

ANÁLISIS ECONÓMICO DE UN SISTEMA DE MÁQUINAS PARA REVESTIR CANALES DE RIEGO AGRÍCOLA EN CUBA

M.C. José Martínez Grave de Peralta

pepsand@gmail.com

M.C. Eusebio Ramón González Utria

eglez@facing.uho.edu.cu

M.C. Johann Mejías Brito

johann771210@hotmail.com

Universidad de Holguín

Instituto Tecnológico de Colima

RESUMEN

En este trabajo se hace un análisis económico que permitirá valorar la viabilidad de la construcción y puesta en marcha de un sistema de máquinas para el revestimiento mecanizado de canales de riego para la agricultura en la isla. El costo de fabricación del sistema de máquinas fue determinado a partir de los costos de las piezas fabricadas por distintas entidades, los costos de los componentes tanto de producción nacional como importación y los demás gastos directos e indirectos. Para la realización del análisis económico de la introducción del sistema de máquinas se tomó como base la ejecución presupuestada de un kilómetro de canal por el método tradicional de losas prefabricadas, determinándose los gastos reales a partir de los indicadores obtenidos y diferenciándolo con los gastos del método mecanizado se obtuvo la economía que aporta.

Palabras claves: análisis económico, revestimiento de canales

ABSTRACT

In this paper we present an economic analysis that will assess the feasibility of the construction and operation of a machine for lining irrigation canals machining for agriculture on the island. The cost of manufacturing the engine system was determined from the cost of the parts manufactured by different entities, the costs of many components of national production and imports and other direct and indirect costs. To perform the economic analysis of the introduction of machines was based on the budgeted running a mile channel through the traditional method of prefabricated slabs, determining the actual costs from the indicators obtained and differentiating the cost of the method machining was the economy that brings.

Keywords: economic analysis, canal lining

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la agricultura cubana requiere de un proceso eficiente en el trasvase de agua desde una región a otra, porque así lo exigen los programas alimentarios, por ello la construcción de canales de regadío es de importancia vital en este proceso. Los ríos cubanos son cortos, rápidos y de escaso caudal, debido a la gran cantidad de piedra caliza que existe, muchos de ellos tienen cursos subterráneos, lo que potencia su irregularidad, unido esto a la escasez de embalses naturales y a la

irregularidad de las precipitaciones en algunas regiones del archipiélago, hacen necesario que el estado preste especial atención a este renglón de la economía nacional.

La construcción y revestimiento de canales utilizando diferentes sistemas de máquinas se ha desarrollado aceleradamente, debido fundamentalmente al incremento del rendimiento, disminución de los costos de construcción, las pérdidas en explotación y la humanización del trabajo. En el mundo existen algunas firmas que construyen sistemas de máquinas para el revestimiento de canales con hormigón fundamentalmente KOMPASS, MASSENZA, BID – WELL entre otras. Sin embargo el costo de estas máquinas o sistemas es alto, oscila entre 800 mil y 1 millón y medio de dólares en función, fundamentalmente, del tipo de máquina y su forma de desplazamiento, y de lo avanzada de su tecnología, factor este que imposibilita que se realicen los trabajos de mantenimiento de las mismas en el país.

Dada la situación económica actual de Cuba y lo costoso de adquirir estos sistemas en el mercado internacional, un grupo de investigadores logró la puesta en funcionamiento de un sistema mecanizado para el revestimiento de canales de riego en las actividades agrícolas, fundamentales para la producción de alimentos, labor que se ve afectada por la poca disponibilidad de los recursos hidráulicos. El proyecto de diseño y construcción del equipo fue realizado por un grupo de especialistas de la Universidad de Holguín, Cuba y el Instituto Tecnológico de Colima, México. El costo de fabricación del sistema de máquinas fue determinado a partir de los costos de las piezas fabricadas por distintas entidades, los costos de los componentes tantos de producción nacional como importación y los demás gastos directos e indirectos, los primeros se calcularon tomando como base la norma NC 34 -38: 85. Este estudio permitió realizar un análisis económico que permite valorar la viabilidad de la construcción y puesta en marcha de este sistema de máquinas para el revestimiento mecanizado de canales de riego para la agricultura en la isla.

1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE MÁQUINAS

El sistema de máquinas está compuesto de la siguiente forma:

Máquina distribuidora de hormigón

La máquina distribuidora de hormigón (MDH-1), es la encargada de distribuir el hormigón de manera uniforme en el talud delante de la máquina revestidora, lo cual es importante para que se realice una correcta nivelación, compactación y acabado. Además de las unidades ensambladas descritas anteriormente, en la estructura se encuentran situados los rodillos superiores para el soporte de la carga y los rodillos inferiores para el exceso de flecha en la banda en la rama de vacío. Los elementos que componen la misma se relacionan a continuación:

Tipo: Automotor sobre rieles.

Marca: MDH – 1

Estructura: Construida de angulares de aceros soldados en forma modular con longitudes desde 1 m hasta 3m.

Variedad de longitud: Los módulos se pueden unir entre sí por tornillos y centrándose con pines guías para su rápido montaje. La longitud total de la máquina varía desde 4 m hasta 12,5 m. Longitudes mayores pueden ser añadidas.

Motor de combustión interna: 1 motor Diesel 4VD 8/8-28VL con potencia de 22 kW y consumo específico de combustible de 292 g/kWh a 3000 r.p.m.

Accionamiento de caja de bomba: Desde el motor de combustión por medio de tres correas trapecoidales tipo C.

Bombas: 2 bombas VPA-40 con capacidad de aceite hidráulico de 70 litros. 1 bomba NCH-10 con capacidad de aceite hidráulico 21 litros.

Traslación de la máquina: Por 4 ruedas movidas por cadenas, a las cuales las mueve dos hidromotores MGP-125 impulsados por una bomba VPA-40.

Velocidad de trabajo de la máquina: 0...5 m/min.

Carro desviador de hormigón: Es traccionado por medio de dos cadenas de 38,1 mm de paso que son accionadas por un árbol a través de un reductor mecánico, a este le acciona un hidromotor MGP-125, impulsado por una bomba VPA-40.

Velocidad del carro desviador: 0...1 m/s.

Banda transportadora: 500 mm de ancho.

Velocidad de la banda: Hasta 1,5 m/s.

Accionamiento de la banda: A través de un tambor que es movido por un reductor mecánico al cual está acoplado un hidromotor MGP-125 que es impulsado por una bomba NCH-10.

Peso de la máquina: 3250 Kg.

Rendimiento horario de la máquina: 26 m³/h.

Máquina revestidora de hormigón

La máquina revestidora de canales con hormigón (MRCH-1), utiliza como órgano de trabajo fundamental un cilindro compactador auxiliado en su función por un tornillo sinfín, lográndose una alta precisión en la compactación del hormigón y en el acabado de la superficie fundida, cuenta con un peso: 3250 kg y su rendimiento horario es: 26 m³/h. Los componentes de la misma se relacionan a continuación:

Tipo: Automotor sobre rieles.

Estructura: Construcción de angulares de aceros soldados y atornillados en forma modular con longitudes desde 1 m hasta 4 m.

Variabilidad de longitud: Los módulos se pueden unir por tornillos entre sí y centrándose con pines guías para su rápido montaje. La longitud total de la máquina varía desde 4 hasta 10,44 m. Longitudes mayores pueden ser añadidas.

Motores de combustión interna: 2 motores Diesel. 1 VD 8/8 28 L - 5,1 kW 319 g/kWh a 3000 r.p.m. 4 VD 8/8 28VL - 22 kW 292 g/kWh a 3000 r.p.m.

Accionamiento de caja de bomba: Desde el motor 4VD 8/8 - 2SVL por medio de tres correas trapezoidales tipo C.

Bombas: 2 bombas VPA - 40.

Capacidad de aceite hidráulico: 70 litros.

Traslación de la máquina: Por 4 ruedas movidas por cadenas, el movimiento le llega a través de dos reductores mecánicos a los cuales los mueve dos hidromotores MGP -125 impulsados por una VPA-40.

Velocidad media de la máquina: 0,19 m/min.

Carrito inferior: Posee un motor IVD 8/8 28L que mueve un cilindro sinfín, a través de un reductor mecánico y una transmisión por cadena (25,4 mm de paso).

Cilindro: 262 mm de diámetro y 1250 mm de longitud.

Sinfín: 262 mm de diámetro y 425 mm de longitud.

Traslación del carrito: Por medio de dos cadenas de 38,1 mm de paso que son accionadas por un árbol a través de un reductor mecánico, a este lo acciona un hidromotor MPR-100 impulsado por una bomba VPA-40.

Velocidad del carrito: 0...1 m/s.

Peso del carrito: 400 kg.

Peso de la máquina: 3900 kg.

Rendimiento de la máquina: 102,4 m²/h.

2. GASTOS DE EXPLOTACIÓN

Gastos directos de explotación

Los gastos directos de explotación son aquellos vinculados directamente a la producción del producto dado (cultivo), expresados en dinero (pesos/ hora de trabajo), condicionados por el proceso de trabajo o de producción. (González, 1993)

La mecanización de los procesos agropecuarios está relacionada con los gastos explotativos de trabajo de energía y medios materiales. De la eficacia de la mecanización de los trabajos, y la reducción del costo de los productos agrícolas depende considerablemente el nivel de utilización del parque de tractores y máquinas. El índice que más ampliamente refleja el grado de perfección técnica, las condiciones de trabajo y el nivel de utilización de los agregados son los gastos directos de explotación por unidad de tiempo, de trabajo o de producción.

Los gastos directos de explotación para el trabajo del agregado se componen de los siguientes elementos:

$$G_{de} = C_s + C_{mat} + C_{mex} + C_a + C_{mr} + C_{aux} \quad (\text{pesos/ hora})$$

Donde:

G_{de} - Gastos directos de explotación, (pesos/ hora).

C_s - Costo por salario del operador, (pesos/ hora).

C_{mat} - Costo por materiales de insumo, (pesos/ hora).

C_{mex} - Costo por materiales de explotación, (pesos/ hora).

C_a - Costo por amortización, (pesos/ hora).

C_{mr} - Costo por mantenimiento y reparación, (pesos/ hora).

C_{aux} - Costo o trabajo de personal auxiliar, (pesos/ hora).

$$C_s = \sum \frac{C_{tur}}{T_t} \times N_k \quad (\text{pesos/ hora})$$

Donde:

C_{tur} - Salario por turno, (pesos).

T_t - Tiempo de turno, (horas)

N_k - Número de trabajadores.

$$C_a = \frac{P_m \times (N_a + N_r)}{100 \times T_a} \quad (\text{pesos/ hora})$$

Donde:

P_m - Precio de la máquina, (pesos)

N_a - Tasa de amortización, (pesos)

N_r - Descuento por reparaciones capitales, (pesos)

T_a – Tiempo de trabajo en el período considerado, (horas).

$$C_{mr} = \frac{0.01 \times P_m \times N_{mr}}{T_{mr}} \quad (\text{pesos/ hora})$$

Donde:

N_{mr} – Tasa de descuento por reparación y mantenimiento técnico, (pesos/ hora).

T_{mr} – Tiempo de trabajo en el período considerado, (horas).

3. ANÁLISIS ECONÓMICO

El proyecto de la máquina fue realizado a un costo aproximadamente de 30 000 pesos, lo cual representa un 28 % del costo total del sistema. Los aspectos tomados en cuenta para el análisis económico se encuentran en las tablas correspondientes. Para llevar a cabo el análisis se utilizó la misma resistencia del hormigón que brindan la mayoría de equipos que realizan esta actividad, a razón de 175 kg/cm², así como los gastos reales de materiales, mano de obra y uso de equipos, es decir los costos directos y las restantes partidas de los gastos indirectos, cuyos resultados se muestran conjuntamente con el costo presupuestado. En el caso de mano de obra, la diferencia se fundamenta en que el presupuesto no se contempla el alargamiento del plazo de ejecución por incumplimiento de la programación. Una vez realizado estos cálculos se procedió a determinar las economías de un kilómetro de taludes de canal de cada variante del método mecanizado respecto al método tradicional.

El costo de fabricación del sistema de máquinas fue determinado a partir de los costos de las piezas fabricadas por distintas entidades, los costos de los componentes tanto de producción nacional como importación y los demás gastos directos e indirectos, los primeros se calcularon tomando como base la norma NC 34 -38: 85. La ficha de costo elaborada se encuentra en la tabla 1, donde se observa que el costo total del sistema asciende a los 106, 462.66 pesos, o sea, el correspondiente a la etapa de proyecto y fabricación.

Tabla 1. Costo de proyecto y fabricación.

PARTIDAS	MRCH – 1	MDH – 1
I. COSTOS DIRECTOS	\$ 25 909,43	\$ 20 553,79
1. Materias primas y materiales.	\$ 23 739,70	\$ 18 595,53
Piezas fabricadas.	\$ 4 970,42	\$ 3 703,45
Componentes.	\$ 17 947,76	\$ 14 892,08
Importación.	\$ 17 459,80	\$ 12 963,04
Entran al país.	\$ 11 774,80	\$ 7 278,04
No entran al país.	\$ 5 685,00	\$ 5 685,00
Producción Nacional.	\$ 487,96	\$ 1 929,04
Ferretería.	\$ 342,49	\$ 169,30
Combustible y energía.	\$ 479,03	\$ 454,25
2. Salarios y Seguridad Social.	\$ 2 169,73	\$ 1 958,26
II. COSTOS INDIRECTOS.	\$ 15 925,78	\$ 14 373,66
Gastos generales de dirección.	\$ 3 294,02	\$ 2 973,00
Gastos indirectos de producción.	\$ 12 477,91	\$ 11 261,80

Gastos de distribución y venta.	\$ 153,85	\$ 138,86
COSTO TOTAL	\$ 41 835,21	\$ 34 927,45
COSTO DEL PROYECTO	\$ 20 735,17	\$ 9 264,83
COSTO TOTAL INCLUYENDO PROYECTO	\$ 62 570,38	\$ 44 192,28
COSTO DEL SISTEMA DE MAQUINAS	\$ 106 762,66	

El costo de un sistema mecanizado de revestimiento similar adquirido en el extranjero oscila entre 800 mil y un millón de dólares en correspondencia con el tipo de máquina y su forma de desplazamiento.

Para la realización del análisis económico de la introducción del sistema de máquinas en un proceso tecnológico mecanizado de construcción de canales se tomó como base la ejecución presupuestada de un kilómetro de canal por el método tradicional de losas prefabricadas, determinándose los gastos reales a partir de los indicadores obtenidos por la brigada que construye el canal y diferenciándolo con los gastos del método mecanizado se obtuvo la economía que aporta.

En el caso del método mecanizado, los gastos se determinan para tres variantes de revestimiento;

- Sin acero.
- Utilizando mallas de acero de 30 X 30 centímetros, o sea, un 53 % respecto a las losas.
- Con acero sólo en el hombro, siendo un 12,4 % de éste respecto al método tradicional.

En estas variantes se mantuvo la misma resistencia del hormigón a razón de 175 kg/cm².

Para el método mecanizado de construcción fueron calculados para cada variante los gastos reales de materiales, mano de obra y uso de equipos, es decir los costos directos y las restantes partidas de los gastos indirectos, cuyos resultados se muestran en la tabla 2 conjuntamente con el costo presupuestado.

Tabla 2. Gastos del sistema tradicional y mecanizado.

PARTIDAS	CÁLCULO	Método tradicional (\$)		Método Mecanizado (\$)		
		Según presupuesto (1)	Según gasto real (2)	Utilizando el 53% acero (3)	Con acero en el hombro (4)	Sin utilizar acero (5)
Materiales	Del presupuesto Básico	106.189,32	74.112,06	22.222,43	17.236,20	15.895,79
Mano de obra	Del presupuesto Básico	5.631,53	38.116,61	16.501,69	11.093,69	9.613,69
Uso de equipos	Del presupuesto Básico	17.843,11	17.197,11	14.014,00	12.382,00	11.430,00
Costo directo	(01+02+03)	129.663,96	129.425,78	52.738,12	40.711,89	36.939,48
Indirectos de materiales	4% del 01	4.247,57	2.964,48	888,90	689,45	635,83
Indirectos de mano de obra	7% del 02	394,21	2.668,16	1.155,12	776,56	672,96
Indirectos uso de equipos	10% del 03	1.784,31	1.719,71	1.401,40	1.238,20	1.143,00
Ajustes por variación de precios	Según datos de entrada	-	-	-	-	-

Otros costos de construcción	15% del (01+02+03)	19.449,59	19.413,87	7.910,72	6.106,78	5.540,92
Generales y de administración	5% del (01+02+03)	76.569,30	92.369,75	41.626,91	32.093,79	28.991,59
Costo de construcción	(04+05+06+07+08+09+10)	232.108,94	248.561,75	105.721,16	81.616,67	73.923,78
Transporte	tn/Km	-	-	-	-	-
Facilidades temporales	4% del 11	9.284,36	9.942,47	4.228,85	3.264,67	2.956,95
Otros trabajos y gastos	Según datos de entrada	-	-	-	-	-
COSTO TOTAL	(11+12+13+14)	241.393,30	258.504,22	109.950,00	84.881,34	76.880,73

Para los costos reales del método tradicional por losas no se tomó en cuenta las losas del fondo de 2 X 2 metros, la última losa del talud ni el material para las juntas del fondo. Todo ello influye en las partidas del costo y provoca diferencias entre los gastos presupuestados y reales del método tradicional fundamentalmente en materiales.

En el caso de mano de obra, la diferencia se fundamenta en que el presupuesto no se contempla el alargamiento del plazo de ejecución por incumplimiento de la programación.

Una vez realizado estos cálculos se procedió a determinar las economías de un kilómetro de taludes de canal de cada variante del método mecanizado respecto al método tradicional. Los resultados se exponen en la tabla 3.

Tabla 3. Aporte económico del método mecanizado.

PARTIDAS	UM	MÉTODO MECANIZADO		
		Utilizando el 53% de acero (3)	Con acero en el hombro (4)	Sin utilizar acero (5)
DIRECTOS	\$	68.607,55	80.693,78	84.486,19
I. Materiales:				
Acero	kg	28.091,60	46.491,60	53.091,60
	\$	6.334,66	10.700,30	11.972,10
Alambre	kg	1.378,00	3.184,00	3.360,00
	\$	480,00	1.681,20	1.169,20
Proceso Industrial	\$	45.075,00	45.075,00	45.075,00
II. Combustible:				
Cantidad	litros	9.681,00 (7,95 t)	9.778,00 (8,10 t)	10.284,70 (8,45 t)
Costo	\$	1.355,34	1.368,92	1.439,87
III. Uso de equipos:				
Cantidad	u	4 (22%)	(28%)	6 (33%)
Costo	\$	3.183,00	815,00	5.767,00

IV. Mano de obra:				
Cantidad		23 hombres (45%)	29 hombres (57%)	33 hombres (64%)
Costo	\$	13.534,89	19.022,10	28.501,47
INDIRECTOS	\$	26.908,66	30.810,29	32.093,39
TOTAL	\$	95.516,21	111.504,07	116.579,58

En la tabla se observa que:

Con la variante 1, o sea, utilizando el 53 % de acero se logra una economía en los costos directos de 68 607,55 pesos y un ahorro de 28,1 t de acero, 1,38 t de alambre, 7,95 t de combustible, el 22 % de los equipos y el 45 % de la mano de obra para un ahorro total de 95 516,21 pesos incluyendo los gastos indirectos.

Con la variante 2, utilizando acero sólo en el hombro se logra una economía en los costos directos de 80 639,78 pesos, permitiendo un ahorro de 46 t de acero, 3,1 t de alambre, 8,1 t de combustible, el 28 % de los equipos y el 57 % de la mano de obra, para un ahorro total de 111 504,07 pesos.

Con la variante 3, sin utilizar acero la economía en los costos directos asciende a 84 486,19 pesos, permitiendo un ahorro de 53,1 t de acero, 3,4 t de alambre, 8,45 t de combustible, el 33 % de los equipos y 64 % de la mano de obra, para un ahorro total de 116 579,58 pesos.

Además se determinó el acotamiento del plazo de ejecución teniendo en cuenta el incremento del rendimiento del sistema, el cual se eleva al 310 % respecto al método tradicional por losas, lo que reporta un ahorro adicional, por este concepto, de 40 041,30 pesos. También fueron determinados los ahorros tomando en consideración la eliminación del índice de rotura de losas, el cual para el canal Bio – La Rioja es de un 4,2 % que reportan 2,7 t de acero, 17,8 t de cemento y 106,6 t de áridos que importan un total de 1 339,43 pesos de ahorro por concepto de materiales para un kilómetro de canal.

El efecto económico que aporta a la economía del país la construcción del Sistema de Máquinas asciende a 633 978,00 pesos y la construcción de 5 sistemas ahorraría al país 3 319 890,40 pesos.

CONCLUSIONES

Como conclusiones del trabajo se plantean:

- El sistema de máquinas pesa 7150 kg, logrando un rendimiento promedio de 102,4 m²/h y un consumo de combustible de 7,98 l/h, similar a los estándares para estos equipos en el mundo.
- El costo del proyecto del sistema asciende a 30,0 miles de pesos y el de fabricación a 76 762,66 pesos, de los cuales en componentes son 32 837,76, de ellos de importación 30 422,84 pesos, para un costo total de 106 762,66 pesos.
- El incremento del rendimiento del método mecanizado respecto al tradicional utilizado en el canal es de 310 %.
- Todas las variantes analizadas del método mecanizado conllevan a ahorros de materiales, mano de obra y uso de equipos y en particular de combustible, cuyo valor para un kilómetro de taludes del canal asciende a 95 516,21 pesos con utilización del 53 % del acero en todo el talud con malla de 30 X 30 cm; 111 504,07 pesos con utilización de acero solo en el hombro y 116 579,58 sin utilización de acero.

BIBLIOGRAFÍA

1. Androsov, A. A., Diseño de elementos de máquinas. Rostov del Don, Editorial del ICMA, 1986.
2. Álvarez Sánchez, J. Elementos de máquinas. Ciudad de la Habana, Editorial de la ISJAE, 1985
3. Fontaine, E. Evaluación Social de Proyectos, 12ª Edición, Editorial Alfaomega, Ediciones Universidad Católica de Chile, México, 1999.
4. González, V. R. Explotación del parque de maquinarias. Editorial Félix Varela. Ciudad de La Habana, 1993.
5. NC 34- 38:85. Metodología para la evaluación económica.
6. Sanz Benlloch, A., et al. Valoración de obras de ingeniería civil. Editorial UPV. Valencia, 2004.
7. Segura, J., Rodríguez, J. L. trazo y revestimiento de canales. ITDG: Lima, 1993.
8. Shigley, J. E. Diseño en Ingeniería Mecánica / J.E. Shigley; C. R. Mischke. México: Editorial McGraw Hill Interamericana, 2002.