

UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES



TEMA 6. TRATAMIENTO DE FUNDACIONES Y PREDIMENSIONAMIENTO DE DIQUES DE TIERRA COMPACTADA

PROF. ADA MORENO

EMBALSES DE VENEZUELA



EMBALSES HIDROLÓGICAS

EMBALSES DE VENEZUELA



EMBALSES DE VENEZUELA



Grandes Presas y Presas Pequeñas

- ⌘ Para que se catalogue como una gran presa:
 - × Altura superior a 15 m
 - × Longitud de cresta mayor de 500 m
 - × Aliviaderos con capacidad de 2000 m³/s o más
 - × Capacidad de almacenamiento mayor a un millón de m³

TRES GARGANTAS - CHINA







ITAIPIU – BRASIL - PARAGUAY

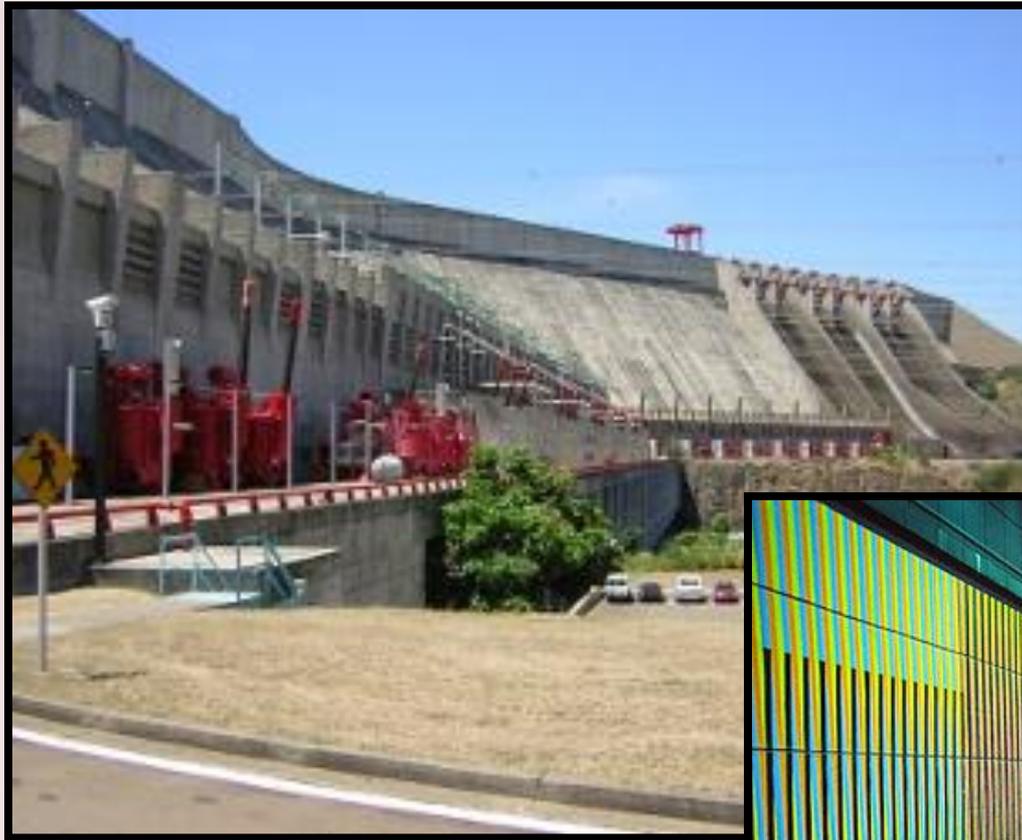






GURI - VENEZUELA





LA HONDA - VENEZUELA



LA VUELTOSA - VENEZUELA



CLASIFICACIÓN DE LAS PRESAS SEGÚN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EMPLEADOS

- ⌘ De materiales sueltos



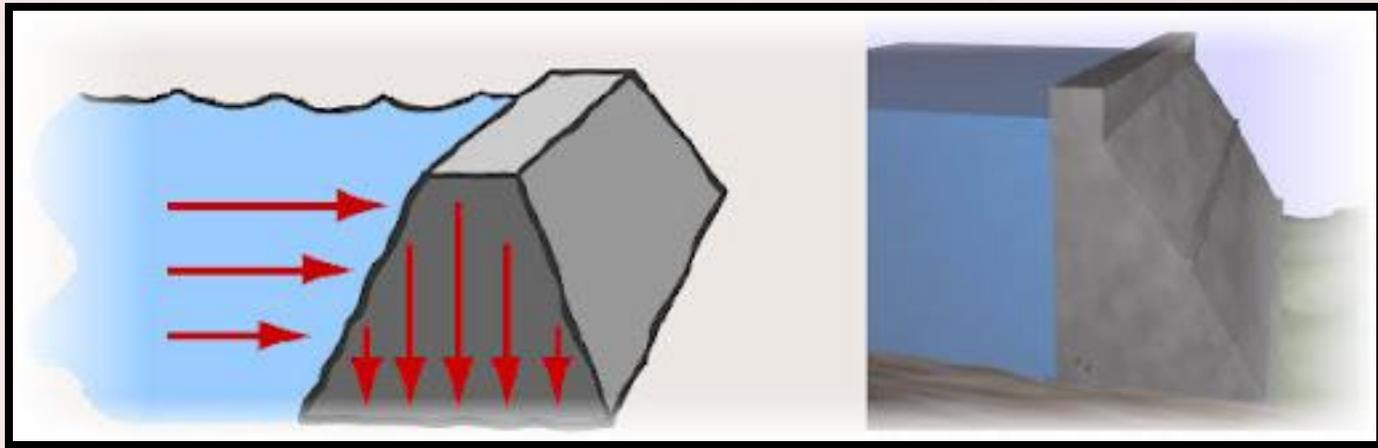
CLASIFICACIÓN DE LAS PRESAS SEGÚN LOS MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EMPLEADOS

⌘ De fábrica



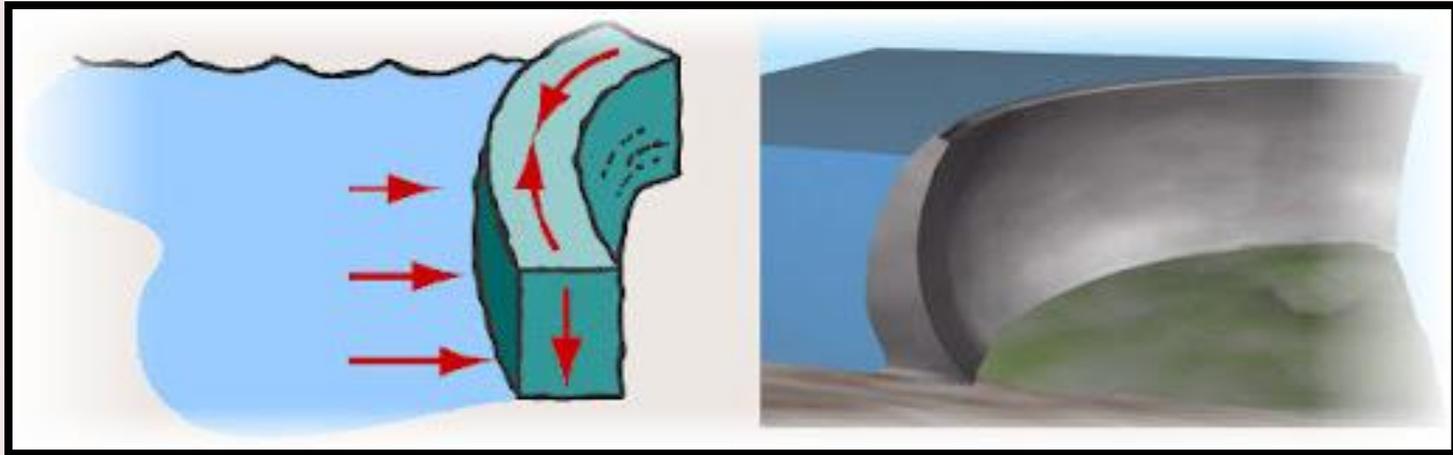
PRESAS DE FÁBRICA

⌘ De Gravedad



PRESAS DE FÁBRICA

⌘ En Arco



PRESAS DE MATERIALES SUELTOS

- ⌘ Construidas con materiales naturales, sin sustancia vinculante

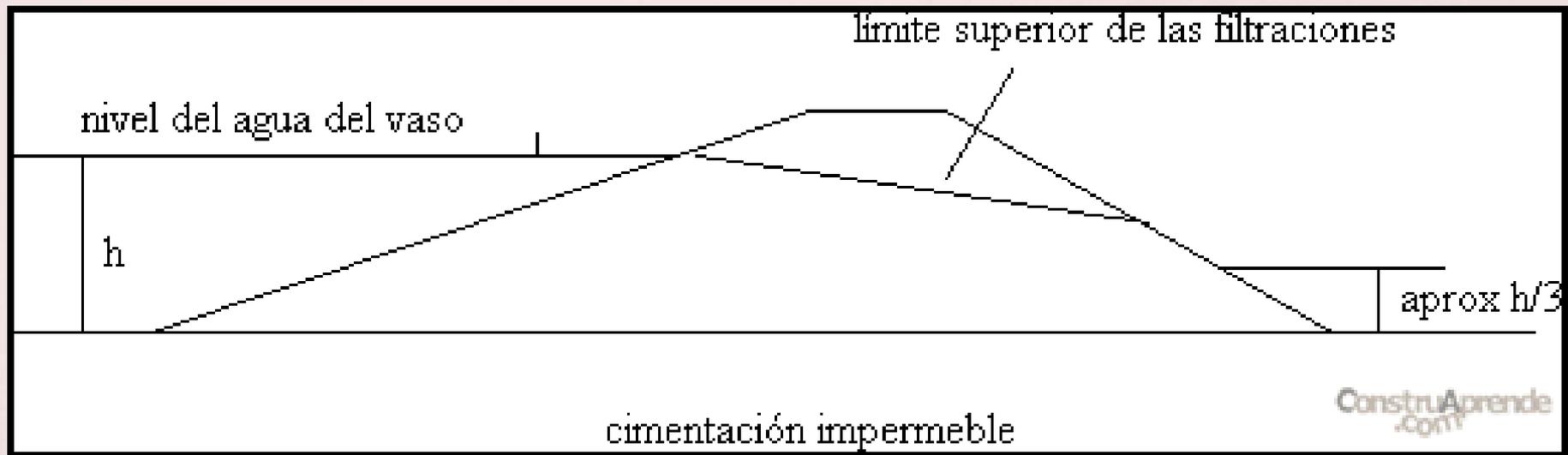


PRESAS DE MATERIALES SUELTOS

- ⌘ Tierra Compactada
- ⌘ Enrocado
- ⌘ Relleno Hidráulico

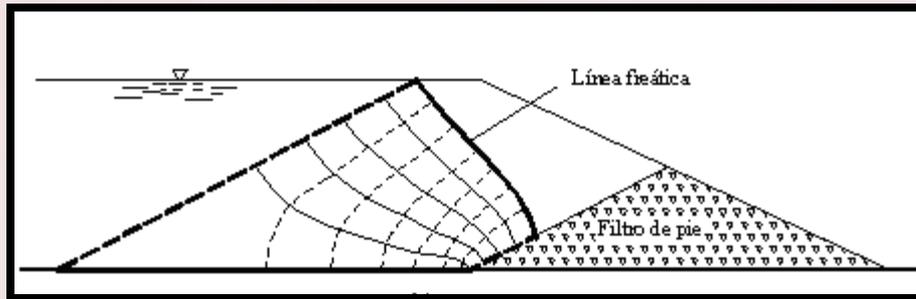
PRESAS DE TIERRA COMPACTADA

⌘ PRESAS HOMOGÉNEAS



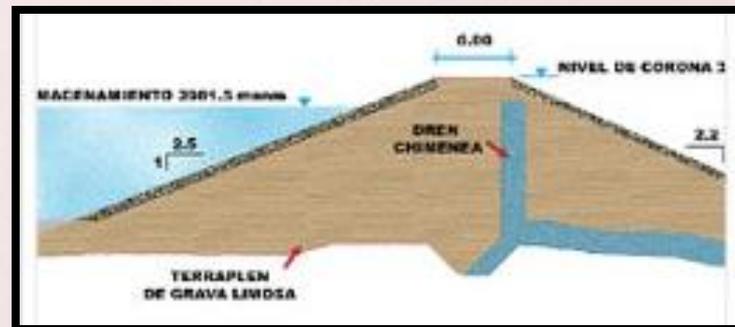
PRESAS HOMOGÉNEAS

⌘ Modificadas



Dren de Pie

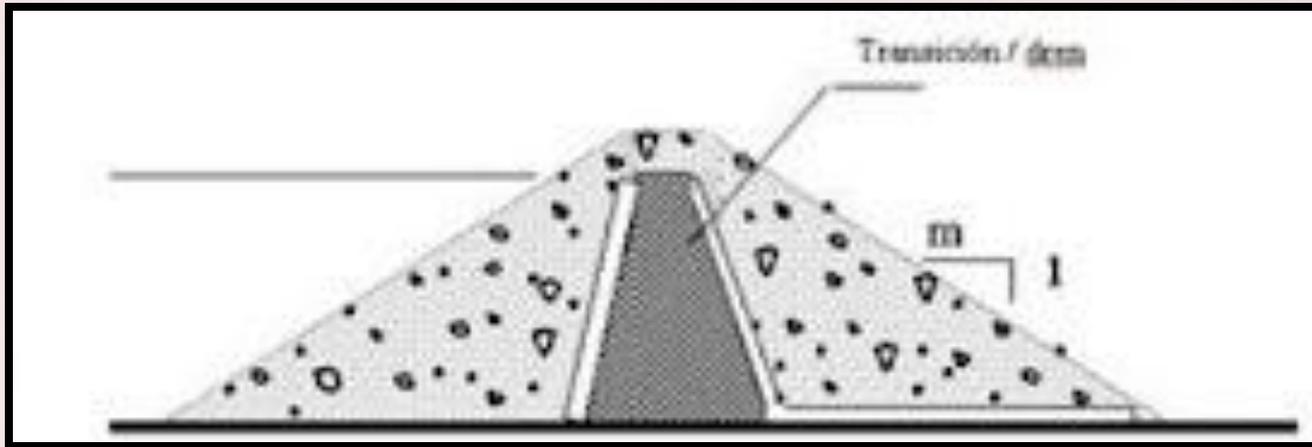
Dren de Carpeta



Dren de Chimenea

PRESAS DE TIERRA COMPACTADA

⌘ PRESAS ZONIFICADAS



PRESAS ZONIFICADAS - CARUACHI



PRESAS DE TIERRA COMPACTADA

⌘ PRESAS ZONIFICADAS

- × Zonificada propiamente dicha
- × Zonificada de diafragma

PRESAS DE ENROCADO

- ⌘ DIÁMETROS QUE SUPERAN LOS 8 CM Y LLEGAN HASTA 2 M (Macagua)



PRESAS DE ENROCADO

- ⌘ Con membrana externa
- ⌘ Con núcleo interno

DESVENTAJAS DE LA PRESAS DE MATERIALES SUELTOS



Fotografía Aérea
Sector: Represa El Guapo
Fecha: Enero de 2000
Fuente: Dirección de Cuencas Hidrográficas

TRATAMIENTO DE FUNDACIONES

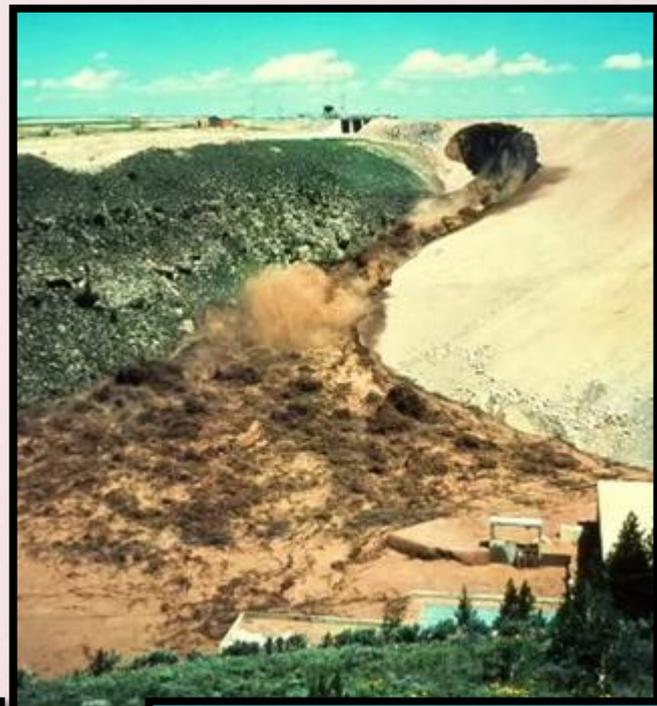
- ⌘ Reducción de filtraciones
- ⌘ Eliminación del riesgo de tubificación
- ⌘ Capacidad de carga adecuada

PROBLEMAS EN FUNDACIONES

⌘ 5 Junio 1976









On June 5, 1976

Teton Dam collapsed

Resulted in death of 14 people
13,000 head of cattle and
20 000 households evacuated.

\$800 million in damages



TIPOS DE FUNDACIONES

- ⌘ Fundaciones sobre roca
- ⌘ Fundaciones de grano grueso
- ⌘ Fundaciones de grano fino

FUNDACIONES SOBRE ROCA

- ⌘ No presentan problemas de resistencia
- ⌘ Si la roca está muy fracturada pueden presentar altas permeabilidades

TRATAMIENTO MÍNIMO DE FUNDACIONES DE ROCA

- ⌘ Limpieza gruesa del material suelto
- ⌘ Limpieza Fina
- ⌘ Excavaciones o regularización del perfil (relleno y excavación)
- ⌘ Tratamiento de grietas superficiales (lechada de cemento y mortero)
- ⌘ Construcción de la zanja de traba

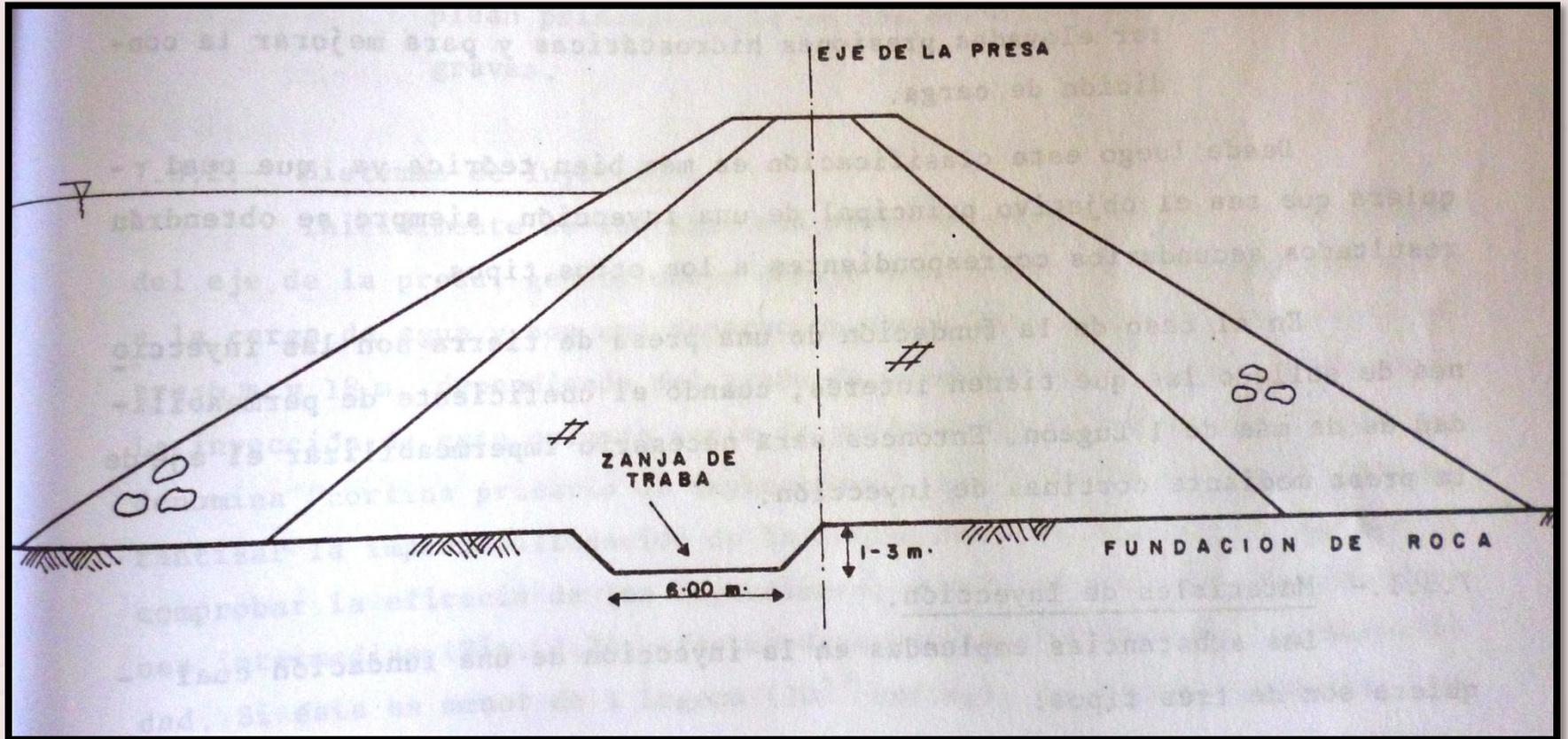
Regularización del perfil. La Vuelta





Regularización del perfil. La Vueltona

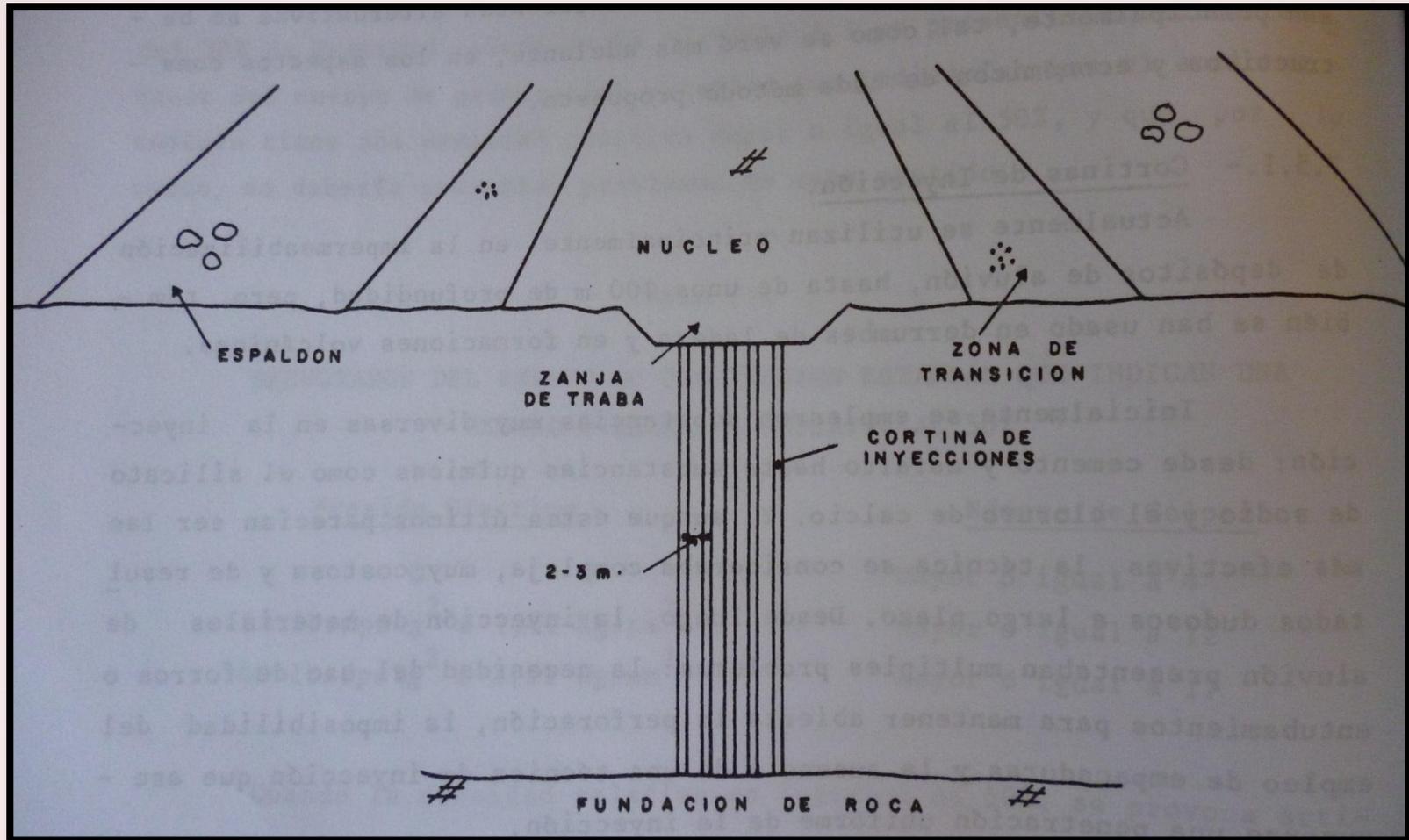
ZANJA DE TRABA



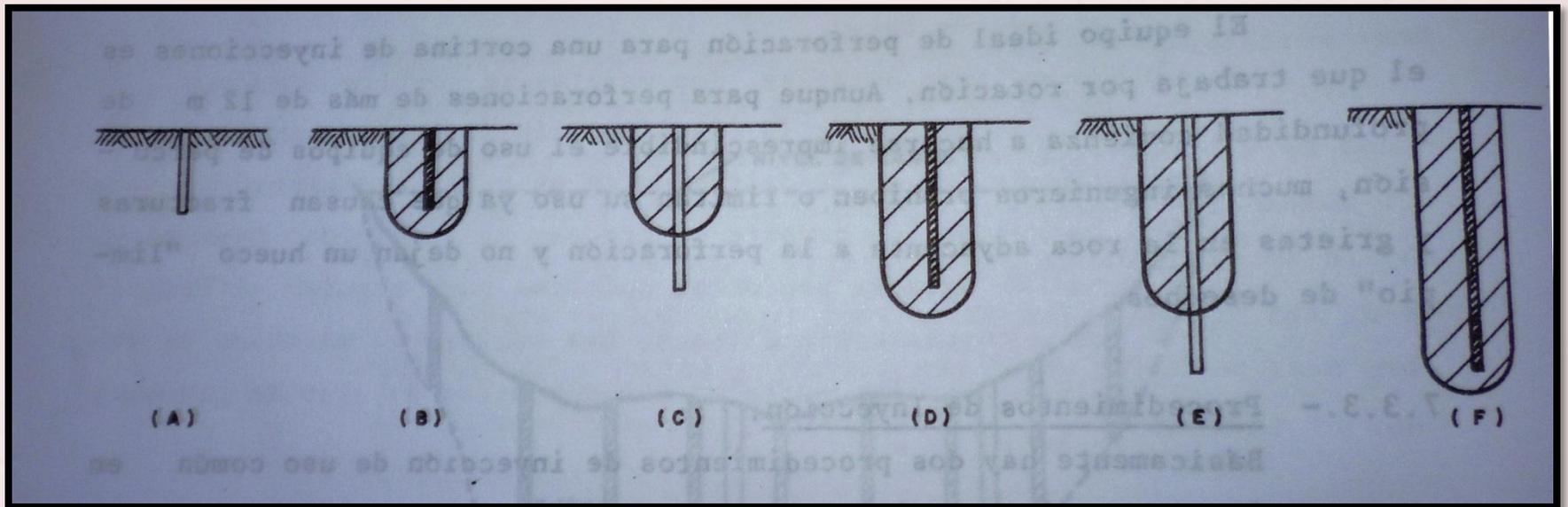
INYECCIÓN DE FUNDACIONES DE ROCA

- ⌘ Materiales de inyección
 - × Soluciones inestables
 - × Soluciones estables
- ⌘ Sistemas de inyección
- ⌘ Procedimientos de inyección
- ⌘ Presiones de Inyección

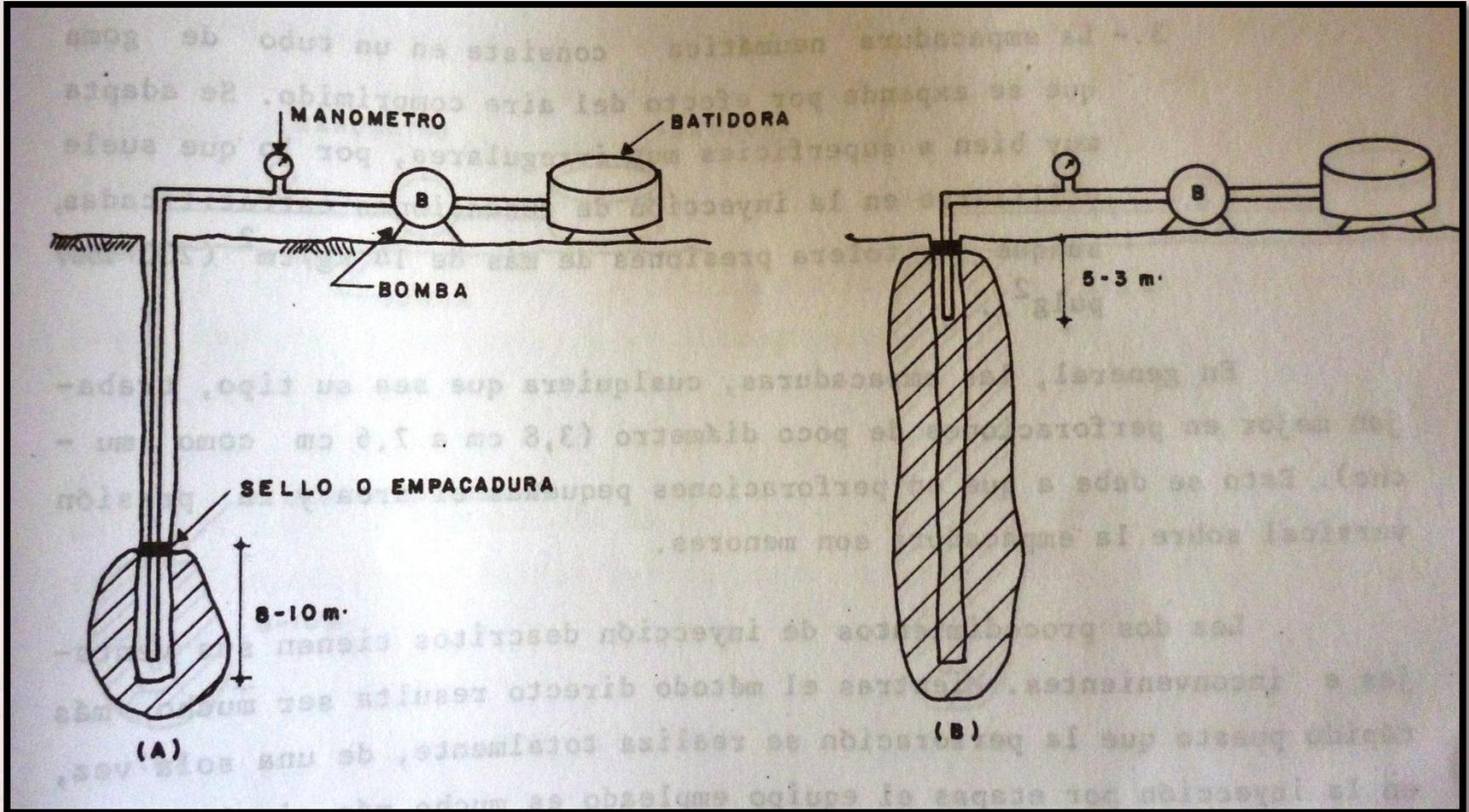
UBICACIÓN DE LAS INYECCIONES



PROCEDIMIENTOS DE INYECCIÓN



PROCEDIMIENTOS DE INYECCIÓN



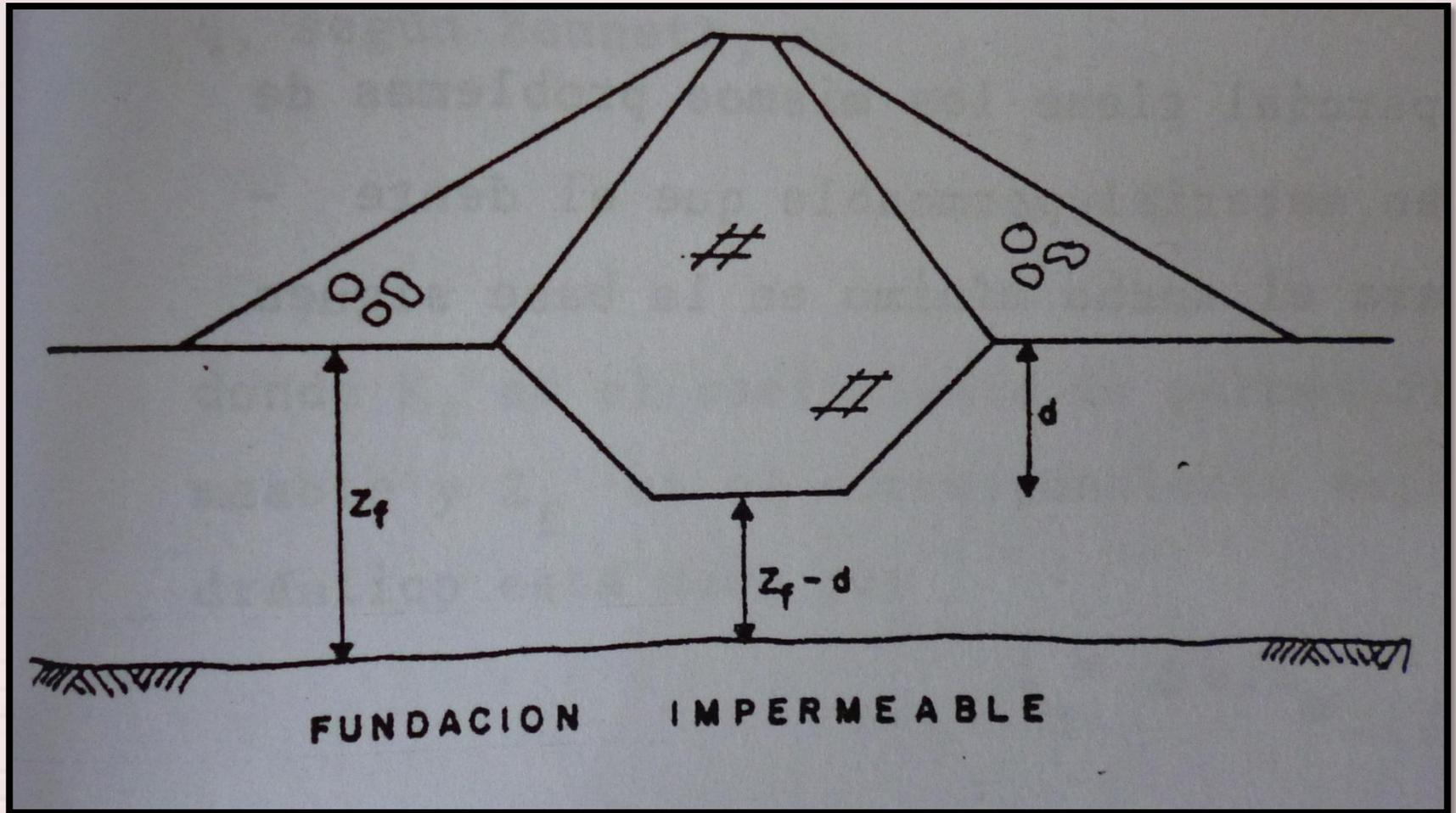
FUNDACIONES DE GRANO GRUESO

- ⌘ Alta Permeabilidad
- ⌘ Buena capacidad de carga

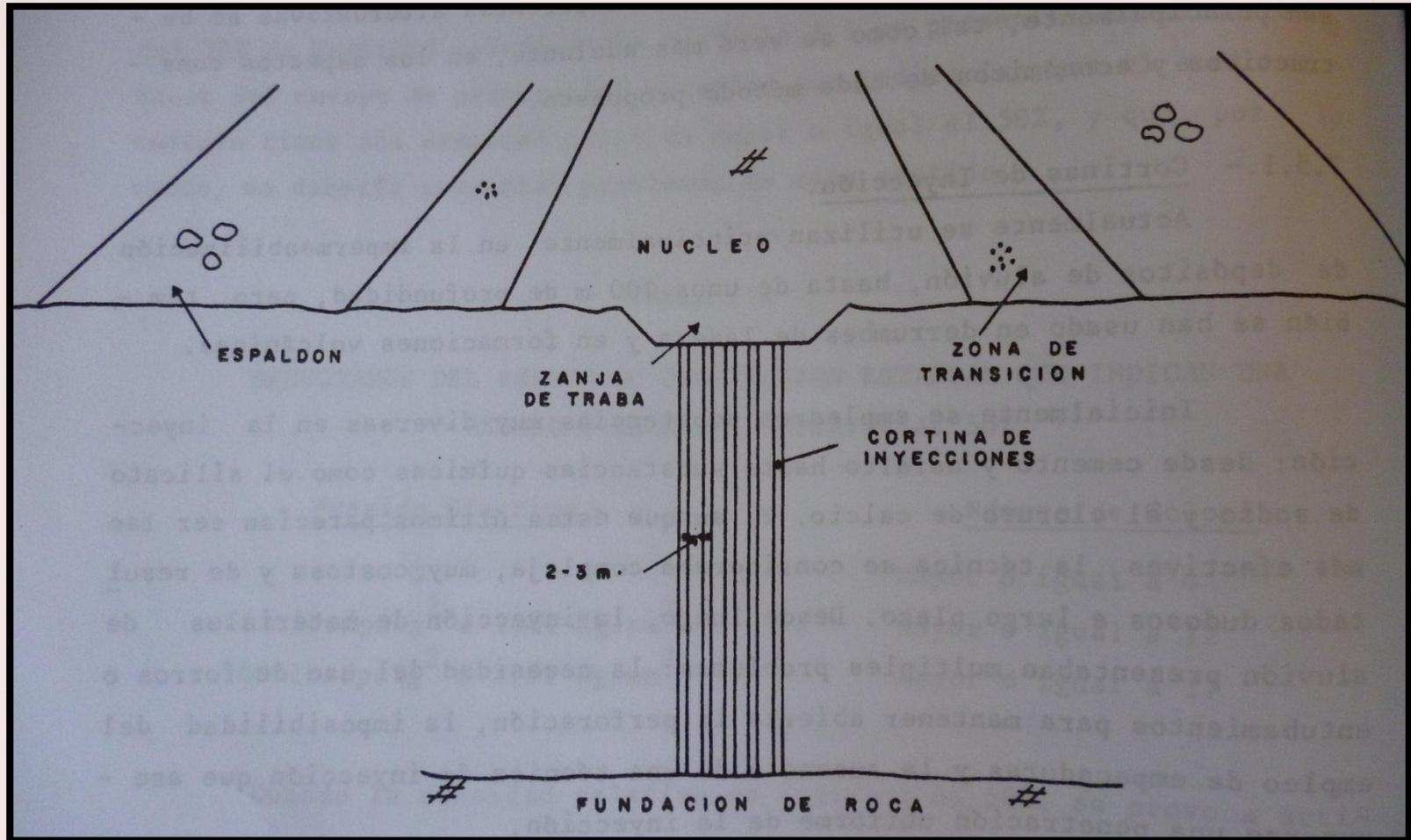
TRATAMIENTO DE FUNDACIONES DE GRANO GRUESO

- ⌘ Dentellón
- ⌘ Cortinas de Inyección
- ⌘ Pantallas o tablestacados de acero
- ⌘ Zanja de lodo
- ⌘ Pantallas de concreto
- ⌘ Carpeta Impermeable

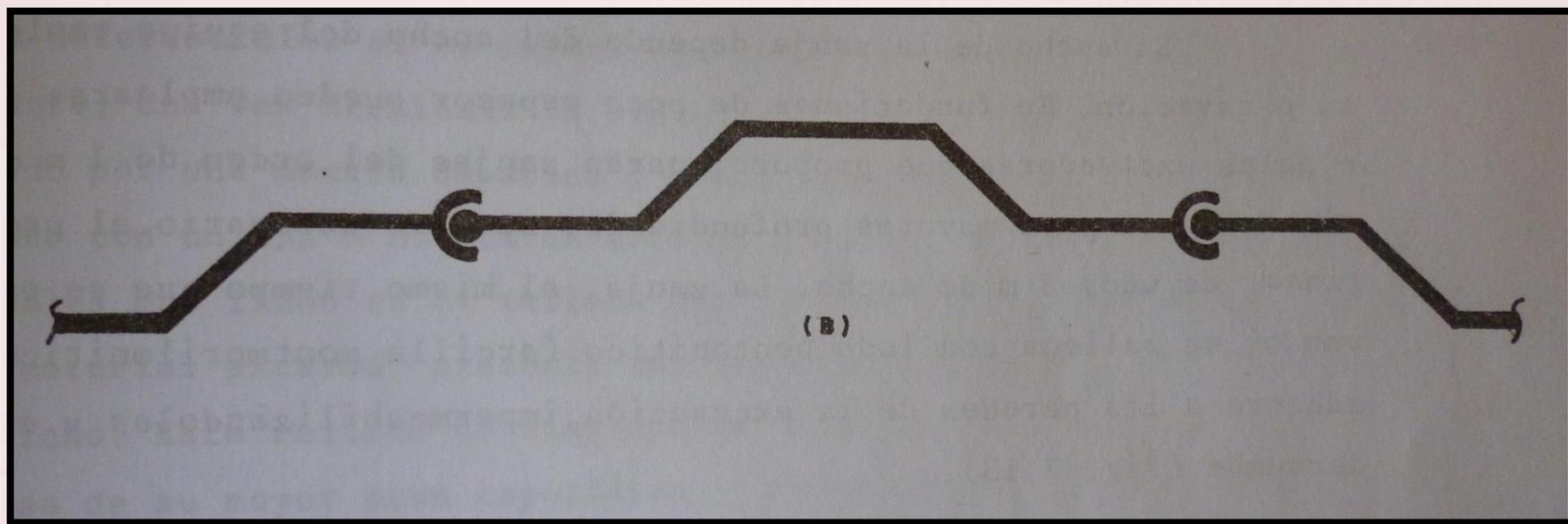
DENTELLÓN



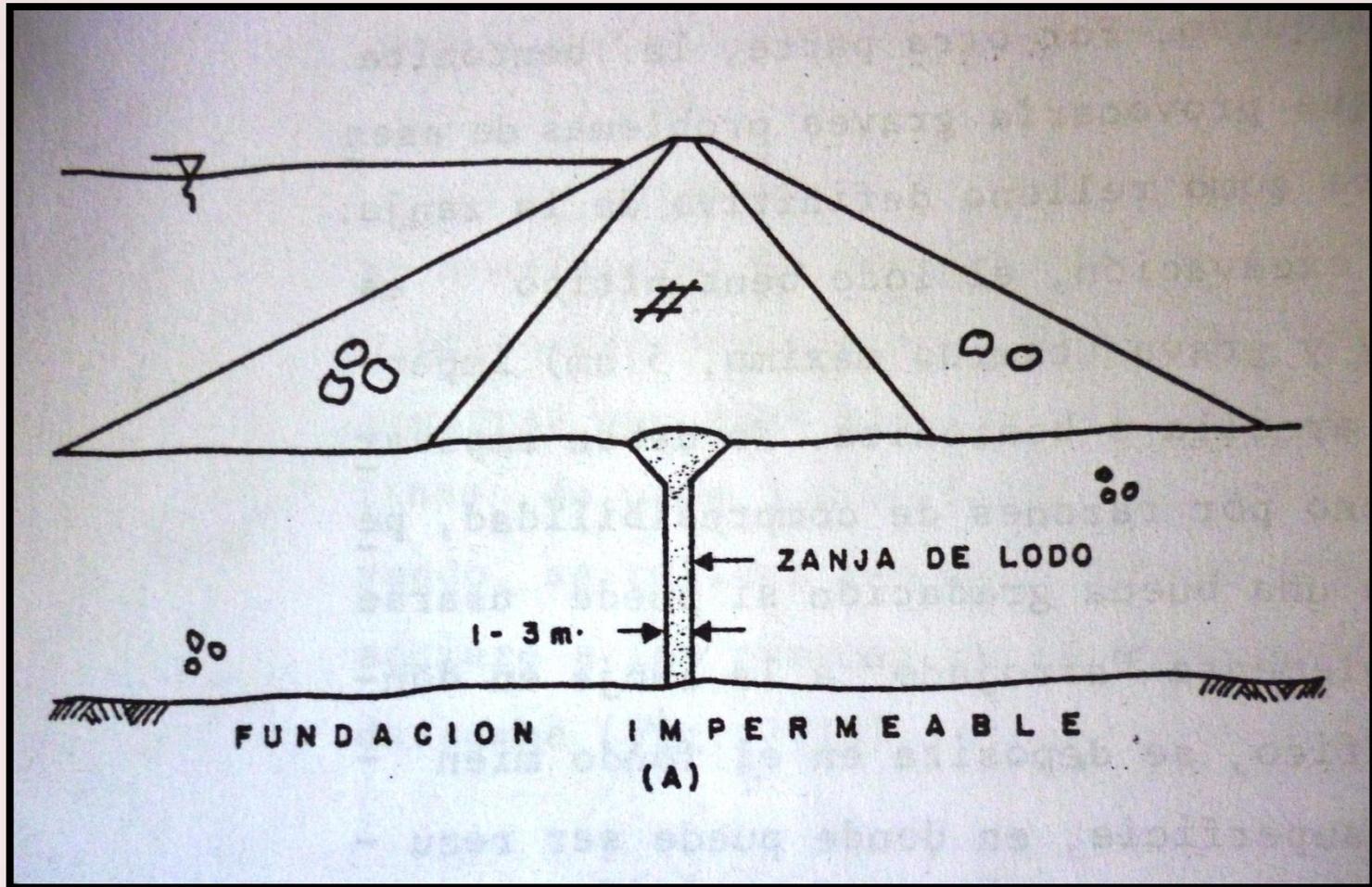
CORTINAS DE INYECCIÓN



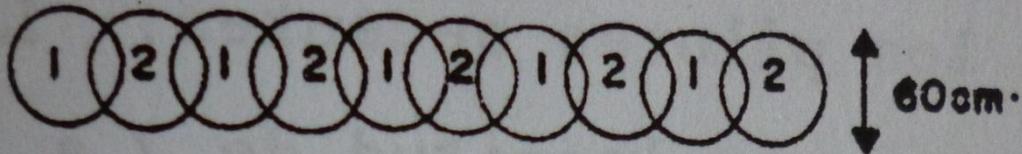
PANTALLAS O TABLESTACADOS



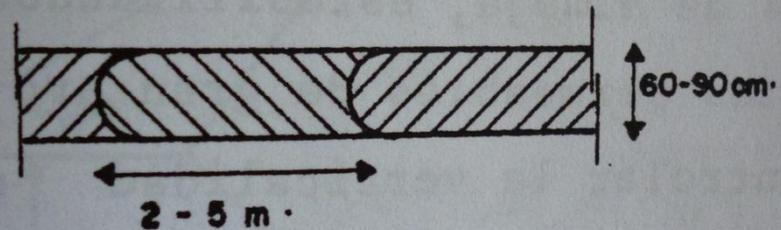
ZANJA DE LODO



PANTALLAS DE CONCRETO

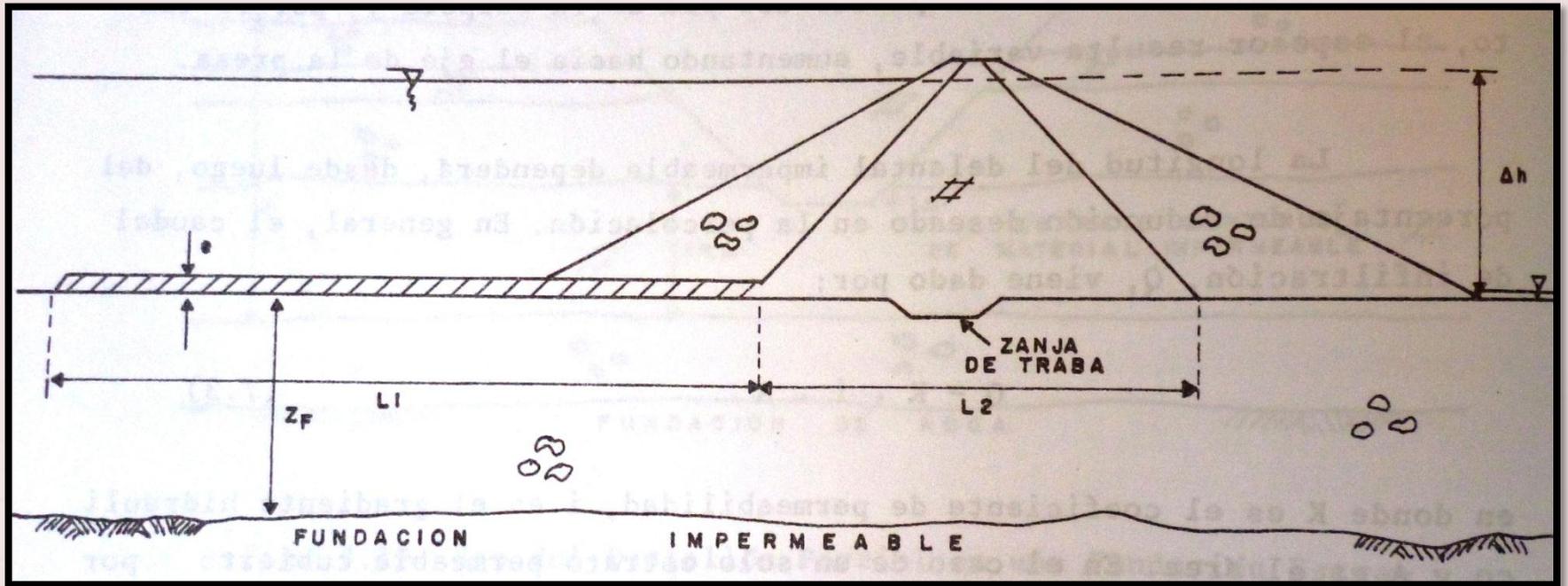


(A) PILOTES SECANTES



(B) PANELES DE CONCRETO

CARPETA IMPERMEABLE



FUNDACIONES DE GRANO FINO

- ⌘ Impermeables
- ⌘ Pobre capacidad de carga

FUNDACIONES DE GRANO FINO

⌘ Saturadas

- × $S \geq 95\%$

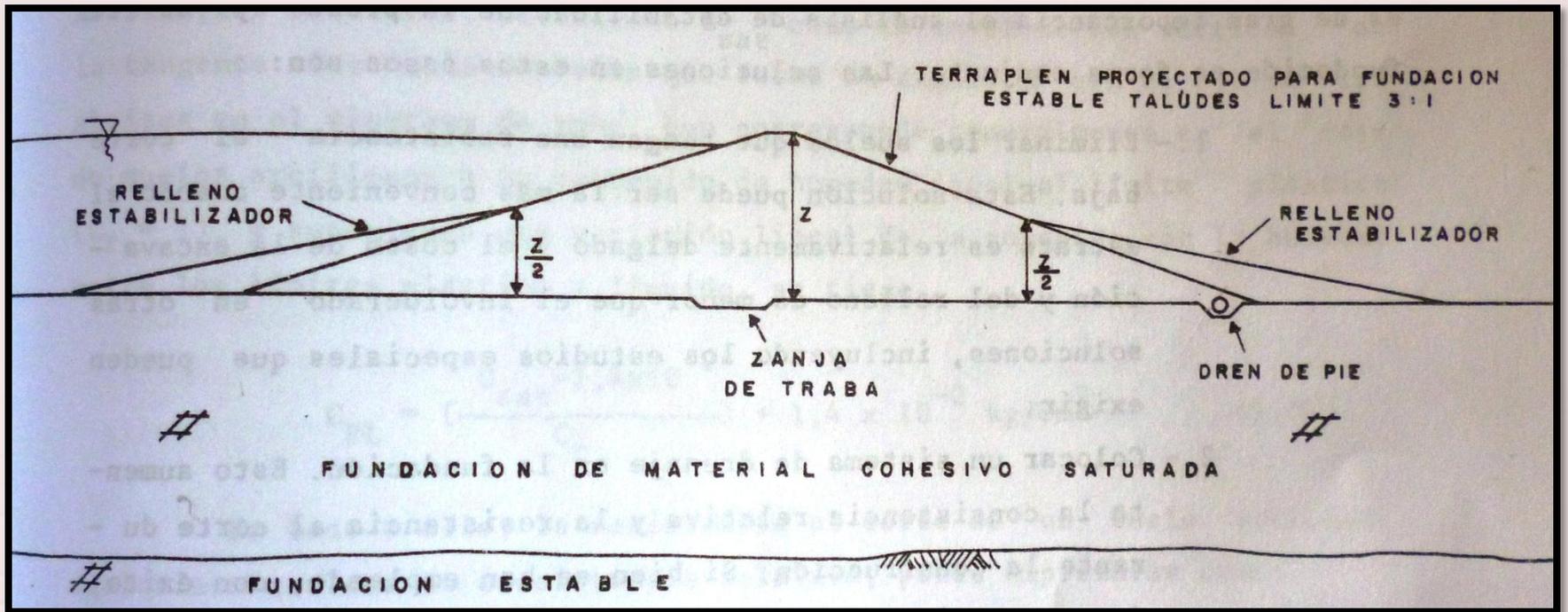
⌘ No Saturadas

- × $S < 95\%$

TRATAMIENTO DE FUNDACIONES DE GRANO FINO SATURADAS

- ⌘ Eliminar el estrato de suelo de grano fino si $D \leq 1 \text{ m}$
- ⌘ Diseñar rellenos estabilizadores
- ⌘ Construir drenajes (si el estrato inferior no es roca)

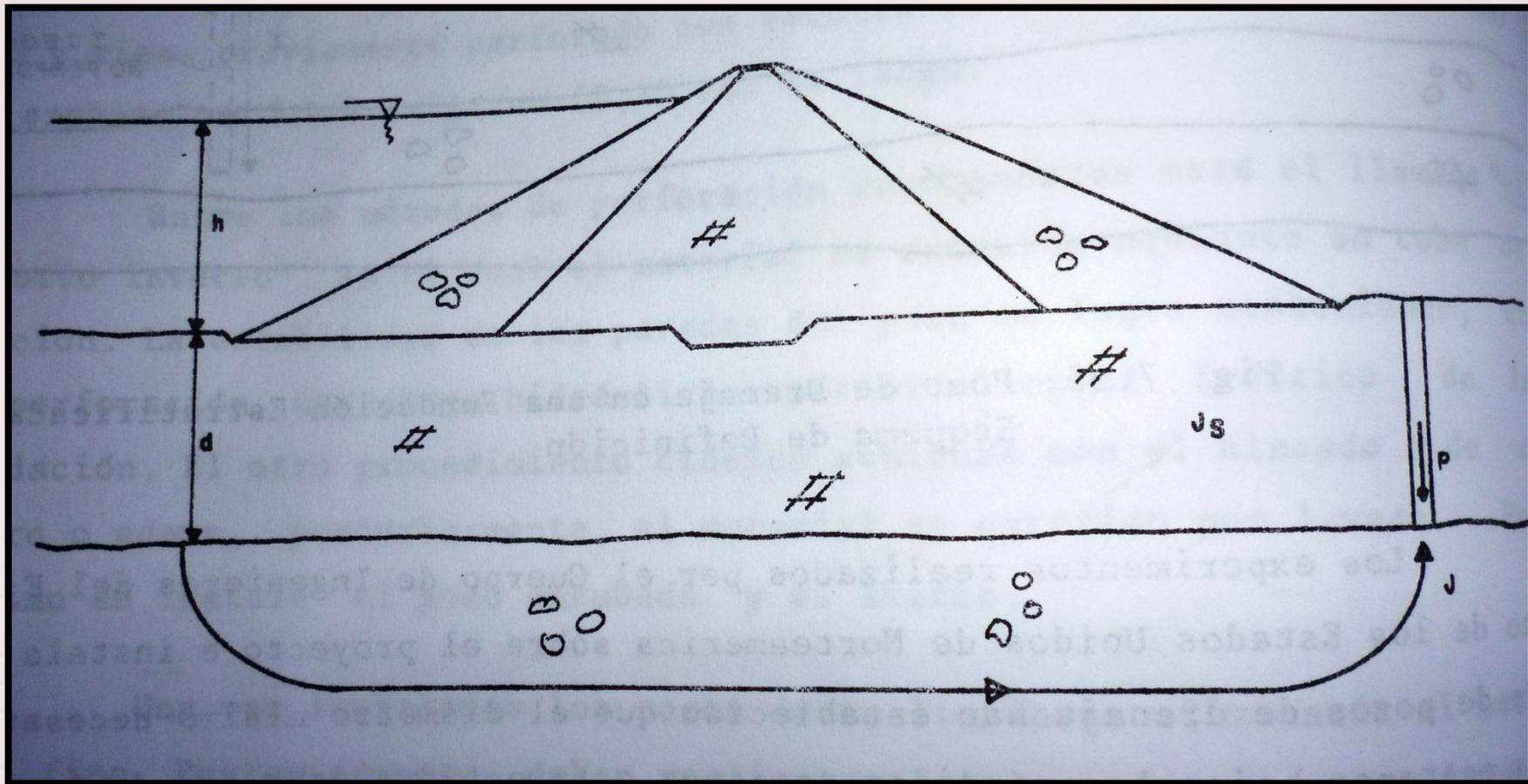
RELLENOS ESTABILIZADORES



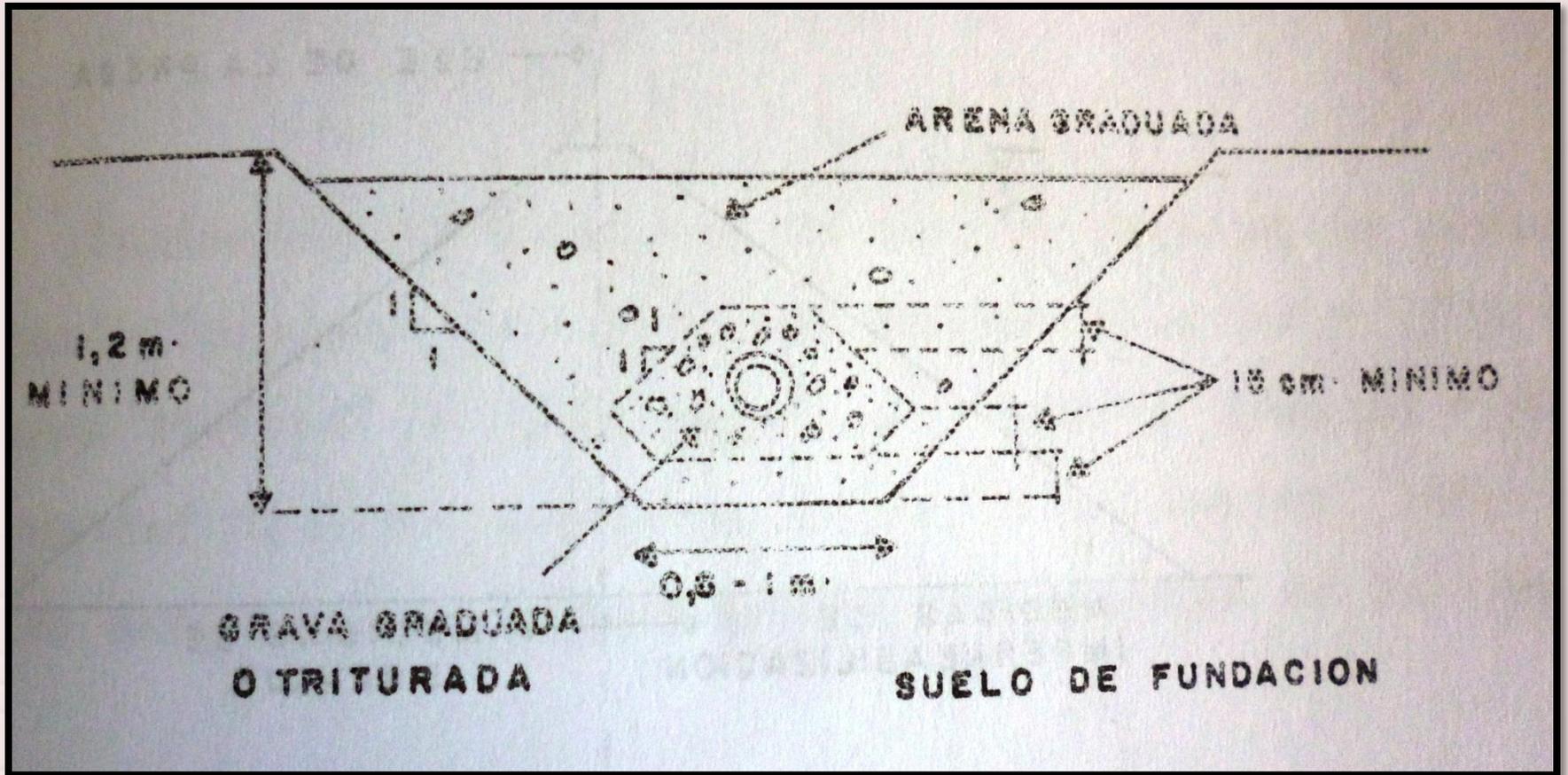
RELLENOS ESTABILIZADORES

Consistencia	N	Grupo del Suelo*	Taludes para Diferentes Alturas de Presa				
			15 m	12 m	9 m	6 m	3 m
Blanda	4	Se requieren pruebas y análisis especiales.					
Mediana	4-10	SM	4 1/2:1	4:1	3:1	3:1	3:1
		SC	6:1	5:1	4:1	3:1	3:1
		ML	6:1	5:1	4:1	3:1	3:1
		CL	6 1/2:1	5:1	4:1	3:1	3:1
		MH	7:1	5 1/2:1	4 1/2:1	3 1/2:1	3:1
		CH	13:1	10:1	7:1	4:1	3:1
Firme	11-20	SM	4:1	3 1/2:1	3:1	3:1	3:1
		SC	5 1/2:1	4 1/2:1	3 1/2:1	3:1	3:1
		ML	5 1/2:1	4 1/2:1	3 1/2:1	3:1	3:1
		CL	6:1	4 1/2:1	3 1/2:1	3:1	3:1
		MH	6 1/2:1	5:1	4:1	3:1	3:1
		CH	11:1	9:1	6:1	3:1	3:1
Dura	20	SM	3 1/2:1	3:1	3:1	3:1	3:1
		SC	5:1	4:1	3:1	3:1	3:1
		ML	5:1	4:1	3 1/2:1	3:1	3:1
		CL	5:1	4:1	3:1	3:1	3:1
		MH	5 1/2:1	4:1	3:1	3:1	3:1
		CH	10:1	8:1	5 1/2:1	3:1	3:1

MEDIDAS DE DRENAJE



MEDIDAS DE DRENAJE



TRATAMIENTO DE FUNDACIONES DE GRANO FINO NO SATURADAS

- ⌘ Eliminar el estrato de suelo de grano fino si $D \leq 1 \text{ m}$
- ⌘ Saturar la fundación
- ⌘ Diseñar rellenos estabilizadores
- ⌘ Construir drenajes (si el estrato inferior no es roca)

PREDIMENSIONAMIENTO

⌘ REQUISITOS DE SEGURIDAD

- × Una presa debe ser segura contra el escurrimiento de agua por encima de ella
- × La filtración de agua a través del cuerpo de presa y de la fundación debe ser controlada
- × La cresta debe ser funcional
- × Los taludes deben resistir todas las condiciones de servicio
- × Los taludes deben estar protegidos contra la acción de agentes atmosféricos

DISEÑO DE LA ALTURA Z

⌘ $Z = NAN + BInormal$

⌘ \acute{o} Tomar el mayor

⌘ $Z = NAMx + BLm\acute{in}imo$

BORDE LIBRE (ASCE)

⌘ $BL = K h_o$

$K = 1,5$ Enrocado volcado

$K = 2$ a $2,5$ Enrocado colocado y protecciones
lisas

BORDE LIBRE

Fetch (Km)	Vv (Km/h)	ho (m)
1,6	80	0,82
1,6	120	0,91
4	80	0,98
4	120	1,10
4	160	1,20
8	80	1,13
8	120	1,31
8	160	1,46
16	80	1,37
16	120	1,65
16	160	1,86

BORDE LIBRE (USBR)

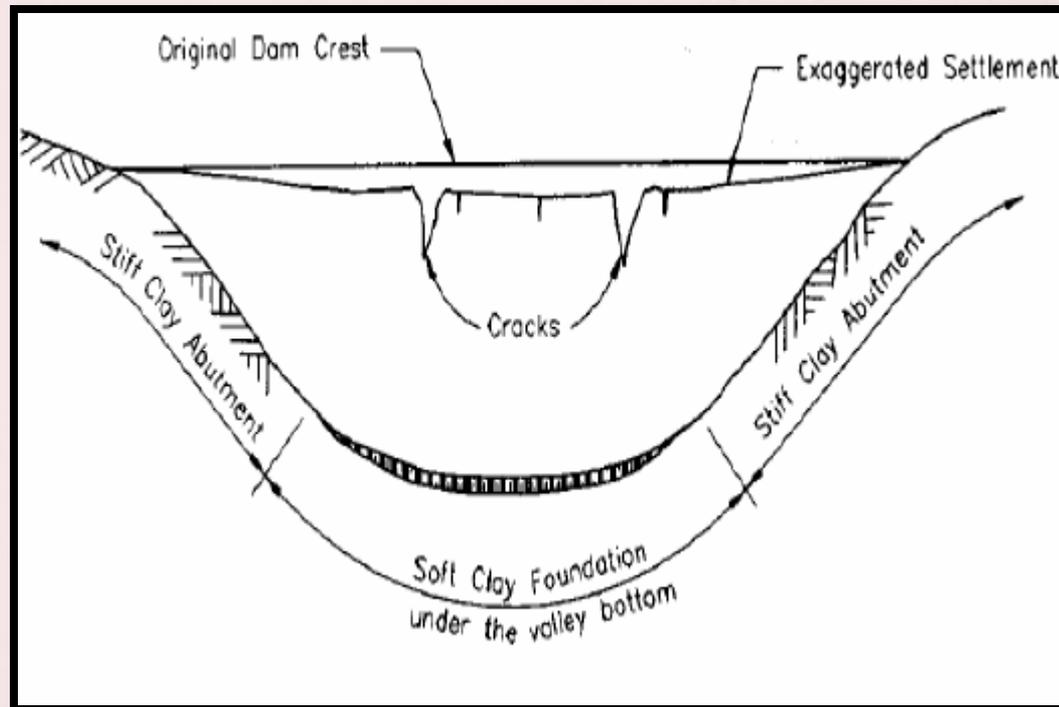
Fetch (Km)	Bnormal (m)	Bmínimo (m)
< 1,6	1,22	0,90
1,6	1,50	1,22
4	1,85	1,50
8	2,45	1,85
16	3,05	2,15

La tabla anterior es para enrocado volcado, si la protección es diferente, se deben afectar los valores por 1,5

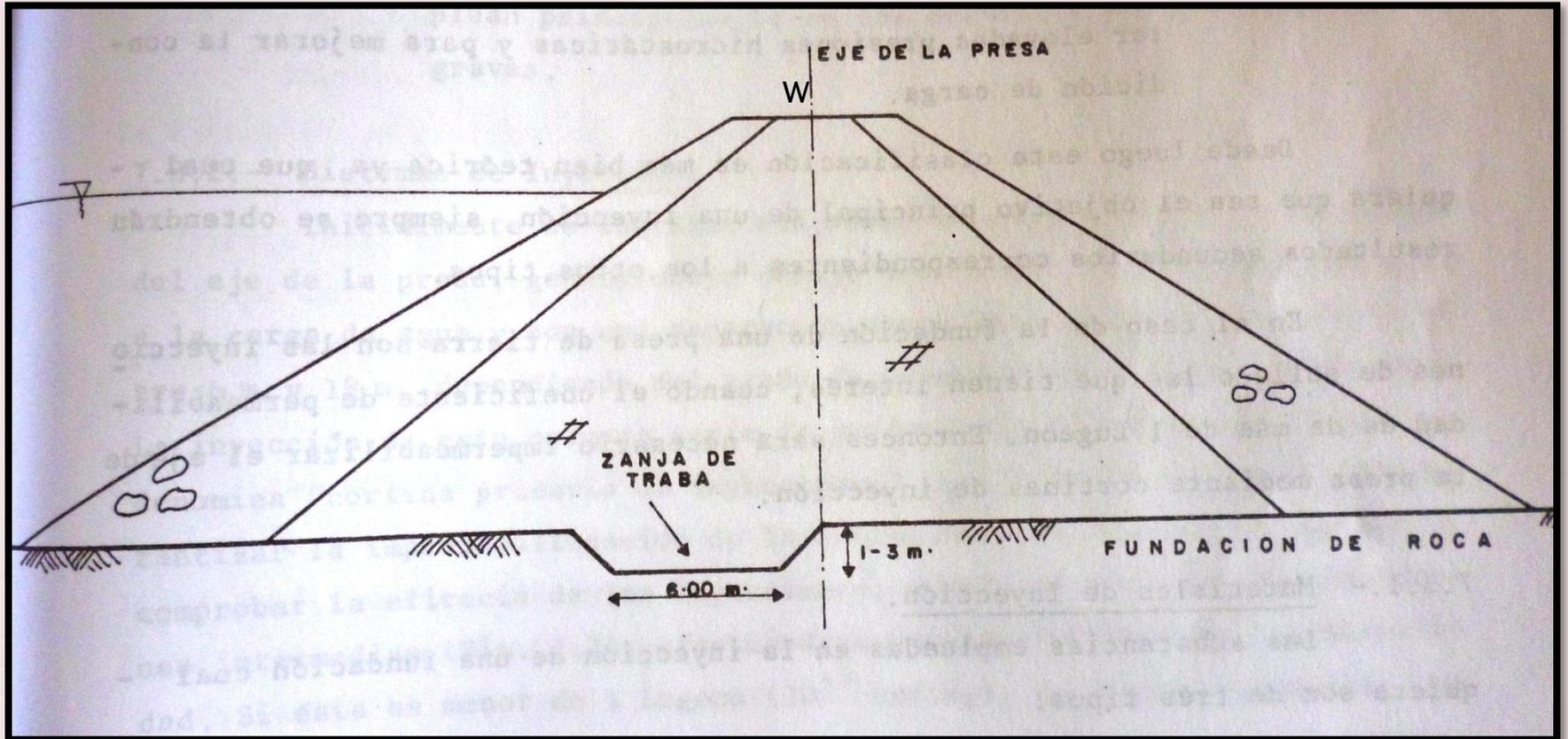
SOBRE-ELEVACIÓN DE LA CRESTA

Z

- ⌘ Absorbe asentamientos uniformes



ANCHO DE CRESTA W



ANCHO DE CRESTA W

⌘ Presas grandes ($Z > 15$ m)

× $W = 3,6(Z)^{1/3} - 3,0$ Tomar el menor

× ó

× $W = 12$ m

⌘ Presas Pequeñas

× $W = Z/1,5 + 3,0$ Tomar el mayor

× ó

× $W = 6$ m

PROTECCIONES DE LA CRESTA Y DE LOS TALUDES

⌘ CRESTA

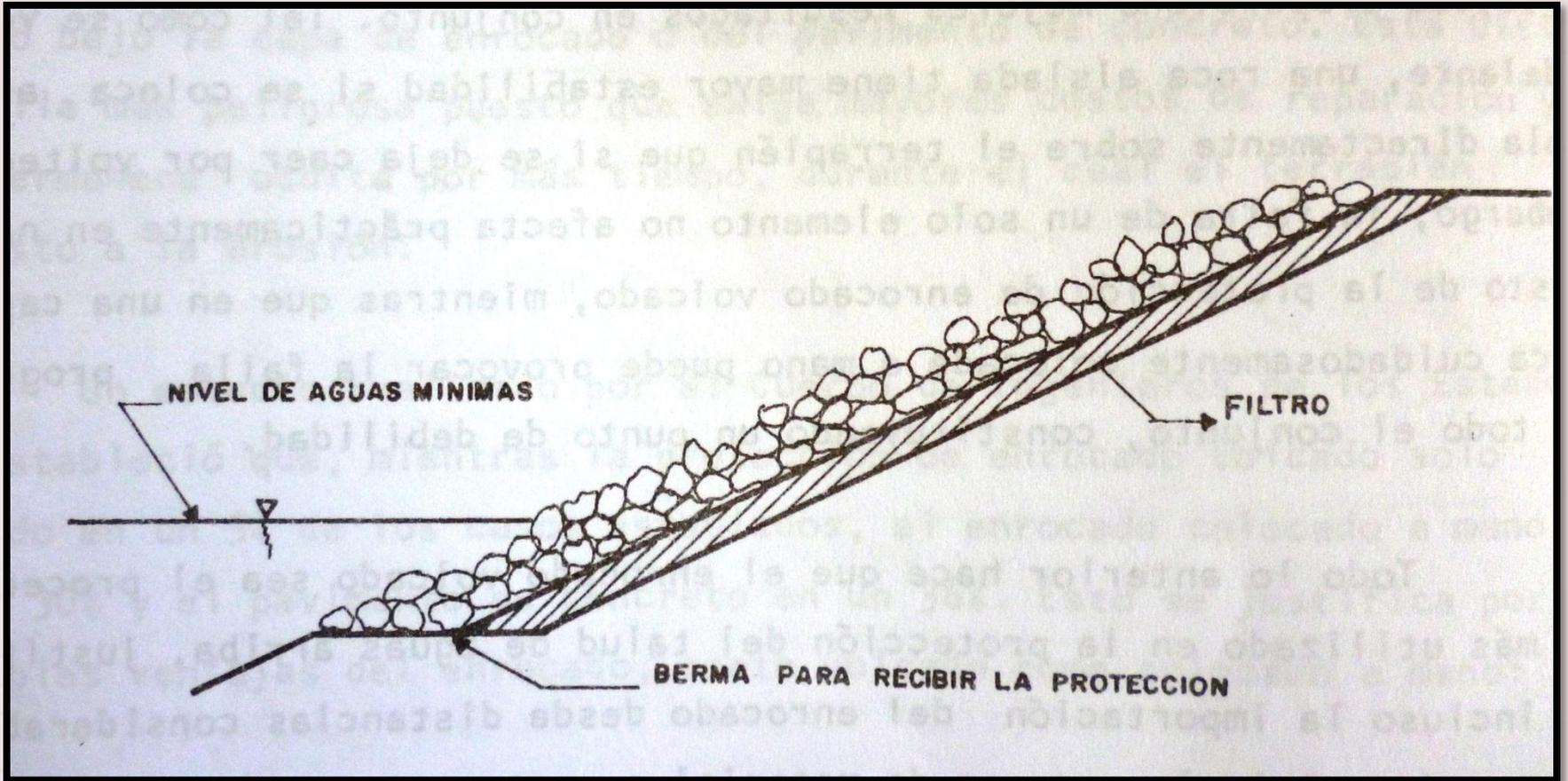
- × Grava
- × Carpeta de rodamiento

⌘ TALUD AGUAS ARRIBA

- × Enrocado Volcado
- × Enrocado colocado a mano
- × Protección lisa

⌘ TALUD AGUAS ABAJO

ENROCADO VOLCADO



ENROCADO VOLCADO

$$W = \frac{0,0063 \gamma_s}{(\gamma_s / \gamma - 1)^3} \left[\frac{H}{\text{Sen}(65^\circ - \alpha)} \right]^3$$

CRITERIO DE DISEÑO DEL ENROCADO VOLCADO SEGUN SHERARD (1967).

Altura Máxima de las Olas (m)	Tamaño Medio, D ₅₀ , Mínimo Recomendado (cm)	Espesor Recomendado de la Protección (cm)
0 - 0,6	25	30
0,6 - 1,2	30	46
1,2 - 1,8	38	61
1,8 - 2,4	46	76
2,4 - 3,0	53	91

ENROCADO VOLCADO

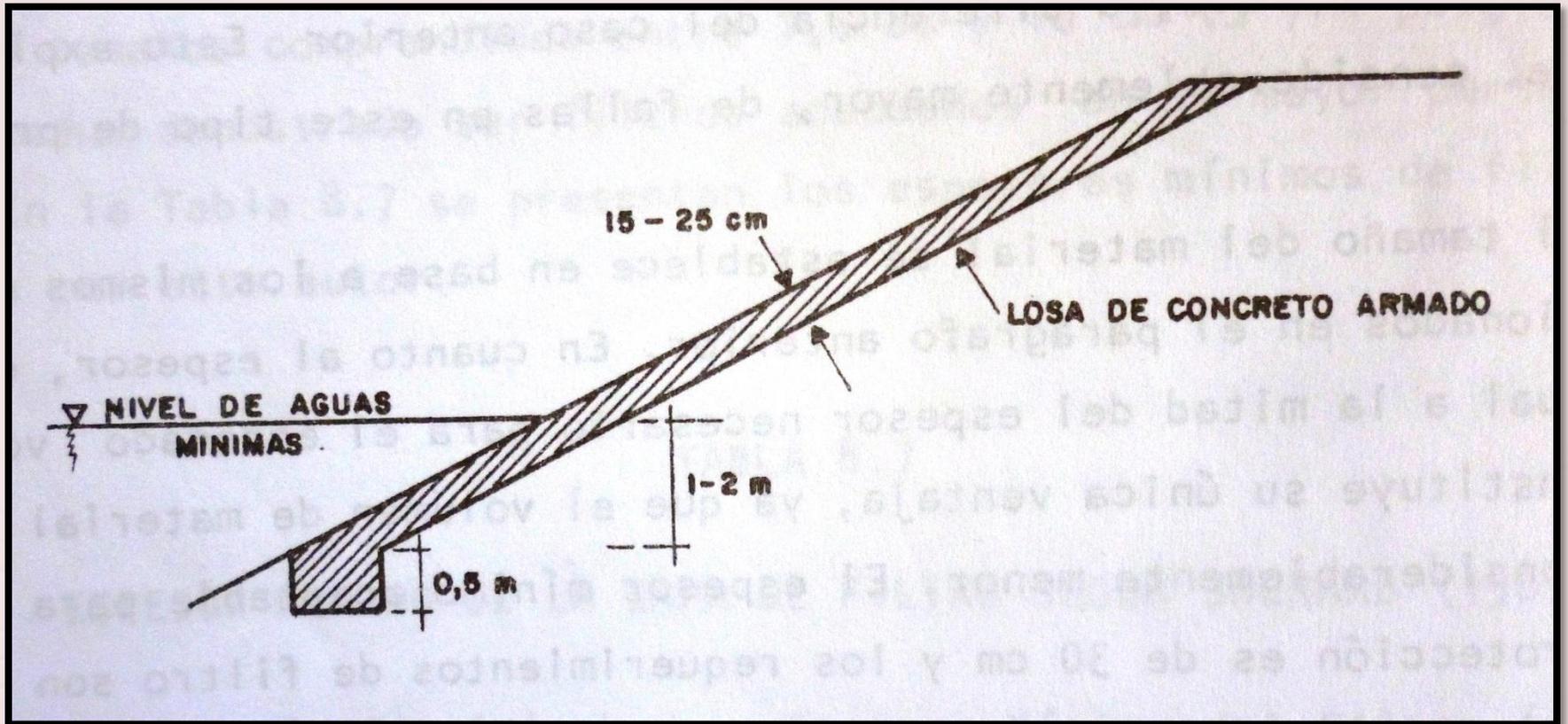
ESPEORES Y LIMITES GRANULOMETRICOS DEL ENROCADO VOLCADO SEGUN
EL U.S. BUREAU OF RECLAMATION (1977)

Fetch del Embalse (Km)	Espesor Nominal (cm)	Gradación, % de Rocas de Varios Pesos (Kg)*			
		Tamaño Máximo	40-50% Mayor que	50-60% entre	0-10% Menor que**
Menor o Igual que 4	76	1134	567	34-567	34
Mayor que 4	91	2041	1021	45-1021	45

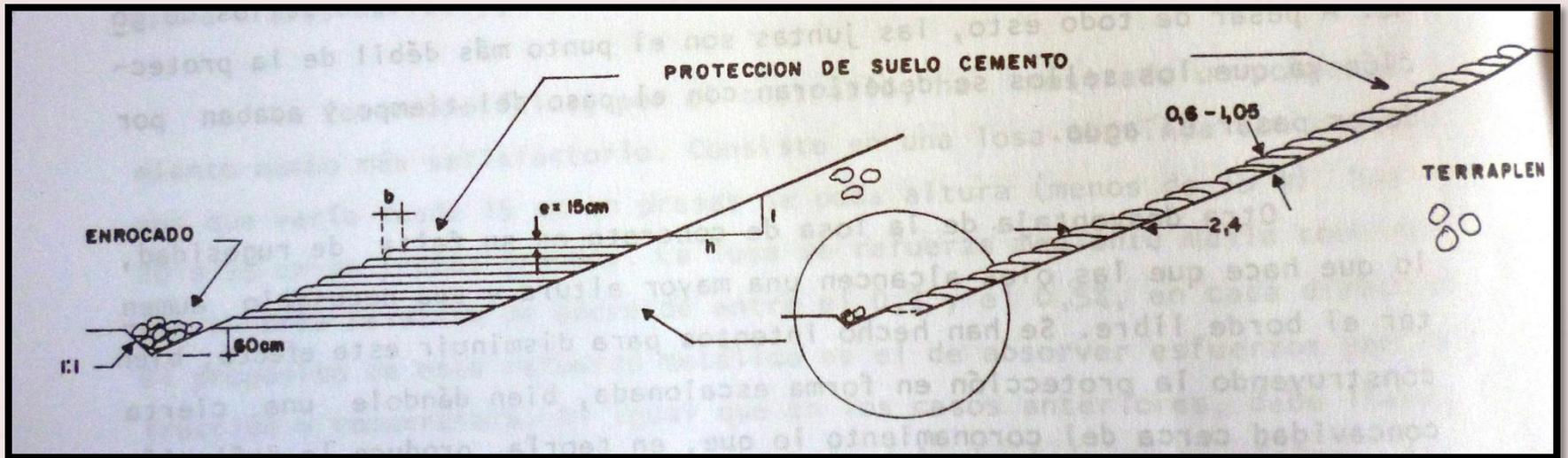
ENROCADO VOLCADO



PROTECCIONES LISAS



PROTECCIONES LISAS



PREDISEÑO DE TALUDES

⌘ DIQUES HOMOGÉNEOS

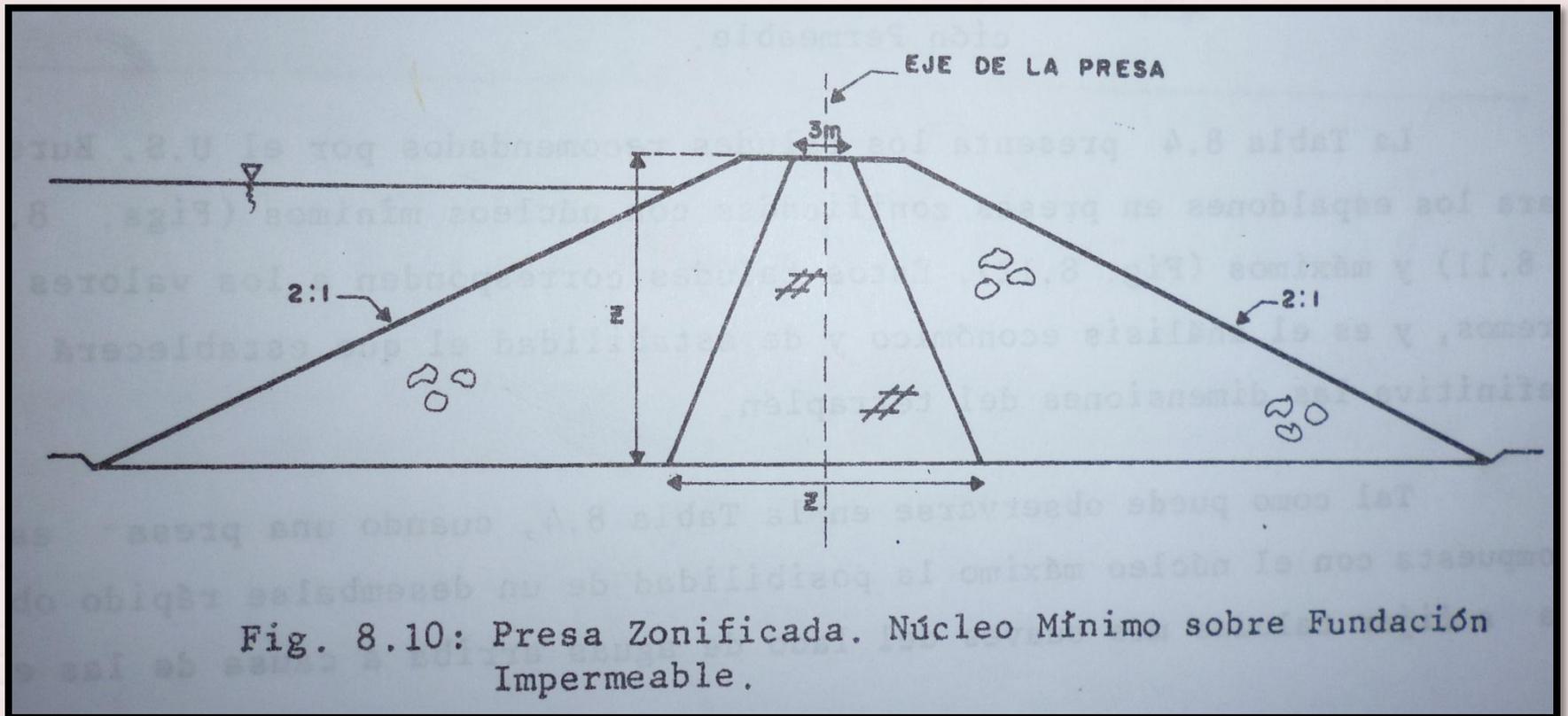
TALUDES RECOMENDADOS PARA EL TERRAPLEN DE PRESAS HOMOGENEAS

<u>Tipo de Presa</u>	<u>Sujetas a Desembalse Rápido.</u>	<u>Tipo de Suelos</u>	<u>Talud A. Arriba.</u>	<u>Talud A. Abajo.</u>
Homogénea u Homogénea Modificada.	No	GC, GM, SC, SM.	2 1/2:1	2:1
		CL, ML	3:1	2 1/2:1
		CH, MH	3 1/2:1	2 1/2:1
Homogénea Modificada.	Si	GC, GM, SC, SM	3:1	2:1
		CL, ML	3 1/2:1	2 1/2:1
		CH, MH	4:1	2 1/2:1

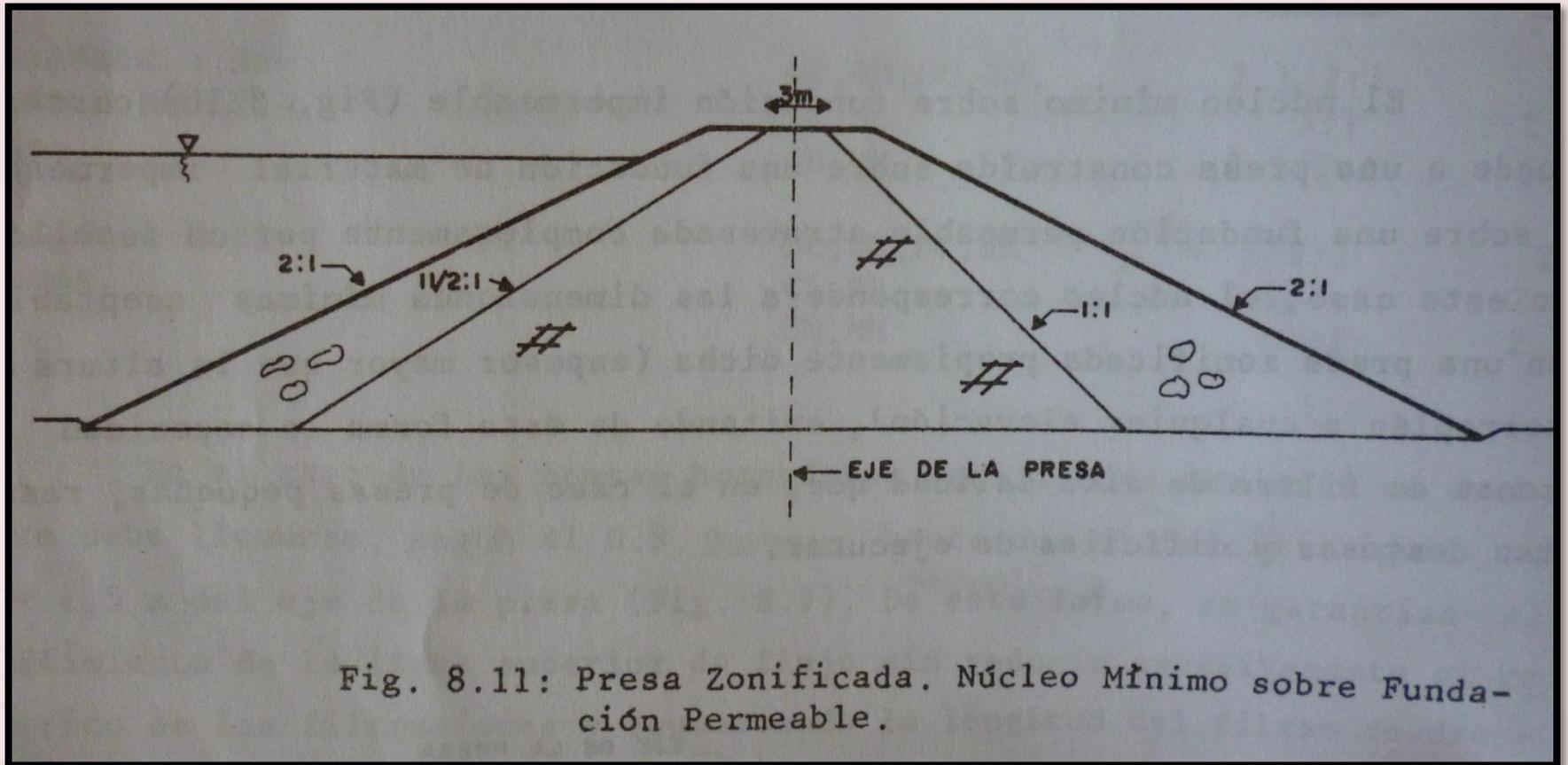
PREDISEÑO DE TALUDES

- ⌘ DIQUES ZONIFICADOS
 - × Núcleo Mínimo
 - × Núcleo Máximo

NÚCLEO MÍNIMO



NÚCLEO MÍNIMO



NÚCLEO MÁXIMO

TALUDES RECOMENDADOS PARA LOS ESPALDONES DE PEQUEÑAS PRESAS ZONIFICADAS
SOBRE FUNDACIONES ESTABLES

Tipo de Núcleo	Sujeto a Desembalse Rápido	Material de los Espaldones	Material del Núcleo	Talud de Aguas Arriba (X:1)	Talud de Aguas Abajo (Y:1)
Mínimo	Condición No Crítica	No es crítico: Roca, GW, GP, SW (Gravoso) o SP (Gravoso)	No crítico: GC, GM, SC, SM, CL, ML, CH o MH	2:1	2:1
Máximo	No	No es crítico: Roca, GW, GP, SW (Gravoso) o SP (Gravoso)	GC, GM SC, SM CL, ML CH, MH	2:1 2 1/4:1 2 1/2:1 3:1	2:1 2 1/4:1 2 1/2:1 3:1
Máximo	Si	No es crítico: Roca, GW, GP, SW (Gravoso) o SP (Gravoso)	GC, GM SC, SM CL, ML CH, MH	2 1/2:1 2 1/2:1 3:1 3 1/2:1	2:1 2 1/4:1 2 1/2:1 3:1

GRACIAS!