
ANEXO III

COSTO DE DRAGADO

1 INTRODUCCIÓN

El costo de dragado contempla una mecánica de cálculo distinta a la del resto de los costos de obras civiles. Básicamente se ha utilizado un documento elaborado por el sector de costos de la Gerencia de Proyectos Litoral (Paraná Medio) de A y EE.

En dicho documento se presentan los costos directos de las dragas, del equipo auxiliar y los rendimientos para cuatro tipos de draga y diversas longitudes de refulado.

2 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

La mecánica de cálculo consiste básicamente en:

- Determinación del rendimiento del dragado
- Determinación del costo directo de las dragas
- Determinación del costo directo de los equipos auxiliares
- Cálculo del costo unitario total de dragado

2.1 DETERMINACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL DRAGADO

Los rendimientos diarios se consideraron tal y como son suministrados en dicho informe. El pasaje a rendimientos horarios fue hecho contabilizando las horas de operación que se consignan en el informe. Los valores obtenidos se muestran en la tabla adjunta en función de la longitud de refulado para cada tipo de draga (HP355, HP1100, HP2200 y HP4400) y suelo (arena fina, mediana y gruesa).

2.2 DETERMINACIÓN DEL COSTO DIRECTO DE LAS DRAGAS

El costo horario de las dragas se obtuvo del mismo modo que el utilizado para los restantes equipos de obra civil, a partir del costo de reposición, período de amortización, vida útil, etc.. (Ver tabla de equipos.) Ese costo es independiente de la distancia de refulado y solo depende del tipo de draga.

Costo horario de draga [\$/h] = CHd para cada draga (De Planilla de Equipos)

MANUAL DE PROCEDIMIENTOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS DE CONSTRUCCIÓN DE APROVECHAMIENTOS HIDROELÉCTRICOS

Tabla 1: Rendimiento de dragas para las distintas longitudes de refulado (m³/h)

Material	Arena Gruesa				Arena Mediana				Arena Fina			
Potencia Draga(HP)	355	1100	2200	4400	355	1100	2200	4400	355	1100	2200	4400
Longitud refulado (m)												
250	256,45	499,95	899,3	1194,7	246,75	506,45	889,55	1178,5	259,7	512,95	915,5	1188,2
500	227,05	499,95	899,3	1194,7	228,4	506,45	889,55	1178,5	244,3	512,95	915,5	1188,2
750	188,65	484,7	899,3	1194,7	201,7	506,45	889,55	1178,5	220,3	512,95	915,5	1188,2
1000	167,7	408,15	861,4	1194,7	178,55	471,6	889,55	1178,5	199,9	504,7	915,5	1188,2
1250	97,4	254,05	773,7	1194,7	158,95	429,65	853,15	1178,5	182,85	476,1	913	1188,2
1500	60,1	151,5	512,95	1194,7	142,85	376,8	780,35	1178,5	169,25	447,5	854,45	1188,2
1750		123,1	324,95	1161,3	106,4	312,85	707,55	1178,5	159,2	418,95	803,1	1188,2
2000			209,7	964,95	74,65	227,25	619,95	1178,5	149,6	390,35	759,05	1188,2
2250				914,95	47,7	156,95	481,75	1147,15	138,6	361,75	722,2	1188,2
2500				763,7		101,95	359,55	1081,85	126,25	333,15	692,35	1151,35
2750				589,9			253,25	1016,6	112,55	304,55	659,75	1151,35
3000				443,55			162,75	951,3	97,5	275,95	622,8	1117,2
3250				324,65			88,1	825,3	81,35	247,7	581,55	1083,05
3500							29,25	689	67,55	216,55	535,95	1048,95

2.3 DETERMINACIÓN DEL COSTO HORARIO DE LOS EQUIPOS AUXILIARES

Para el caso de los equipos auxiliares, y debido a que para ellos no se pudo contar con una cotización actualizada de los mismos, se adoptaron los valores reportados en las tablas del documento mencionado en la introducción.

En referencia a esas tablas, se observan dos características a destacar:

- Los costos de equipamiento auxiliar prácticamente no dependen del tipo de draga que se trate (variación muy pequeña).
- Los costos de equipamiento auxiliar varían con la longitud de refulado.

Teniendo en cuenta esto y a efectos de poder relacionarlos con los costos actuales, se utilizó la relación entre los costos de equipamiento auxiliar asignados a una draga de 4400 HP (levemente superior al costo promedio) para cada distancia de refulado y el costo directo de esa draga.

Graficando la relación entre el costo del equipamiento auxiliar (para draga 4400HP) y el costo de la draga (ambos con los valores reportados en el informe), se observa que existe una relación lineal entre esta razón con la distancia de refulado ($R^2=1$). En el gráfico 1 se muestran los resultados obtenidos.

Aplicando esa relación, para cada distancia de refulado se obtiene el costo de equipamiento accesorio multiplicándola por el costo actual de la draga de 4400 HP.

En fórmulas:

$$\text{Costo horario de equipos auxiliares } [$/h] = C_{Hea} (L_r) = R_{el} (L_r) \cdot C_{Hd_{4400 \text{ HP}}}$$

$$R_{el} (L_r) = 1,531 \cdot 10^{-5} L_r + 2,656 \cdot 10^{-2}$$

$$C_{Hea} (L_r) = C_{Hd_{4400 \text{ HP}}} (1,531 \cdot 10^{-5} L_r + 2,656 \cdot 10^{-2})$$

NOTA: (L_r) significa que es una función de la longitud de refulado.

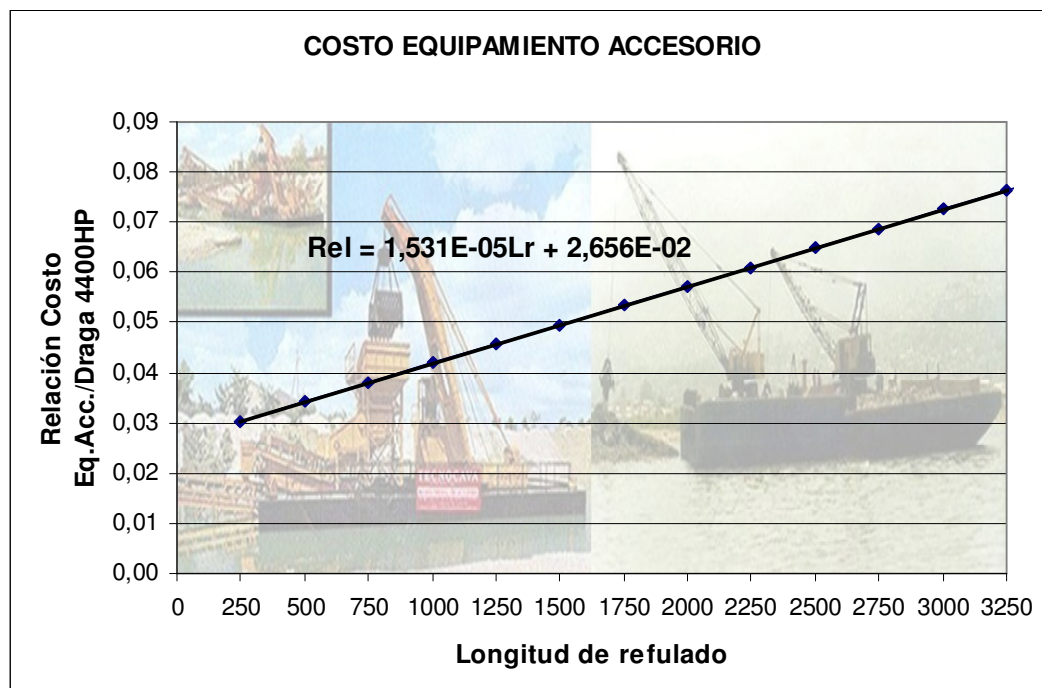


Gráfico 1: Relación de costo vs. Longitud de refulado

2.4 CÁLCULO DEL COSTO UNITARIO TOTAL DE DRAGADO

El cálculo de los costos totales de acuerdo a las siguientes fórmulas:

Rendimiento [m^3/h] = $Re (Lr)$ (De tabla 1)

Costo Unitario de draga [$\$/m^3$] = $CUd (Lr) = \frac{CHd}{Re (Lr)}$

Costo Unitario de equipos auxiliares [$\$/m^3$] =

$CUea = \frac{CHd_{4400HP} (1,531 e^{-5} Lr + 2,656 e^{-2})}{Re (Lr)}$

Costo unitario total [$\$/m^3$] = $CUt (Lr) = CUd (Lr) + CUea (Lr) =$

$\frac{CHd}{Re (Lr)} + \frac{CHd_{4400HP} (1,531 e^{-5} Lr + 2,656 e^{-2})}{Re (Lr)}$

NOTA: (Lr) significa que es una función de la longitud de refulado (m)

De donde se obtiene el gráfico 2:

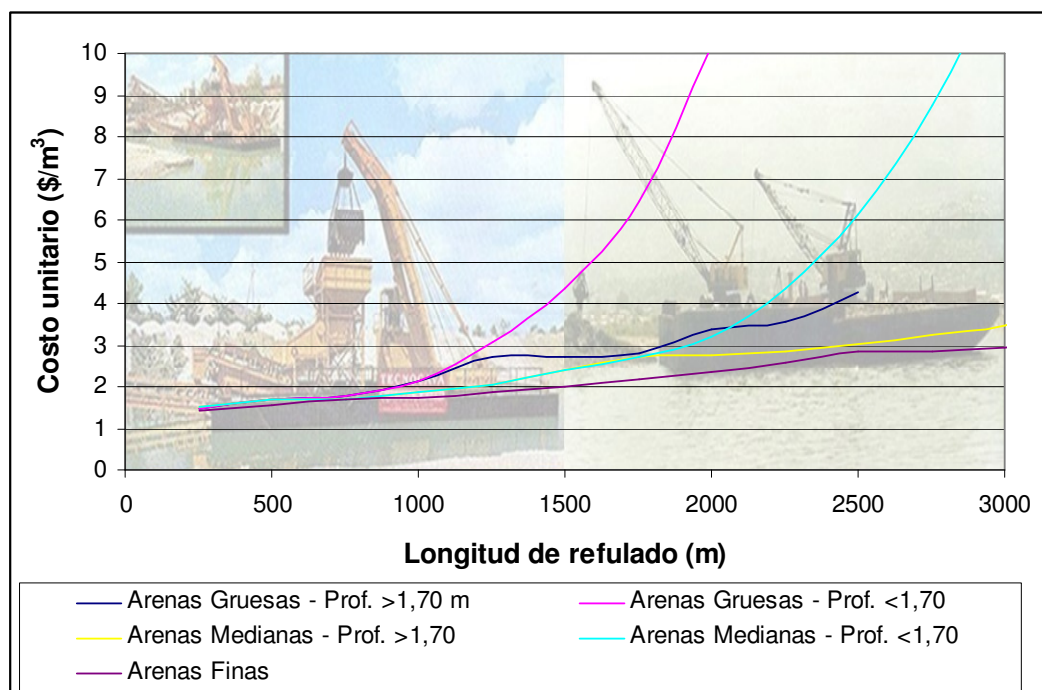


Gráfico 2: Envolverte de costos mínimos para cada longitud de refulado

Las curvas indicadas en el gráfico se obtuvieron como envolverte de los costos mínimos, es decir, se tomó una función por tramos a la que se realizó un ajuste por mínimos cuadrados. La aproximación cuadrática es suficientemente precisa, ya que posee un R^2 muy cercano a 1.

Debe notarse que para los dos primeros tipos de arenas existen dos ecuaciones que representan el costo unitario de draga. Esta dualidad se debe a que a partir de cierta distancia, los costos mínimos devienen de la draga de 4400 HP, que necesita un calado mínimo de 1,70 metros, situación que puede no ser factible.

Ecuaciones:

Arenas Gruesas:

$$\text{CUT (Prof. >1,70)} = 2e^{-07}Lr^2 + 0,0006Lr + 1,3165$$

$$R^2 = 0,9729$$

$$\text{CUT (Prof. <1,70)} = 4e^{-06}Lr^2 - 0,0052Lr + 2,9021$$

$$R^2 = 0,983$$

Arenas Medianas

$$\text{CUT (Prof.}>1,70) = 2e^{-07}\text{Lr}^2 + 0,0002\text{Lr} + 1,516$$

$$R^2 = 0,9644$$

$$\text{CUT (Prof.}<1,70) = 2e^{-06}\text{Lr}^2 - 0,0045\text{Lr} + 3,317$$

$$R^2 = 0,9607$$

Arenas finas

$$\text{CUT} = 0,0006\text{Lr} + 1,2344$$

$$R^2 = 0,9845$$

2.5 CÁLCULO DE LA INCIDENCIA DE LA MANO DE OBRA

El costo horario de la mano de obra se consigna en la “Planilla Mano de Obra”, que se incluye en el Anexo I del Tomo I.

La incidencia de la mano de obra se determina mediante la expresión habitualmente utilizada.

$$\text{CMO} = \frac{i \$OE + j \$O + k \$MO + l \$AY}{\text{Re}}$$

Donde:

i, j, k, l = Cantidad de operarios

OE, O, MO y AY = Categorías de la mano de obra: oficial especializado, oficial, medio oficial y ayudante, respectivamente.

\$ = Costo horario (según planilla de mano de obra)

Para establecer el rendimiento de la mano de obra (Re), se tomaron en cuenta los rendimientos de las dragas que generan el menor costo para cada una de las longitudes de refulado, obtenidos de la Tabla 1 y a partir de los que se generaron las fórmulas cuadráticas del apartado anterior. A continuación se exponen esos rendimientos.

- **Arenas Gruesas**

✓ Profundidad de dragado menor a 1,70m.

Material	Arena Gruesa		
Potencia Draga (HP)	355	1100	1650
Longitud refulado (m)			
250	256,450		
500	227,050		
750		484,700	
1000		408,150	
1250			502,500
1500			359,700
1750			244,150
2000			155,850
2250			
2500			
2750			
3000			
3250			
3500			

✓ Profundidad de dragado mayor a 1,70m.

Material	Arena Gruesa			
Potencia Draga (HP)	355	1100	1650	4400
Longitud refulado (m)				
250	256,450			
500	227,050			
750		484,700		
1000		408,150		
1250				1194,700
1500				1194,700
1750				1161,300
2000				964,950
2250				914,950
2500				763,700
2750				589,900
3000				443,550
3250				324,650
3500				

- **Arenas Medianas**

✓ Profundidad de dragado menor a 1,70m.

Material	Arena Mediana		
Potencia Draga (HP)	355	1100	1650
Longitud refulado (m)			
250	246,750		
500		506,450	
750		506,450	
1000		471,600	
1250		429,650	
1500		376,800	
1750			579,750
2000			496,300
2250			366,700
2500			262,900
2750			184,950
3000			132,800
3250			
3500			

✓ Profundidad de dragado mayor a 1,70m.

Material	Arena Mediana			
Potencia Draga (HP)	355	1100	1650	4400
Longitud refulado (m)				
250	246,750			
500		506,450		
750		506,450		
1000		471,600		
1250		429,650		
1500		376,800		
1750			579,750	
2000				1178,500
2250				1147,150
2500				1081,850
2750				1016,600
3000				951,300
3250				825,300
3500				689,000

- **Arenas finas**

Material	Arena Fina		
Potencia Draga (HP)	355	1100	1650
Longitud refulado (m)			
250	259,700		
500	244,300		
750		512,950	
1000		504,700	
1250		476,100	
1500		447,500	
1750		418,950	
2000		390,350	
2250		361,750	
2500		333,150	
2750			
3000			
3250			
3500			

A partir de estos rendimientos se calculó el promedio de cada uno de los subgrupos y con dichos promedios el costo de la mano de obra de la tarea.

- **Arenas Gruesas**

- ✓ Profundidad de dragado menor a 1,70m.: $\eta = 329,818 \text{ m}^3/\text{h}$.
- ✓ Profundidad de dragado mayor a 1,70m.: $\eta = 757,065 \text{ m}^3/\text{h}$.

- **Arenas Medianas**

- ✓ Profundidad de dragado menor a 1,70m.: $\eta = 380,091 \text{ m}^3/\text{h}$
- ✓ Profundidad de dragado mayor a 1,70m.: $\eta = 707,737 \text{ m}^3/\text{h}$.

- **Arenas Finas**

- ✓ $\eta = 394,945 \text{ m}^3/\text{h}$.

Esta simplificación del problema trae consigo una aproximación en el valor final del costo del dragado, que en ningún caso supera el 15% sobre el costo total de la tarea.