

Memoria descriptiva de la presa

LUIS L. LEON

*Municipio de Aldama,
Chihuahua*

PRESA LUIS L. LEON (EL GRANERO)

DISTRITO DE RIEGO DEL VALLE DE OJINAGA, CHIHUAHUA.

DESCRIPCION DE LA PRESA

Con el fin de controlar avenidas y aprovechar en riego las aguas del río Conchos, aguas abajo del Distrito de Riego de Delicias, Chih., se construyó la presa "Luis L. León", que consiste básicamente en una cortina del tipo de roca, provista en su margen izquierda de una obra de control y excedencias del tipo de vertedor con compuertas y, en su margen derecha, de una obra de toma formada por dos conductos en túnel, de los cuales uno está en operación y el otro clausurado, con un tapón de concreto, en previsión de un futuro aprovechamiento para generación.

INFORMACION GENERAL

Localización: A 90 km aproximadamente al noreste de la ciudad de Chihuahua, 20 km aguas arriba de la población "Pueblito", sobre el río Conchos, en el municipio de Aldama, Chihuahua.

Vías de comunicación: Por la carretera Chihuahua-Ojinaga en un tramo de 81 km, hasta la estación "El Morrión" del Ferrocarril Chihuahua-Pacífico y de esta población al sitio de la presa por 32 km de camino revestido.

Propósito: Riego de 11 000 ha., control de avenidas y otros usos secundarios.

Fechas de construcción: De 1965 a 1968 a contrato por la Compañía "La Victoria y Asociados", S.A.

DATOS HIDROLOGICOS

Río: Conchos

Cuenca: Con una área de 58 340 km², localizada en el Estado de Chihuahua.

Escurrimiento anual:

Período: Datos observados de 1947 a 1966.

Máximo: 2 014 millones de m³.

Mínimo: 151 millones de m³.

Promedio: 610 millones de m³.

Avenida máxima registrada:

Antes de construirse las presas: "Boquilla" y "Fco. I. Madero": 4 590 m³/s el 11 de septiembre de 1904.

Después de construídas: 1 550 m³/s el 28 de septiembre de 1958.

CARACTERISTICAS DEL ALMACENAMIENTO

Areas del embalse: 2 400 ha. a la elevación 1 034.80 m, cresta del vertedor.

2 500 ha. a la elevación 1 035.50 m, nivel de conservación.

4 700 ha. a la elevación 1 050.50 m, nivel de aguas máximas.

Capacidades del vaso, en millones de m³: Total hasta la elevación 1035.50, nivel de conservación 350; azolves 90; útil para riego 260; control de avenidas, hasta la elevación 1 050.50 (N.A.M.E.) 500.

DATOS GEOLOGICOS

Geología regional: Fisiográficamente se localiza en la antigua zona lacustre de la Sierra Madre Oriental (Alvarez 1958). Está compuesta de sierras alargadas que siguen una orientación general N-NW y que sobresalen aisladamente de las llanuras desérticas de esta región. Las sierras forman anticlinales y sinclinales asimétricos y muchas veces recumbentes. Las rocas que afloran en la región son de naturaleza sedimentaria, ígnea intrusiva y volcánica, cuya edad va del Jurásico Superior al Reciente.

Geología de la boquilla: La cortina de la presa "El Granero", se encuentra desplantada sobre una alternancia de lutitas y areniscas de grano fino compactas e impermeables de la formación "La Casita" del Jurásico Superior. Esta formación está plegada y forma un pequeño anticlinal erosionado, cuyo eje es normal a la cortina. A su vez este anticlinal forma parte de una gran estructura anticlinal recumbente.

Geología del vaso: En esta zona las rocas que afloran son: Sedimentarias marinas del Jurásico Superior y del Cretácico Inferior, las primeras presentadas por lutitas y areniscas de grano fino de la Formación "La Casita" y las segundas representadas por areniscas y calizas de la Formación Cuchillo y las Calizas Edwards, Walnut y Glen Rose; el Terciario se encuentra representado por rocas riolíticas y el Cuaternario por aluviones y terrazas aluviales.

Sismología regional: La obra se localiza en la zona asísmica de la República Mexicana

CORTINA

Descripción: Tipo: De roca con corazón impermeable central angosto y simétrico y respaldos de materiales permeables formados por grava, arena y

rezaga, con chapas de roca aguas arriba y aguas abajo para protección contra oleaje y erosión. El material impermeable en la sección del cauce está apoyado en la roca basal (lutitas y areniscas) y los respaldos en los acarrees del río.

La cortina está constituida por cuatro zonas:

- Zona 1. Corazón impermeable formado con el producto de un banco localizado aguas arriba en la margen izquierda en una distancia de 6 km del sitio de la cortina. Este material se compactó con 8 pasadas de rodillo pata de cabra en capas de 20 cm de espesor y tiene taludes de 0.5:1 en ambos lados.
- Zona 2. Respaldos permeables formando parte de la zona de filtro, contruidos con el producto de un banco de grava y arena localizado aguas arriba en la margen izquierda, fuera del cauce del río a una distancia de 2.5 km al sitio de la cortina; este material se compactó en capas de 30 cm de espesor con 4 pasadas de banda de tractor y se colocó seguido del material impermeable tanto aguas abajo como aguas arriba, tal y cono se indica en la figura correspondiente.
- Zona 3. Respaldo permeable formado con la rezaga producto de una cantera localizada aguas abajo en la margen izquierda y en sitio próximo a la cortina y con el producto de excavación para alojar la obra de excedencias y la de toma; este material se colocó en capas de 1 m de espesor y está seguido de los materiales permeables de grava y arena tanto aguas arriba como aguas abajo, tal y como se indica en la figura correspondiente.
- Zona 4. Chapas de roca formadas con el producto de las canteras antes indicadas; este material se colocó a volteo y tiene un espesor de 1.50 m aguas arriba y 1 m aguas abajo; aguas arriba se suspendió la chapa a la elevación 1 007 m. Los taludes exteriores aguas arriba, son de 2.25:1 partiendo del hombro de la corona hasta la elevación 1 007 m, banqueta de 7 m que coincide con la corona de la ataguía de aguas arriba y continúa con talud de 2.5:1; aguas abajo, partiendo de la corona talud de 2.25:1 hasta la elevación 1 007 m, banqueta de 7 m, que coincide con la corona de la ataguía de aguas abajo y continúa con talud de 2.5:1.

Dimensiones: Altura total 62 m; altura sobre el lecho del río 58 m; longitud por la corona 330 m; ancho de la corona 10 m; ancho en la base 290 m.

Taludes exteriores: Aguas arriba y aguas abajo: 2.25:1 desde la corona hasta unas banquetas de 7.0 m de ancho, localizadas a la elevación 1 007.00 m. 2.5:1 desde las banquetas hasta el cauce.

Elevaciones: Del desplante de la cimentación 991 m; del fondo del cauce 995 m; de la corona 1 053 m.

Bordo libre: 2.50 m.

Materiales: Propiedades mecánicas para el diseño de la cortina.

IMPERMEABLE. Según el "Sistema Unificado" le corresponde una clasificación de arcilla poco compresible; sin embargo, su comportamiento es comparable al de un LIMO y es probable que las propiedades de plasticidad que presenta, sean aparentes y debidas a la presencia de sales minerales. En cuanto a Su granulometría, en forma individual algunos ensayos mostraron uniformidad en el tamaño de las partículas finas comprendidas entre 0.001 y 0.01 mm, teniendo granos de forma redonda. Sus propiedades mecánicas medias son: densidad de sólidos 2.821, límite líquido 30.2 por ciento, índice de plasticidad 12.1 por ciento, peso volumétrico seco $1\,800\text{ kg/m}^3$, correspondiéndole humedad óptima de 17 por ciento; la resistencia al esfuerzo cortante se determinó en ensayos de compresión triaxial con especímenes saturados obteniéndose un valor de $s = 0.3\text{ kg/cm}^2$, en prueba indrenada rápida y $s = p \tan 19.5^\circ$ en kg/cm^2 para prueba drenada rápida.

PERMEABLE. La zona 2 está formada por grava bien graduada, grava limosa; su densidad media es de 2.761 y su peso volumétrico seco de $1\,930\text{ Kg/m}^3$, para el 80 por ciento de densidad relativa; la resistencia al esfuerzo cortante se determinó en ensayo de compresión triaxial con especímenes saturados y tamaño máximo de partículas de 7.5 cm (3"), obteniéndose un valor de $s = p \tan 35^\circ$ para prueba drenada lenta para el 80 por ciento de densidad relativa.

La zona formada con rezagas, su densidad media es de 2.679 y su peso volumétrico seco $1\,570\text{ kg/m}^3$, la resistencia al esfuerzo cortante se determinó en ensayo de compresión triaxial con tamaño máximo de partículas de 10 cm (4") y obteniéndose un valor de $s = p \tan 40^\circ$ para prueba drenada lenta.

La zona correspondiente a roca tiene una densidad media de 2.670 y un peso volumétrico seco de $1\,550\text{ kg/m}^3$ (estimado); su resistencia al esfuerzo cortante se estimó en $s = p \tan 45^\circ$.

Resultados de control de campo.

IMPERMEABLE. Se controló por medio de calas obteniéndose en gran promedio un peso volumétrico seco de $1\,825\text{ kg/m}^3$, con una humedad de colocación de 16.2 por ciento; se comparó con los resultados de las pruebas Proctor en las que se obtuvo un peso volumétrico seco de $1\,854\text{ kg/m}^3$, con una humedad óptima de 15.2 por ciento, correspondiéndole una compactación de 98.5 por ciento.

PERMEABLES. Se controló únicamente la colocación del material de grava y arena, por medio de calas en las que se obtuvo un peso volumétrico seco de $2\,081\text{ kg/m}^3$ y se comparó con prueba de densidad relativa, obteniéndose un valor medio de 94.6 por ciento.

Estabilidad de la sección: Se revisó empleando superficies de falla cilíndrica con aplicación del Método Sueco, obteniéndose un factor de seguridad mínimo de 1.89 para el talud de aguas arriba, considerando vaciado rápido, y 1.71 para el talud de aguas abajo, considerando sismo ($c = 0.05\text{ g.}$) y fuerzas de filtración, ambos en condiciones finales.

Tratamiento de la cimentación:

Limpias: Dado que la roca sana se encontró a poca profundidad tanto en el cauce como en las laderas, las limpiezas para el desplante del corazón impermeable fueron relativamente reducidas. En la ladera izquierda fueron del orden de 7 m; en la zona del cauce hubo necesidad de remover los depósitos de acarreo del río que junto con un espesor reducido de roca alterada fueron del orden de 9 m y en la margen derecha se efectuó una limpieza hasta una profundidad de 11 m. En las zonas correspondientes a los respaldos de la cortina, en el cauce únicamente se efectuó un despalme superficial, lo mismo que en las laderas en donde la formación de lutitas y areniscas afloraba.

Trinchera: Además de las limpiezas en las trazas del corazón impermeable se excavó una trinchera con profundidad variable de 2 a 3 m, usando un método más cuidadoso que evitara el fracturamiento de la roca.

Tapete: Las perforaciones para inyección de tapete se llevaron a una profundidad de 5 metros a baja presión con un diámetro de 10 cm (4") sobre una cuadrícula de 2.50 m de lado, formada por líneas paralelas y transversales al eje de la cortina a través de una losa de concreto de unos 50 centímetros de espesor, que se coló en toda la superficie de desplante del material impermeable, que tuvo por objeto rellenar los espacios o huecos comprendidos entre los planos verticales de fractura y los de los estratos para facilitar tanto la operación del inyectado de tapete como el tendido de las terracerías del impermeable.

Cubicación de materiales: En la construcción de la cortina se emplearon un total de materiales de $1\,735\,000\text{ m}^3$: zona impermeable (suelo arcilloso) $490\,000\text{ m}^3$; zonas de filtros (grava y arena) $20\,000\text{ m}^3$; zonas permeables (rezaga) $1\,135\,000\text{ m}^3$; enrocamiento de protección $90\,000\text{ m}^3$.

OBRA DE CONTROL Y EXCEDENCIAS

Descripción: Se encuentra alojada en la margen izquierda, en el extremo de la cortina. Es una estructura de concreto formada por un cimacio vertedor con 5 grandes compuertas radiales que se apoyan, estando cerradas, sobre la cresta del cimacio y quedan alojadas entre pilas y muros extremos desplantados sobre el cimacio. El soporte de las compuertas en pilas y muros se hizo mediante estructuras de concreto preesforzado.

El vertedor descarga a una rápida de sección trapezoidal, con planta en curva y fuerte pendiente que termina en una estructura disipadora.

Sobre las pilas se apoyan los puentes de operación de malacates grúa de pórtico y de acceso a la ladera izquierda.

Avenida de diseño: 7 000 m³/s.

Longitud de cresta: 50 m.

Capacidad máxima de descarga: 7 000 m³/s.

Características generales de las diferentes partes que componen la obra de control y excedencias:

Estructura de compuertas: Constituida por 4 pilas de concreto reforzado de 2.25 m de espesor, 20 m de longitud y 20 m de altura y 2 muros extremos de la misma altura, con 2 m de espesor en la margen izquierda y variable en la derecha, alojándose cinco compuertas radiales de operación automática entre pilas y muros exteriores, con las cuales se efectúa el control de extracciones. En el extremo de aguas arriba de pilas y muros se dispone de muescas para alojar obturadores de emergencia.

El empuje del agua sobre las compuertas y a través de sus brazos es transmitido al cuerpo de las pilas y muros por una cabeza o bloque de concreto preesforzado de 4.0 x 3.0 x 5.50 m, localizado en el extremo de aguas abajo de los mismos y que soporta, en sus salientes, a las chumaceras en que se alojan los pernos de rotación de las compuertas. Las cabezas preesforzadas quedaron ancladas al cuerpo de las pilas por medio de cables preesforzados de 150 Ton de capacidad cada uno, empleando 14 cables en cada pila y 12 en cada muro.

Compuertas: 5 compuertas radiales de 10 m de ancho por 15.10 m de alto, operadas con mecanismos eléctricos desde el puente de operación.

Peso por unidad, incluyendo accesorios 92 Ton.

Fabricante: Aceros Ecatepec, S.A.

Peso mecanismo de operación (por unidad) 14.6 Ton.

Fabricante: Krupp Rheinhausen

Puentes de operación y acceso: Constituidos por losas sobre trabes precoladas de concreto reforzado, con 12m de longitud por tramo. En el puente de aguas arriba, que sirve también para acceso de la cortina a la margen izquierda, se alojan las vías para soporte de la grúa de pórtico que opera los obturadores de emergencia.

Capacidad de la grúa de pórtico: 8.5 Ton.

Fabricante: Eisenbau Wyhlen AG.

Cimacio: De 7 m de altura sobre su desplante, con perfil Creager, está construido de concreto y provisto de dentellones, aguas arriba y aguas abajo, para empotramiento en la roca de desplante. Su cresta se encuentra a la elevación 1 034.80 m.

Galería: En el cuerpo del cimacio se alojó una galería de 1.50 m de ancho por 2.50 m de alto, para inyectado y drenaje del desplante de la estructura de compuertas.

Transición de encauce: Aguas arriba de la estructura se dispone de una transición de entrada con el talud de la margen izquierda formado en corte en ladera y el de la margen derecha, que liga con la cortina, con muros de concreto de gravedad.

Canal de descarga: Rápida de sección trapecial con 59.0 m de ancho de plantilla, taludes 0.5:1 y pendiente $s = 0.23$ en su margen derecha y variable en la margen izquierda. Tiene su eje curvo en planta y está revestido de concreto reforzado en toda su longitud que es de aproximadamente 150 m. Está provisto de un sistema de drenaje formado por drenes y lloraderos.

Disipador de energía: Localizado al pie de la rápida, tiene 59 m de ancho de plantilla, 5.0 m de profundidad y 10 m de longitud, en el fondo, con taludes 0.5:1, estando revestido de concreto en su totalidad.

Tratamiento de la ladera izquierda: Por haberse presentado condiciones de inestabilidad, acusadas por agrietamientos e intemperización, se amacizó la ladera izquierda atrás del muro extremo de la estructura de compuertas, mediante anclas de preesfuerzo, cuyas cabezas se protegieron, una vez terminada la operación de tensado, cubriéndolas con concreto pobre. Para apoyar las cabezas de las anclas y poder efectuar el tensado se recortó y emparejó la ladera y se coló una losa de cubierta de concreto reforzado de 75 cm de espesor.

En la operación de amacize se emplearon un total aproximado de 60 anclas con capacidades de carga variable de 30 a 60 Ton por ancla. Se perforaron aproximadamente 2 000 m para anclajes y 200 m para lloraderos.

Cubicación de materiales: Excavación 720 000 m³; concreto simple 4 000 m³; concreto reforzado 25 000 m³.

OBRA DE TOMA

Descripción: Consiste básicamente en dos túneles de 4.50 m de diámetro y 780 m de longitud total, perforados a través de la ladera derecha y revestidos de concreto, de los cuales el No. 1, que es el más cercano al cauce, se utiliza para riego y el otro se destina a futura generación de energía. Ambos túneles están provistos en el extremo de aguas arriba de estructuras de entrada, con rejillas de protección y en la zona central, de tapones de concreto. En el tapón del túnel No. 1 tiene su origen una tubería de presión que se continúa hasta la salida del mismo y está provista de una válvula de mariposa para emergencia y de dos válvulas de chorro divergente (Howell-Bunger), para control de las extracciones, las cuales descargan en una estructura concentradora.

Gasto máximo de diseño: 20 m³/s.

Características generales de las diferentes partes que componen la obra de toma para riego:

Estructuras de entrada: De concreto reforzado, de 18 m de altura en el túnel No. 1 y 20 m en el No. 2 con sección hexagonal en su exterior y circular de 4.50 m de diámetro en su interior. Se ligan, en su parte inferior, a los túneles por codos de 90°, donde se instalaron unas compuertas para desvío.

Rejillas: Instaladas en la parte superior de las estructuras de entrada, están constituidas por marcos de 2.60 x 3.50 m, de perfiles laminados con soleras de acero estructural espaciadas a cada 10 cm, alojados en una estructura cerrada en su parte superior por una losa de concreto de 40 cm de espesor.

Túneles: De sección circular de 4.50 m de diámetro interior, revestidos totalmente de concreto con espesor de 0.50 m, tienen una longitud de 380 m el No. 1 y de 400 m el No. 2 y pendiente $s = 0.0025$. Su eje es curvo en planta en la entrada con una tangente de salida. Fueron inyectados, habiéndose tenido un consumo de 386 sacos de 50 kg en total en los dos túneles.

Tapones: De concreto, de 7.0 m de longitud, localizados en la zona central de los túneles; provisto el No. 1, con un tramo de tubería de acero, de 2.438 m (96") de diámetro.

Tubería de presión: Alojada en el túnel No. 1, con origen en el tapón; de lámina de acero con 2.10 m de diámetro y 176.30 m de longitud. Se bifurca en su extremo de aguas abajo, para conectar con las válvulas de servicio.

Válvulas de operación: Servicio: 2 válvulas de chorro divergente (Howell

Bunger) de 1.37 m (54") de diámetro, instaladas en el extremo de aguas abajo; se accionan por medio de motores eléctricos, o a mano, desde la caseta de operación. Peso total incluyendo mecanismos de operación y accesorios 7 800 kg.

Fabricante: Krupp-Oficina Técnica.

Emergencia: Válvula de mariposa de 2.438 m (96") de diámetro, instalada en una cámara inmediatamente aguas abajo del tapón.

Peso total incluyendo mecanismos de operación y accesorios 16 050 kg.

Fabricante: Krupp-Oficina Técnica.

Estructura

concentradora: De concreto reforzado, de 5.71 m de altura, 9.80 m de ancho y 18.80 m de longitud, localizada en la salida del túnel, concentra los chorros divergentes de la descarga de las válvulas. En su parte superior se encuentra la caseta de operación de las válvulas.

Cubicación de materiales:

Excavación	Concreto	245 000	15 000	m ³	m ³
------------	----------	---------	--------	----------------	----------------

OBRA DE DESVIO

Descripción general: Se desarrolló en cuatro etapas generales, utilizando un tajo aprovechando los túneles de la obra de toma y la obra de control y excedencias.

Primera Etapa: Desvío del río por la margen derecha mediante un tajo de 20 m de ancho de plantilla y $s = 0.0025$ excavado parcialmente en esa margen y con la construcción de una ataguía longitudinal y dos transversales de 13 m de alto; formando un recinto cerrado en el cauce y margen izquierda para limpia y tratamiento de la cimentación de la cortina. El talud del tajo en la ladera fue de 0.25:1 y en la ataguía, de 2:1. En esta etapa se perforaron y revistieron los túneles de la toma, se inició la construcción de la obra de control y se extendieron terracerías de la cortina hasta la cota de seguridad fijada a la elevación 1 040, conservando en el tajo el talud de 2:1 de la ataguía con banquetas de 3 m de ancho a las elevaciones 1 017 y 1 030. Durante la construcción se modificó el talud 2:1 a 3:1, por razones de estabilidad.

Segunda Etapa: Desvío del río por el túnel No. 2, cerrándose el tajo

mediante dos ataguías transversales. Durante esta etapa se limpió y trató la cimentación; de la cortina en la zona ocupada por el tajo, se extendieron terracerías, removiendo material alterado, colocado en la 1 etapa, hasta rebasar la elevación alcanzada en ésta; se continuó la construcción de la obra de excedencias y se instalaron la tubería y válvulas de la toma.

Tercera Etapa: Desvío por el túnel y tubería de toma del túnel No. 1, continuándose la construcción de la cortina y demás estructuras de la presa.

Cuarta Etapa: Cierre de los túneles de toma, y desvío por la obra de control excedencias, terminándose durante esta etapa la cortina, la obra de toma y la misma obra de control y excedencias.

COSTO DE LAS OBRAS

Indemnizaciones Camino Presa	\$	1 550 000.00	2 312 000.00	161 445 000.00
TOTAL	\$	165 307 000.00		

OPERACION

Fecha en que entró en servicio: Empezó a regular avenidas en julio 1967.

Extracción media: Proyectada de 245 millones de m³.

Almacenamiento máximo: 350 millones de m³.

Gasto máximo derramado: 600 m³/s, en septiembre de 1968.

COMPORTAMIENTO

Vaso: No se han presentado problemas de pérdidas de agua importantes por infiltración en el vaso.

Cortina:

Asentamientos: Los testigos superficiales muestran que los asentamientos observados máximos han ocurrido en la sección de mayor altura de la cortina y ocurrieron en un 90 por ciento durante el primer llenado del vaso. El asentamiento máximo es de 0.15 m observado en septiembre de 1968 y se tienen 0.02m más en febrero de 1969.

Se tiene instalado un testigo de movimientos verticales en la sección máxima de la cortina, que muestra un asentamiento total desde que se inició la construcción de 1.05 m, aproximadamente.

Los testigos superficiales muestran desplazamientos hacia aguas abajo al subir el agua en el embalse y tiende a volver a su posición al descender éste. El desplazamiento máximo hacia aguas abajo ha sido de 0.12 m en la estación 0 + 311.5 m, que corresponde con la sección máxima de la cortina.

Grietas: Se ha observado una grieta transversal en la corona de la cortina, cerca del empotramiento de la margen derecha, la cual puede deberse a asentamientos diferenciales provocados por lo escarpado de la ladera derecha, o bien por un estado de extensiones en el cuerpo de la cortina motivado por los desplazamientos horizontales.

Filtraciones: No se ha observado flujo de agua a través de la cimentación ni tampoco de sus empotramientos.

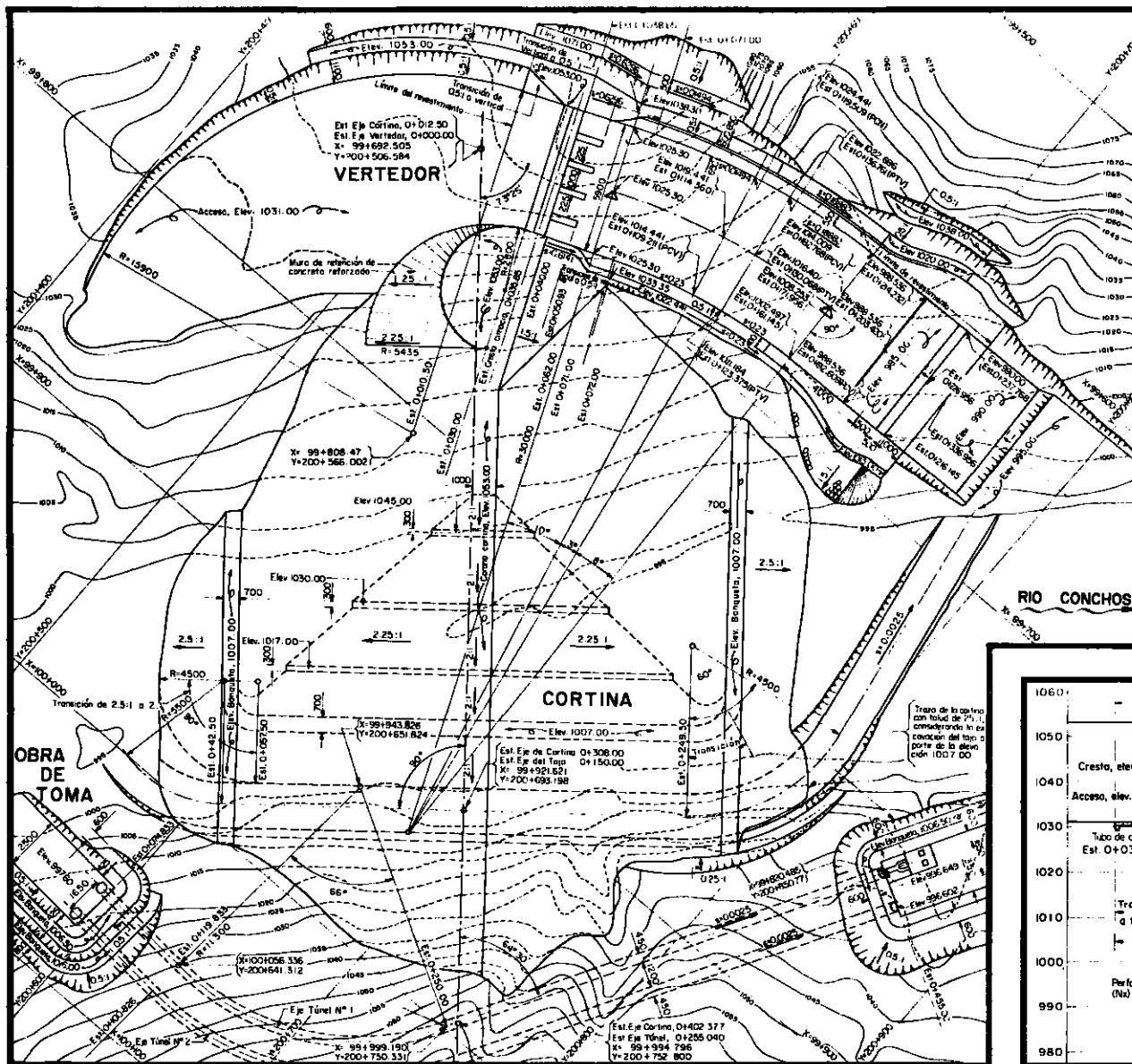
Obra de excedencias: No se ha observado ningún desperfecto en las compuertas ni en sus mecanismos de operación.

Obra de toma: No se han observado filtraciones en el túnel ni desperfectos en los equipos de operación.

OBSERVACIONES GENERALES

En la construcción del corazón impermeable se utilizaron materiales cuyas propiedades mecánicas se apartan de las deseables, debido a que el comportamiento del suelo es semejante al de un LIMO no cohesivo y, por otra parte, su granulometría mostró una gran uniformidad de partículas pequeñas de gramos redondos, características que hacen que este material presente posibilidades de tubificación y agrietamiento, por lo cual en el diseño de la cortina se tomaron precauciones contra estas posibilidades de falla.

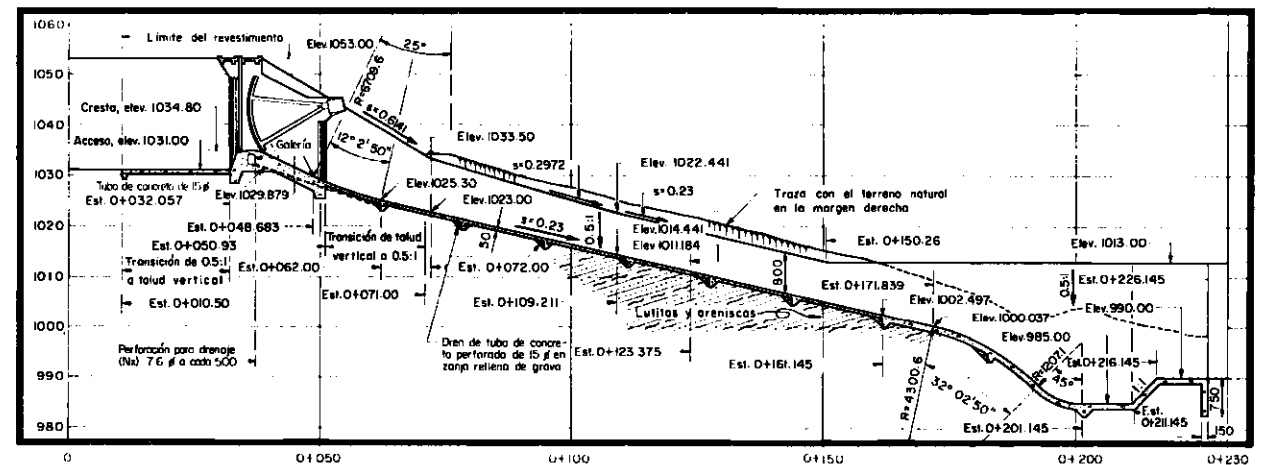
Durante la construcción ocurrió un deslizamiento del talud del corazón impermeable en la margen izquierda que se proyectó con una pendiente de 2:1, cuando tenía 30 m de altura aproximadamente, lo que motivo una remoción de todos los materiales que sufrieron movimientos tendiéndose el talud a 3:1. Es la única cortina en el país en que se ha presentado este problema en la etapa de construcción.



DATOS GENERALES

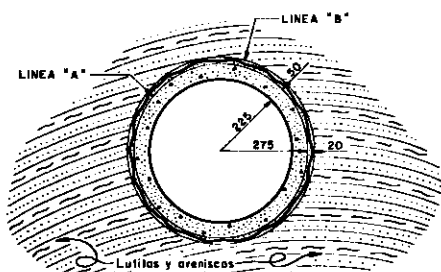
Capacidad total del vaso	850 000 000	m ³
Capacidad para azolves	90 000 000	m ³
Capacidad para control de avenidas	500 000 000	m ³
Capacidad para riego	260 000 000	m ³
Elevación corona de la cortina	1 053.00	m
Elevación nivel de aguas máximas	1 050.50	m
Elevación cresta del vertedor	1 034.80	m
Longitud libre de cresta	50.00	m
Capacidad de la toma	20.00	m ³
Capacidad del vertedor	7 000.00	m ³ /seg.

PRESA LUIS L. LEON, CHIH. (EL GRANERO) INFORMACION GENERAL DEL PROYECTO

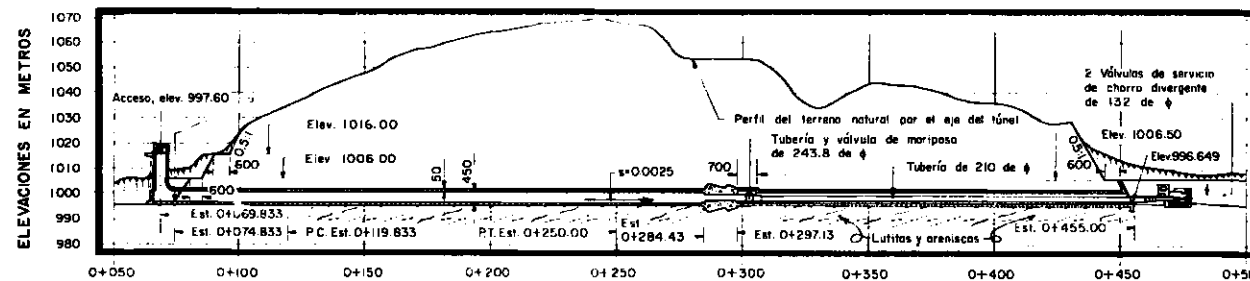


PERFIL POR LA MARGEN DERECHA

VERTEDOR

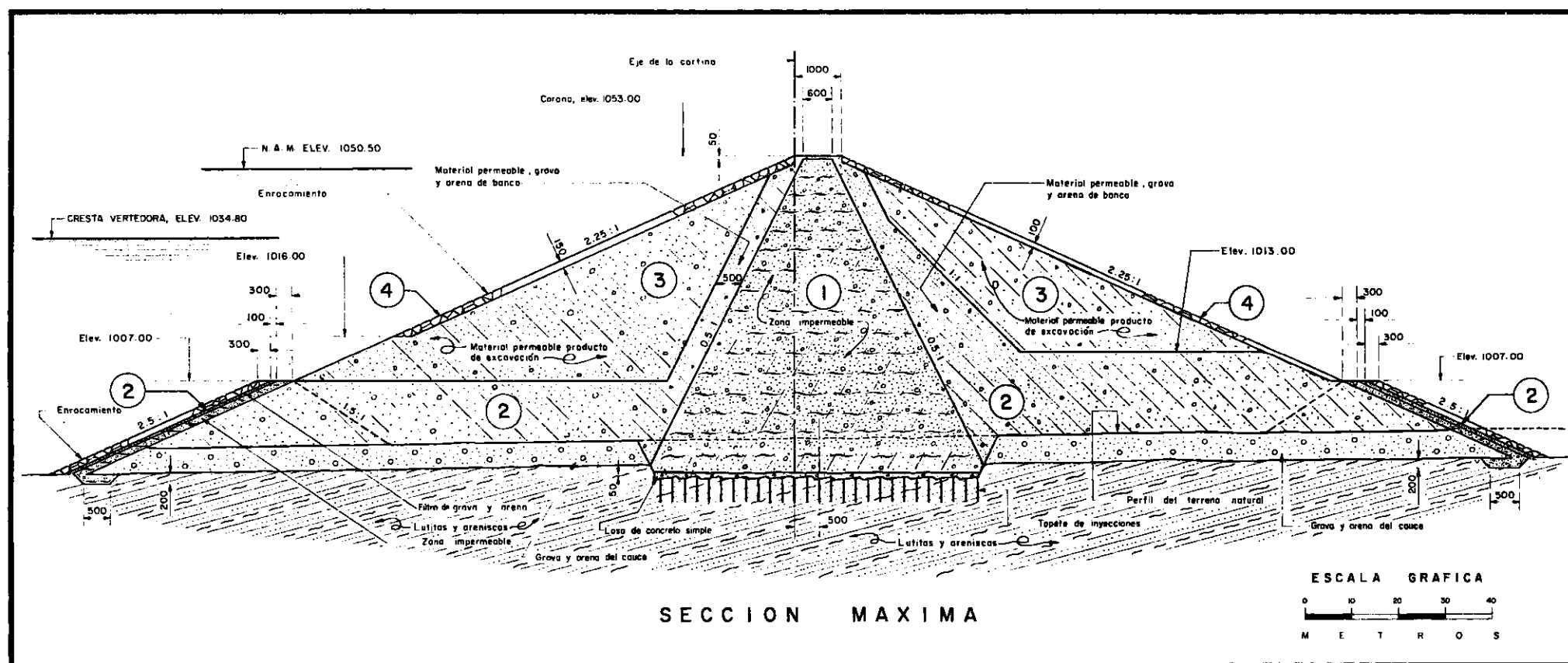


SECCION DEL TUNEL



CORTE POR EL EJE DEL TUNEL No. 1

OBRA DE TOMA



TRATAMIENTO DE LA CIMENTACION Y CORTINA

SIGNOS CONVENCIONALES

- 1. — MATERIAL IMPERMEABLE COMPACTADO
- 2. — MATERIAL PERMEABLE, GRAVA Y ARENA DE BANCO
- 3. — MATERIAL PERMEABLE PRODUCTO DE EXCAVACION
- 4. — ENROCAMIENTO

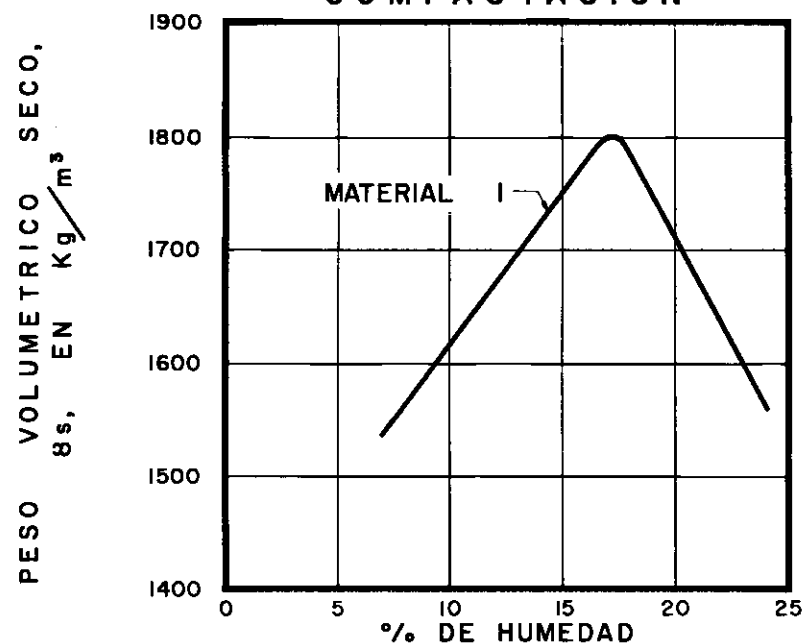
PRESA LUIS L. LEON, CHIH. (EL GRANERO)

PRESA LUIS L. LEON, CHIH. (EL GRANERO)

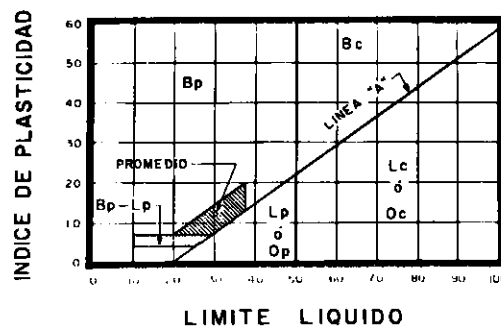
PROPIEDADES MECANICAS

MATERIAL	CLASIFICACION SUCS	GRANULOMETRIA			LIMITES DE CONSISTENCIA			DENSIDAD DE SOLIDOS	PESOS VOLUMETRICOS			
		MUESTRA	TOTAL		(\ll MALLA No 40)							
		G	A	FINOS	LL	LP	Ip	Ss	γ_s	γ_h	γ_{sum}	e
		%	%	%	%	%	—	—	Kg/m ³	Kg/m ³	Kg/m ³	—
1	Bp	0	6.6	93.4	30.2	18.1	12.1	2.821	1800	2100	1165	0.566
2	Gb-GL	59.3	31.3	9.4				2.761	1930	—	1230	0.430
3	REZAGA DE LUTITA							2.679	1570	—	984	—
4	ENROCAMIENTO							2.679	1550	—	925	—

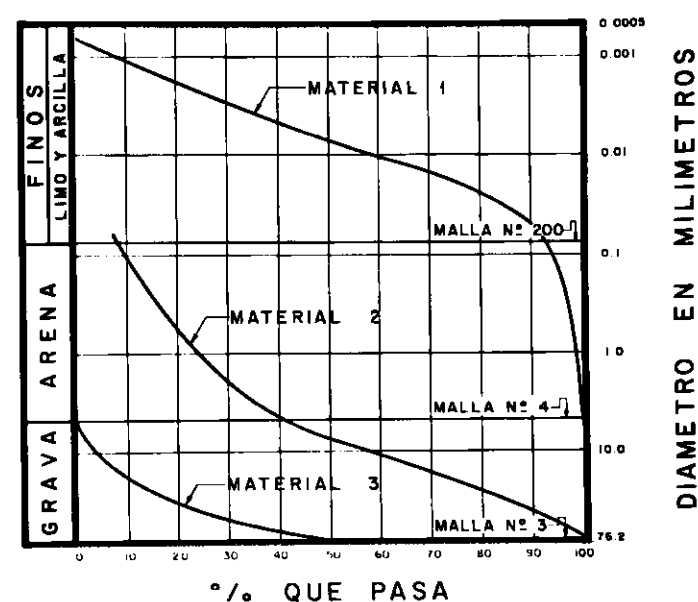
COMPACTACION



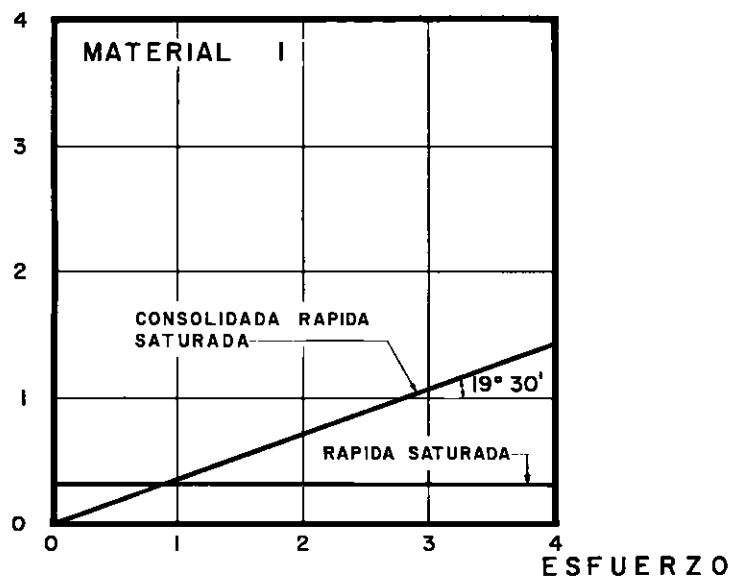
PLASTICIDAD



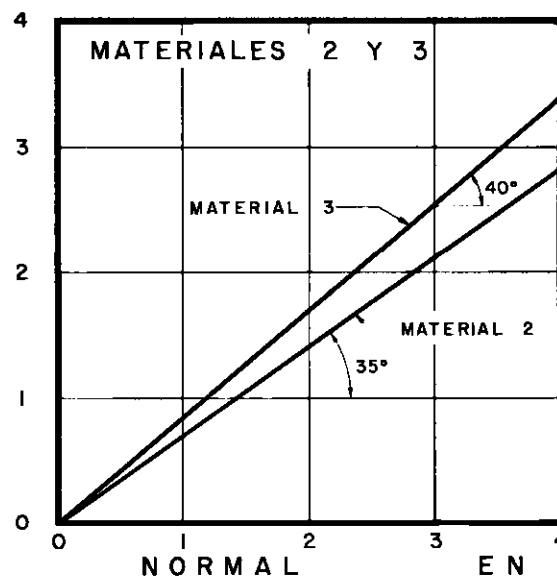
GRANULOMETRIA



RESISTENCIA AL CORTE EN Kg/cm²



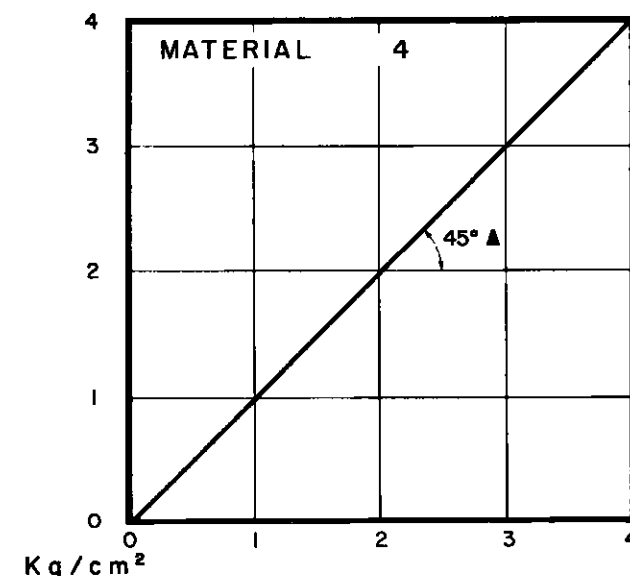
RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE

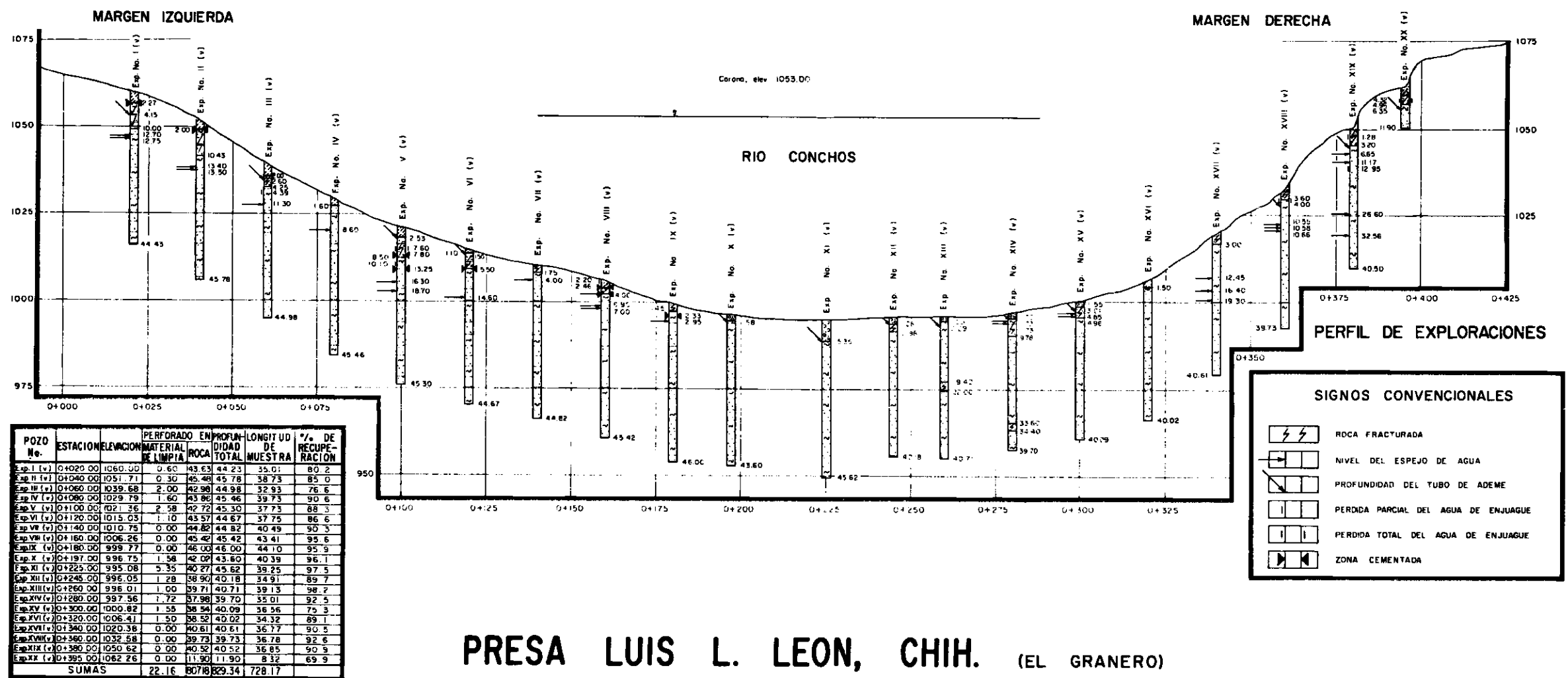


PERMEABILIDAD

MATERIAL 1 $K_{20} = 4.12 \times 10^{-8}$ cm/seg

RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE





PRESA LUIS L. LEON, CHIH. (EL GRANERO)

INFORMACION GEOLOGICA

