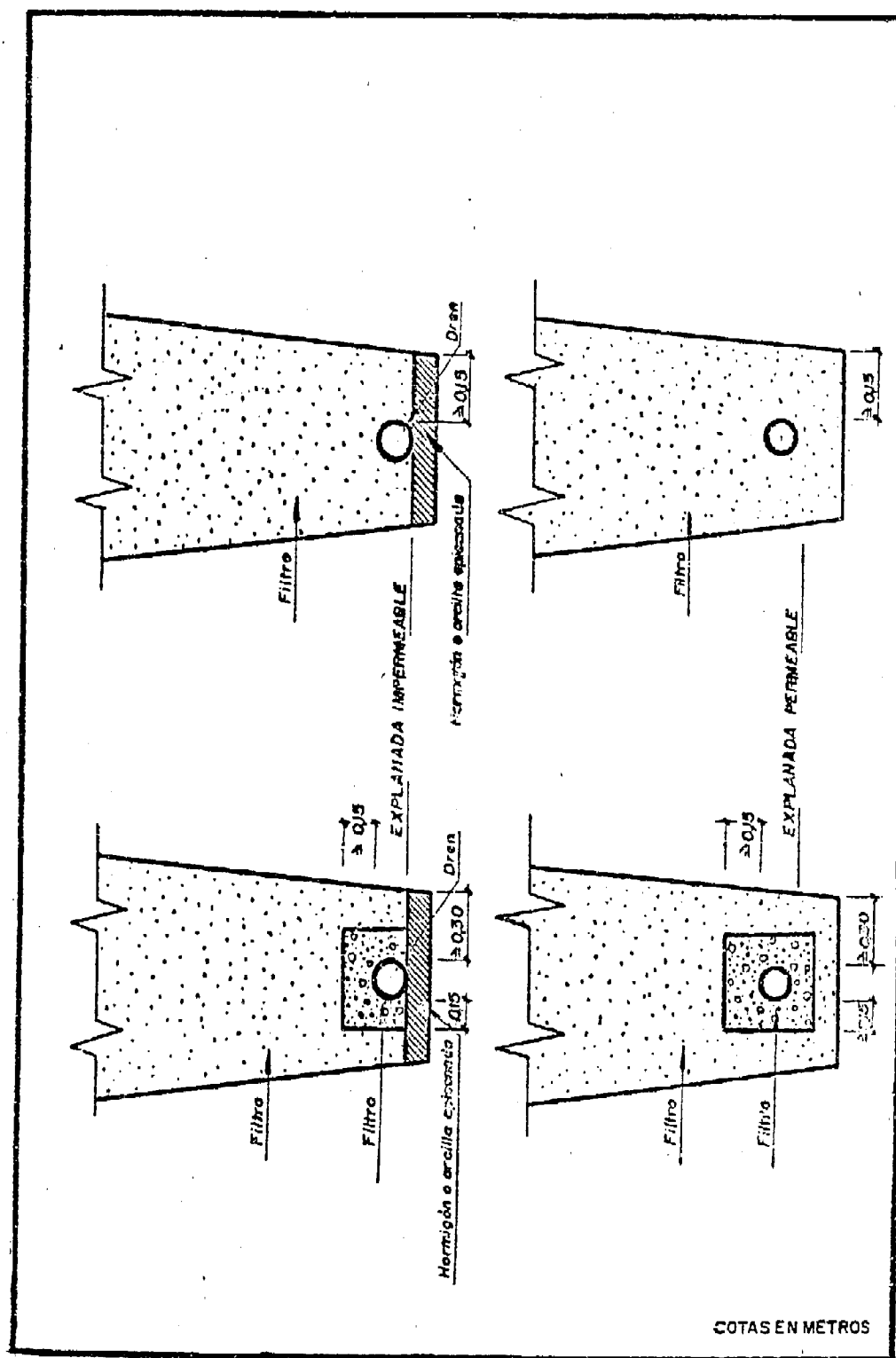


Figura 6.2.3 b

5 I-10

DRENAJE

ARQUETA

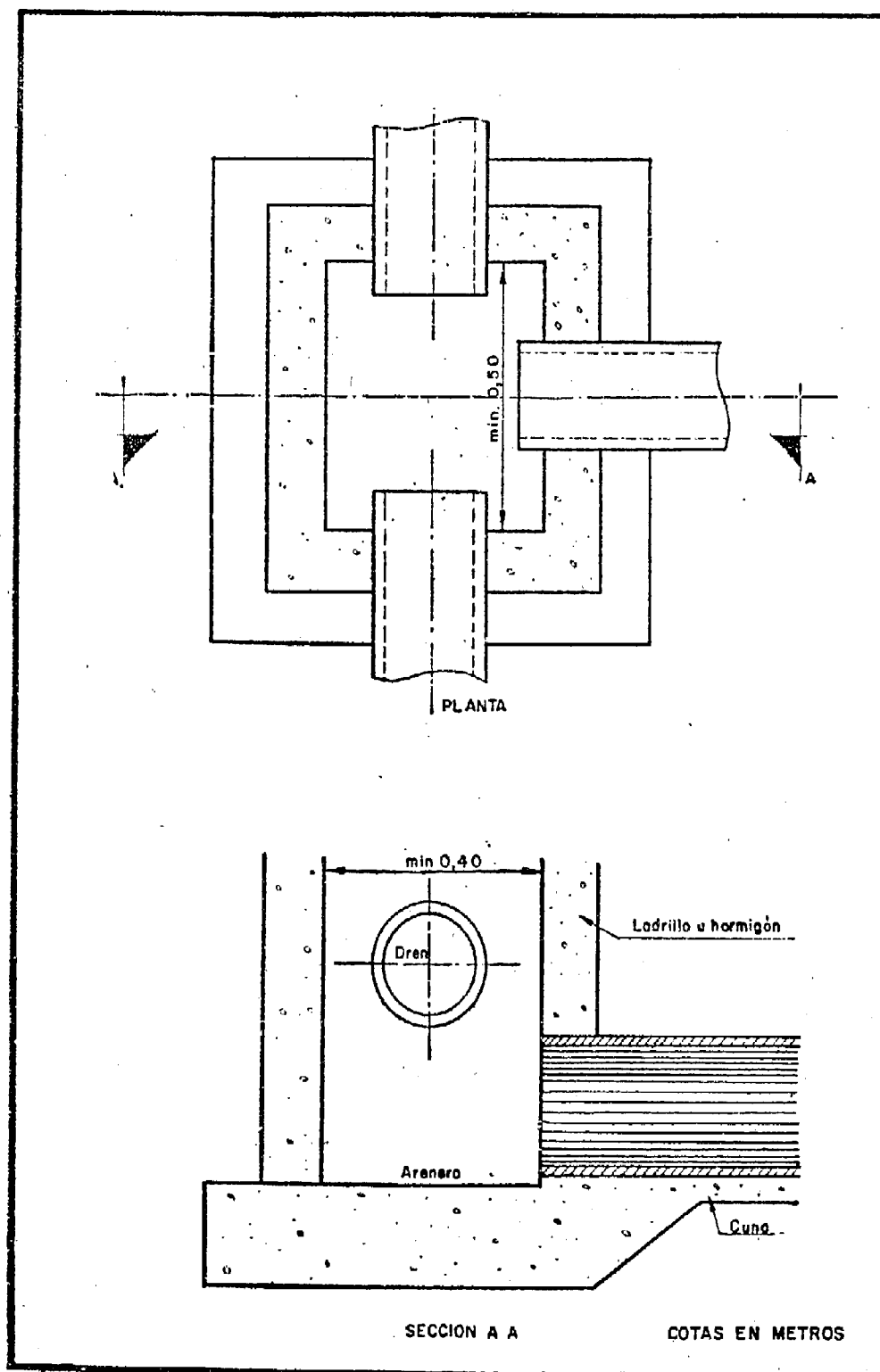


Figura 6.2.4.a

5.1-1C.

DRENAJE

REGISTRO

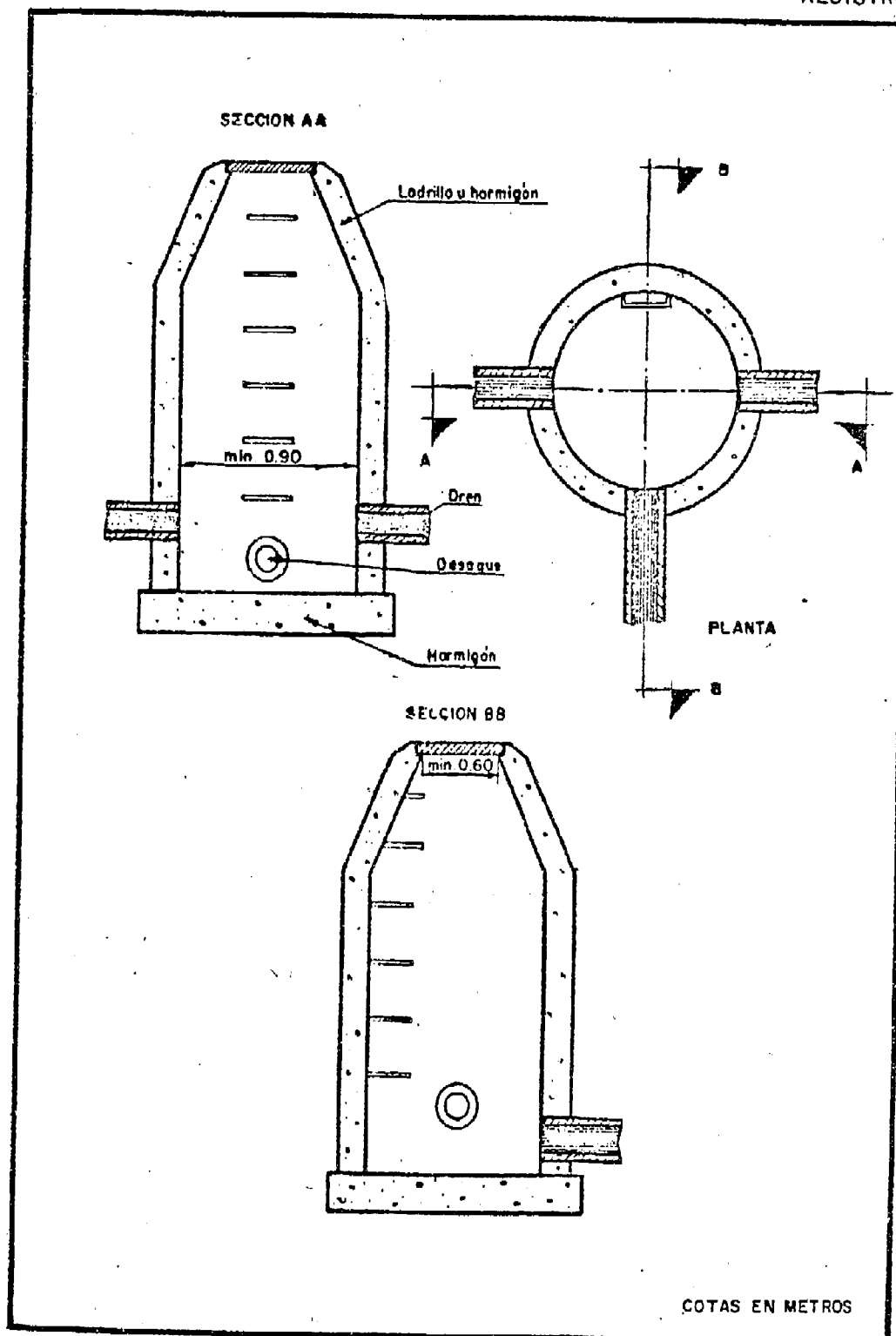


Figura 6.2.4.b

5.1-10.

DRENAJE

AGUA FREATICA

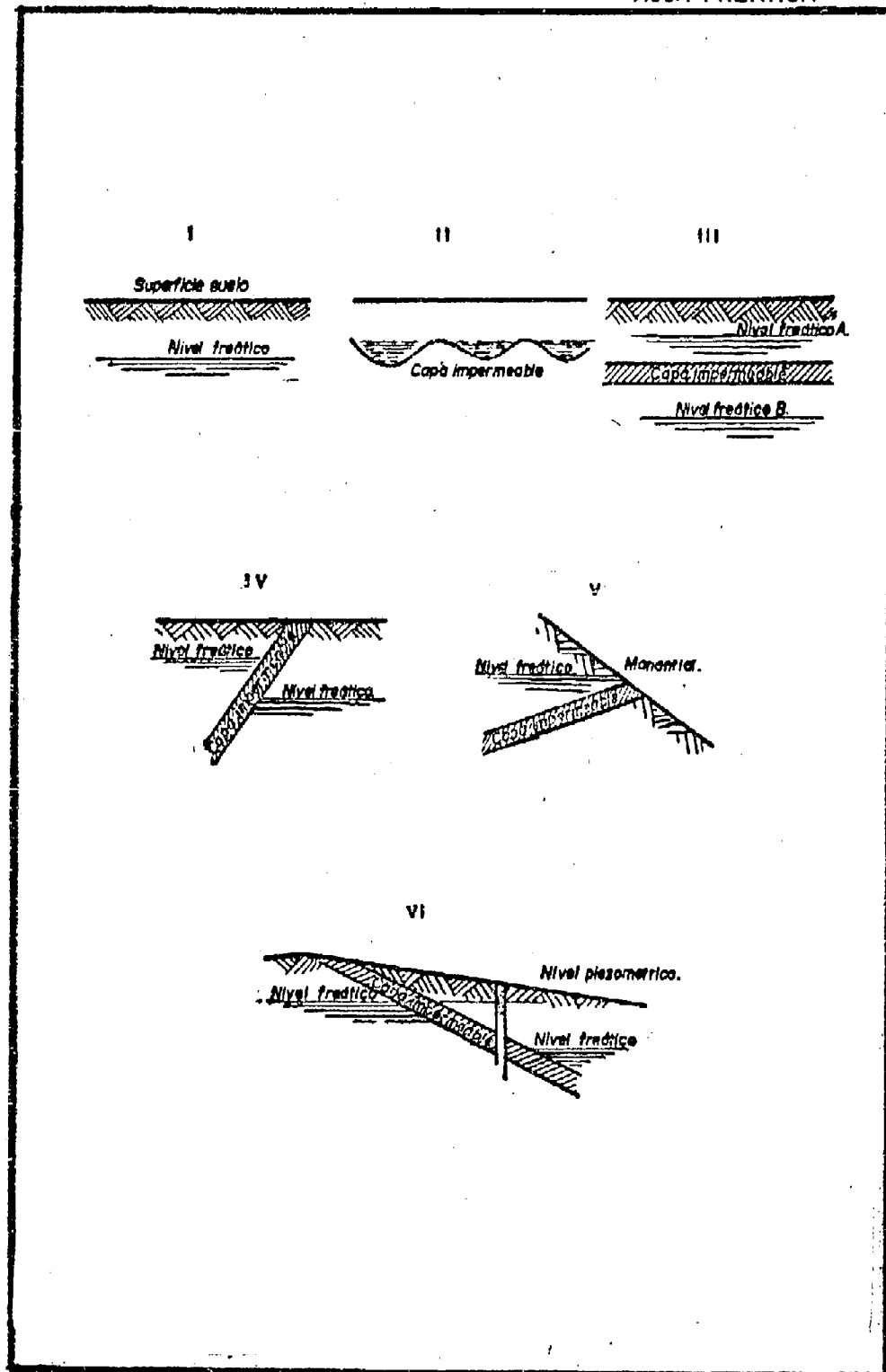


Figura 6.3

5.1-1C,

DRENAJE

DRENES DE INTERCEPCION LONGITUDINALES

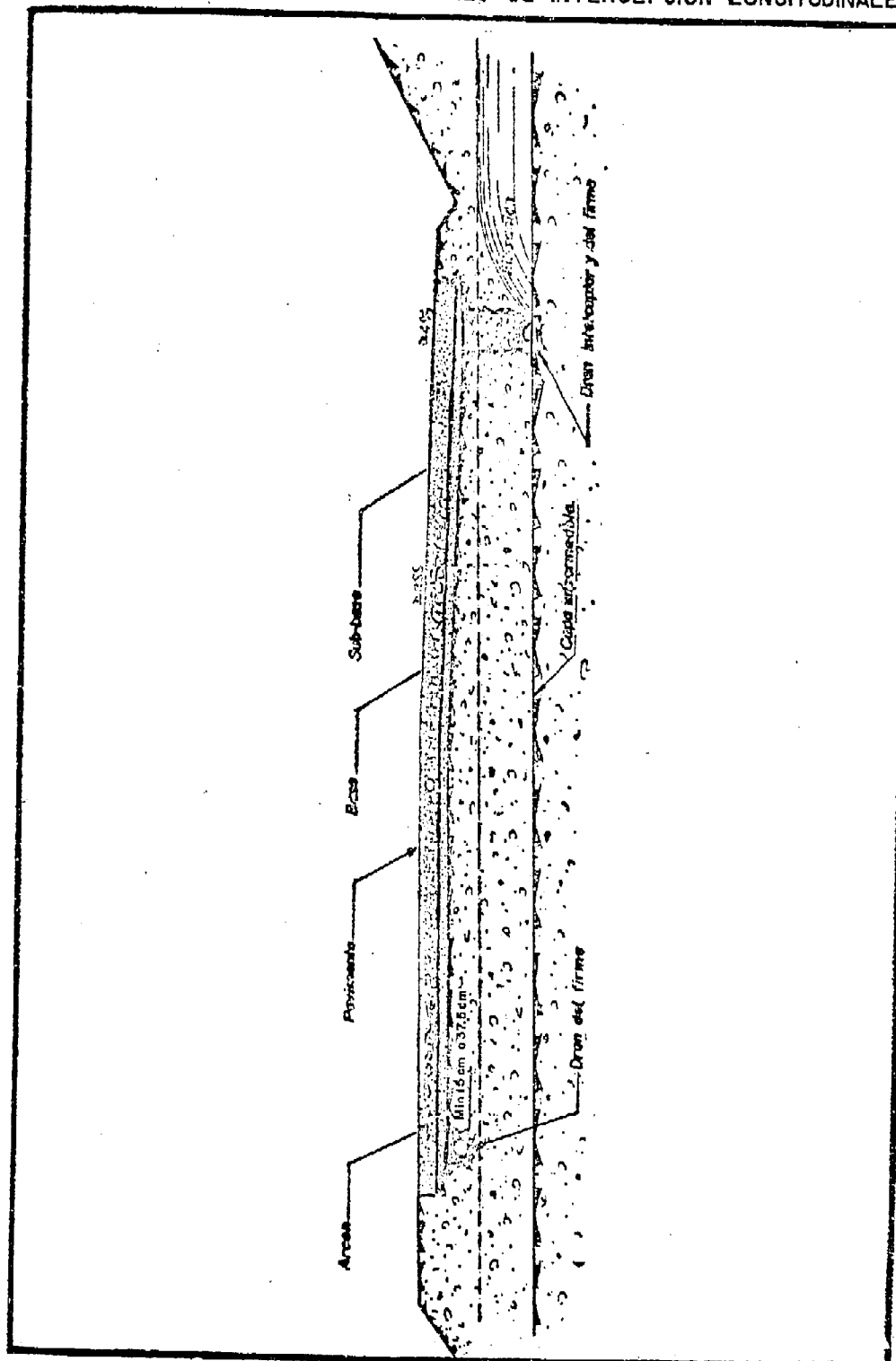


Figura 6.4.2.e

5.1-1C.

DRENAJE

DRENES DE INTERCEPCION LONGITUDINALES

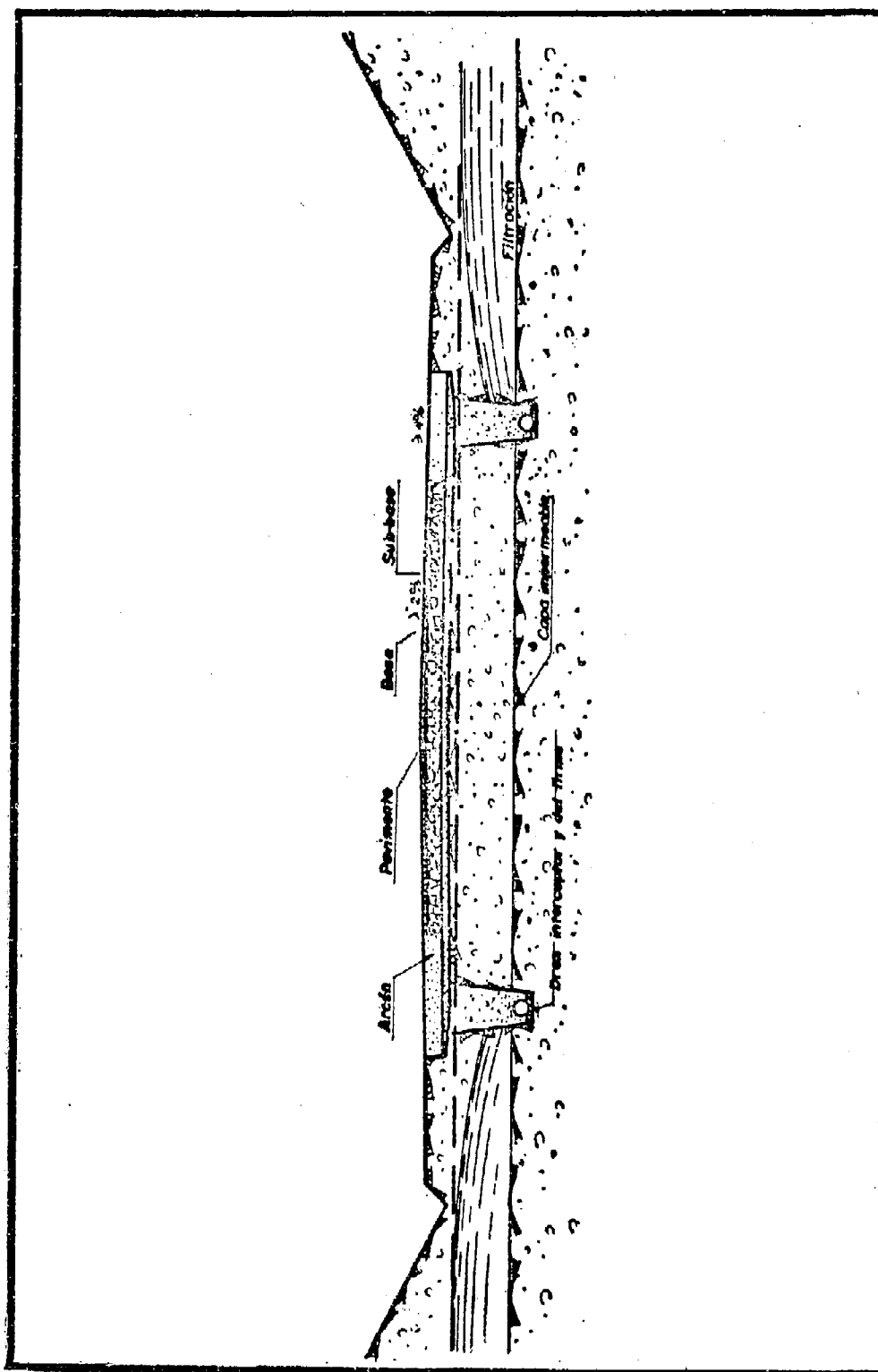


Figure 6.4.2.b

5.1-IC.

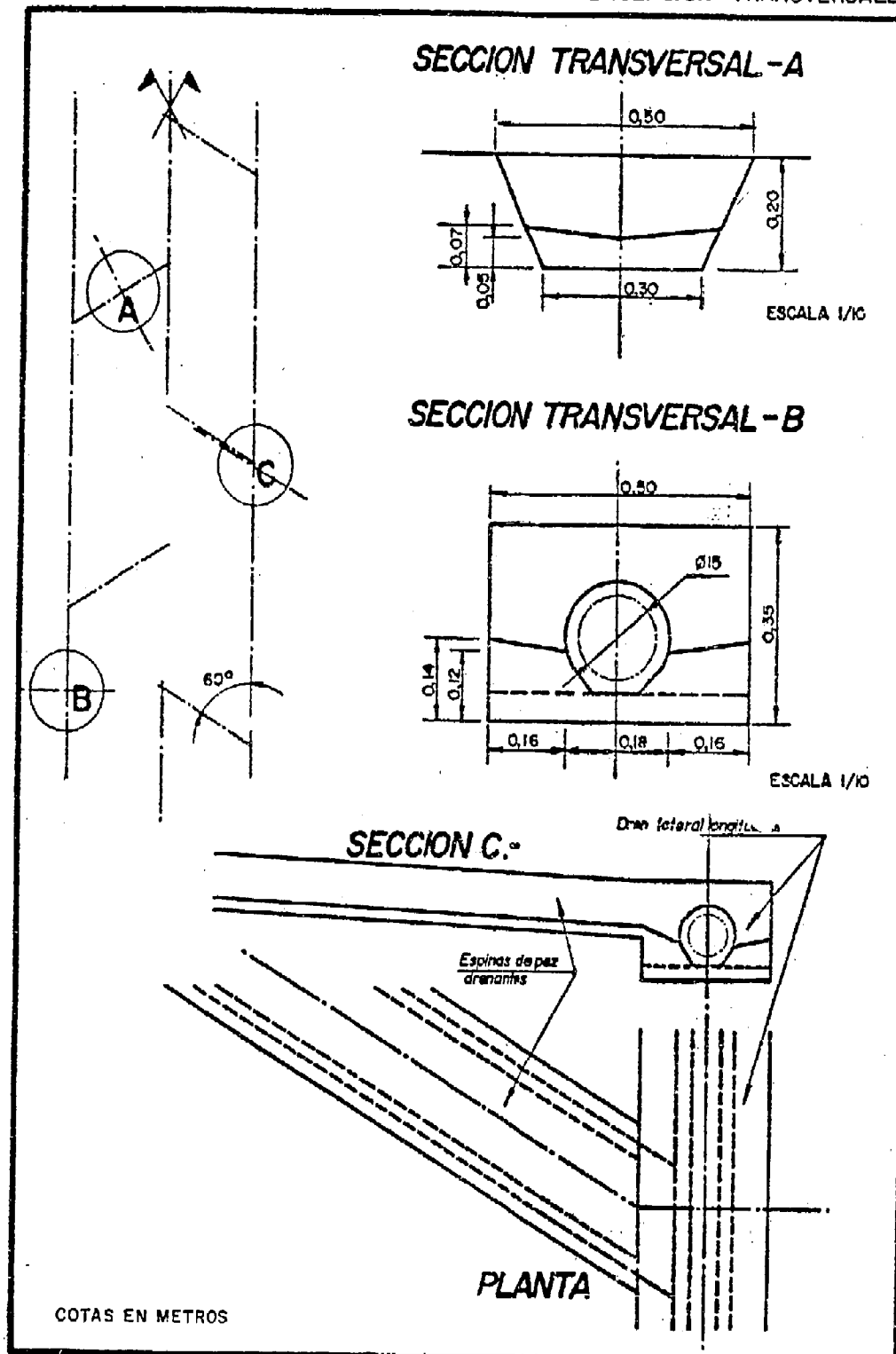
DRENAJE**DRENES DE INTERCEPCION TRANSVERSALES**

Figura 6.4.3.a

5.1-IC.

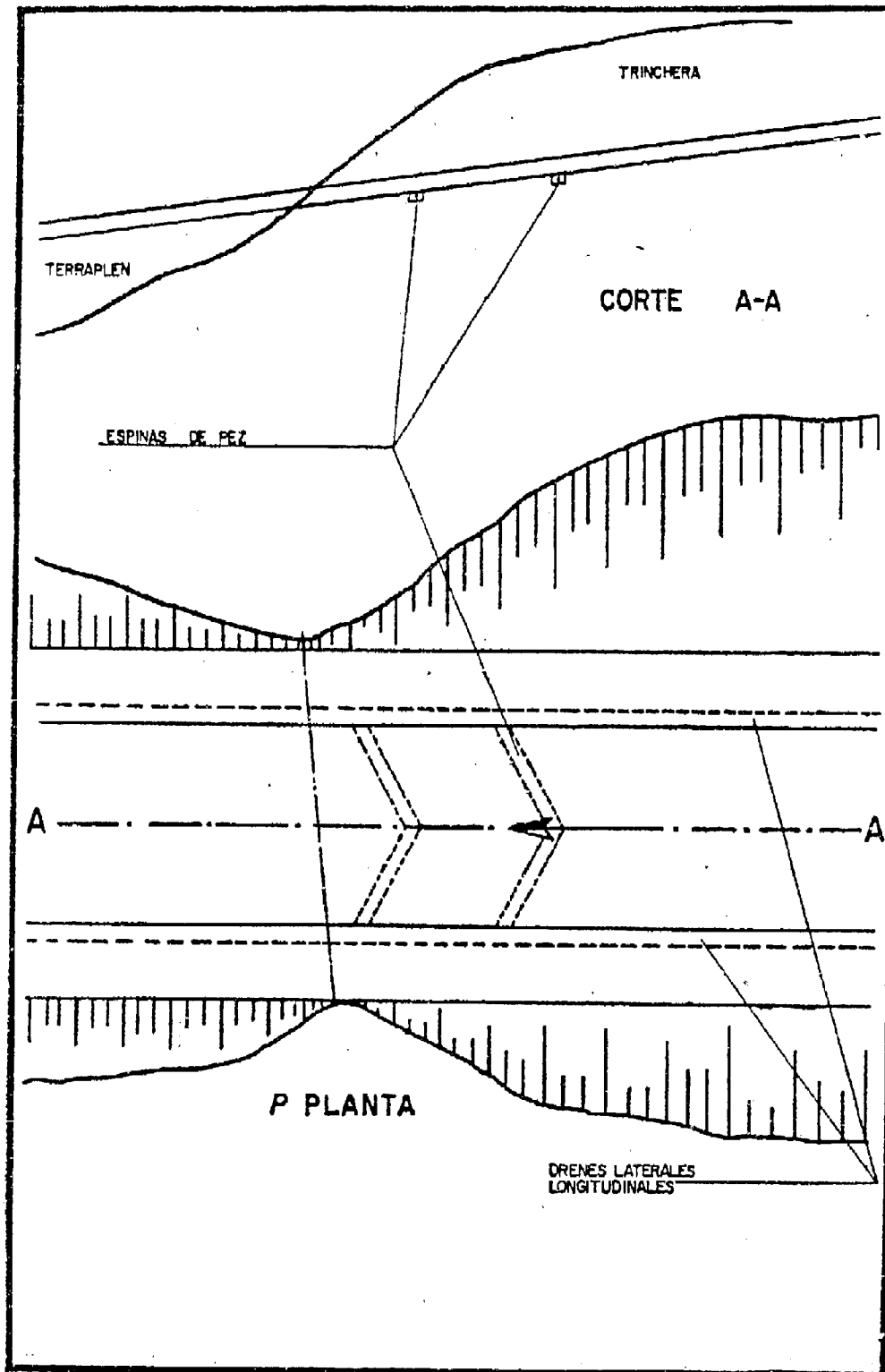
DRENAJE**DRENES DE INTERCEPCION TRANSVERSALES**

Figura 6.4.3.b

5.1-1C.

DRENAJE

DRENES PARA REBAJAR EL NIVEL FREATICO

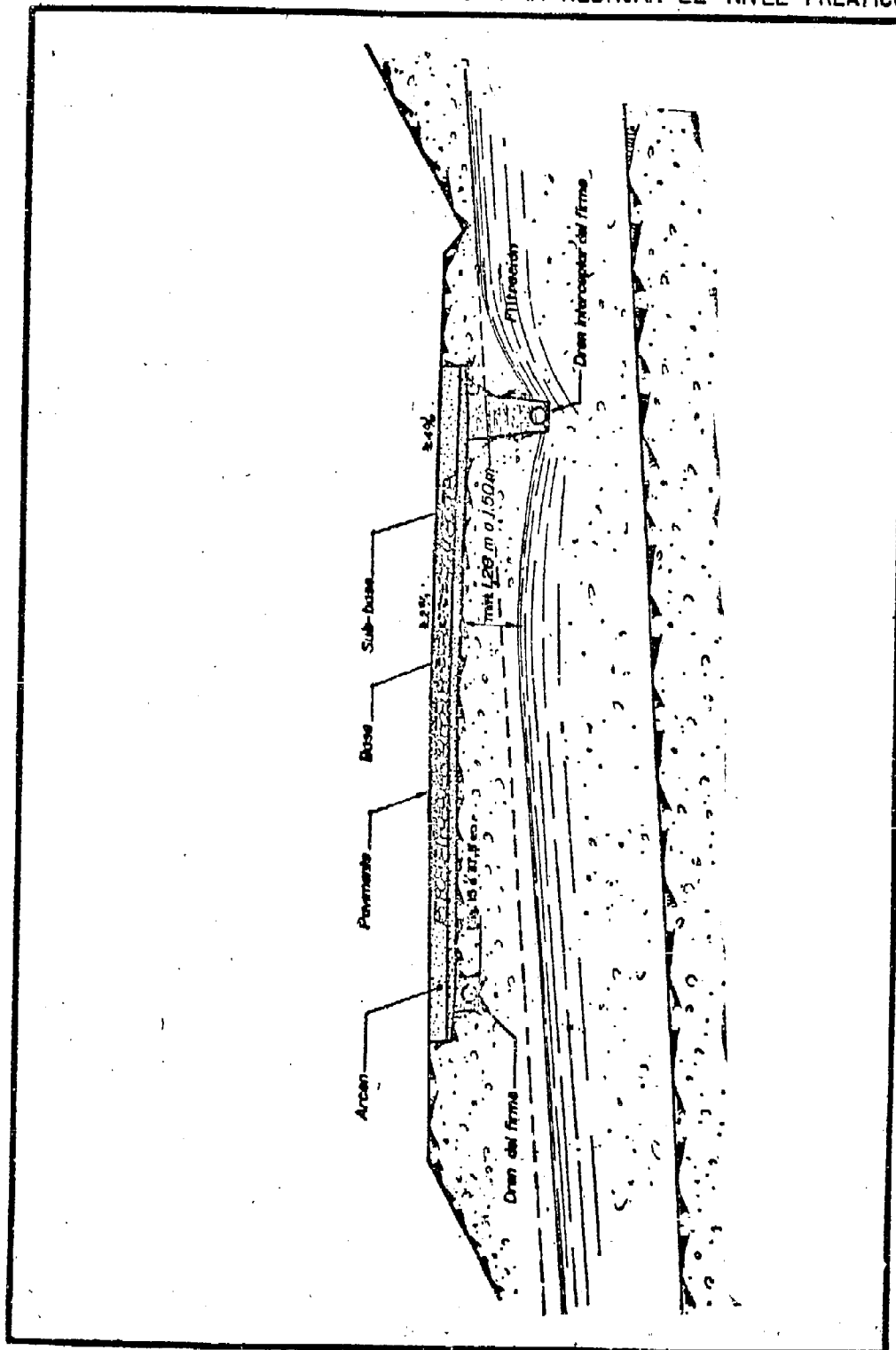


Figura 6.5.a

9.1-10.

DRENAJE

DRENES PARA REBAJAR EL NIVEL FREATICO

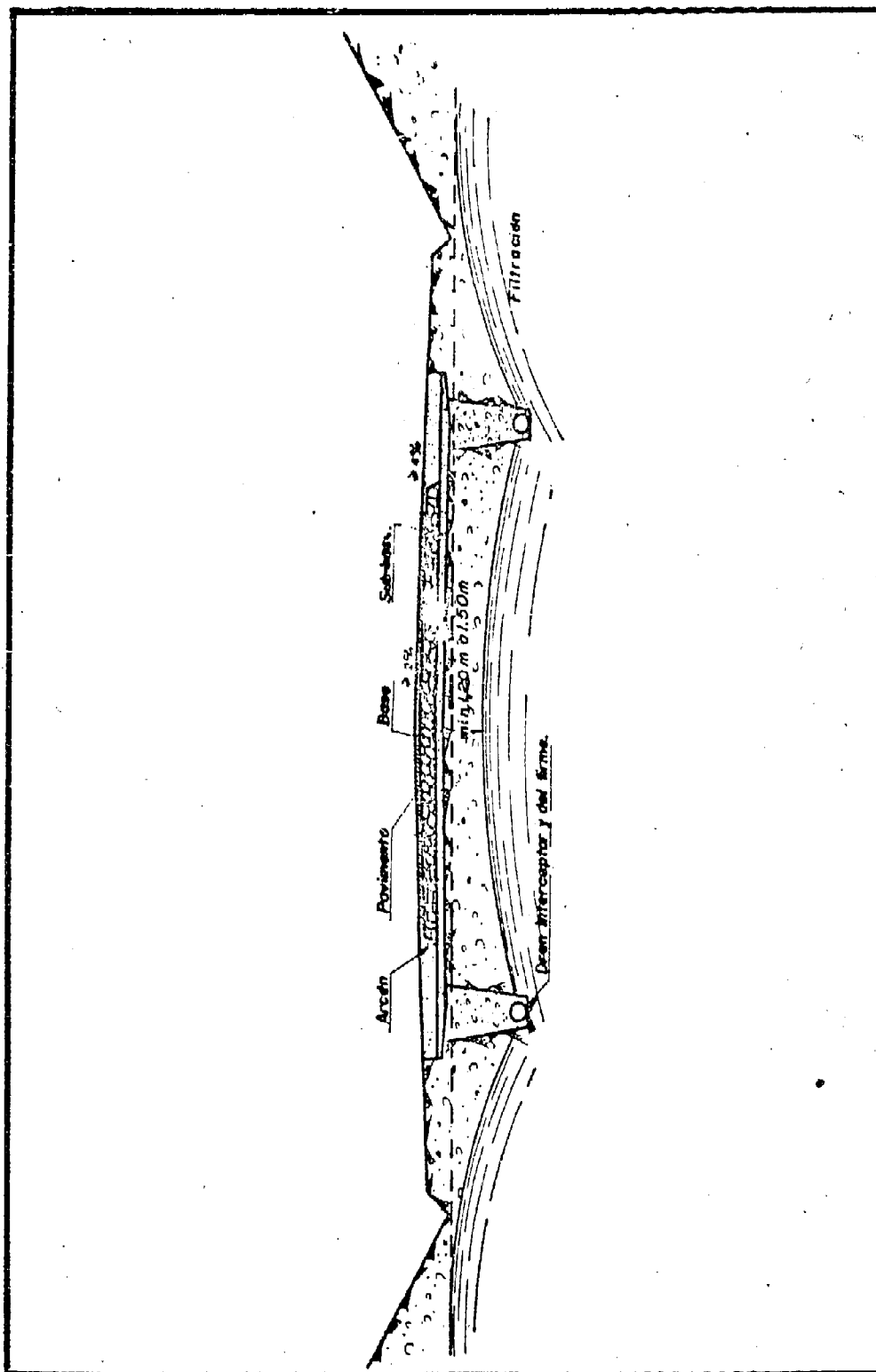


Figura 6.5.b

5.1—IC.

DRENAJE

DRENAJE DEL FIRME

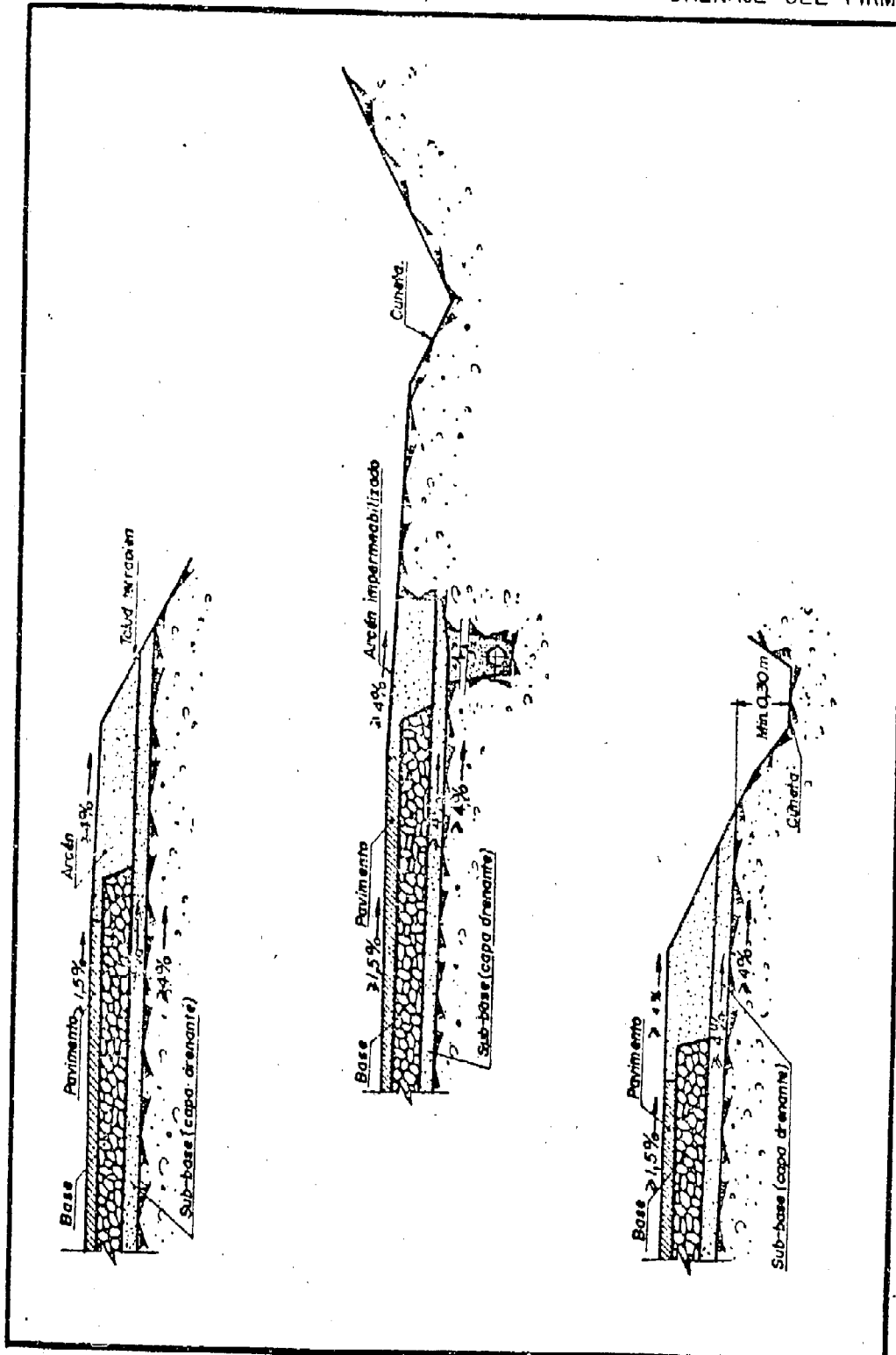


Figura 6.6.a

5.1-1C.

DRENAJE

DRENAJE DEL FIRME

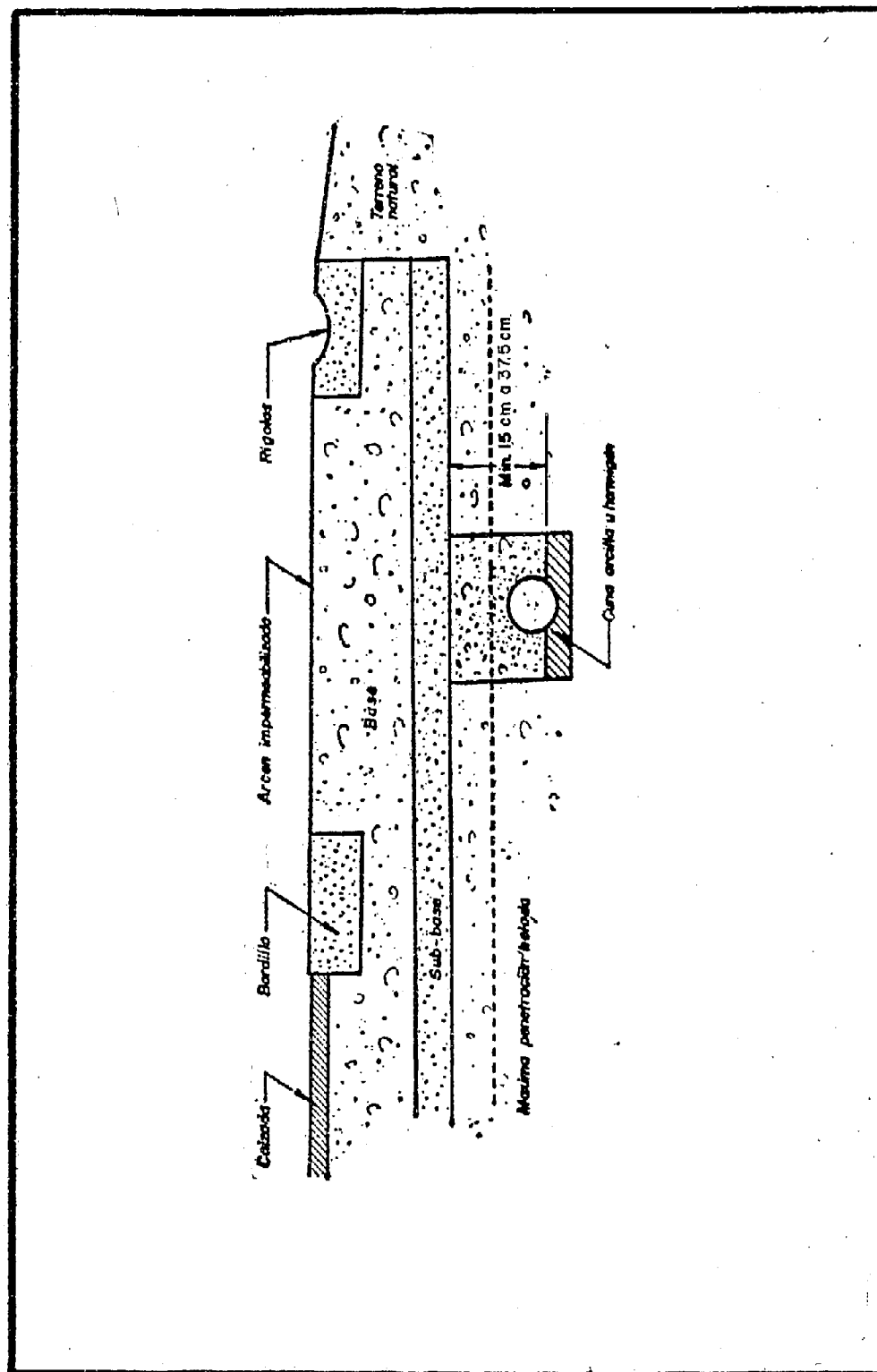


Figura 6.6.b

5.1-IC)

DRENAJE

PROTECCION DE LA EXPLANADA

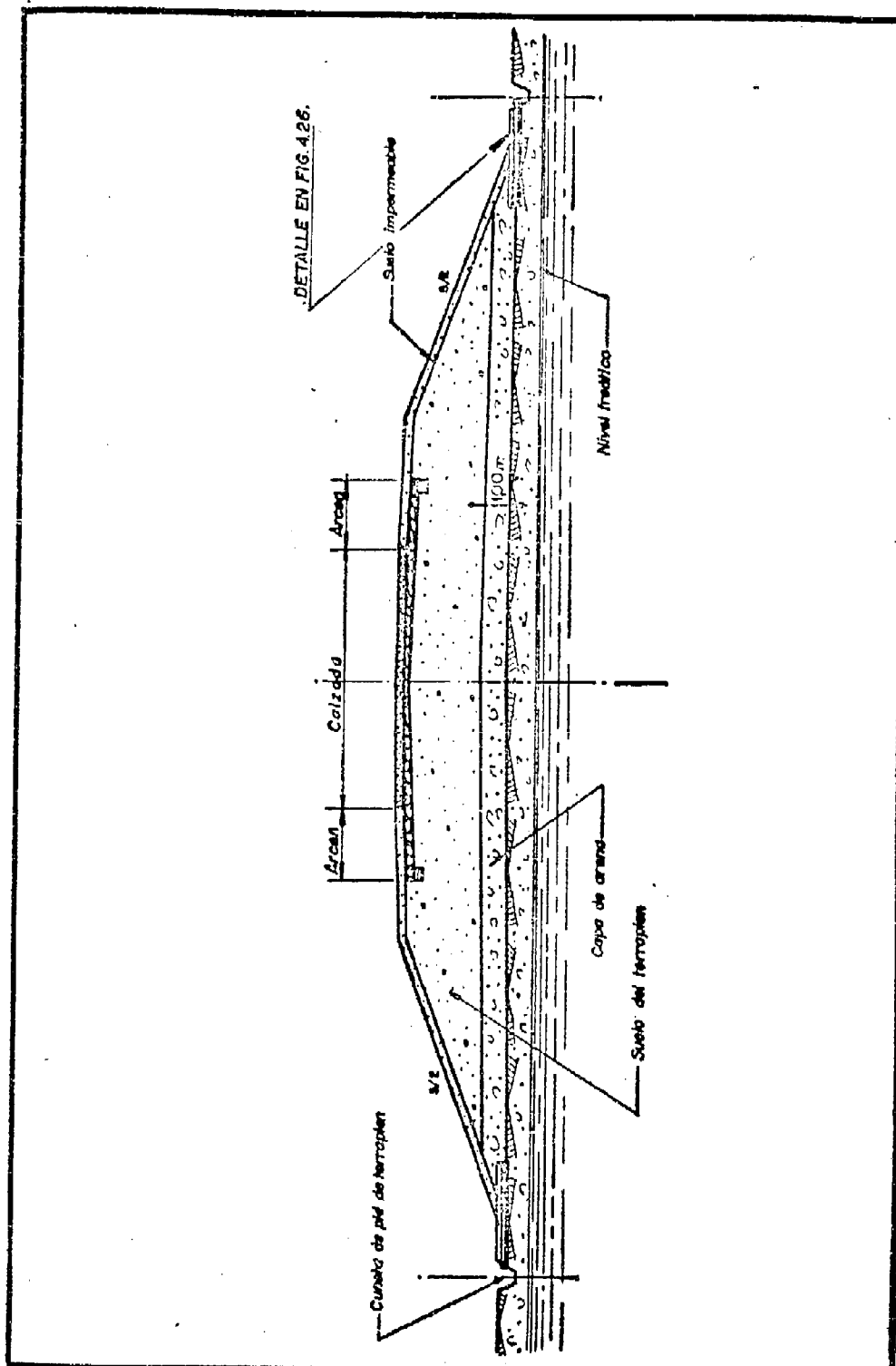


Figura 6.7.1.a

5.1-1C.

DRENAJE

PROTECCION DE LA EXPLANADA

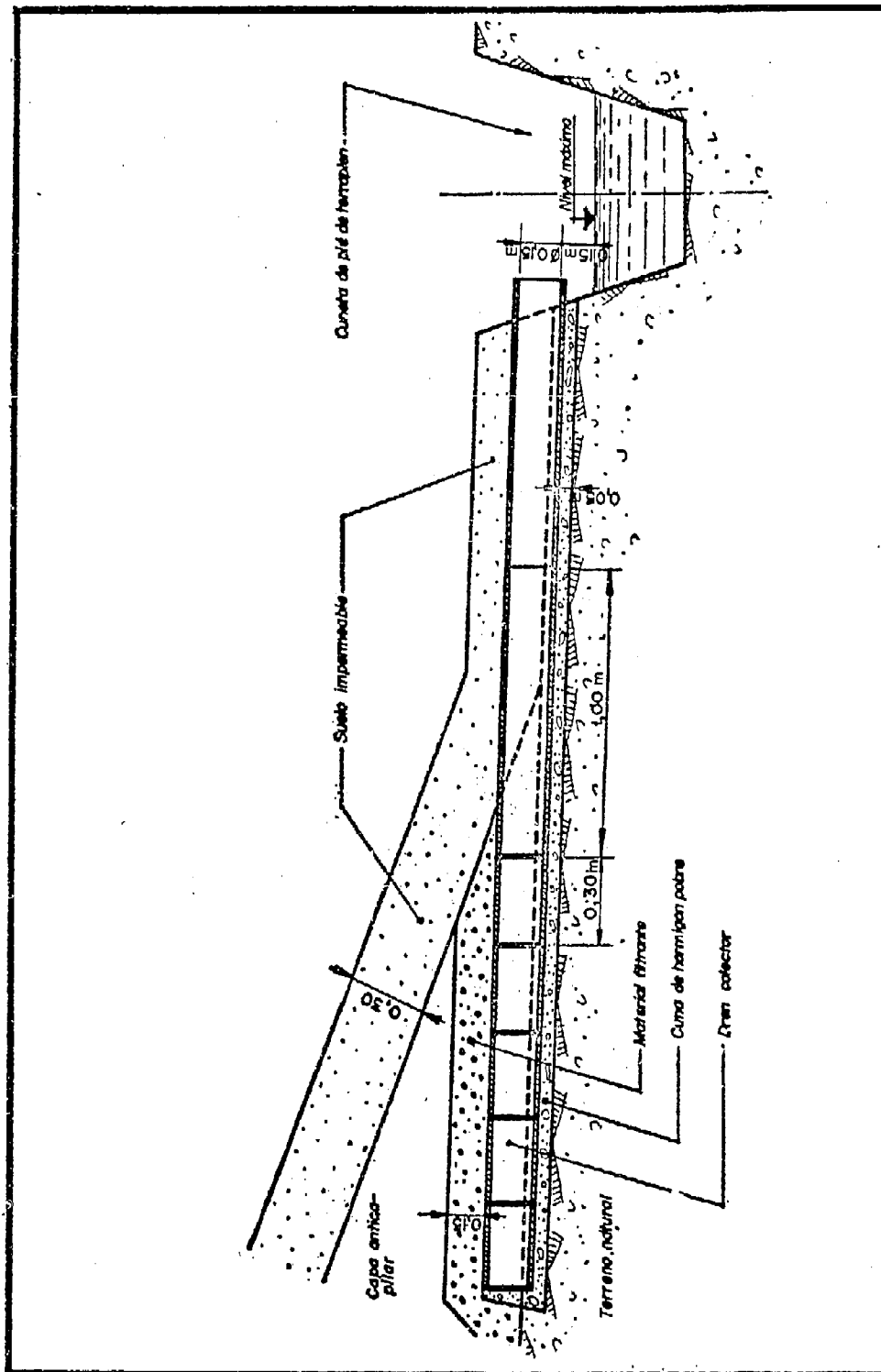


Figura 6.7.1.b