



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE AGRICULTURA, ALIMENTACIÓN
Y MEDIO AMBIENTE

DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

CONFEDERACIÓN
HIDROGRÁFICA
DEL GUADALQUIVIR



SEGUROPRESA

seguridad de presas, s.a.

PRESA DE SILES

V JORNADA ANUAL DE SPANCOLD

INNOVACIÓN Y TECNOLOGÍA INTERNACIONAL EN PRESAS Y BALSAS

3 DE FEBRERO DE 2016

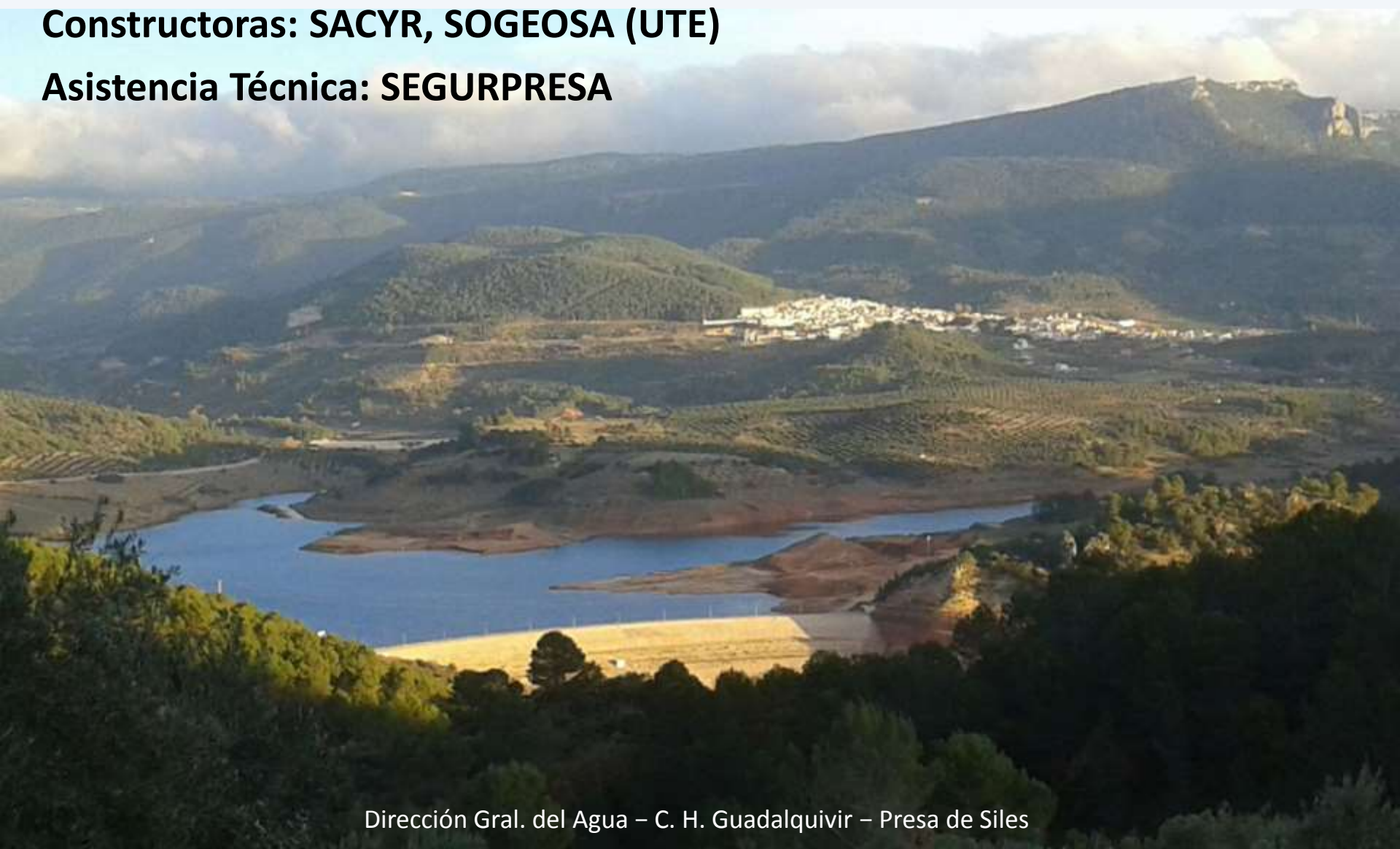
DIRECCIÓN GENERAL DEL AGUA

Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (Jefatura Jaén)

Dirección: Juan de Dios Gallego, José Martín

Constructoras: SACYR, SOGEOSA (UTE)

Asistencia Técnica: SEGURPRESA





CUENCA

Rio Guadalimar (afluente cabecera Guadalquivir)

Siles (Jaén), Villaverde de Guadalimar (Albacete)

Cuenca: 176 km²

Aportación anual: 60 hm³ (media), 46 hm³ (mediana)

$Q_{(T=500)} = 560 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{(T=1.000)} = 614 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{(T=10.000)} = 809 \text{ m}^3/\text{s}$



EMBALSE

Capacidad: 30,5 hm³

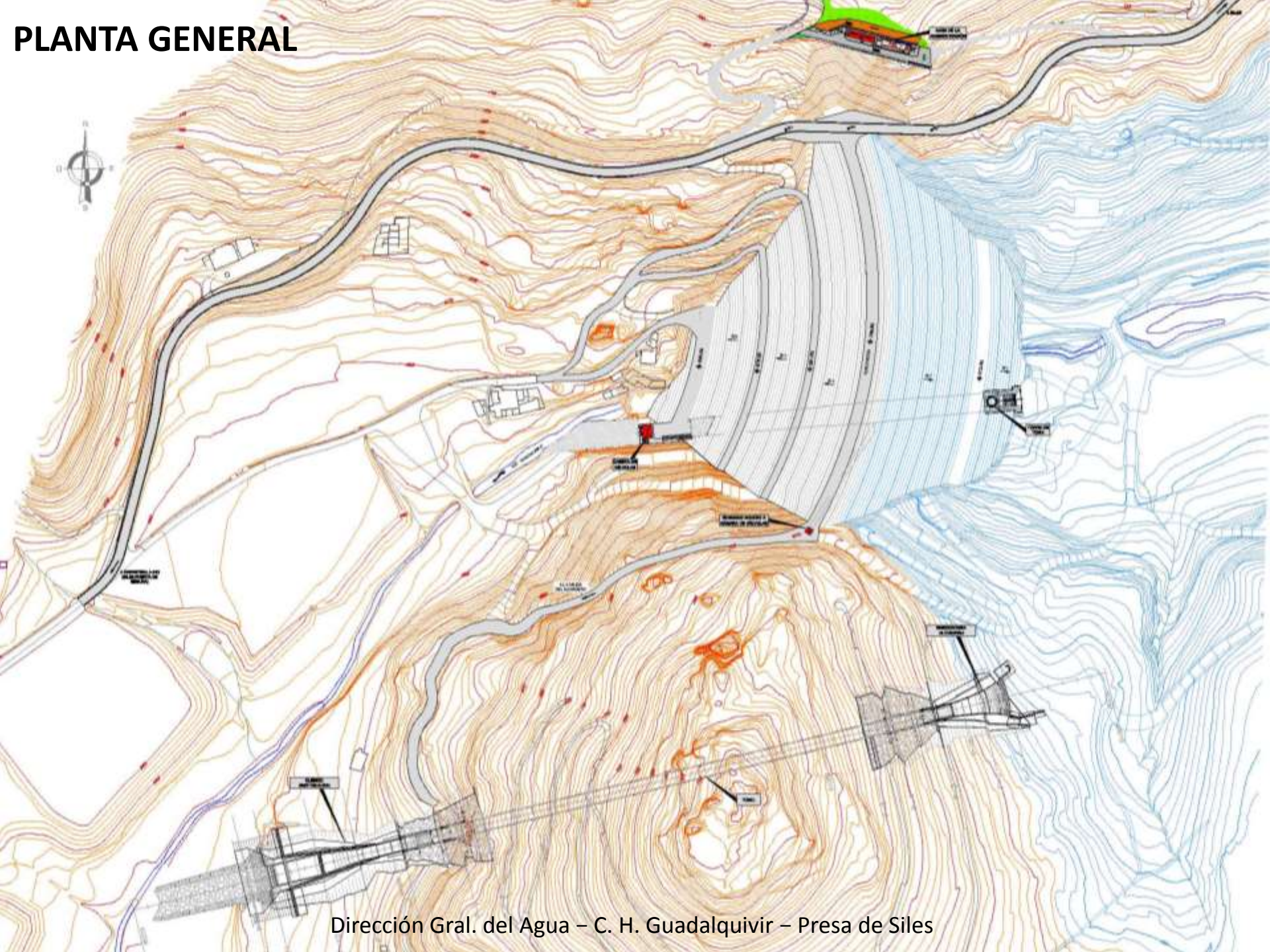
Superficie máxima: 213,4 ha

**Abastecimiento (1,2 hm³/año), caudal ambiental (6 hm³/año),
Riego (6,2 hm³/año), Producción eléctrica (3,4 GWh/año)**

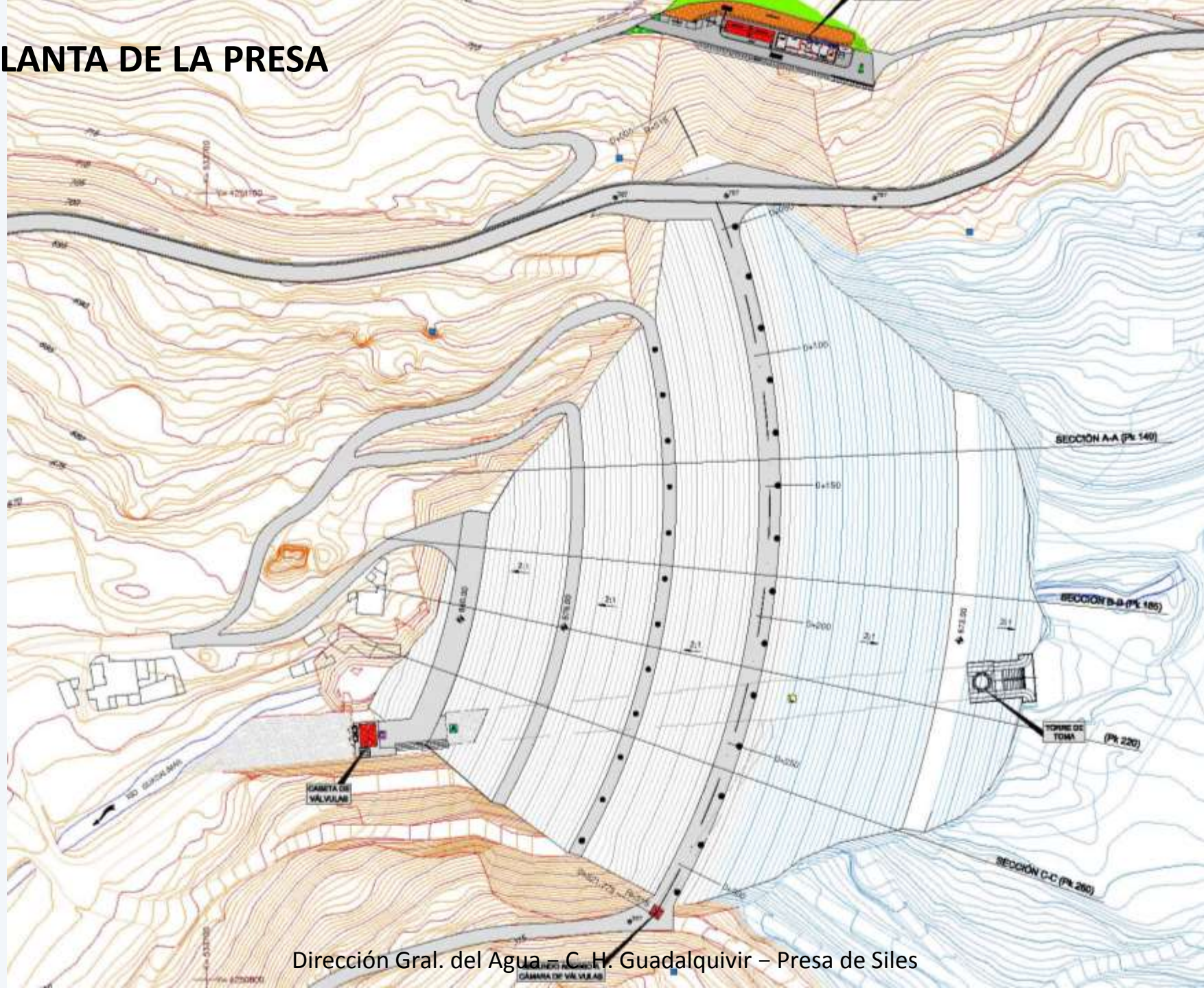


PRESA **Materiales sueltos. Núcleo arcilloso**
Cota coronación: 706,90
Altura máxima: 60,5 m
Longitud coronación: 290 m
Taludes: 2/1 ambos paramentos
Volumen cuerpo de presa: 800.000 m³
Volumen excavación: 152.000 m³

PLANTA GENERAL

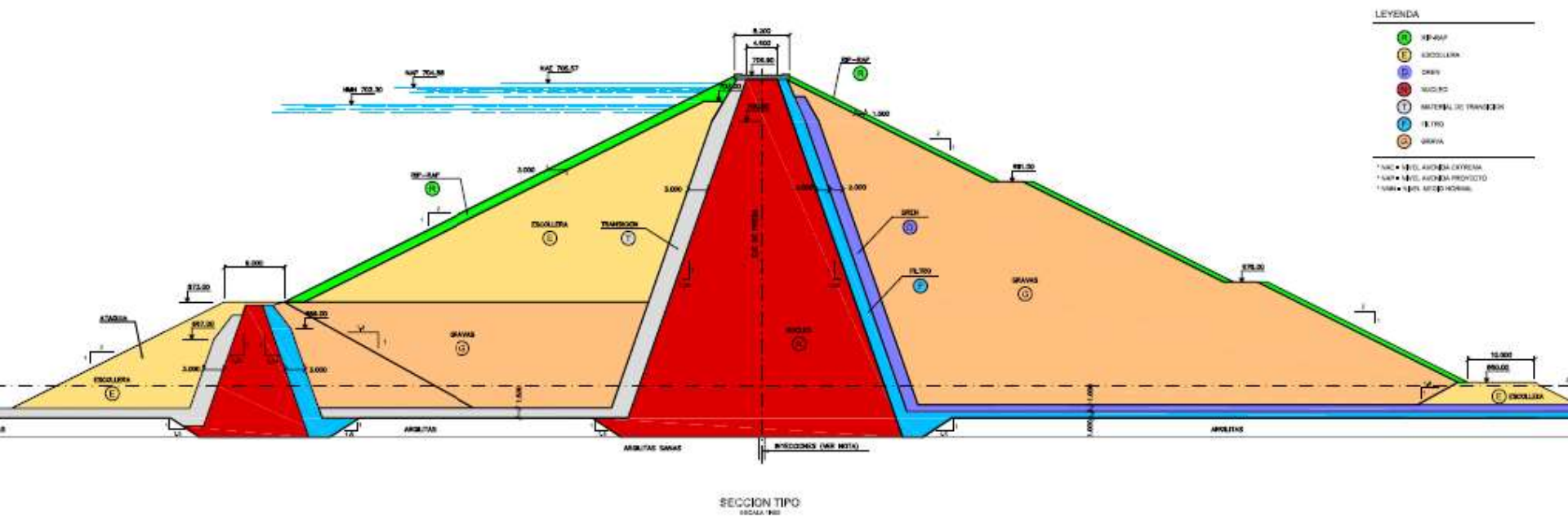


PLANTA DE LA PRESA



Dirección Gral. del Agua – C. H. Guadalquivir – Presa de Siles

SECCIÓN TIPO



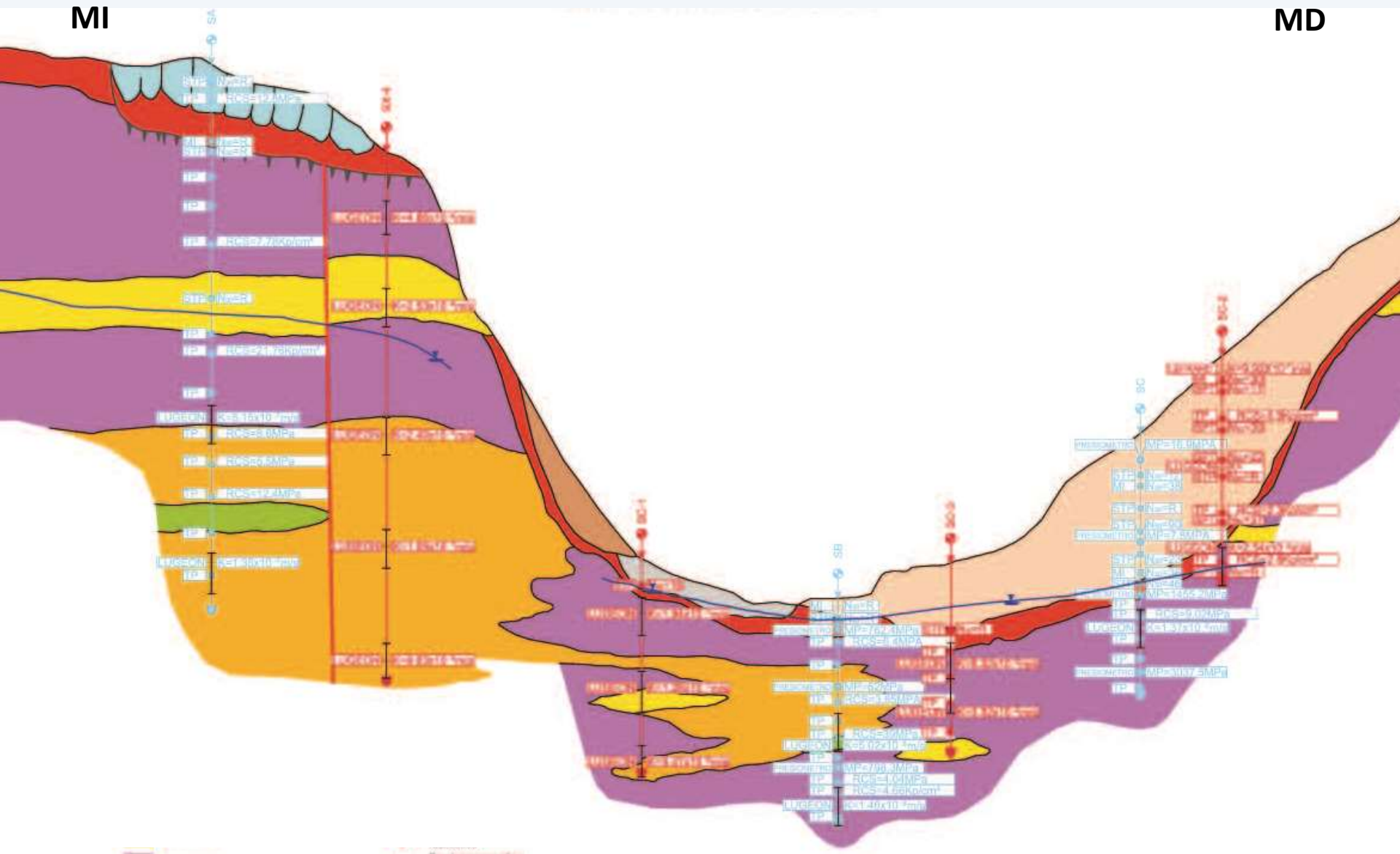
GEOLOGÍA

- COLUVIONES: deslizamientos antiguos (algunos fosilizados)
 piedemontes a veces más de 20 m margen derecha principalmente
- ARGILITAS ROJAS, BANCOS DE ARENISCA (cementación variable)
KEUPER (TRIÁSICO). Disposición sub-horizontal
 Fracturación arenisca
 Deformabilidad argilita
- CALIZAS (JURÁSICO). Coronan la serie
 Grandes grietas, simas, desplazamientos bloques

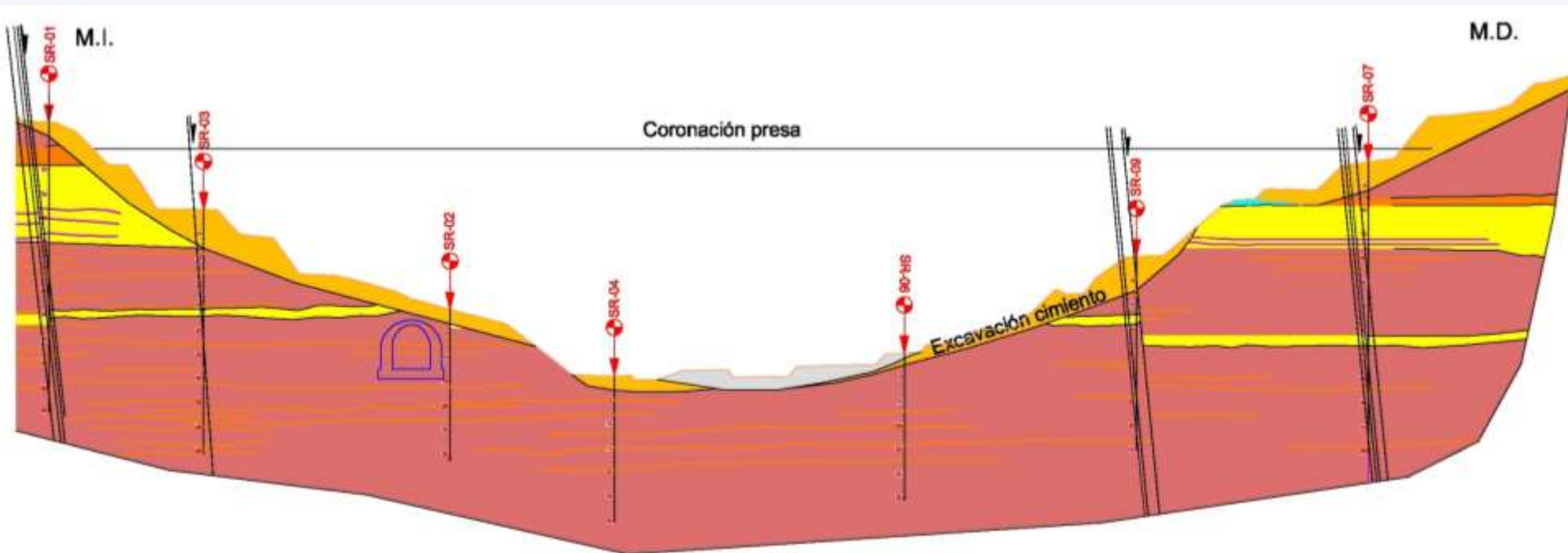
GEOTECNIA

- **Desplazamiento de estribo derecho hacia aguas arriba**
- **Cimiento presa: en un alto del sustrato**
- **Inyecciones de 20 – 35 m con mayor admisión en areniscas MD**
- **Aguas abajo: MD deslizamiento grande**
- **Aguas arriba: MD pequeños deslizamientos**
- **Materiales: núcleo (de argilita sana en el vaso), aprovechamiento de terrazas y bloques de caliza**
- **Túnel aliviadero: aprovecha capa potente de arenisca**
- **Necesidad de actuaciones de emergencia y complementarias en laderas**

PERFIL 80 m AGUAS ABAJO DEL EJE DE LA PRESA (deformado)



PERFIL GEOLÓGICO EJE DE PRESA



ALIVIADERO

Planta recta, L = 502 m

Embocadura, entrada directa

Vertedero, 1 vano 24 m

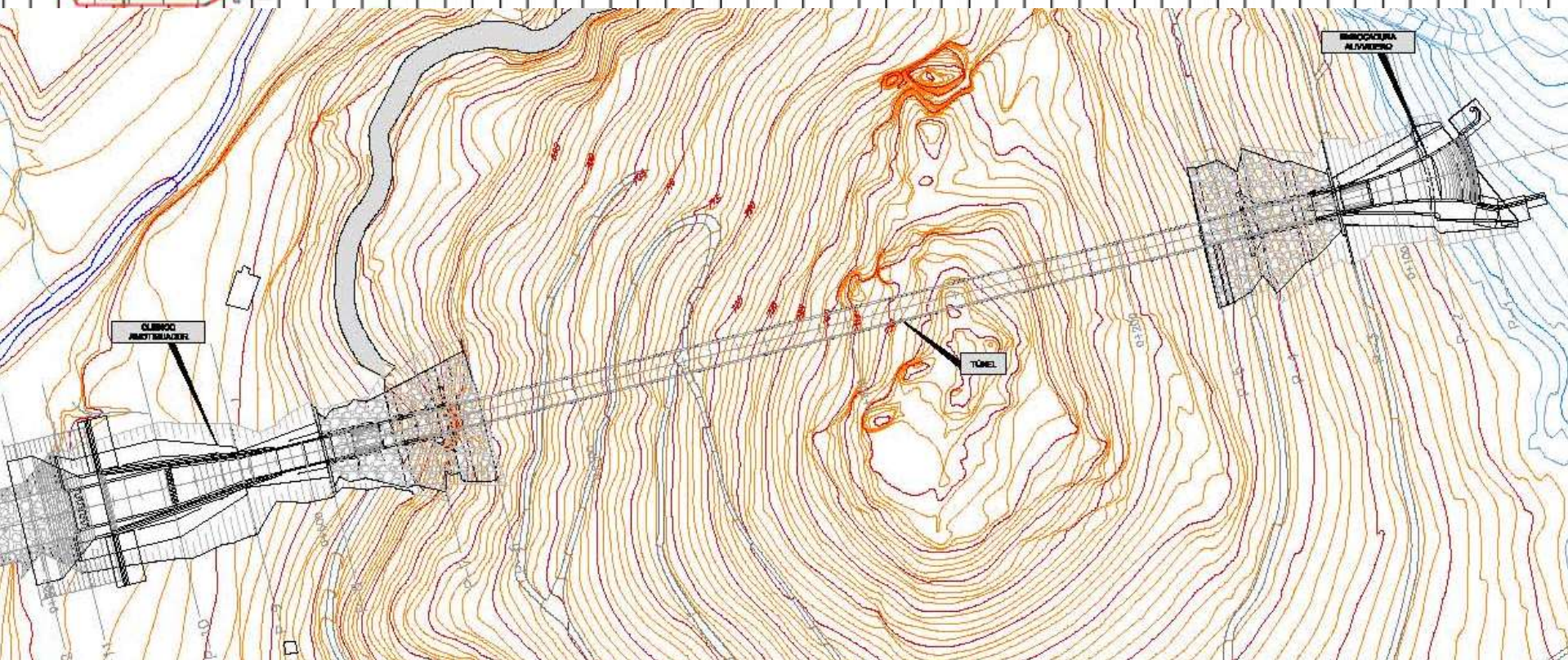
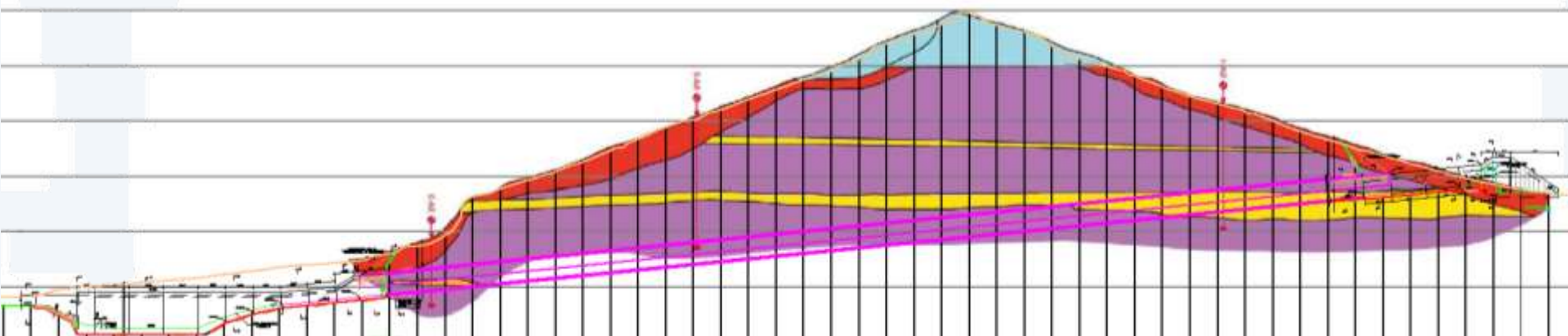
Túnel, bóveda de medio punto 8 x 7 m,
L = 373 m

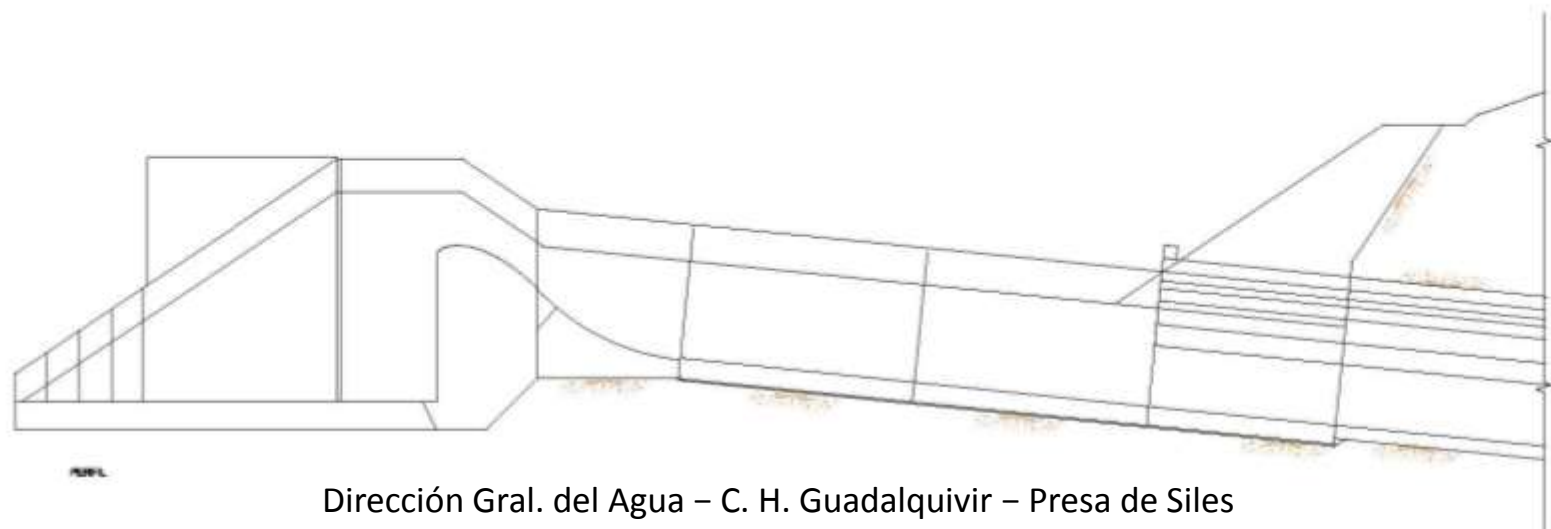
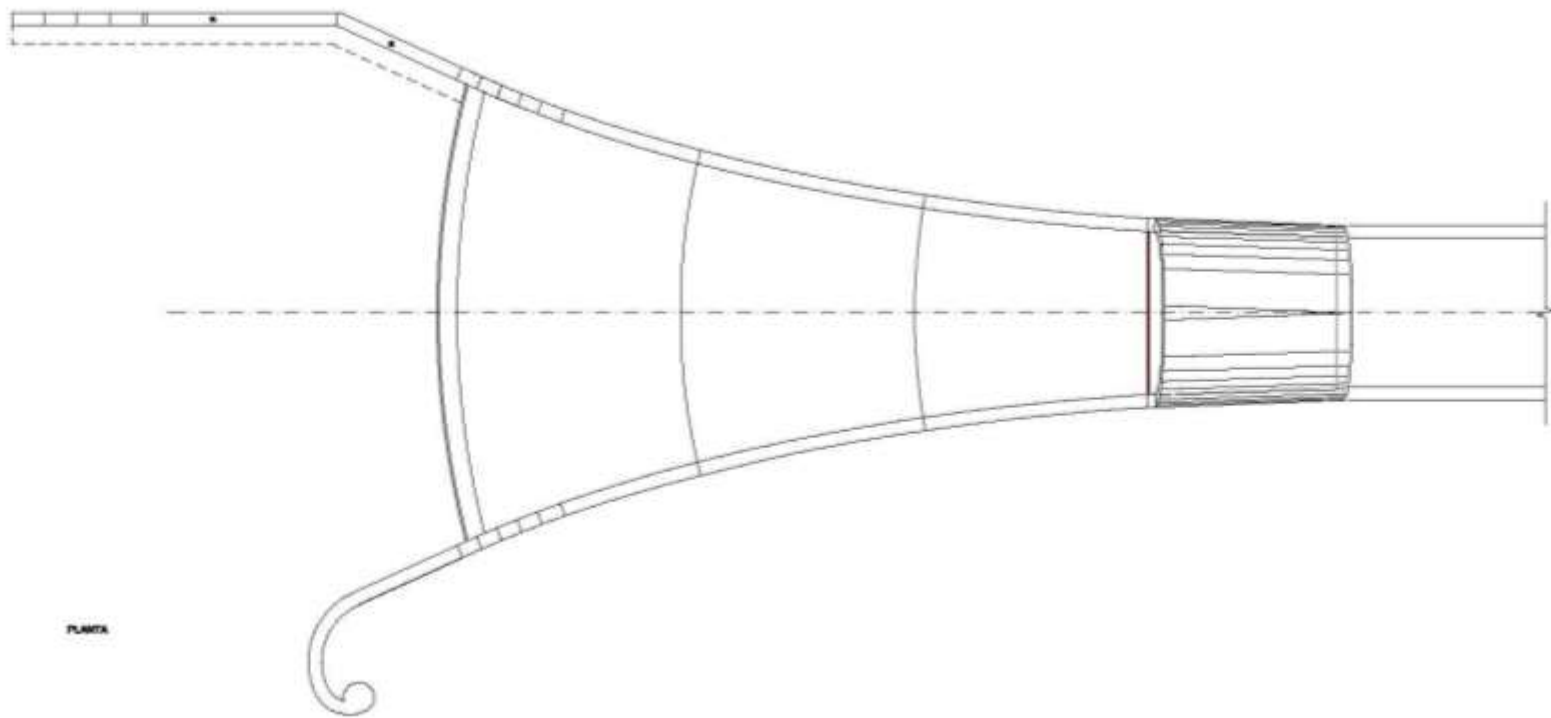
Cuenca amortiguador por resalto

Capacidad: 354 m³/s (T = 10.000)

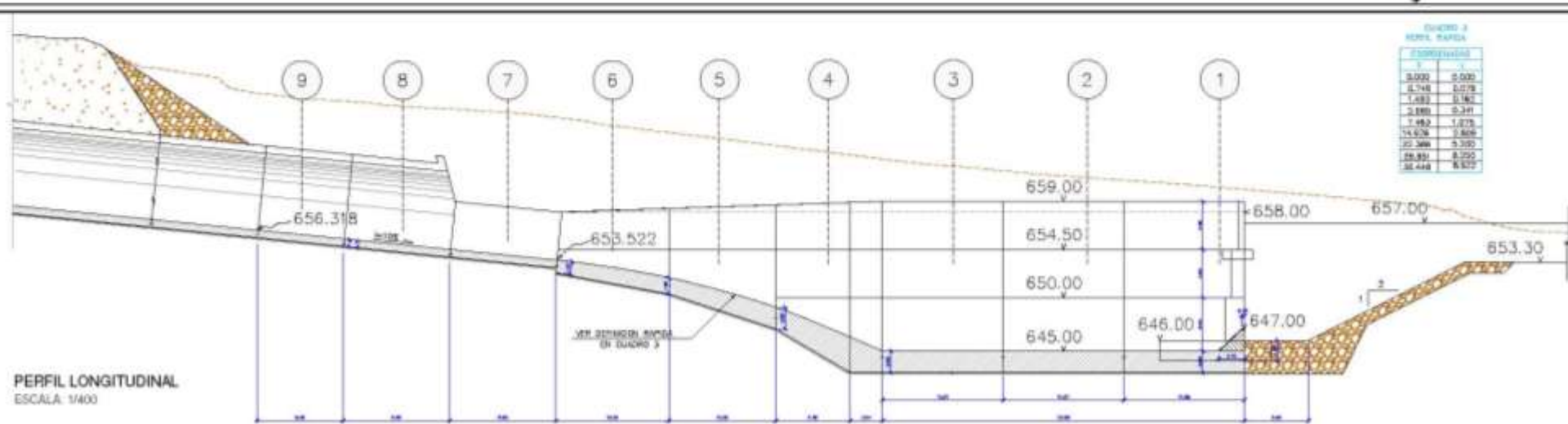
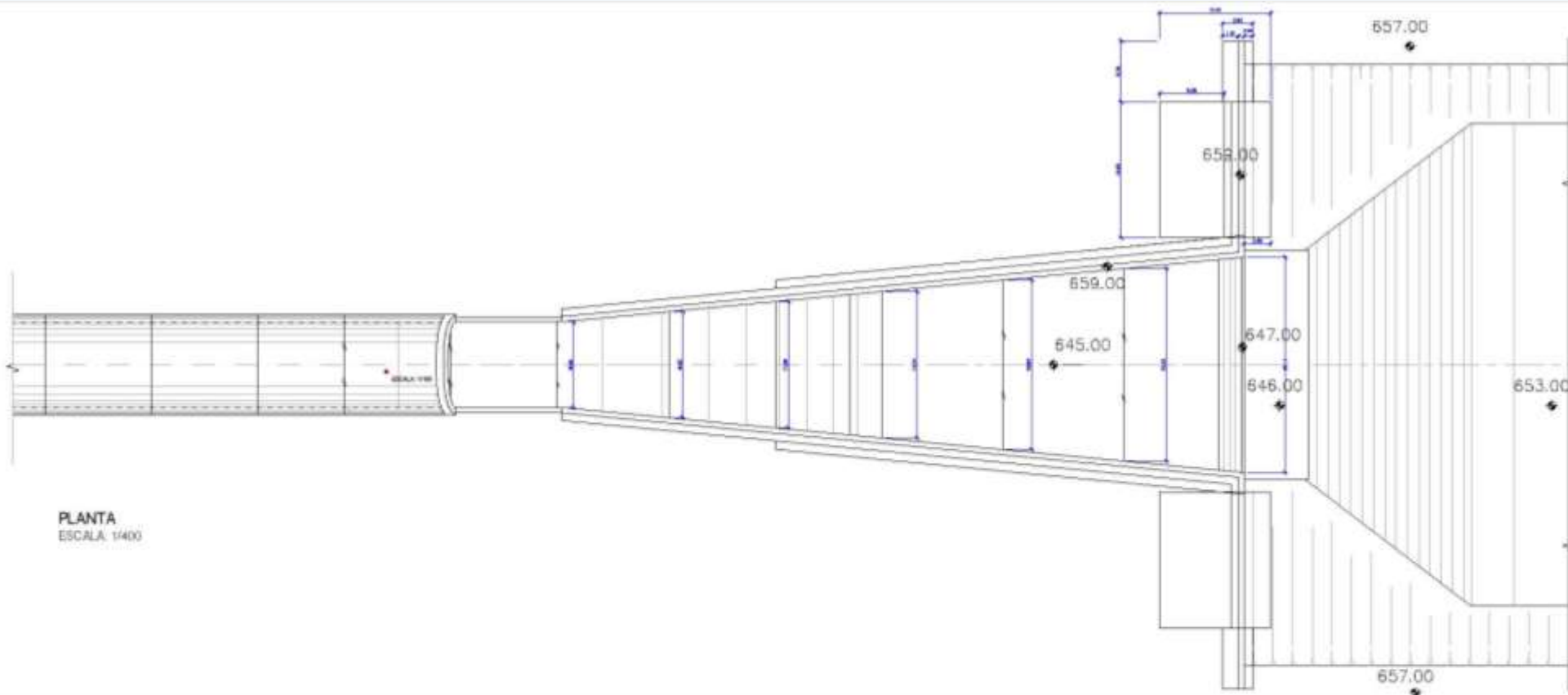


PLANTA Y PERFIL ALIVIADERO



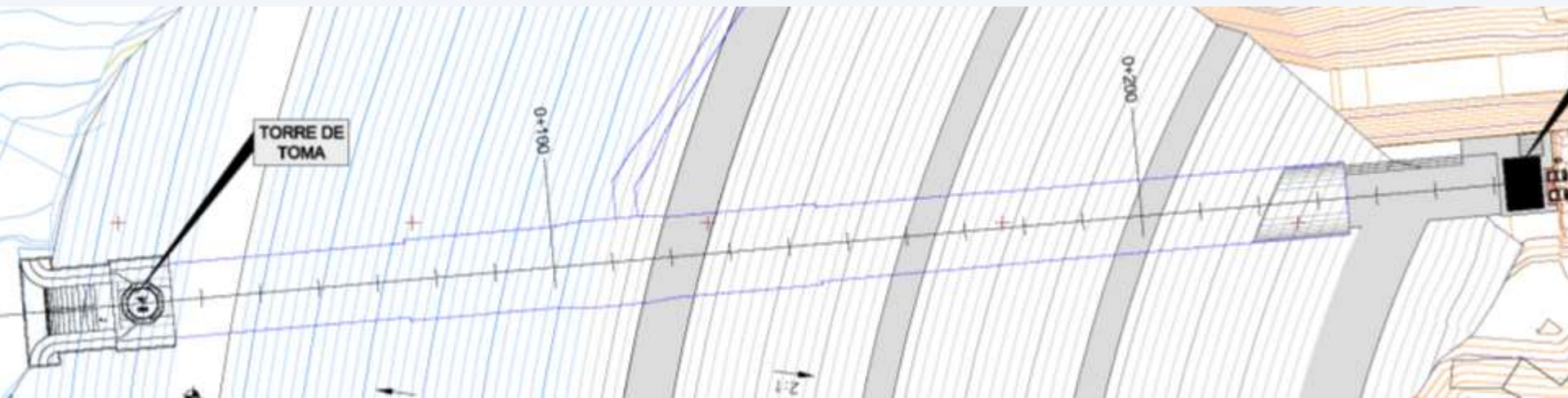
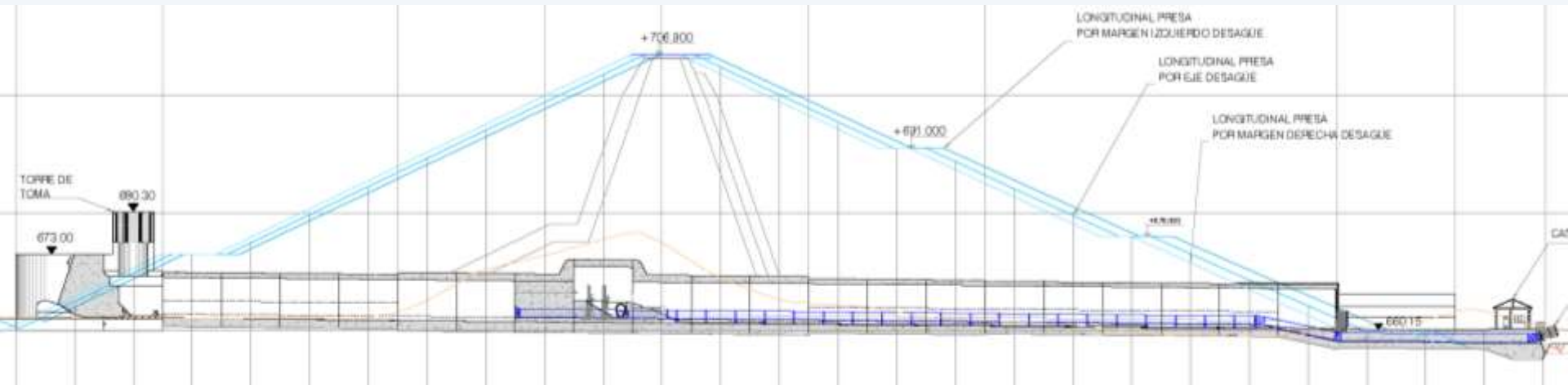


Dirección Gral. del Agua – C. H. Guadalquivir – Presa de Siles



Dirección Gral. del Agua – C. H. Guadalquivir – Presa de Siles

DESVÍO, DESAGÜE DE FONDO, TOMAS















Dirección Gral. del Agua – C. H. Guadalquivir – Presa de Siles

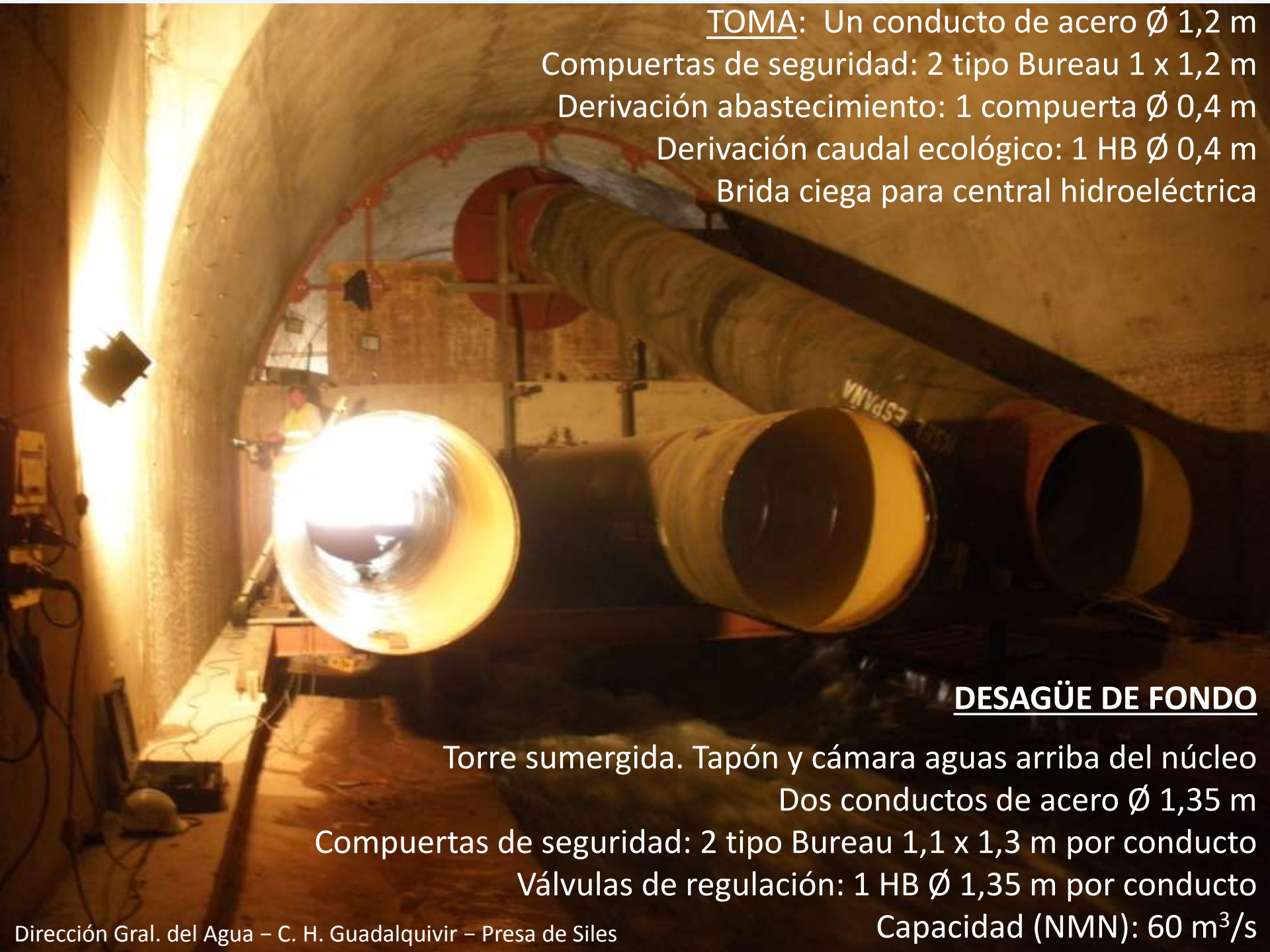
DESVÍO

Galería: bóveda 8 x 6,2 m, L = 270 m

Capacidad: 425 m³/s (T = 100 años)







TOMA: Un conducto de acero $\varnothing$ 1,2 m

Compuertas de seguridad: 2 tipo Bureau 1 x 1,2 m

Derivación abastecimiento: 1 compuerta $\varnothing$ 0,4 m

Derivación caudal ecológico: 1 HB $\varnothing$ 0,4 m

Brida ciega para central hidroeléctrica

DESAGÜE DE FONDO

Torre sumergida. Tapón y cámara aguas arriba del núcleo

Dos conductos de acero $\varnothing$ 1,35 m

Compuertas de seguridad: 2 tipo Bureau 1,1 x 1,3 m por conducto

Válvulas de regulación: 1 HB $\varnothing$ 1,35 m por conducto

Capacidad (NMN): 60 m³/s







Dirección Gral. del Agua – C. H. Guadalquivir – Presa de Siles



Dirección Gral. del Agua – C. H. Guadalquivir – Presa de Siles



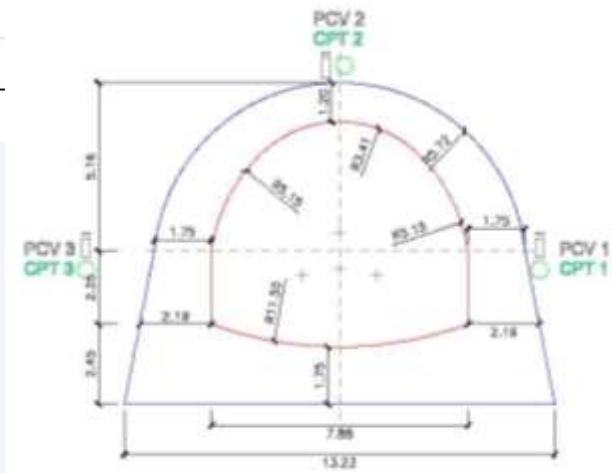
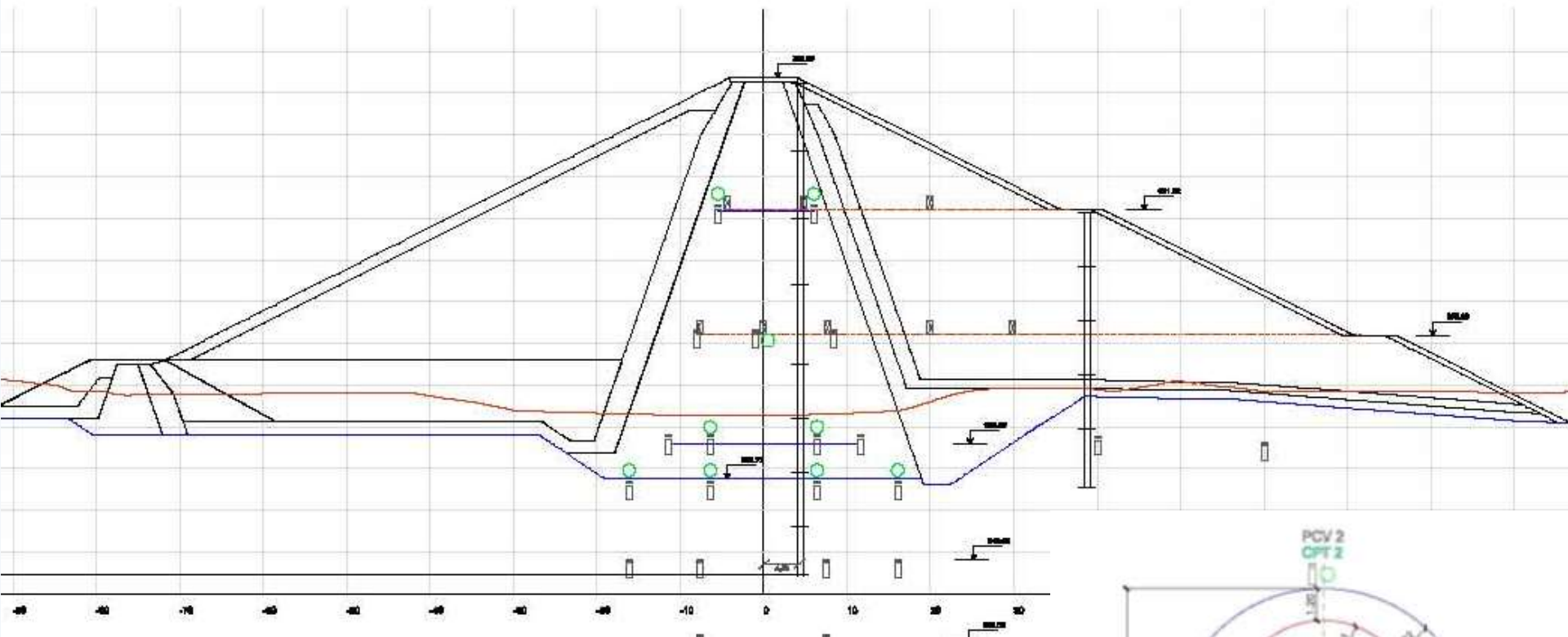
Dirección Gral. del Agua – C. H. Guadalquivir – Presa de Siles



Dirección Gral. del Agua – C. H. Guadalquivir – Presa de Siles



AUSCULTACIÓN



LEYENDA

- (S) PIEZÓMETRO DE CUERDA VIBRANTE
- (S) CÉLULA DE PRESIÓN TOTAL DE CUERDA VIBRANTE

- Piezómetros de cuerda vibrante
- Células de presión total de cuerda vibrante horizontal
- Células de asiento hidráulico
- Tubos telescópicos para control de asientos con bases cada 8 m y control inclinométrico
- Dianas topográficas en coronación y bermas













OBRA DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN LADERA MI

Deslizamiento a media altura de la excavación del estribo

- **Creación de acceso y saneo previo cabeza deslizamiento**
- **Retirada del material removido**
- **Retirada selectiva de bloques situados sobre cabeza**
- **Auscultación**







Dirección Gral. del Agua – C. H. Guadalquivir – Presa de Siles

- Retirada de masa deslizada (coluvión) y estabilización
- Pantalla anclada de 70 m longitud
- Pilotes de 30 m, $\varnothing$ 1.500 (10 m en sustrato – argilita)
- Tres filas de anclajes (permanentes 7 cables $\varnothing$ 0,6" cada 5 m, T = 60 – 90 t, L = 35 – 28 m)

OBRA DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN LADERA MD

**OBRA DE EMERGENCIA
ESTABILIZACIÓN
LADERA MD**



OBRA DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN LADERA MD



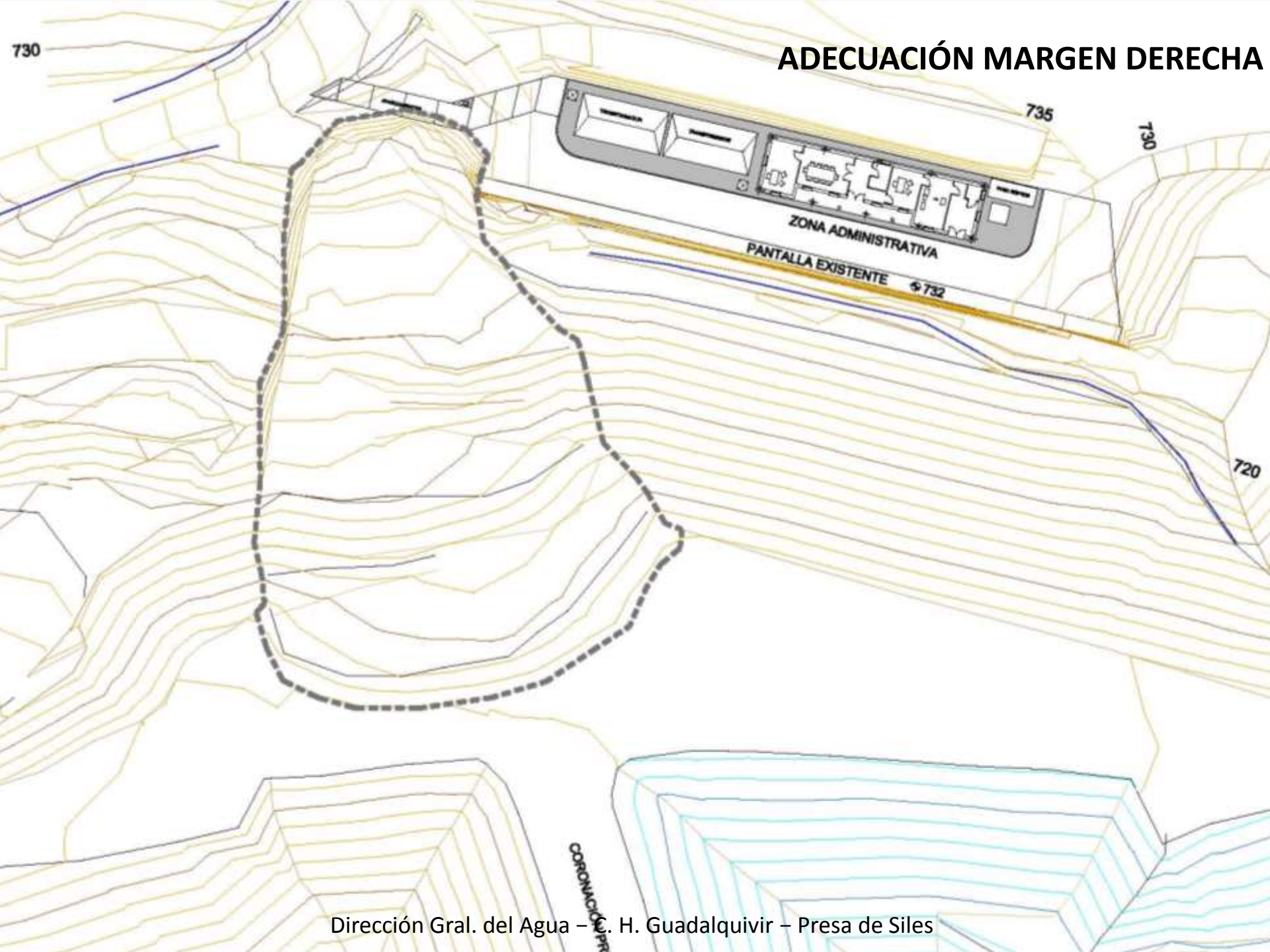
OBRA DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN LADERA MD



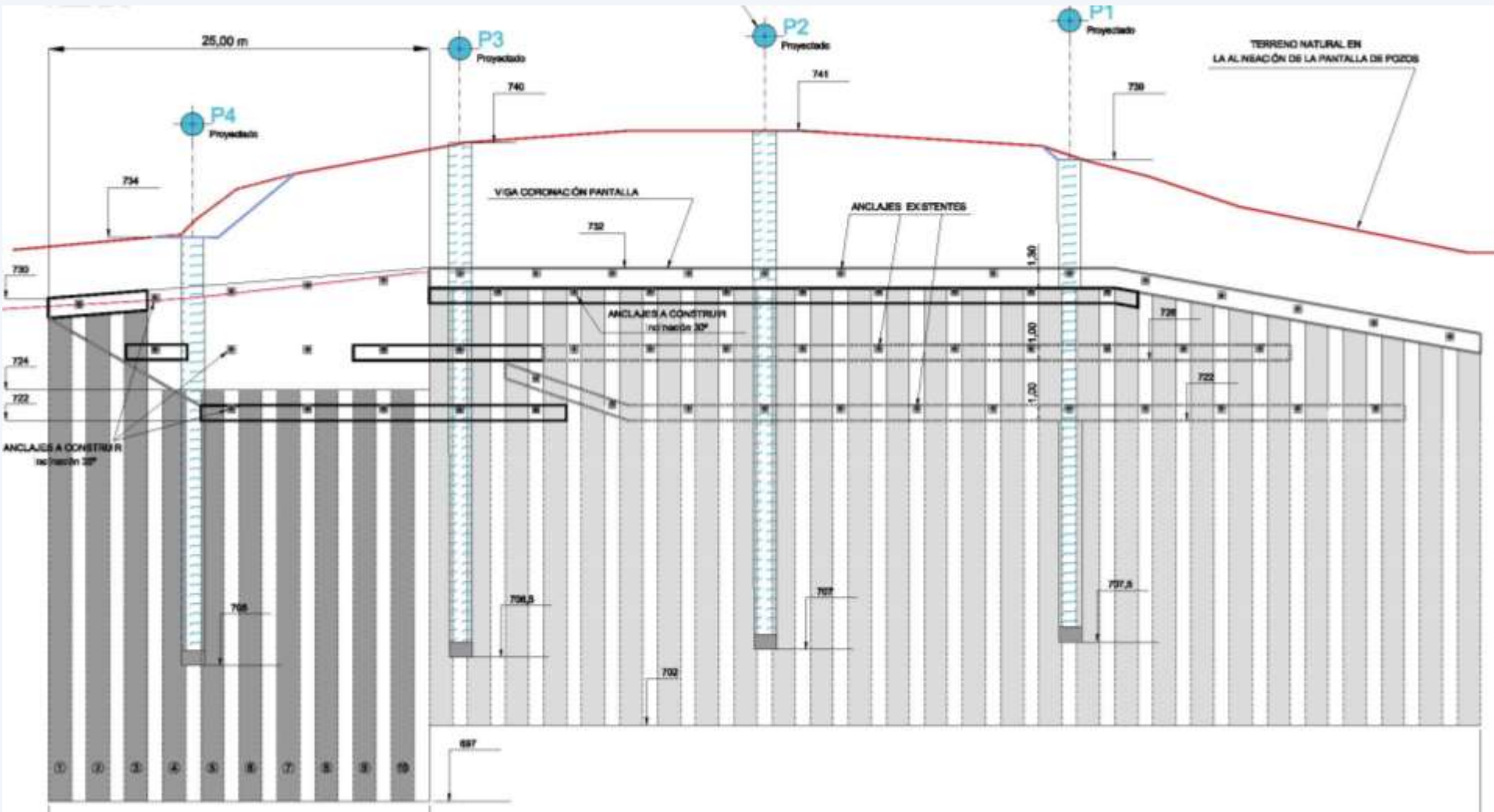
OBRA DE EMERGENCIA ESTABILIZACIÓN LADERA MD



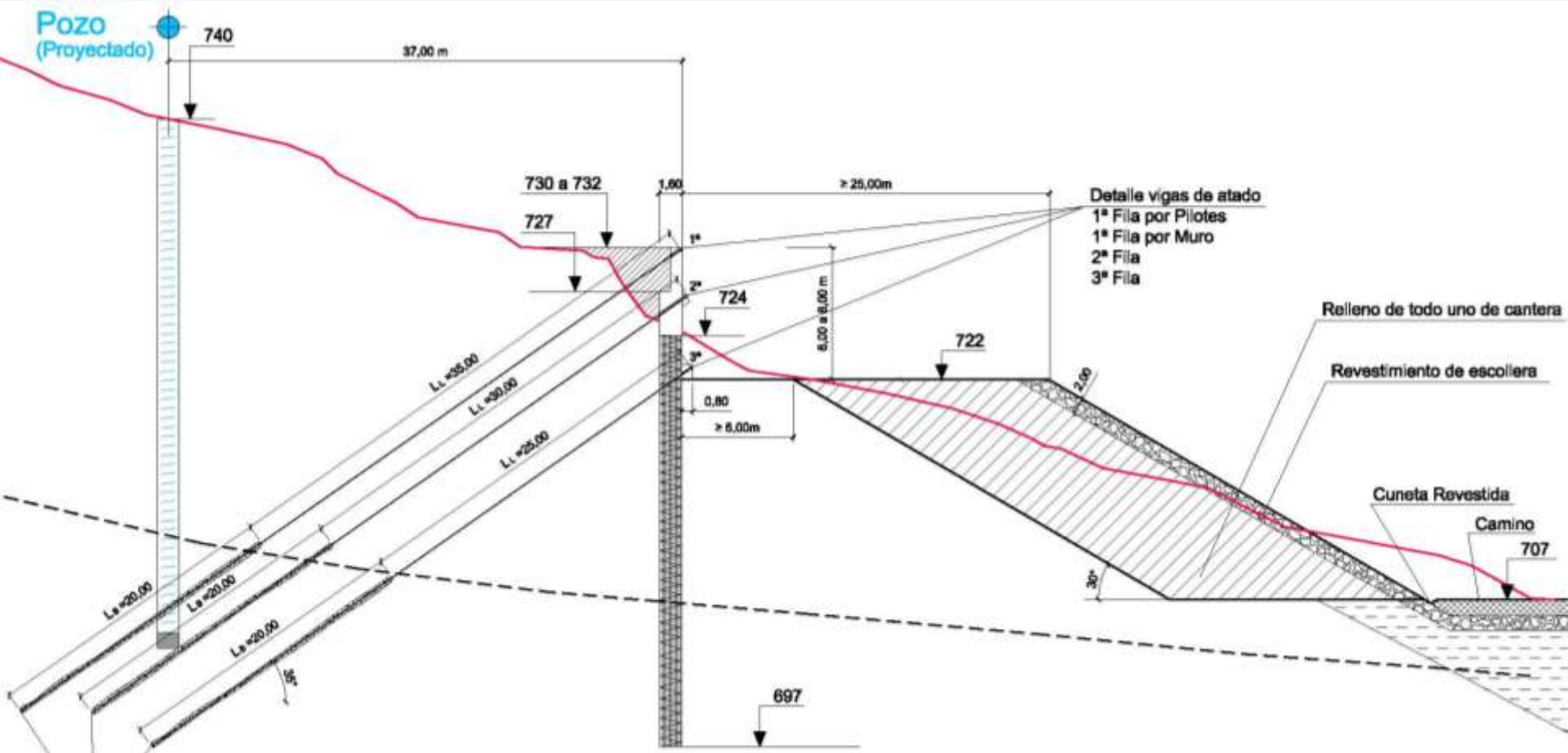
ADECUACIÓN MARGEN DERECHA



ADECUACIÓN MARGEN DERECHA



ADECUACIÓN MARGEN DERECHA



ADECUACIÓN MARGEN DERECHA

DETALLE DE POZO

Drenos californianos

Tapa (Ver detalle)

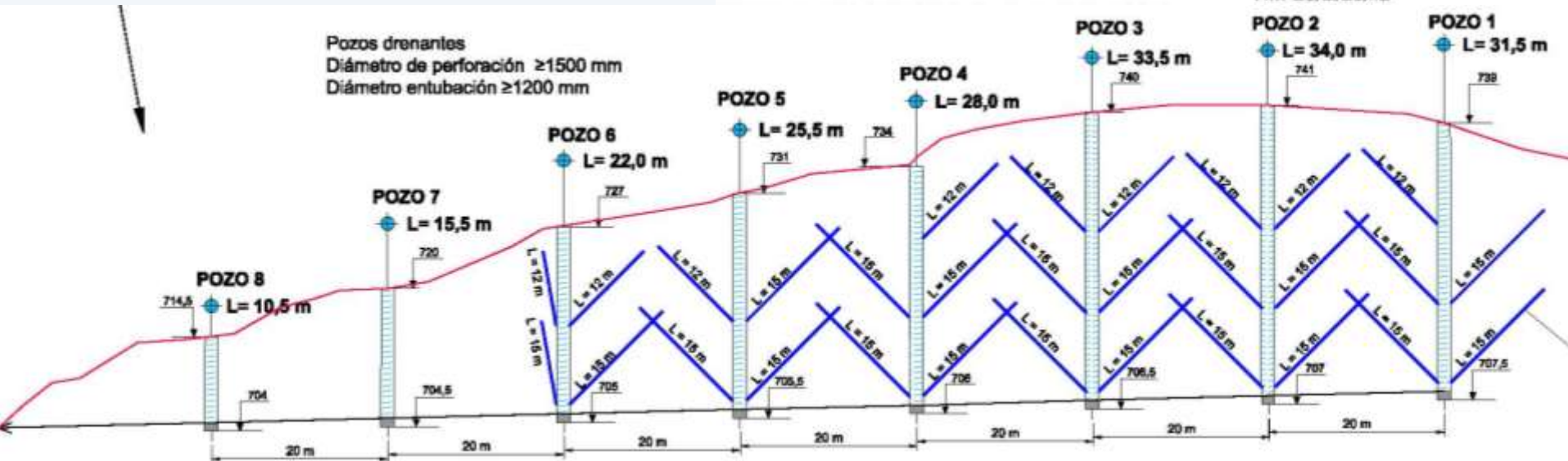
Drenos californianos

Taladro de desagüe

Taladro de conexión

Sello de fondo de hormigón
HM-20/B/20/IIa

Pozos drenantes
Diámetro de perforación ≥ 1500 mm
Diámetro entubación ≥ 1200 mm





ADECUACIÓN MARGEN DERECHA

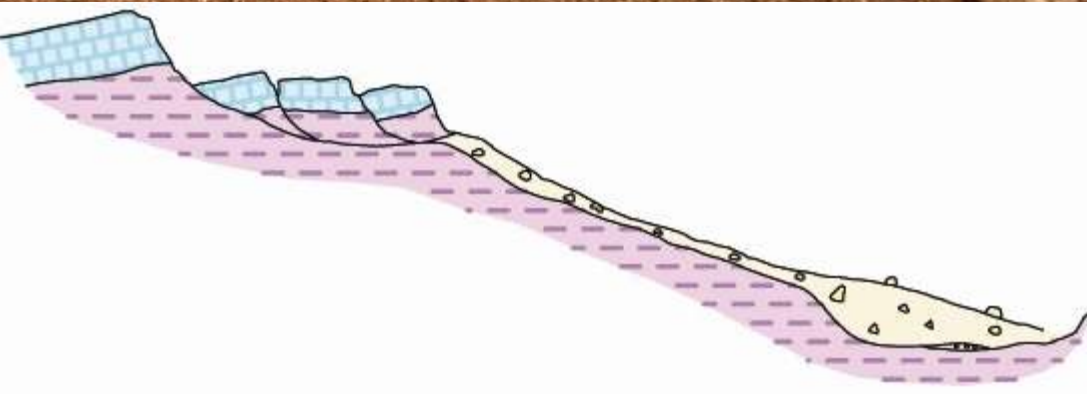
Dirección Gral. del Agua – C. H. Guadalquivir – Presa de Siles

ADECUACIÓN MARGEN DERECHA



OBRAS COMPLEMENTARIAS ESTABILIZACIÓN MD

Voladura bloques decamétricos
Formación de Bermas
Ejecución de muros de escollera
Zanjas drenantes



1.- Presiones intersticiales residuales en el núcleo

$$\Delta u = B [\Delta \sigma_3 + A(\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3)] \quad (\text{Skempton, 1954})$$

Simplificado (V. Escario, 1966)

$$\Delta u = B' \Delta \sigma_1 = B' \cdot \gamma h = u - u_o \quad (\text{baja plasticidad, } \omega > \omega_{op})$$

$$r_u = u/(\gamma h) = u_o/(\gamma h) + B' \approx B' = \begin{array}{ll} 1 & \text{si } \sigma_3' = \sigma_1' \\ 0,5 & \text{si } \sigma_3' = k_o \sigma_1', \Delta \sigma_1 < 5 \text{ kg/cm}^2 \\ 1 & \text{si } \sigma_3' = k_o \sigma_1', \Delta \sigma_1 > 5 \text{ kg/cm}^2 \end{array}$$

En Siles $r_{u \max} = 0,66$

$$\omega_{\text{construcción}} = \omega_{op} + 1\%$$

$k < 10^{-7} \text{ cm/s}$ (muy impermeable, no hay disipación)

LL = 35, IP = 10, baja plasticidad

2.- En cerradas con laderas inestables

- **Controlar inestabilidades, SOBRE TODO LAS QUE PUEDAN AFECTAR AL PIE DE ESPALDONES Y POSIBLES CAÍDAS RÁPIDAS AL EMBALSE**
- **Situación aliviadero:**
 - NO EN LADERAS O COLLADOS**
 - SÍ EN CENTRO DEL CAUCE**
 - SÍ EN TÚNEL (LEJOS DE SUPERFICIE) → COMPROBAR ESTABILIDAD EN EMBOCADURA**
- **EXCAVACIONES:**
 - ESTABILIZAR ANTES DE EXCAVAR**