



Universidad Nacional
Autónoma de México



**Instituto
De
Ingeniería**
89

Drenaje de la Ciudad de México, sus
problemas y su solución

Raúl Ochoa E.
José Luis Ortiz

Enero de 1964

89

Drenaje de la Ciudad de México, sus problemas y su solución

Raúl OCHOA E* y José Luis ORTIZ**

GENERALIDADES

La ciudad de México, que es la Capital de la Republica Mexicana, se localiza al Suroeste de una cuenca cerrada naturalmente, denominada Valle de México. Como referencias generales diremos que se encuentra a una altitud media de 2,240 m sobre el nivel del mar, tiene un clima templado semiseco sin estación invernal definida, tiene un periodo de lluvias de 6 meses de duración comprendidas entre mayo y octubre, con una precipitación media anual de 800 mm. Parte de la Ciudad se extiende a lo largo del lomerío de la Sierra de las Cruces situada al Poniente; pero en su mayor parte ocupa el fondo del antiguo lago de Texcoco cuyo subsuelo está formado por una arcilla altamente compresible de origen volcánico teniendo esto ultimo como consecuencia que:

- a) La ciudad está desplantada en dos tipos de terrenos uno firme y con fuerte pendiente y otro compresible y plano.
- b) En la temporada de lluvias, no sólo recibe el agua de las precipitaciones dentro de su propia superficie sino también la proveniente de las zonas altas las cuales forman escurrimientos torrenciales y que debido a la topografía general, cruzan la ciudad a través de tres cauces artificiales antes de descargar al Lago de Texcoco, al que reconocen como punto bajo

Con objeto de dar una idea aproximada de la composición del terreno se muestran cortes de la ciudad en direcciones N-S y E-W.

OBRAS DE DRENAJE EN EL VALLE DE MEXICO

Como se dijo anteriormente, el Valle de México es una cuenca cerrada por lo que a principios del siglo XIX se realizaron obras de gran envergadura para la época en que se construyeron, consistentes éstas en la construcción de un tajo profundo y un túnel denominados *Tajo de Nochistongo* y *Túnel de Tequixquiac* respectivamente. Ambas obras se ejecutaron con objeto de tener una comunicación del Valle con el exterior y dar salida a las aguas pluviales de la cuenca que ponían en constante peligro de inundaciones a la ciudad.

DRENAJES DE LA CIUDAD

Una vez terminadas las obras del desagüe del Valle y como continuación de éstas, se procedió

a planear las obras propiamente de saneamiento de la ciudad, consistentes en un sistema de alcantarillado combinado en forma de peine con los colectores principales escurriendo de Poniente a Oriente y descargando por gravedad a un Canal Principal llamado *Gran Canal del Desague*, el cual recolecta las aguas de éstos, para conducir las hasta el túnel de Tequixquiac después de un recorrido de 50 km. y sacarlas fuera del Valle por su lado Norte.

Con las obras ejecutadas en esa época aparentemente quedó resuelto el problema de saneamiento pero el inusitado crecimiento de la ciudad en los últimos 25 años y el aumento de las áreas impermeables, originó un crecimiento anárquico de la red existente, dando lugar a que el sistema resultara insuficiente, teniendo esto como consecuencia, además de otros factores importantes, que la ciudad empezará a sufrir pequeñas inundaciones en las partes bajas durante la época de lluvias. Como el problema se fue agravando y las zonas inundadas iban siendo cada vez más numerosas y extensas y su magnitud no correspondía con el crecimiento de la ciudad, aun cuando ésta fuera la causa de las inundaciones, el gobierno del Distrito Federal ordenó que se hicieran estudios más profundos con objeto de determinar qué otros fenómenos intervenían para agravar el problema.

Al concluir estos estudios, se encontró que el hundimiento de la ciudad se había acelerado en la última década, ocasionando que los colectores y el sistema de drenaje en general se dislocara y perdiera su pendiente original

HUNDIMIENTO DE LA CIUDAD

El hundimiento de la ciudad de México es de trascendental importancia para el desarrollo futuro debido a la conexión que tiene dicho hundimiento, con el abastecimiento de agua potable y con las inundaciones de las zonas urbanizadas

La historia de los hundimientos es incompleta, porque las nivelaciones salvo las más recientes no se efectuaron con el fin de analizar este problema; pero de la comparación de los datos antiguos con los actuales, se encontró que el valor medio del hundimiento de la Plaza de la Constitución de la ciudad entre los años de 1891 y 1952 resultaba de 4.65 m. Además se encontró en forma más detallada que entre los años de 1905 y 1911 los hundimientos fueron del orden de tres centímetros por año, de 1938 a 1948 la velocidad de hundimiento fue del orden de 15 cm por año y en la última década el hundimiento se incrementó notablemente, hasta alcanzar valores del orden de 30

* Director general de Obras Hidráulicas, Departamento del Distrito Federal

** Jefe de la sección de Alcantarillado de la Dirección General de Obras Hidráulicas del Departamento del Distrito Federal

cm por año en la parte céntrica y hasta 50 cm por año en algunos puntos aislados de la ciudad

De los estudios efectuados se concluyó que la causa de los hundimientos tenía como origen el excesivo bombeo dentro de la zona urbanizada para fines de abastecimiento de agua potable lo que ocasionó una pérdida de presión en los acuíferos y en consecuencia un enjutamiento de las capas arcillosas compresibles

Las características más salientes de este fenómeno son

I Es un proceso debido al enjutamiento de las capas arcillosas del subsuelo al extraer agua de sus acuíferos

II Los movimientos no son uniformes en la zona afectada de la ciudad y son causa de agrietamientos del terreno

III El fenómeno se ha acelerado en la última década coincidiendo con el bombeo más intenso en el área urbana.

OBRAS DE DRENAJE EN LA CIUDAD

Ante la situación planteada el gobierno del Distrito Federal en el año de 1953, creó la Dirección General de Obras Hidráulicas con el fin de que ejecutara las obras necesarias para detener el hundimiento de la ciudad y librarla de las inundaciones para lo cual se elaboró un programa de trabajo que se podría resumir como sigue

- a) Obras inmediatas para detener el hundimiento
- b) Obras inmediatas provisionales para eliminar las inundaciones
- c) Obras de rehabilitación del sistema de drenaje

Como estas obras no eran fáciles de ejecutar se fijó un plazo de tres o cuatro años para las dos primeras y de 10 o más para las últimas.

OBRAS INMEDIATAS PARA DETENER EL HUNDIMIENTO DE LA CIUDAD

Siendo la causa fundamental del hundimiento el bombeo excesivo con fines de abastecimiento de agua potable para la ciudad, dentro de la subcuenca en que está desplantada, era imprescindible reducir la extracción actual de 9.5 a 2.5 m³/seg para detener los movimientos del subsuelo. Este problema, se propone resolverlo explotando aguas subterráneas en el Valle, de subcuencas independientes a la anterior y que por su proximidad a la ciudad, son las más económicas y de rápida ejecución.

OBRAS INMEDIATAS PROVISIONALES PARA ELIMINAR LAS INUNDACIONES

El sistema antiguo de drenaje, construido a fines del siglo pasado y ampliado posteriormente atendiendo las necesidades crecientes de la ciudad, tenía en el año de 1953, una longitud aproximada de 4 000 km. comprendiendo atarjeas, subcolectores y colectores y que por condiciones que a

continuación se enumeran se estimó que no tenía capacidad para desalojar más del 50% de los caudales producidos por lluvias de frecuencia de dos años.

De los estudios detallados del sistema de drenaje y de nivelaciones de precisión corridas, de bancos fijos situados fuera de las zonas afectadas por los hundimientos, se determinaron las fallas en el funcionamiento del sistema, con las cuales se pudieron dar soluciones adecuadas encontrándose entre las más importantes falta de capacidad y disminución de la misma ocasionadas por el deslocamiento y pérdida de pendiente de los colectores. El canal al que descargaban libremente también había sido afectado aunque en menor cuantía en sus primeros 16 km de desarrollo, ocasionando que para poder desalojar las aguas que recibía, el tirante se sobre elevara para crear una pendiente hidráulica, ahogando las descargas de los colectores; también se encontró que los ríos que conducen los escurrimientos de la parte alta al Poniente de la ciudad y que la cruzan para descargar en el lago de Texcoco cuyo fondo en el año de 1900 se encontraba 2.40 m abajo de ésta ahora estaban a una altura mayor por lo que hubo necesidad de desviarlos hacia el Gran Canal del Desagüe empeorando su funcionamiento ya que le producía una sobrecarga para la cual no estaba calculado

Con este panorama general se procedió a hacer algunas obras de rectificación de colectores en los tramos más fracturados y a la construcción de plantas de bombeo en las descargas de los colectores con objeto de mejorar su eficiencia y alejar el problema de las inundaciones por el tiempo necesario mientras se efectuaban las obras para el control del hundimiento, las cuales se habían iniciado simultáneamente con las anteriores

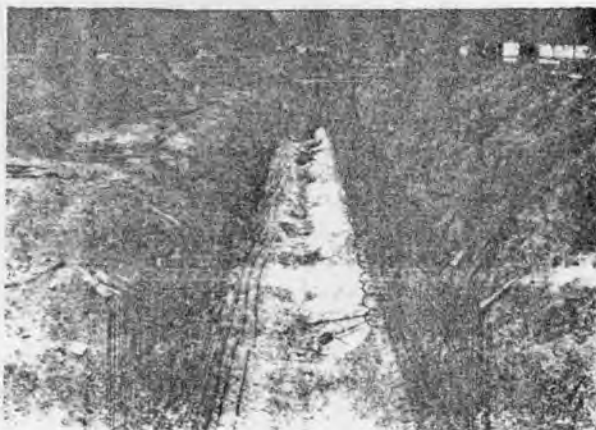
OBRAS DE REHABILITACION Y AMPLIACION DEL SISTEMA DE DRENAJE

Después de haber logrado un control parcial en el hundimiento de la ciudad, era necesario rehabilitar el sistema de drenaje en primer lugar, ampliarlo como segundo paso y por último construir un sistema definitivo con objeto de eliminar los primeros 20 km afectados del Gran Canal, con el fin de lograr que el sistema trabaje nuevamente por gravedad, ya que el bombeo provisional que se había instalado, ocasionaba una fuerte erogación al Estado. Al mismo tiempo era conveniente evitar que las aguas provenientes de los lomeríos del Poniente siguieran descargando en la parte plana en donde provocan inundaciones

Siguiendo los principios anteriores, se efectuó un trazo del sistema de alcantarillado como se muestra en los esquemas anexos esto es en orden de importancia.

1. Se construirán 3 interceptores profundos que resuelvan en forma definitiva el problema del drenaje de la ciudad y eliminen el bombeo

2. Se construirán una serie de presas en la parte alta para regularizar los gastos de carácter torrencial que escurran por los ríos
3. Se entubarán y rectificaran todos los ríos que cruzan por la ciudad
4. Se ampliará y terminará la red de colectores principales de grandes diámetros.
5. Se rehabilitará el sistema existente
6. Se dotará de atarjeas de diámetro pequeño todas aquellas zonas de la ciudad que aun carecen de ellas



Vista general de obras para la entubación del río Churubusco, con capacidad de 30 m³/seg.

Para resolver estos problemas, deben tomarse en consideración una serie de conclusiones de carácter técnico, a las que se ha llegado después de estudios detallados y que muestran el tipo de obras que en cada uno de esos casos se puede hacer y el tiempo que tardará cada una de éstas en rendir los beneficios que de ellas se pueden derivar. Como ejemplo de estas consideraciones, podemos mencionar:

- a) Las presas actuales de regularización que se están construyendo en la zona alta sólo alcanzan a controlar la mitad del escurrimiento máximo, sin embargo, es antieconómico proyectar presas de grandes dimensiones.
- b) La rectificación y entubación de los ríos no puede llevarse a cabo en su totalidad en forma definitiva hasta que el caudal de cada uno de ellos no sea totalmente controlado.
- c) Los colectores y las atarjeas deben recalcularse para servir a las grandes áreas construidas y también en función de la densidad de población futura.
- d) Tanto la rectificación y entubación de los ríos, como la construcción de los colectores y atarjeas no pueden tomar caracteres definitivos hasta que se detenga el hundimiento, el que depende a su vez, de la importancia de aguas fuera de la subcuenca misma.

Como conclusión de lo anterior, podemos decir que para solucionar en forma definitiva los problemas hidráulicos de la ciudad, es necesario eje-

cutar las obras de agua potable y de drenaje en una forma lógica y bien ordenada y además hacer todo lo posible por eliminar la penetración de corrientes pluviales a la región construida de la ciudad.

Siguiendo los lineamientos anteriores las obras definitivas más importantes se describen a continuación:

INTERCEPTOR DEL PONIENTE

Con objeto de evitar, que los escurrimientos de la zona alta entren a la ciudad, se construyó un conducto circular de cuatro metros de diámetro con capacidad de 25 m³/seg y con un escurrimiento de Sur a Norte, denominado *Interceptor del Poniente*.

Este conducto tiene como finalidad, interceptar y captar el escurrimiento de 11 arroyos que tienen una área tributaria de 9,000 hectáreas y que en la parte plana forman los ríos que se han llamado: *Consulado, Piedad y Churubusco*.

Debido a que dichos escurrimientos son de carácter torrencial que se presentan únicamente en la época de lluvias y con objeto de que el conducto no resultara demasiado grande fue necesario construir una serie de pequeñas presas para regularizar los gastos, lo cual hizo factible la construcción del conducto del tamaño y capacidad antes mencionada. De otra manera, se estimó que la suma de los escurrimientos sin ninguna regularización resultaban del orden de 80 metros cúbicos por segundo, por lo que se hacía necesario construir un tubo de 6 m de diámetro cuya construcción resultaba más costosa que la solución dada.

Debido a que su localización se hizo sobre terreno firme se le puede considerar como una obra definitiva, y es uno de los tres colectores profundos que se tienen proyectados para resolver totalmente el problema de drenaje en la ciudad de México.

Teniendo en cuenta que: la descarga de este Interceptor debería hacerse a un punto determinado para que trabajara por gravedad, y la topografía del terreno en la zona donde se localiza, fue necesario hacer su construcción profunda, dando como resultado que de sus 17 km de desarrollo, 14 estén construidos en túnel y tres a cielo abierto.

De las ventajas que se obtuvieron con la construcción de este Interceptor, las más importantes son las siguientes:

1. Aliviar el Gran Canal del Desagüe, con 25 m³/seg
2. Aliviar los Colectores
3. Eliminar el arrastre de azolve de las zonas altas hacia los colectores
4. Ahorro en el bombeo de 30,000,000 de m³ anuales
5. Eliminar el peligro de inundaciones por el desbordamiento de los ríos en las zonas urbanizadas

COLECTOR No. 15

Otra de las obras de gran importancia, construida para dar servicio a una extensa zona en desarrollo situada al Norte de la ciudad es el denominado *Colector No. 15*, el cual fue proyectado para drenar una superficie de 4.500 hectáreas que producen un gasto de 24 m³/seg. Este Colector, tiene una longitud de 20 km con tubos de diámetro que varían entre los 2.00 y 3.00 m y construido entre los 7.00 y 9.00 m de profundidad.

INTERCEPTORES AUXILIARES

Con objeto de mejorar el funcionamiento de los colectores afectados por el hundimiento de la ciudad, se han construido 3 Interceptores auxiliares denominados: *Miramontes, Tonalá y Central*.

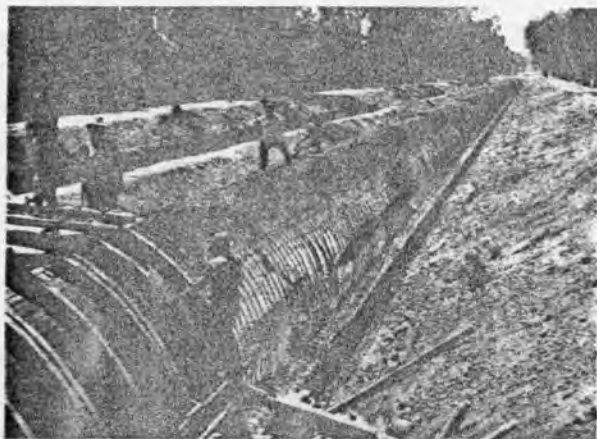
Estos interceptores a diferencia del Interceptor Poniente, su función no consiste en cortar el escurrimiento de los colectores a los cuales sirve, sino que por el contrario, solamente tiene por objeto aliviarlos cuando se encuentren sobrecargados, vertiendo a éste el agua que rebasa el nivel de la obra de alivio, evitando así que aflore a la superficie, y para que su función sea más efectiva estos Interceptores se han localizado en las zonas más bajas que corresponden a las partes más fracturadas de los colectores.

La construcción del Interceptor del Poniente al cortar los escurrimientos de los ríos, dejó libre sus cauces lo que permitió que el agua vertida por los aliviaderos de los colectores sobre los interceptores auxiliares, pudiera bombearse a éstos sin ningún peligro.

La ejecución de esta obra significó la construcción de 7 km de tubo de diámetro de 2.00 y 2.50 m así como la construcción de tres plantas de bombeo con capacidad instalada de 30 m³/seg.

ENTUBACION DE LOS RIOS

Dentro del funcionamiento del Interceptor del Poniente y del manejo de las aguas de la parte alta de la ciudad, se han previsto que en cualquier momento se permita a los antiguos cauces seguir



Trabajadores armando el refuerzo para la entubación del río Churubusco con sección semi-circular de 6 m de diámetro.

funcionando, pero como estos cauces abiertos representaban un problema sanitario se pensó en entubarlos en toda su longitud.

Atendiendo las razones anteriores, el gobierno del Distrito en los últimos cuatro años ha entubado 35 km de estos cauces con secciones que van de los 2.20 m de diámetro para los más chicos hasta tubos semicirculares de 6 m de diámetro en los cauces principales. Esto significa que además de resolver el problema sanitario que estos cauces abiertos representan, se tuviera la posibilidad de construir avenidas sobre éstos y solucionar algunos problemas viales.

SUSTITUCION DE LA PROLONGACION SUR DEL GRAN CANAL

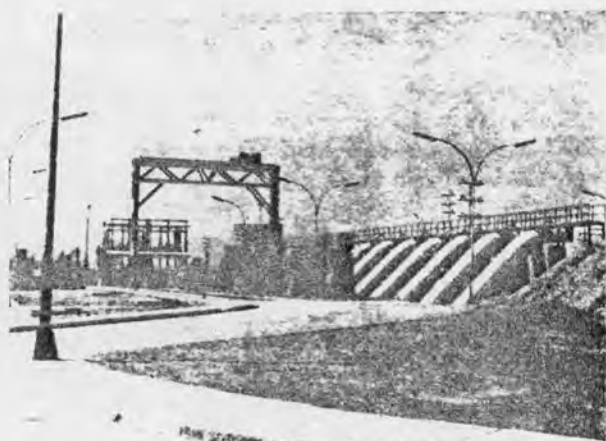
Como consecuencia del crecimiento de la ciudad hacia su parte Sur el sistema de drenaje ha resultado insuficiente, por tal motivo, siguiendo el trazo de colectores que se tiene programado, se ha iniciado la obra denominada *Sustitución de la Prolongación Sur*. Esta obra consiste fundamentalmente en la eliminación del canal abierto al cual descargan once colectores que drenan una superficie de 10.000 hectáreas de esa parte de la ciudad.

Este Canal, que es la continuación hacia el Sur del Gran Canal del Desagüe, recibía originalmente la descarga libre de los colectores que a él drenan; pero como por efectos del hundimiento ha perdido capacidad, constituyendo en los últimos años un peligro constante de inundaciones en las zonas urbanas más bajas, a pesar de la instalación de una Planta de Bombeo en su desembocadura en el Gran Canal. Se ha proyectado un Colector profundo que a la vez que lo sustituya permita descargar al sistema antiguo libremente, aumentando la eficiencia de éstos y sobre todo mantenerlo vacío y aprovechar su efecto regulador para absorber los escurrimientos de precipitaciones intensas.

Otra de las finalidades de este proyecto, consiste en la eliminación de las Plantas de Bombeo que se habían instalado en la desembocadura de los Colectores con el Canal Sur, para sustituirlas por una sola Planta de gran capacidad y facilitar su operación. La Planta a la que hemos hecho referencia se localizó de tal manera que pudiera descargar al Río Churubusco, de manera que con la operación adecuada de un sistema de compuertas, el agua se pudiera desviar, ya sea al Gran Canal del Desagüe, o al Río Churubusco, que mediante obras de protección y dragado que se le hicieron recientemente, puede descargar libremente y sin ningún peligro al Lago de Texcoco, en el cual se regularizará el gasto antes de verterse nuevamente al Gran Canal del Desagüe en el kilómetro 20, donde no ha sido afectado por los hundimientos y aún conserva su capacidad original.

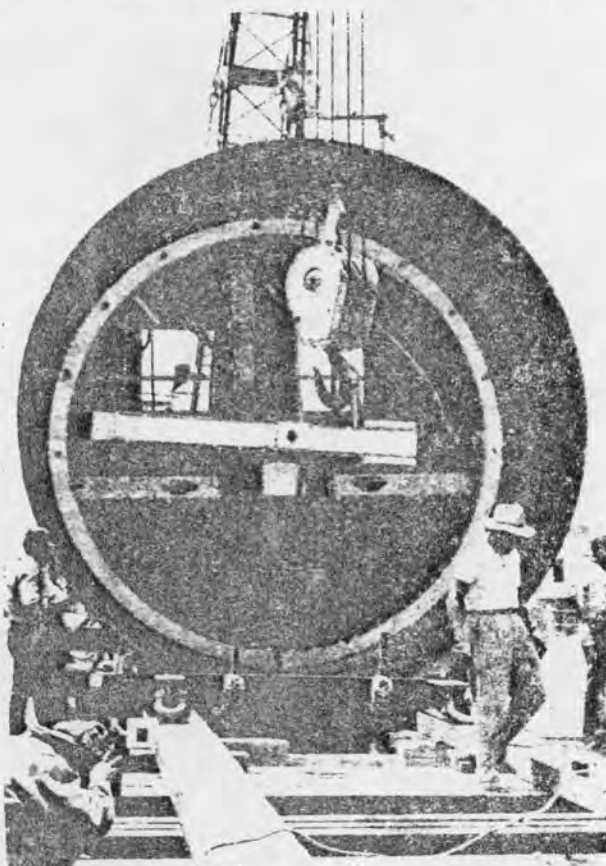
Esta obra, ha requerido la construcción de 18 km de tubo de diámetro que varían de 2.50 a 4.00 m construidos a cielo abierto hasta 9.00 m de profundidad y en túnel para profundidades mayores.

Como la profundidad a la que se estaba obli-



Vista parcial de la Planta de Bombas de la sustitución de la prolongación Sur del Gran Canal mostrando el cárcamo de bombeo y el sistema de rejillas.

gado a trabajar, no se había intentado anteriormente, fue necesario idear nuevos procedimientos de construcción para que la obra fuera realizada, debido a que en el subsuelo de la ciudad, las excavaciones a 9.00 m para la construcción de Colectores resultan peligrosas para los trabajadores, a pesar de las precauciones que se tomen, ya que con frecuencia el fondo de la cepa se sobre-



Escudo para la perforación de un túnel para la sustitución de la prolongación Sur del Gran Canal. Vista de la zona de maniobras.

eleva de su piso original, ocasionando la desarticulación del ademe de sostenimiento y el cierre de las paredes verticales de la excavación.

Ante el problema de tener que profundizarse hasta los 12.00 m, se pensó en usar por primera vez en México el sistema de excavación de túneles en arcilla por medio de un escudo, el cual como se esperaba tuvo éxito a pesar de las inexperiencias de los trabajadores y personal técnico, además de las fallas propias de un equipo y mecanismos que por primera vez se hacían en México.

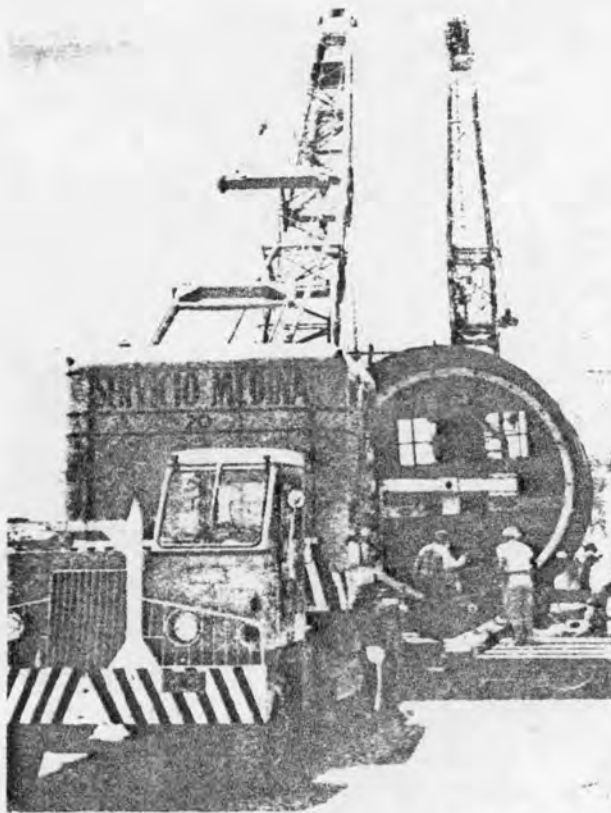
Aunque la construcción de túneles en arcilla con escudo es usado por primera vez en México, se le encontraron las siguientes ventajas.

1. Hace posible la construcción de conductos circulares en arcilla a grandes profundidades.
2. El trabajador puede laborar sin ningún peligro, puesto que se encuentra totalmente protegido.
3. La construcción de Colectores resulta más sencilla y de mejor acabado.
4. Se logran avances por frente que quizá a cielo abierto no se lograrían.
5. Para Colectores a más de 9.00 m de profundidad, resulta más económico su construcción en túnel que a cielo abierto.

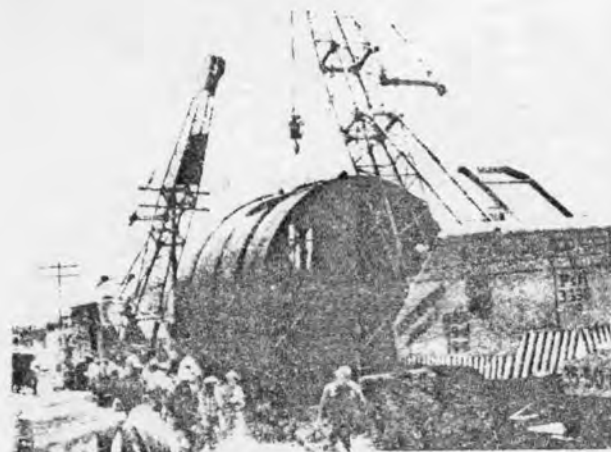
En las fotografías anexas se muestra uno de los escudos usados para la perforación de un túnel en arcilla de 4.00 m de diámetro interior que corresponde a un tramo de la obra mencionada. Como se ve, consiste de un cilindro de lámina de 2.50 cm de espesor con un diámetro de 4.80 m. En la parte frontal tiene una celosía en forma de panal formada por una serie de placas de fierro de 40 cm de ancho, seguido de un espacio abierto en cuya parte inferior, van instaladas unas paletas con objeto de desmenuzar el material producto de la excavación, a este espacio libre se le ha llamado recámara y está limitado por una pantalla que puede ser hermética si así se desea con objeto de aislar totalmente el interior del túnel con el frente de excavación. Inmediatamente a esta pantalla, se encuentra el equipo de operación del escudo consistente en: 8 o más gatos hidráulicos de carrera larga de 60 ton o más de capacidad colocados perimetralmente al cilindro; una bomba de aceite para el funcionamiento de los gatos, dos licuadoras que desmenuzan finamente el material para hacer más fluida la mezcla haciendo posible su bombeo y conducción por tuberías fuera del túnel.

PLANTA DE BOMBAS PARA LA SUSTITUCION DE LA PROLONGACION SUR

Esta Planta que tiene como finalidad desalojar las aguas conducidas por el sistema anterior, tiene una capacidad de bombeo instalada de 32.00 m³/seg. Esta Planta está formada por bombas verticales de tipo propela con capacidad de 4.00 m³/seg cada una, movidas por motores eléctricos de 800 HP con factor de carga continua de 1.25.



Escudo para la perforación de túneles en arcilla. Capacidad del colector 30 m³/seg.

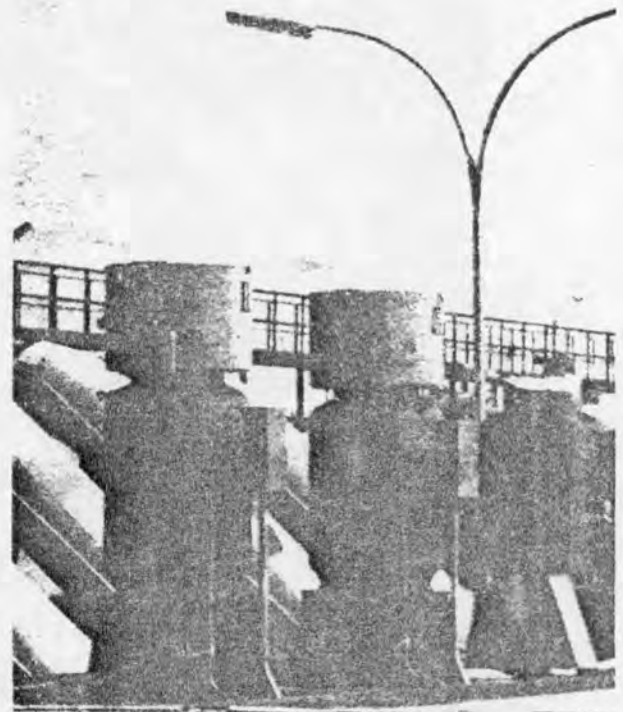


Maniobras para bajar un escudo para la perforación de un túnel para la sustitución Sur del Gran Canal. Vista frontal del escudo; diámetro exterior 4.50 m.

Como de esta Planta depende la seguridad de la tercera parte de la ciudad, se han tomado las medidas necesarias para que el suministro de energía eléctrica no falle, teniéndose así, una doble alimentación de circuitos diferentes, además de una Planta generadora consistente de 6 motores de 1.000 kw/h cada una.

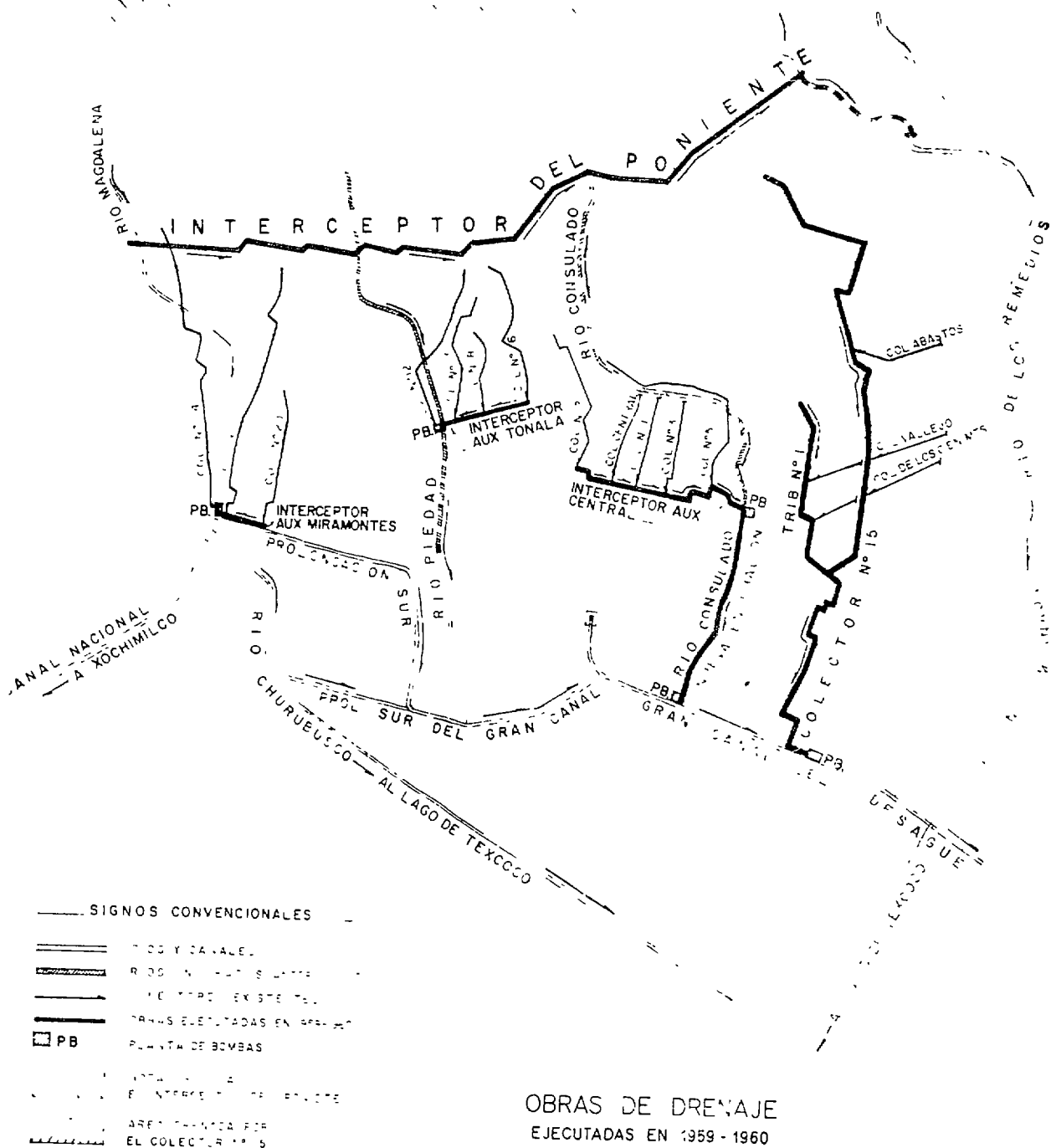


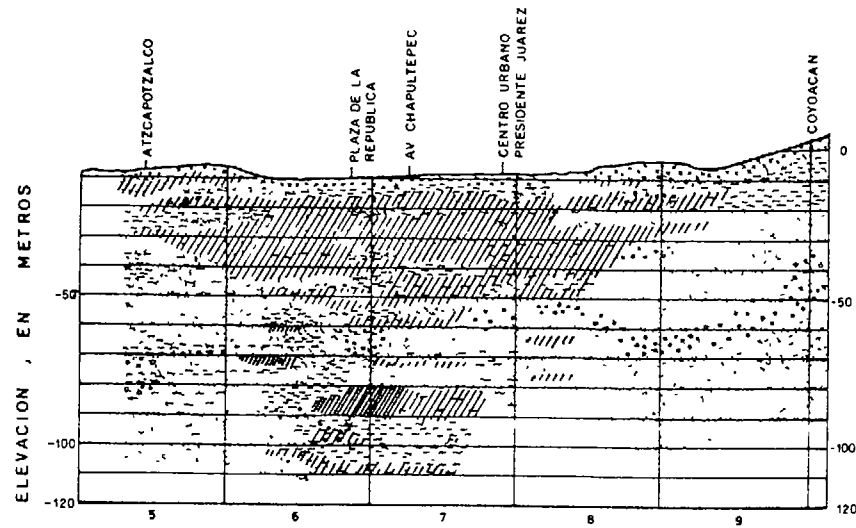
Vista de la subestación reductora de 20,000 a 4160 v y con capacidad de 9,200 kva. Al fondo la casa de máquinas para generar 6,000 kw.



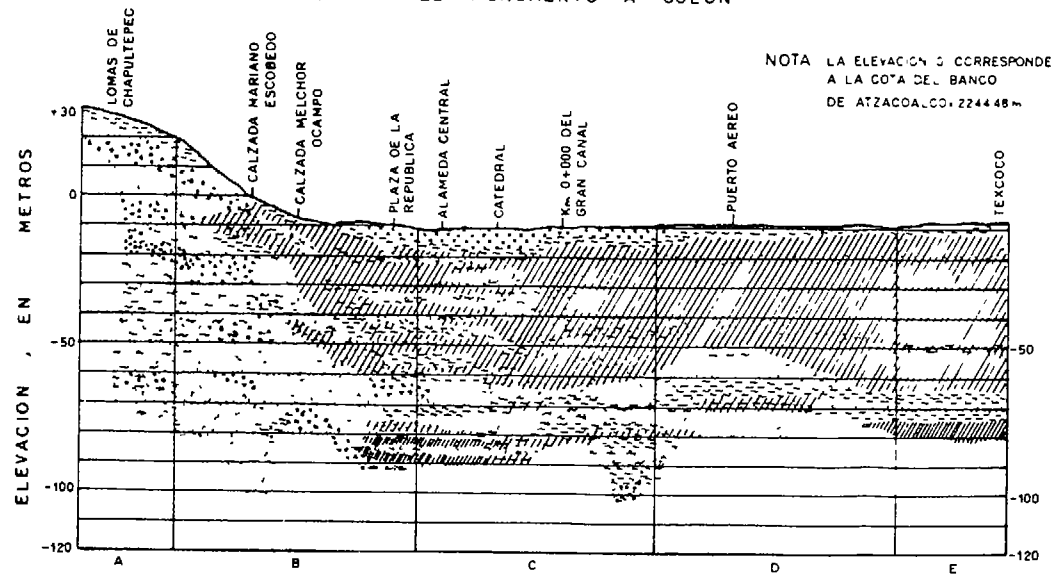
Motor de 800 HP con factor de servicio continuo de 1.25 para las bombas con capacidad de 4 m³/seg.

La construcción de las obras antes descritas, ha representado un gran esfuerzo por parte de las autoridades debido a que en los últimos 8 años la red de alcantarillado prácticamente se ha duplicado, representando esto una erogación aproximada de \$ 1.000 millones de pesos y gracias a lo cual se ha logrado dar un paso firme en la construcción de un sistema de saneamiento adecuado, como corresponde a la Capital de la República.

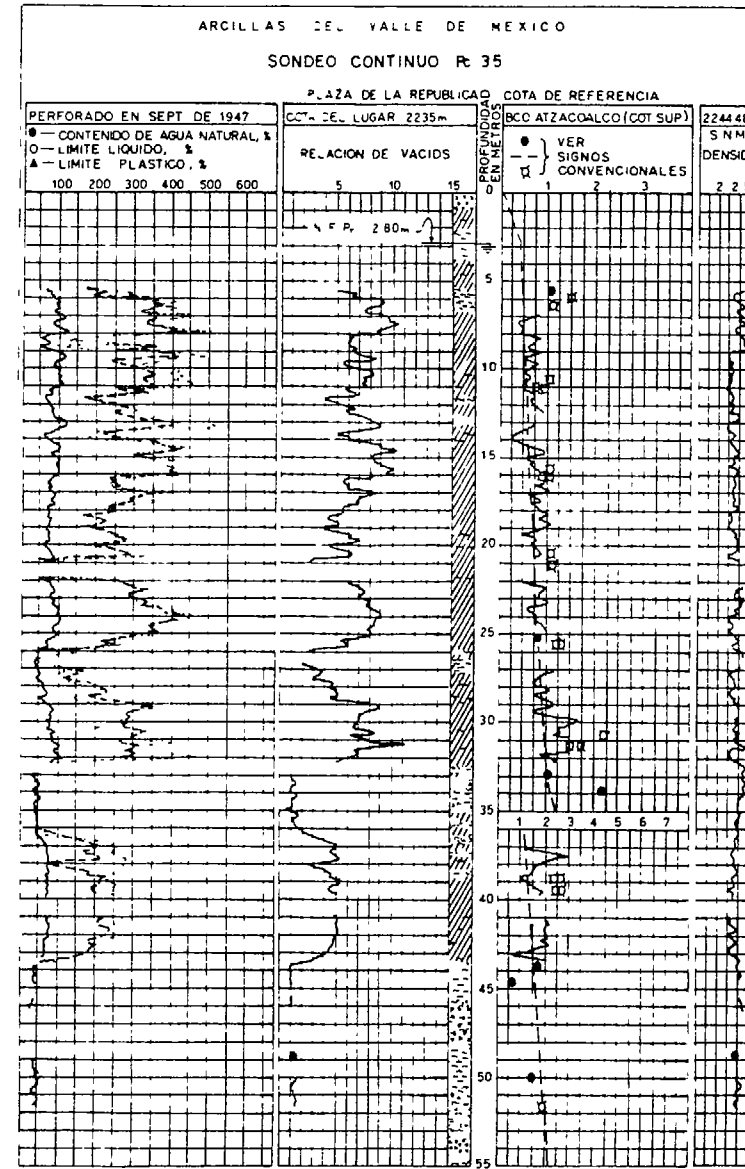




CORTE N-S POR EL MONUMENTO A COLON



CORTE E-W POR EL MONUMENTO A COLON



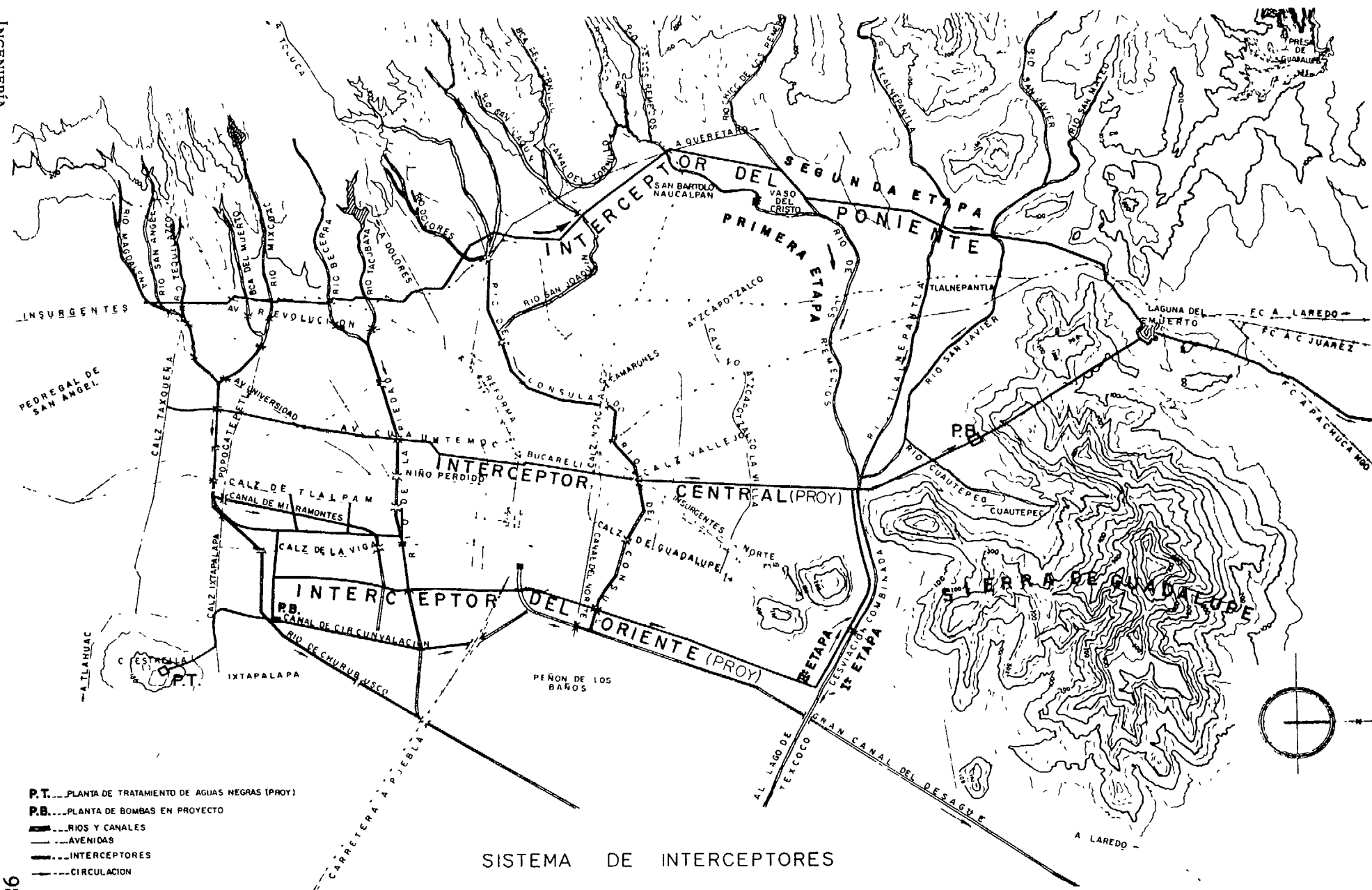
VALORES MEDIOS

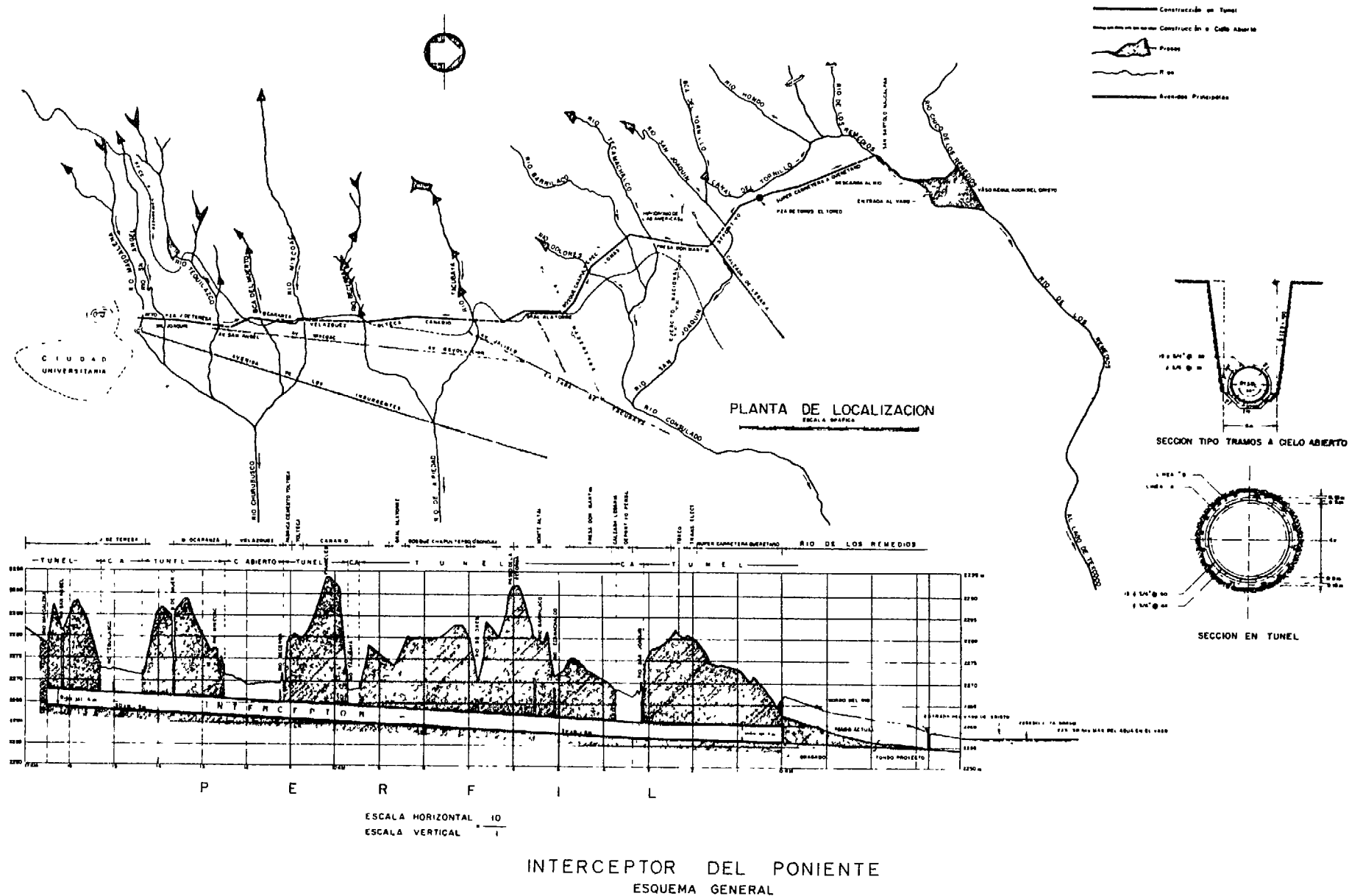
PROPIEDAD	SÍMBOLO	UNIDAD	VALOR MEDIO	ERROR ESTÁNDAR
CONTENIDO DE AGUA NATURAL	W_j	%	241.9	1.3658
DENSIDAD DE SÓLIDOS	S_s	—	2.42	0.0005
RELACION DE VACÍOS INICIAL	e_j	—	6.12	0.7895
LÍMITE LÍQUIDO	LL	%	254.6	1.57
LÍMITE PLÁSTICO	LP	%	77.6	0.41
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIRECTA	σ_r	kg/cm^2	0.88	0.0090
MÓDULO DE DEFORMACIÓN	M	kg/cm^2	40.6	0.86
CARGA DE PRECONSOLIDACIÓN	p_c	kg/cm^2	1.48	0.02441
COEFICIENTE DE COMPRESIBILIDAD MEDIO	a_v	cm^2/kg	0.51	0.1496
COEFICIENTE DE COMPRESIBILIDAD MÁXIMO	$a_{v \max}$	cm^2/kg	1.95	0.0502
ÍNDICE DE COMPRESIBILIDAD EN LA CARGA	m_c	—	0.474	0.0032
ÍNDICE DE COMPRESIBILIDAD EN LA DESCARGA	m_d	—	0.053	0.00058
COEFICIENTE DE CONSOLIDACIÓN	C_d	$\text{cm}^2/\text{seg} \times 10^1$	1.049	0.0316

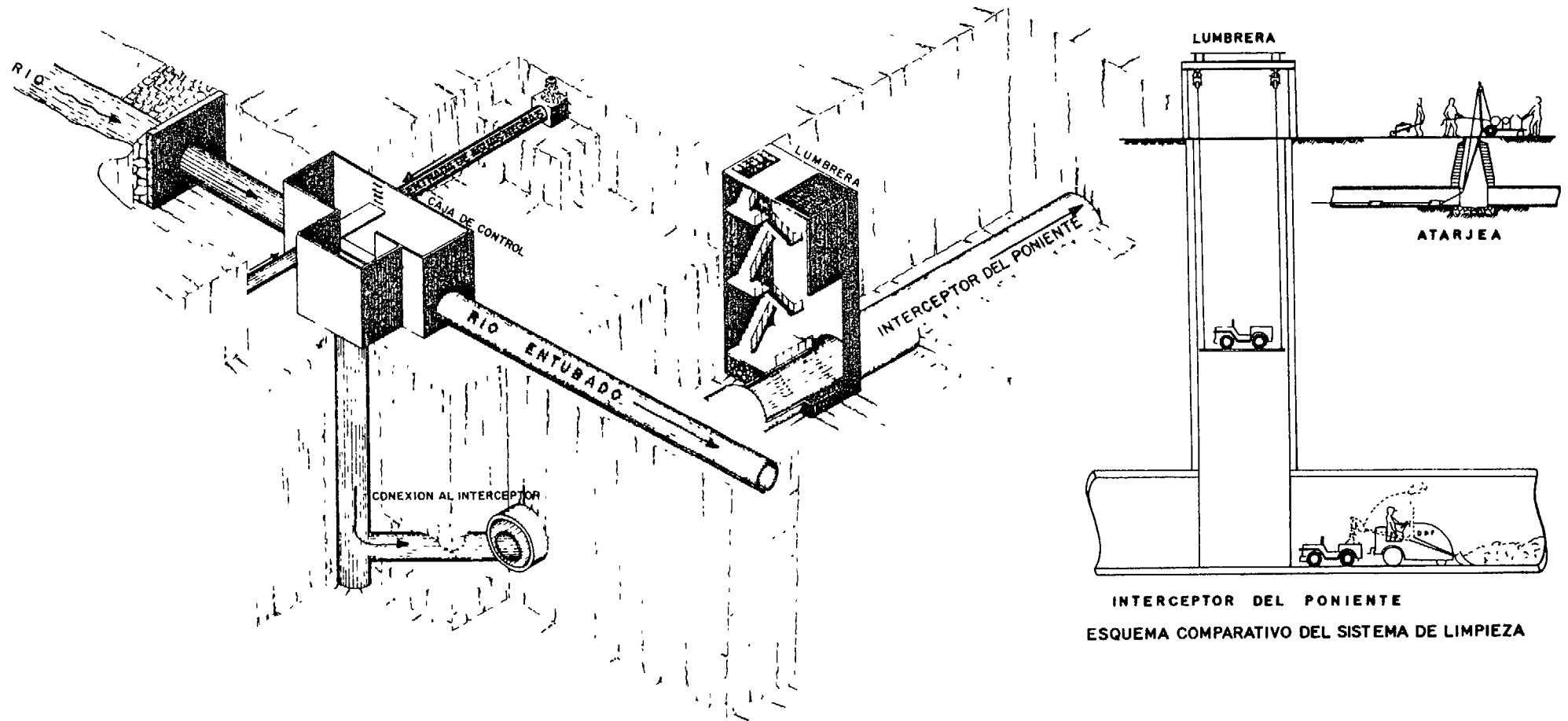
SIGNOS CONVENCIONALES

	RELIEVO		ARENA
	ARCILLA		GRAVA
	LIMO		ARCILLA COMPACTA

- — RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DIRECTA, EN kg/cm^2
- — — ESFUERZOS POR PESO PROPIO DEL TERRENO, EN kg/cm^2
- — CARGAS DE PRECONSOLIDACIÓN, EN kg/cm^2







CONTROL DE ENTRADA DE AGUAS PLUVIALES Y NEGRAS
AL INTERCEPTOR DEL PONIENTE

