

ANEXO D

EVALUACIÓN PRELIMINAR DE
LA OPCIÓN DE TÚNEL

Evaluación Preliminar de la Opción de Túnel

El Consultor solicitó comentarios y sugerencias sobre la opción del túnel a una empresa contratista especialista en túneles, con experiencia en Latino América. Los datos presentados incluyeron longitudes de tramos, diámetros, alrededores de los pozos, y características básicas de la roca. La disertación abajo indica la repuesta del contratista. Los costos presentados aquí no se pueden comparar con otros costos en el informe ya que son exclusivamente para el túnel, y no incluye otras obras civiles.

Se han evaluado detenidamente los datos con relación al proyecto de Saneamiento de la Bahía de la Ciudad de Panamá. Se han considerado todas las soluciones involucrando, las técnicas de tunelaje y microtunelaje tomando en cuenta sus ventajas y limitaciones. Se han considerado las siguientes hipótesis sugeridas:

- Las posiciones de los pozos son fijadas.
- No cambiar la pendiente del colector ni las profundidades en las cuales intercepta los pozos A a F.
- Distancia entre los pozos F y E: 660 m, diámetro interior mínimo 1.52 m.
- Distancia entre los pozos E y D: 860 m, diámetro interior mínimo 1.52 m.
- Distancia entre los pozos D y C: 2,600 m, diámetro interior mínimo 1.98 m.
- Distancia entre los pozos C y B: 3,400 m, diámetro interior mínimo 2.13 m.
- Distancia entre los pozos B y A: 2,800 m, diámetro interior mínimo 2.44 m.
- Profundidad media del colector: 20 m con relación a la superficie del terreno. La carga hidráulica promedio arriba del nivel del colector alcanza los 10 m.
- El colector esta alojado en el terreno rocoso: Aglomerados ($R_c = 300$ a 500 kg/cm^2) o Lutitas ($R_c = 120$ a 170 kg/cm^2).

La contratista ha considerado 3 variantes de ejecución del colector mediante las técnicas de tunelaje y microtunelaje:

Variante 1:

Usa una sistema de "uno paso" donde el túnel está revestido con un sistema propio con dovelas de hormigón diseñado especialmente para servir como la tubería final. Ejecución mediante tunelaje utilizando dos tuneladoras.

Revestimiento único mediante dovelas de hormigón armado de diámetro interior 2950 mm. Los pozos B y D sirven como pozos de trabajo (uno por tuneladora). Los pozos A, C y E sirven como pozos de salida de las tuneladoras.

Ver el programa tentativo de ejecución anexo (fichero Prog-V01-Tunnels). Incluye las fases de ejecución de los túneles. La ejecución de los pozos se realiza en tiempo escondido es decir durante la espera de la llegada de las tuneladoras y durante la ejecución de los túneles.

El diámetro interior considerado de 2950 mm, aún si es bastante superior a los

valores requeridos es el mínimo permitido para la ejecución de los túneles con gran longitud. Este diámetro está fijado por razones constructivas.

Presupuesto estimado de ejecución: B/. 57 millones. Este presupuesto incluye todo los recursos y materiales para la ejecución de los trabajos considerados: Túneles terminados y pozos. No incluye instalaciones adicionales ni ningún tipo de obra civil no descrita aquí.

Variante 2:

Ejecución mediante tunelaje entre los pozos A y C. Ejecución mediante microtunelaje de tipo "pipe jacking" entre los pozos E y C.

Parte Tunelaje:

El pozo B sirve como pozo de trabajo y los pozos A y C como pozos de salida de la tuneladora. Revestimiento único mediante dovelas de hormigón armado de diámetro interior 2950 mm. Este valor de diámetro interior fue elegido por las razones expuestas en la Variante 1.

Parte Microtunelaje:

Ejecución mediante el uso de una microtuneladora y la hincada de tubería de hormigón armado de diámetro interior 2000 mm. Este valor fue elegido para usar una sola microtuneladora (economía) y cubrir el diámetro mínimo requerido entre los pozos E y C.

A parte de los pozos E, D y C, se necesitaría la ejecución de 8 pozos adicionales provisionales ya que la distancia máxima de hincada es limitada, sobre todo en roca. Se ha considerado aquí que la distancia promedio de cada tramo hincado es alrededor de 430 m. Habría que ejecutar entonces 10 tramos de hincada entre los pozos E y C (4 entre los pozos E y D, 6 entre los pozos D y C). Los pozos adicionales serían puestos en calles y servidumbres disponibles sobre el alineamiento propuesto del túnel.

Ver el programa tentativo de ejecución anexo (fichero Prog-V01-Tunnel-Micro). Incluye las fases de ejecución de la parte con tunelaje y de la parte con microtunelaje. La ejecución de los pozos se realiza en tiempo escondido es decir durante la espera de la llegada de la tuneladora y microtuneladora y durante la ejecución de los tramos de túnel y microtúnel.

Presupuesto estimado de ejecución: \$54 million USD. Este presupuesto incluye todo los recursos y materiales para la ejecución de los trabajos considerados: túneles y microtúneles terminados y pozos (fijos y provisionales). No incluye instalaciones adicionales ni ningún tipo de obra civil no descrita aquí.

Variante 3:

Ejecución mediante el uso de una microtuneladora para todo el tramo. Ejecución mediante microtunelaje DN2500 entre los pozos A y C. Ejecución mediante microtunelaje DN2000 entre los pozos E y C.

Parte Microtunelaje DN2500:



Ejecución mediante el uso de una microtuneladora y la hincada de tubería de hormigón armado de diámetro interior 2500 mm. Este valor fue elegido para usar una sola microtuneladora (economía) y cubrir el diámetro mínimo requerido entre los pozos A y C.

A parte de los pozos A, B y C, se necesitaría la ejecución de 9 pozos adicionales provisionales ya que la distancia máxima de hincada es limitada, sobre todo en roca. Se ha considerado aquí que la distancia promedio de cada tramo hincado es alrededor de 560m. Habría que ejecutar entonces 11 tramos de hincada entre los pozos A y C (5 entre los pozos A y B, 6 entre los pozos B y C).

Parte Microtunelaje DN2000:

Ejecución mediante el uso de una microtuneladora y la hincada de tubería de hormigón armado de diámetro interior 2000 mm. Este valor fue elegido para usar una sola microtuneladora (economía) y cubrir el diámetro mínimo requerido entre los pozos E y C.

A parte de los pozos E, D y C, se necesitaría la ejecución de 8 pozos adicionales provisionales ya que la distancia máxima de hincada es limitada, sobre todo en roca. Se ha considerado aquí que la distancia promedio de cada tramo hincado es alrededor de 430m. Habría que ejecutar entonces 10 tramos de hincada entre los pozos E y C (4 entre los pozos E y D, 6 entre los pozos D y C).

Ver el programa tentativo de ejecución anexo (fichero Prog-V01-Micros). Incluye las fases de ejecución mediante microtunelaje. La ejecución de los pozos se realiza en tiempo escondido es decir durante la espera de la llegada de las microtuneladoras y durante la ejecución de los tramos de microtunel.

Presupuesto estimado de ejecución: \$51 USD. Este presupuesto incluye todo los recursos y materiales para la ejecución de los trabajos considerados: Microtuneles terminados y pozos (fijos y provisionales). No incluye instalaciones adicionales ni ningún tipo de obra civil no descrita aquí.

Cost Estimate - Tunel de Paitilla a PTAR Juan Díaz

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio per unidad	Costo
Construcción de túnel				
Mobilizacion de tuneladora	1	cu	1,000,000	1,000,000
Excavación de máquina taladradora de 12 ft	10,508	m	2,600	27,320,800
Revestimiento de tunel	10,508	m	1,200	12,609,600
Tubería de 60", material solo	1,519	m	300	455,700
Tubería de 78", material solo	2,718	m	390	1,060,020
Tubería de 84", material solo	3,560	m	420	1,495,200
Tubería de 96", material solo	2,711	m	480	1,301,280
Instalación de tubería	10,508	m	250	2,627,000
Lechada de cemento	74,000	m3	50	3,700,000
Pozos				
Pozo F - Avenida Balboa				
Excavación de suelo	2,050	m3	10	20,499
Entibamiento de la excavación	184	m2	50	9,189
Excavación de roca dura	6,786	m3	120	814,301
Relleno y compactación	8,420	m3	8	67,362
Mejoramientos miscelaneos en el sitio	1	u	30,000	30,000
Pozos y cámara				
Hormigón reforzado en Losa Suspendida	2	m3	400	752
Hormigón reforzado en Muros	49	m3	400	19,406
Hormigón reforzado en Losa de Fondo	17	m3	200	3,488
Estructura "vortex" de PVC	1	u	50,000	50,000
Electricidad e Iluminación en el Sitio	1	u	10,000	10,000
Pozo E - Marbella				
Excavación de suelo	4,877	m3	10	48,773
Entibamiento de la excavación	372	m2	50	18,614
Excavación de roca dura	6,432	m3	120	771,889
Relleno y Compactación	11,310	m3	8	90,478
Mejoramientos miscelaneos en el sitio	0	u	100,000	0
Electricidad e Iluminación en el Sitio	0	u	50,000	0
Pozo D - Multiplaza				
Excavación de suelo	6,998	m3	10	69,979
Entibamiento de la excavación	514	m2	50	25,683
Excavación de roca dura	6,079	m3	120	729,478
Relleno y Compactación	12,468	m3	8	99,748
Mejoramientos miscelaneos en el sitio	1	u	100,000	100,000
Pozos y cámara				
Hormigón reforzado en Losa Suspendida	2	m3	400	752
Hormigón reforzado en Muros	69	m3	400	27,730
Hormigón reforzado en Losa de Fondo	17	m3	200	3,488
Estructura "vortex" de PVC	1	u	50,000	50,000
Electricidad e Iluminación en el Sitio	1	u	50,000	50,000
Pozo C - Río Abajo				
Excavación de suelo	10,249	m3	10	102,494
Entibamiento de la excavación	730	m2	50	36,521
Excavación de roca dura	4,241	m3	120	508,938
Relleno y Compactación	13,818	m3	8	110,543
Mejoramientos miscelaneos en el sitio	1	u	100,000	100,000
Pozos y cámara				
Hormigón reforzado en Losa Suspendida	2	m3	400	752
Hormigón reforzado en Muros	76	m3	400	30,504
Hormigón reforzado en Losa de Fondo	17	m3	200	3,488

Cost Estimate - Tunel de Paitilla a PTAR Juan Díaz

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio per unidad	Costo
Estructura "vortex" de PVC	1	u	50,000	50,000
Electricidad e Iluminación en el Sitio	1	u	50,000	50,000
Pozo B - Matías Hernández				
Excavación de suelo	6,857	m3	10	68,565
Entibamiento de la excavación	504	m2	50	25,211
Excavación de roca dura	5,160	m3	120	619,208
Relleno y Compactación	11,456	m3	8	91,651
Mejoramientos miscelaneos en el sitio	1	u	100,000	100,000
Pozos y cámara				
Hormigón reforzado en Losa Suspendida	2	m3	400	752
Hormigón reforzado en Muros	64	m3	400	25,649
Hormigón reforzado en Losa de Fondo	17	m3	200	3,488
Estructura "vortex" de PVC	1	u	50,000	50,000
Electricidad e Iluminación en el Sitio	1	u	50,000	50,000
Pozo A - EB PTAR				
Excavación de suelo	5,372	m3	10	53,721
Entibamiento de la excavación	405	m2	50	20,263
Excavación de roca dura	7,351	m3	120	882,159
EB-PTAR				
Trabajo de Sitio				
Rellenar y compactar excavación	6,200	m3	8	49,600
Miscelanea	1	cu	100,000	100,000
Estructural				
Losa fonda	550	m3	200	110,000
Muros	1,980	m3	400	792,000
Losa suspendida	190	m3	400	76,000
Escaleras de concreto	70	m3	300	21,000
Paredes de bloque	130	m2	50	6,500
Techo	310	m2	40	12,400
Mecánica				
Bombas submergibles de 1,350 lps @ 30 m (650 HP)	6	cu	300,000	1,800,000
Exclusa de compuerta 96"	1	cu	75,000	75,000
Exclusa de compuerta 1.4 m x 0.6 m	6	cu	20,000	120,000
Tubería de 18" hierro dúctil c/bridas	25	m	150	3,750
Codo 18" hierro dúctil c/bridas	9	cu	500	4,500
Acople 18" hierro dúctil c/bridas	6	cu	1,000	6,000
Tubería de 36" hierro dúctil c/bridas	200	m	550	110,000
Codo 36" hierro dúctil c/bridas	200	m	1,500	300,000
Acople 36" hierro dúctil c/bridas	200	m	1,200	240,000
Válvula Flap de 36"	6	u	3,000	18,000
Grúa de puente 5 T x 8 m	1	u	40,000	40,000
Grúa tipo jib 5 T x 7 m	1	cu	30,000	30,000
Ventiladores, 15,000 cfm - 1 HP	2	cu	5,000	10,000
Ducto de aire	2	cu	2,000	4,000
Compresora de aire - 5 HP	1	cu	2,000	2,000
Escotilla - 1 m x 1 m	1	cu	1,500	1,500
Escotilla - 2 m x 2 m	1	cu	2,000	2,000
Escotilla -3 m x 3 m	1	cu	3,000	3,000
Electricidad				
Interruptores	2	cu	30,000	60,000
Transfer switch	1	cu	50,000	50,000
Starters	6	cu	30,000	180,000
Breakers	6	cu	20,000	120,000

Cost Estimate - Tunel de Paitilla a PTAR Juan Díaz

Descripción	Cantidad	Unidades	Precio per unidad	Costo
Panel de voltaje bajo	2	cu	10,000	20,000
Iluminación	1	cu	50,000	50,000
Alambriamiento miscelaneo	1	cu	100,000	100,000
Mejoramientos a sistema de distribución de PTAR	1	cu	500,000	500,000
Conexiones con Colectora Mataznillo y Emisor Boca La Caja				
Remoción de capa vegetal	0	m2	3	0
Excavación de zanja -arcilla	11,000	m3	6	66,000
Excavación de zanja - roca	0	m3	30	0
Retención temporaria/seguridad de zanja < 3 m	100	ml	54	5,400
Retención temporaria/seguridad de zanja > 3 m	1,600	ml	110	176,000
Tubería de 48" GRP	440	ml	270	118,800
Tubería de 36" GRP	1,300	ml	170	221,000
Relleno de material selecto de grava - compactado 95	2,500	m3	25	62,500
Relleno aceptado - compactado 90%	5,600	m3	15	84,000
Transporte y Disposición de material excedente	6,100	m3	5	30,500
Cámaras de inspección - <3 m prof.	1	Unidad	1,200	1,200
Cámaras de inspección - 3 < prof. < 6	15	Unidad	4,000	60,000
Cámaras de inspección - >6 m prof.	5	Unidad	2,500	12,500
Capa base	750	m3	25	18,750
Pavimiento de asfalto - 80 mm	2,500	m2	50	125,000
Pintar y rayar de calle	1	Global	5,000	5,000
Reparaciones miscelaneas al servidumbres	1	Global	30,000	30,000
Subtotal, costo de construcción				63,700,000
Investigaciones y ingeniería				
Investigación geotécnica				500,000
Topografía - aerial y terrestre				100,000
Diseño (~5%)				3,000,000
Subtotal, costos suaves				3,600,000
TOTAL				67,300,000

0.09

		Operadores	Precio por Año	Mecanicos	Precio por Año	#bombas	HP	kW-hr	Costo por Año
68 Estación de Bombeo PTAR	2010	1	9,000	1	12,000	3.5	650	14,862,000	1,358,580
41 Limpieza de Tunel	2010								100,000
41 Limpieza de pozos	2010	2	9,000						18,000
<hr/>									1,476,580

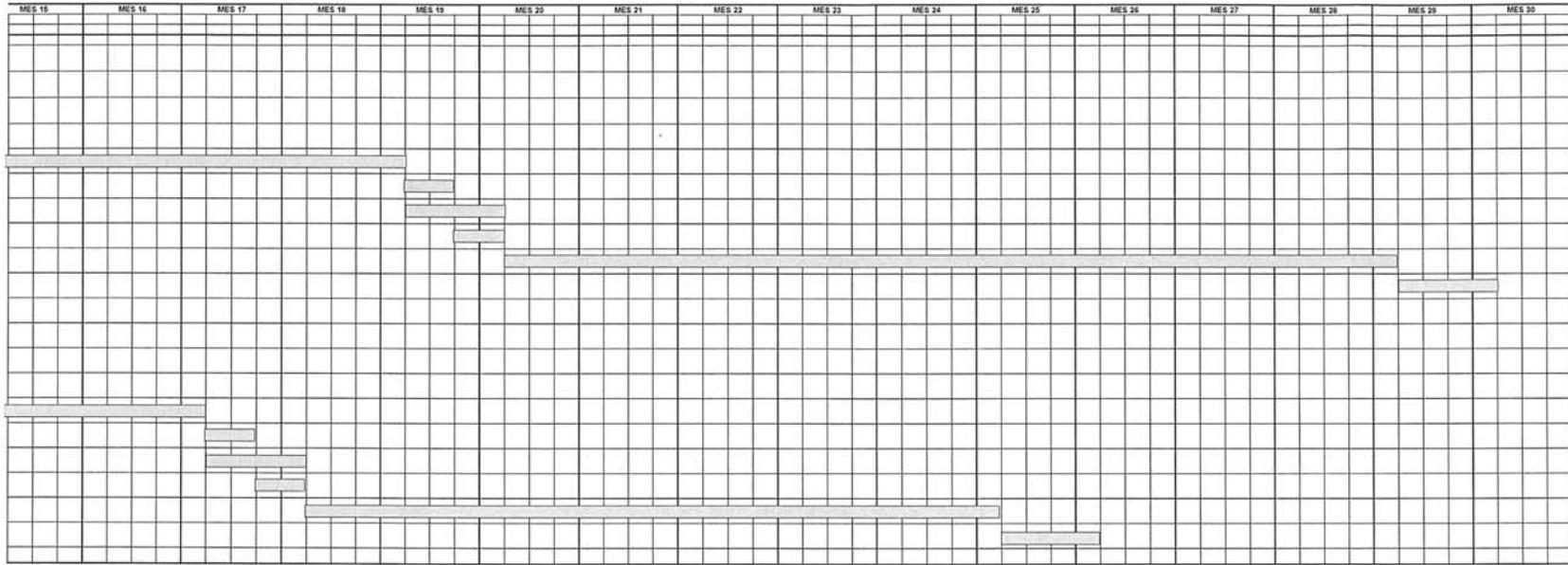
Cost Estimate - Micro-tunnel Ave Balboa de Paitilla a Mercado de Pescado

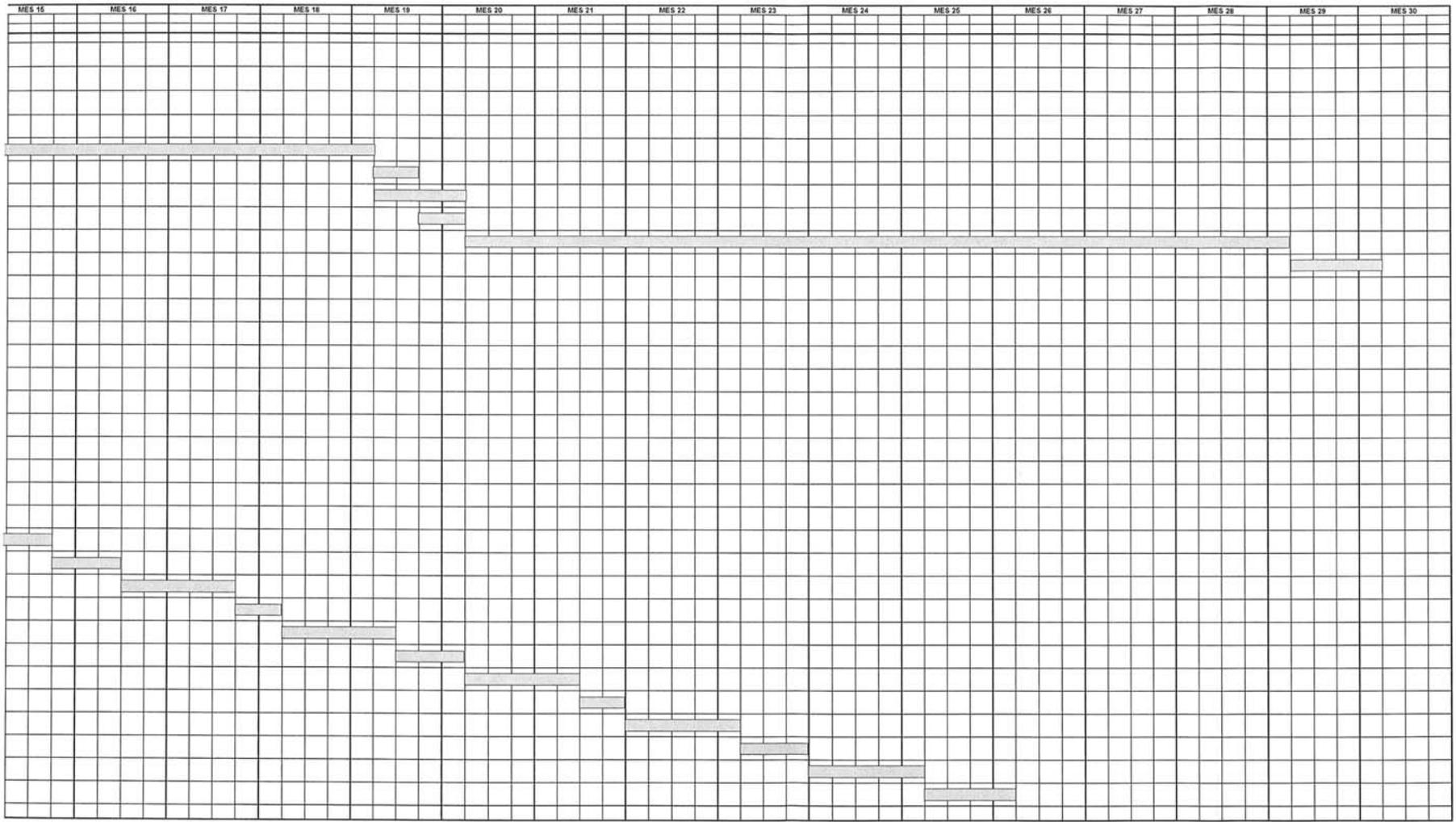
Descripción	Cantidad	Unidades	Precio Unitario	Costo
Microtunnel en Ave. Balboa				
Trabajo de Sitio				
Re-pavimiento	900	m2	45	40,500
Miscelanea	1	cu	100,000	100,000
Desviaciones	18	cu	50,000	900,000
Dique	1,100	m3	10	11,000
Pozos de trabajo				
Excavación - roca	2,700	m3	100	270,000
Excavación - suelo	4,800	m3	5	24,000
Tablestaca	2,600	m2	50	130,000
Control de agua subterranea	9	cu	10,000	90,000
Rellenar de pozos simples	6,500	m3	4	26,000
Desechos	1,000	m3	2	2,000
Pipe Jacking				
para tubería de 60"	2,200	m3	3,200	7,040,000
para tubería de 48"	800	m3	3,000	2,400,000
Cámaras				
Excavación - roca	150	m3	100	15,000
Excavación - suelo	1,900	m3	5	9,500
Tablestaca	1,200	m2	50	60,000
Control de agua subterranea	9	cu	3,000	27,000
Hormigón	770	m3	380	292,600
Conexiones a existentes	14	cu	5,000	70,000
Rellenar y compactar excavación	760	m3	4	3,040
Desechos	1,300	m3	2	2,600
TOTAL				11,600,000

SANEAMIENTO DE LA BAHIA DE PANAMA

EXCAVACION CON TUNELADORA Y REVESTIMIENTO CON DOVELAS H.A. 4 TRAMOS DE TUNELES.

ACTIVIDAD	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5				MES 6				MES 7				MES 8				MES 9				MES 10				MES 11				MES 12				MES 13				MES 14			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
TUNELADORA 1																																																								
FABRICACION DE LA TBM1 Y TRANSPORTE A OBRA	[Barra de actividad]																																																							
INSTALACION EN OBRA. POZO B.	[Barra de actividad]																																																							
FASE INICIAL DE ARRANQUE. TUNEL B-A	[Barra de actividad]																																																							
EXCAVACION TUNEL B-A (2600 M).	[Barra de actividad]																																																							
RETORNO DE LA TUNELADORA AL POZO B.	[Barra de actividad]																																																							
DESINSTALACION EN EL TUNEL B-A.	[Barra de actividad]																																																							
FASE INICIAL DE ARRANQUE. TUNEL B-C	[Barra de actividad]																																																							
EXCAVACION TUNEL B-C (3400M).	[Barra de actividad]																																																							
SALIDA DE LA TUNELADORA Y DESINSTALACION EN EL TUNEL B-C	[Barra de actividad]																																																							
TUNELADORA 2																																																								
FABRICACION DE LA TBM1 Y TRANSPORTE A OBRA	[Barra de actividad]																																																							
INSTALACION EN OBRA. POZO D.	[Barra de actividad]																																																							
FASE INICIAL DE ARRANQUE. TUNEL D-E	[Barra de actividad]																																																							
EXCAVACION TUNEL D-E (1700 M).	[Barra de actividad]																																																							
RETORNO DE LA TUNELADORA AL POZO D.	[Barra de actividad]																																																							
DESINSTALACION EN EL TUNEL D-E.	[Barra de actividad]																																																							
FASE INICIAL DE ARRANQUE. TUNEL D-C	[Barra de actividad]																																																							
EXCAVACION TUNEL D-C (2600M).	[Barra de actividad]																																																							
SALIDA DE LA TUNELADORA Y DESINSTALACION EN EL TUNEL D-C	[Barra de actividad]																																																							





SANEAMIENTO DE LA BAHIA DE PANAMA

EXCAVACION CON MICROTUNELADORA E HINCA DE TUBERIA H.A. DN2500 ENTRE LOS POZOS A Y C (11 TRAMOS).
 EXCAVACION CON MICROTUNELADORA E HINCA DE TUBERIA H.A. DN2000 ENTRE LOS POZOS C Y E (10 TRAMOS).

