

# Túnel de Desvío y Obra de Toma en el Distrito de Riego de Huichapan, Hgo.

POR EL ING. ERNESTO BIESTRO M.  
DE LA SECCION DE AVANCE DEL DEPTO. DE CONSTRUCCION

## DATOS GENERALES

Este túnel está situado en la ladera derecha del Arroyo Hondo, en Huichapan, en el Estado de Hidalgo y sirvió en un principio para la desviación del río durante la construcción de la presa "Madero", utilizándose posteriormente para alojar la tubería de la obra de toma.

Longitud: 168.62 m.

Pendiente: 0.002

Curvas: Una en la entrada y otra a la salida, con las siguientes características P. C.: 2.50 m. P. T.: 31.56 m.  $\theta = 90^\circ$ , R = 18.50 m. P. C.: 139.56 m. P. T.: 168.62 metros,  $\theta = 90^\circ$ , R = 18.50 m.

Clasificación: Túnel proyectado para trabajar primeramente como tubo forzado y para alojar después la obra de toma, teniendo un tapón de concreto de la Est. 56.06 a la Est. 64.06.

Sección terminada: De la Est. 0 a la Est. 56.06 piso horizontal de 2.50 m de ancho, paredes verticales de 1.95 m de altura y clave semicircular de 1.35 m. de radio.

De la Est. 64.06 a la Est. 168.62, piso horizontal de 3.50 m de ancho, paredes de 2.25 m de altura y clave de 1.75 m de radio.

Método de excavación: Ataque en dos frentes con galería de avance y banco.

Clase de revestimiento: Hasta la Est. 56.06 se revistieron de mampostería tanto el piso como las paredes y de concreto simple la clave. De la 64.06 a la 168.62 sólo mampostería en el piso.

Iniciación: Excavación, 20 de marzo de 1936. Revestimiento, febrero de 1938. Inyecciones, abril de 1938.

Terminación: Excavación, julio de 1936 (sólo 40 m<sup>3</sup> de afine en este mes). Revestimiento, mayo 1938; (en septiembre y octubre de 1938 sólo se colocó el piso de mampostería de Est. 64.06 a Est. 168.62). Inyecciones, diciembre de 1938.

## EXCAVACION

Material atacado: Riolita.

Dimensiones de la sección tronada: Piso horizontal de 3.50 m, paredes verticales de 2.25 m y clave de 1.75 m de radio.

Localización, carga y orden de tronado de los barrenos: Véanse figuras 1 y 2.

Profundidad de los barrenos: 1.50 m en la galería de avance y los verticales en el banco de 1.10 m.

Máquinas perforadoras: Dos "Chicago Pneumatic Tool", modelo CP-10 y una "Ingersoll-Rand" modelo S-49.

Tipo de barrenación: Se usó tanto húmeda como seca.

Montaje de las máquinas: Al principio se sostuvieron a mano y después se usó una columna en uno de los frentes.

Explosivos usados: Dinamita extra 40%.

Tamaño de los cartuchos:  $1\frac{1}{3}'' \times 8''$ .

Cantidad de dinamita empleada por metro cúbico excavado: Aproximadamente un kilogramo y medio.

Detonadores: Estopines eléctricos instantáneos número 6 de la C. M. E.

Localización del fulminante: En el último cartucho colocado.

Taco: Arcilla húmeda.

Método de tronado: Se usó explosor, salvo raras ocasiones en que se aplicó fuego directo.

Barrenos disparados por el jefe de la perforación.

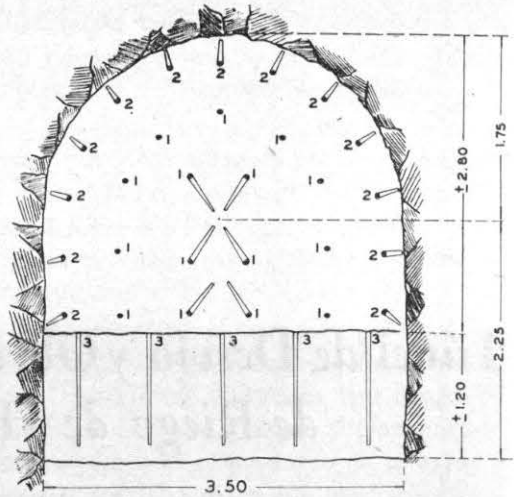


FIGURA NO. 1; SECCION MOSTRANDO LA LOCALIZACION DE LOS BARRENOS TANTO EN LA GALERIA DE AVANCE COMO EN EL BANCO. LOS NUMEROS INDICAN EL ORDEN DE LAS TANDAS DE TRONADO DE LOS MISMOS.

Tratamiento de los barrenos cebados: En la mayor parte de los casos se perforó un barreno cercano y se tronó de modo que el barreno anterior tronara por la misma fuerza de la explosión.

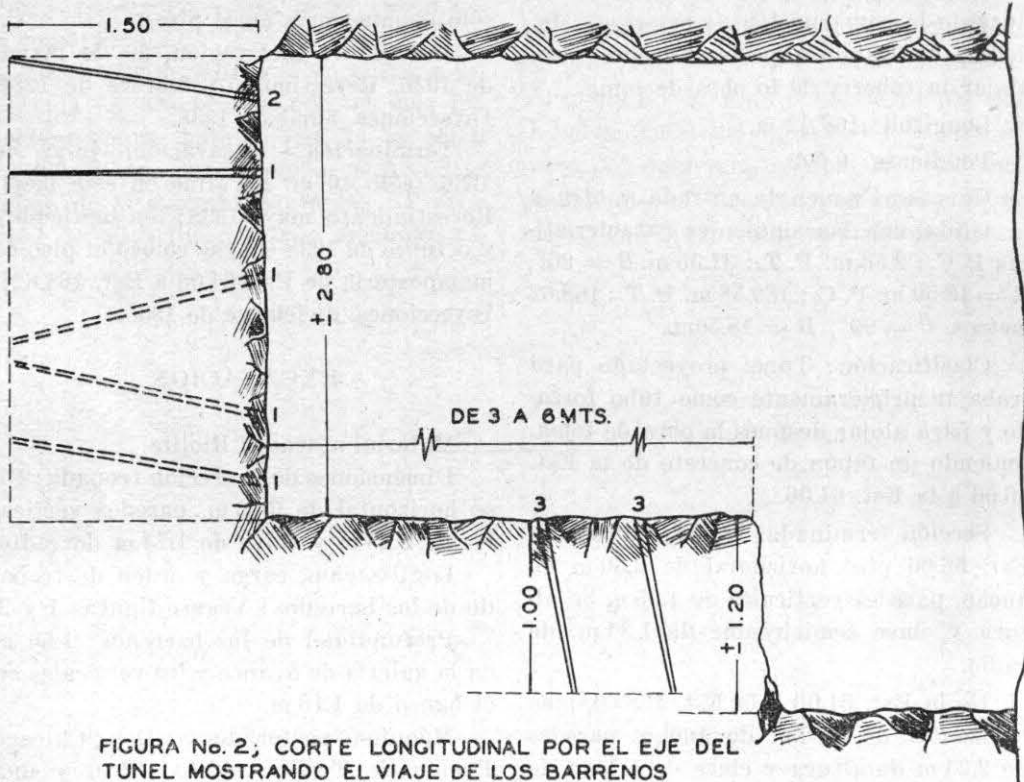


FIGURA No. 2; CORTE LONGITUDINAL POR EL EJE DEL TUNEL MOSTRANDO EL VIAJE DE LOS BARRENOS LA CARGA VARIABA DEL 30 AL 50% DE LA LONGITUD DE LOS BARRENOS.

En algunas otras ocasiones se procuró extraer el cartucho con el estopín y se volvió a cargar.

Modo de fracturarse del material: Pequeños fragmentos; piedras de un pie cúbico, aproximadamente, para poderla acarrear a mano, razón por la cual se usaba más explosivo del necesario.

Longitud avanzada por tronada: Un metro en la sección superior. En el banco se avanzaba hasta dos metros.

La extracción comenzaba: Una hora después de tronar, cuando esto se hacía de día, a la hora de los alimentos, y en la noche se dejaba pasar, más o menos, media hora.

Volumen teórico por metro lineal de avance: 12.686 m<sup>3</sup>.

Avance medio mensual: 55 m.

Ventilación: No se usó equipo especial y sólo se dejaba escapar el aire de la tubería para las pistolas después de tronar.

Línea de alumbrado: Doble línea de alambre de intemperie número 10 y focos de 60 W. y 120 V.

Método de extraer la rezaga: Con vagonetas sobre vía Decauville.

Maquinaria de extracción: Una vagoneta por frente.

Ancho y tamaño del riel usado: Riel de 12 # con 60 cm de ancho.

Acarreos: Los tiraderos estuvieron situados inmediatos a las bocas del túnel.

Personal: Un sobrestante (5.04) que vigilaba dos turnos y un cabo (3.36) para el tercero. Por cada turno y por frente se tenían además tres perforistas (1.84 c/u.), tres ayudantes (1.44 c/u.) y una cuadrilla de 6 hombres (1.04 c/u.) para extraer la rezaga.



Fot. N° 1.

*Vista del túnel hacia la salida mostrando el piso de mampostería, así como la tubería que se usó para la Obra de Toma. Puede apreciarse lo tosco del afine en la sección.*

Tiempo del ciclo: Se efectuaban aproximadamente dos ciclos completos en los tres turnos.

Volumen teórico total de la excavación del túnel: 2,139 M<sup>3</sup>.

Volumen excavado total: 2,269 M<sup>3</sup>.

Sobreexcavación: Como solamente se hizo un afine tosco (Ver Foto Núm. 1), a más de que el túnel fué excavado sin apearse estrictamente a la sección teórica, por no requerirlo así las circunstancias, el volumen sobreexcavado fué muy pequeño: 130 M<sup>3</sup>=6.08%.

Costo unitario directo por M<sup>3</sup>: (Análisis).

	COSTO UNITARIO DIRECTO			%
	Importes	M <sup>3</sup> . Excav.	M <sup>3</sup> Teórico	
Salarios. . . . .	\$ 7 563.39	\$ 3.33	\$ 3.54	31.66
Materiales. . . . .	2 217.75	0.98	1.04	9.28
Dinamita. . . . .	3 000.00	1.32	1.40	12.56
Serv. Aire y Perf. . . . .	8 327.46	3.67	3.89	34.86
Servicio de luz. . . . .	764.90	0.34	0.36	3.20
Talleres Mec. y Carp. . . . .	113.98	0.05	0.05	0.48
Depreciación. . . . .	1 900.00	0.84	0.89	7.95
Totales. . . . .	\$23 887.48	\$10.53	\$11.17	100.00%

Costo directo de excavación por metro lineal de túnel: \$ 141.66.

### EQUIPO USADO:

Aire comprimido: Se comenzó con una compresora portátil "Chicago Pneumatic Tool" de 120 pies cúbicos con motor de gasolina de 30 H. P.

Se continuó después con una compresora "Chicago Pneumatic Tool" Modelo PB-4 de 210 pies cúbicos, montada sobre un tractor "Cletrac".

Perforadoras: Cuatro perforadoras "Chicago Pneumatic Tool" Modelo CP-10 y cinco perforadoras "Ingersoll Rand" Modelos S-49 de 2 1/2" húmedas y secas con entrada para acero exagonal de 7/8".

Planta de luz: Primero se usó una planta "Western Electric" de 1 1/2 K. W., 40 A., 35-42 V. y después se usaron dos plantas "Universal" de 5 K. W., 125 V., 40 A., 1,200 r. p. m. con motor de gasolina de 4 cilindros.

Acero para barrenas: Acero americano perforado exagonal de 7/8".

Acarreo: Cuatro vagonetas de volteo "Decauville" de 60 cm., con capacidad para 0.750 M<sup>3</sup> en forma de V.

Fraguas: Se usó una pequeña portátil.

Explosor: "Atlas" núm. 3, para 50 explosiones.

Aguzadora: Una aguzadora para barrenas "Ingersoll Rand" Modelo I-R 40.

### REVESTIMIENTO

Longitud del tramo revestido: Desde la estación 0 hasta la 8.25 más o menos,

se revistió toda la sección con concreto reforzado. Desde la estación 8.25 hasta la 56.06 con mampostería el piso y paredes y con concreto la clave. De la estación 64.06 a la estación 168.62 se revistió únicamente el piso con mampostería de 3<sup>a</sup> con mortero de cemento.

Sección obtenida y sección terminada: (Ver figura núm. 3.)

Formas usadas: Fijas de madera.

Refuerzos: Sólo en el tramo revestido con concreto de la estación 0 a la 8.25 se colocó refuerzo longitudinal de varillas de 5/8"  $\phi$  y 60 cm. c. a. c. y circulares 5/8"  $\phi$  a 15 cm. c. a. c.

Espesor mínimo del concreto: 30 cm.

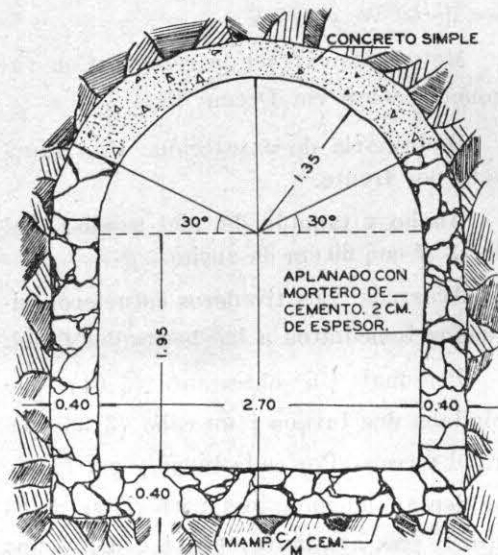


FIGURA NO. 3. REVESTIMIENTO.

Sección mostrando el revestimiento del túnel.

**Espesor mínimo de la mampostería:**  
40 cm.

**Agregados:** Cemento, arena y grava en la proporción 1:3:5 con 30 litros de agua por saco de cemento.

**Acarreos:** El concreto se producía en la margen izquierda, de donde era bajado por canalones de madera hasta la boca del túnel, introduciéndolo de allí al interior con carretillas para concreto.

Cantidades de trabajo	Cantidad	Importe	Costo Unit.
Mampostería 3ª.....	249 M <sup>3</sup>	\$ 9 226.26	\$ 37.05
Concreto "C".....	128 M <sup>3</sup>	5 800.99	45.32
Refuerzo.....	1 103 Kg.	320.79	0.29
Formas.....	128 M <sup>3</sup>	2 334.91	18.24
Piso mampostería..... (Est. 64.06 a 168.62).	129 M <sup>3</sup>	4 088.50	31.69
Aplanado Mort. Cem.....	202 M <sup>2</sup>	862.59	4.27

### EQUIPO ADICIONAL PARA EL REVESTIMIENTO:

Una pulverizadora "Jeffrey" tipo "B", para moler grava y producir arena para el concreto. Esta máquina se usaba principalmente para el concreto de revestimiento de la cortina.

Una quebradora "Austin" Núm. 104, que se utilizaba principalmente produciendo agregados para el concreto de la losa de la cortina.

Una mezcladora portátil "Rex" 5-S con motor "Le Roi".

Cuatro carros para concreto de 6 pies cúbicos de capacidad.

### INYECCIONES

**Tramo inyectado:** De la estación 0+000 a la estación 0+056.06.

**Profundidad de los tubos:** Sólo atravesaban la mampostería y el concreto puestos a tope en las grietas en los sitios necesarios. En algunos casos se perforaron de 1 a 2 metros de profundidad, cuando las grietas eran grandes.

**Proporción de la lechada:** Un litro de agua por kg. de cemento y cuando la grieta era muy amplia se ponía 1 litro de agua por cada 2 kg. de cemento.

**Presión adoptada:** Generalmente se inyectó sólo de 10 a 15 libras por pulgada cuadrada entre el revestimiento y la roca para no fracturar la mampostería, pero



Fot. N° 2.  
*Revestimiento de las paredes. Pueden apreciarse los tubos abogados en la mampostería, que servirán posteriormente para el inyectado.*

en algunos casos se alcanzó hasta 80 libras por pulgada cuadrada.

Metros lineales perforados: 325 M. L.

Importe directo: \$ 3,324.27.

Costo unitario directo: \$ 10.23 M. L.

Pozos inyectados: 49.

Importe directo: \$ 4,186.38.

Costo unitario directo: \$ 85.43 pozo.

**EQUIPO ADICIONAL PARA LAS INYECCIONES**

Un inyector marca "Union Iron Works" de 10 pies cúbicos con motor neumático de tres cilindros.

**IMPORTES Y COSTOS TOTALES**

**Importes:**

Directo. . . . .	\$ 32 470.73	57.3%
Indirecto. . . . .	24 201.95	42.7%
<b>Total. . . . .</b>	<b>\$ 56 672.68</b>	

**Costo por metro cúbico:**

	Excavado	Teórico
Directo. . . . .	\$ 14.31	\$ 15.18
Indirecto. . . . .	10.67	11.31
<b>Total. . . . .</b>	<b>\$ 24.98</b>	<b>\$ 26.49</b>

**Costo por metro lineal de túnel:**

Directo. . . . .	\$ 192.57
Indirecto. . . . .	143.53
<b>Total. . . . .</b>	<b>\$ 336.10</b>

Para tener incluido el cargo por concepto de Obras Provisionales, todos los importes y costos unitarios dados, deberán incrementarse en 3.8% el directo y 4.3% el indirecto.

**PERSONAL:**

Superintendentes:	Ing. Florencio Fuertes Ramírez. . . . .	(Excavación).
	Ing. Abraham G. Sánchez. . . . .	(Revestimiento).
	Ing. Crescencio Ballesteros Y. . . . .	(Inyecciones).
Residentes:	Ing. Pablo González López. . . . .	(Excavación).
	Ing. Alfredo Marrón. . . . .	(Revestimiento).
	Ing. Crescencio Ballesteros Y. . . . .	(Inyecciones).