

Aspectos más importantes sobre la metódica para el cálculo y fundamentación económica de las variantes de fabricación de maquinas cosechadoras.

M. N. Navarro Ojeda.

Dpto. de Mecánica Aplicada, Facultad de Ingeniería, Universidad de Holguín.
Ave. XX Aniversario, Holguín 80100.
E-Mail mnavarro@ uho.hlg.edu.cu Telef. 462107.

(Recibido el 12 de Mayo de 1999, aceptado el 5 de Julio del 2000)

Resumen

Esta metódica permite la determinación de los máximos costos permisibles de fabricación evaluando diferentes variantes de fiabilidad de las piezas en la nueva máquina o subconjunto objeto de estudio o desarrollo. Tiene como base el modelo Ihle-Rößner para la evaluación del comportamiento del desgaste en las piezas y cálculo de los índices de consumo de los repuestos, atendiendo a determinados parámetros de fiabilidad. Posteriormente se procede al cálculo de las diferentes variantes de fabricación: determinación de los costos permisibles de fabricación, estableciendo para ello que los costos específicos para la pieza, subconjunto o máquina proyectada deben ser igual o menores a los costos del artículo precedente

Palabras claves: Costos, costos permisibles de fabricación, evaluación del desgaste, cálculo de índices de consumo de repuestos.

1. Introducción.

Al triunfo de la Revolución no existía en Cuba, prácticamente, ninguna mecanización para el corte y alza de la caña de azúcar. Es a partir de 1961 que comienzan las primeras pruebas con algunos equipos.

Las altas exigencias de fiabilidad, disponibilidad técnica y adecuada explotación de los medios técnicos agrícolas constituyen importantes tareas en el actual período de transición, de industrialización y mecanización del país, hacia estadios superiores de la agricultura cubana. En este contexto, ocupa un lugar especial la máquina cosechadora de caña de azúcar, que debe jugar un papel de decisiva importancia en todo el sistema cubano de cosecha cañera. Los esfuerzos se encaminarán, por tanto, al desarrollo de una máquina productiva, económica y con altas cualidades en su explotación-reposición, acuñada de una alta fiabilidad.

Se toma, a manera de ejemplo, la máquina combinada KTP-1, como máquina precedente, base de toda consideración para el análisis, la cual posee casi todos los subconjuntos accionados de forma mecánica; y como máquina de comparación, posible objeto de desarrollo, la KTP-3, con un alto grado de hidraulización de los diferentes subsistemas. A través

del cálculo podría demostrarse, qué variante de fabricación sería más económica, inclusive partiendo ya desde la propia mesa de diseño.

Consideraciones iniciales.

Las ventajas de una máquina o implemento agrícola, no solamente se distinguen por sus propiedades funcionales o una alta productividad, sino que además debe satisfacer una condición esencial: ser económica, tener pocos gastos durante su vida útil proyectada.

La esencia del problema entonces está en conocer de antemano si la nueva máquina, en comparación con la máquina precedente, es más productiva y económica. La presente metódica permite, precisamente, llegar hasta esa conclusión.

Ahora bien: cualquier máquina cosechadora de caña de azúcar, independientemente de sus características constructivas concretas, posee grupos funcionales análogos, subconjuntos o subsistemas para el transporte, limpieza, etc. Entonces la tarea estará dada, en buscar, evaluar, durante el proceso de desarrollo de la nueva máquina, diferentes variantes de fabricación, para estos subconjuntos, hasta hallar una variante que satisfaga los

critérios arriba apuntados, en comparación a la máquina(s) base.

No obstante pueden evaluarse dos situaciones:

- ❖ El mejoramiento de una determinada pieza, correspondiente a un subconjunto determinado.
- ❖ La fundamentación económica de variantes constructivas de un determinado subconjunto (s) en el proceso de desarrollo de la máquina.

¿Cómo establecer las bases para la comparación?
¿Cómo estructurar el modelo? ¿Sobre qué aspectos centrar las bases para el análisis?

Se puede llegar a establecer una relación, que permita la evaluación de una determinada pieza (nomenclatura) de un subconjunto seleccionado, en su comportamiento sobre la máquina. Este efecto de la pieza en el comportamiento de la máquina, durante su vida útil proyectada puede llegarse a modelar.

Una buena proposición sería establecer el modelo sobre las bases de cálculo de los costos específicos de materiales (piezas de repuesto de la máquina); estableciéndose la relación entre los costos generales de estos consumos (necesidades de piezas de repuesto) y el valor de la masa vegetal cosechada durante la vida útil del elemento. Como resultado de la modelación para el nuevo subconjunto de la máquina se puede llegar a determinar para ese subconjunto, o para una pieza seleccionada, o para todos los subconjuntos de la máquina, o para ella misma en su totalidad, los costos permisibles de fabricación.

2. Determinación de los costos totales específicos, de reparación y materiales.

Siguiendo el razonamiento de Soucek-Regge [6] y Ulrich [7] se parte de la siguiente expresión

$$Kg = \frac{H + C + I + Z - S}{A} \quad (1)$$

Donde:

Kg.- Costos totales específicos.

H: - Costos de fabricación.

C: - Costos de explotación.

I: - Costos de reparación.

Z: - Amortización.

S: - Ventas en concepto de chatarra.

A: - Cantidad de masa vegetal cosechada durante la vida útil de la máquina, dada en toneladas o arrobas.

Bajo el mismo principio se llegan a determinar los costos específicos de reparación:

$$kI = \frac{KM + KL + KG}{A} \quad (2)$$

Donde:

KM:- Costos materiales generales (de piezas) durante la vida útil de la máquina.

KL:- Costos de salarios.

KG:- Costos generales por otros conceptos.

y, finalmente, los costos específicos del material (piezas)

$$kM = \frac{KM}{A} \quad (3)$$

$$KM = KN + KE(SIA + SIV + \frac{SB1}{N1} + \frac{SB2}{N2} + \frac{SB3}{N3}) \quad (4)$$

$$KM = KN(1 + R * ST) \quad (5)$$

KN:- Precio de la pieza correspondiente a una nomenclatura determinada.

KE:- Precio de la pieza de repuesto.

$SIA = \sum_{i=1}^{NL} IAi = LA^*$ Valor sumario, durante las reparaciones operativas.

$SIV = \sum_{i=1}^{NL-1} IVi = LV^*$ Valor sumario durante las reparaciones profilácticas.

Determinados en función de diferentes valores de la Probabilidad de supervivencia (Γ), de su Coeficiente de variación (VA), y del Índice relativo de explotación (hB).

N1, N2 y N3:-Número de máquinas por niveles de abastecimiento:

N1 (Nacional: Fábrica)

N2 (Provincial)

N3 (CAI).

SB1, SB2, SB3:-Existencias de seguridad de piezas de repuesto para los tres niveles de almacenamiento.

$R = \frac{KE}{KN}$ ----- Índice relativo de precio de la pieza de repuesto.

$ST = SIA + SIV + \frac{SB1}{N1} + \frac{SB2}{N2} + \frac{SB3}{N3}$ -----Factor de gastos (Consumos) de piezas de repuesto.

La expresión para los costos específicos materiales (KM) quedaría de la siguiente forma:

$$kM = \frac{KN(1 + R + ST)}{A} \quad (6)$$

Haciendo:

$$1 + R * ST = FKN ,$$

$$kM = \frac{KN * FKN}{A} \quad (7)$$

Donde:

$$FKN = \frac{KM}{KN} \text{----- Índice relativo de costo}$$

del material para una pieza (nomenclatura). Caracteriza la relación de cambio entre la magnitud de los costos generales del material (repuestos : KM) y el precio de fabricación de la pieza (KN).

Para una determinada pieza (nomenclatura) los costos específicos del material (kM) dependen directamente de los diferentes valores probabilísticos del índice relativo de costo del material FKN, ya que el mismo es una función de la probabilidad de sobrevida de la pieza.

El problema ahora radicaría en como establecer la condición entre el artículo precedente y el que se desea proyectar. Y esa condición tiene que resultar al cumplirse la siguiente relación:

$$\frac{KMN}{AN} \leq \frac{KMA}{AA} \quad (KMN \leq KMA) \quad (8)$$

Es decir, que los costos específicos del artículo, dados en función de los costos de todos los consumos de piezas a utilizar en las reparaciones operativas y profilácticas del artículo que se proyecta, deben ser igual o menores a los costos específicos materiales del artículo precedente. Esa es la condición básica del modelo de decisión.

3. Determinación del costo de la pieza "critica": (nomenclatura).

De la expresión (7) se puede establecer:

$$\frac{KNN * FKNN}{AN} \leq \frac{KNA * FKNA}{AA} \quad (9)$$

$$KNN \leq DKN * \beta NA * KNA \quad (10)$$

Donde:

KNN:- Costos permisibles de fabricación para la nueva pieza (nomenclatura).

KNA:- Precio de la pieza nueva (nomenclatura) en la vieja máquina.

FKNN, FKNA:- Índice relativo de costos del material para la nueva pieza (FKNN) y para la pieza a sustituir en la vieja máquina (precedente) (FKNA).

$$DKN = \frac{FKNA}{FKNN} \quad \text{Factor de costo de fabricación.}$$

$$\beta NA = \frac{AN}{AA} \quad \text{Factor relativo del rendimiento de las máquinas}$$

4. Cálculo de los costos permisibles de fabricación de los subconjuntos de la nueva máquina.

Al igual que en el caso anterior existía una variable para caracterizar la relación de cambio entre la magnitud de los costos generales (del gasto material) y el precio de la nueva pieza, para la evaluación de un subconjunto (s) de la máquina se procede de igual forma.

Sea:

$$EMm = \frac{\sum_{j=1}^{EP} KMj * NMj}{\sum_{j=1}^{EP} KNj * NMj} \quad (11)$$

Emm:- Índice relativo del costo del material (pieza) para un subconjunto.

KMj:- Costo de los gastos materiales (repuesto) de la j-ésima nomenclatura de la máquina (subconjunto).

NMj:- Número de la j-ésima nomenclatura en la máquina (subconjunto).

Knj:- Precio de la j-ésima nomenclatura de la máquina (subconjunto).

j=1,....., EP:- Número de nomenclaturas en la máquina (subconjunto).

También el Índice relativo del costo del material puede expresarse:

$$EMm = \frac{\sum_{j=1}^{EP} \{KNj * NMj [1 + R + SIAj + SIVj + \frac{SB3j}{N3} + \frac{SB2}{N2} + \frac{SBI}{N1}]\}}{\sum_{j=1}^{EP} KNj * NMj} \quad (12)$$

Finalmente la expresión anterior se pondría en función de los grupos de piezas o clases de la máquina.

$$EMm = \frac{\sum_{i=1}^k [\sum_{j=1}^{nk} KNji * NMji (1 + R * STji)]}{\sum_{j=1}^{EP} KNj * NMj} \quad (13)$$

$i=1, \dots, k$ Número de clases en el subconjunto.
 $j=1, \dots, nk$ Número de nomenclaturas en la nk clase.

Haciendo:

$$\sum_{j=1}^{EP} KNj * NMj = P$$

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{nk} KNji * NMji = \sum_{i=1}^k Pi * P \quad (14)$$

La expresión (13) se puede expresar de estas dos formas:

$$EMm = \sum_{i=1}^k Pi (1 + R * STi)$$

$$EMm = \sum_{i=1}^k Pi * FKKi$$

Donde resulta:

$$Pi = \frac{\sum_{j=1}^{nk} KNji * NMji}{\sum_{j=1}^{EP} KNj * NMj} \quad (15)$$

FKKi:- Magnitud del i-ésimo índice relativo de costos del material para cada clase de un subconjunto (máquina).

Pi:- Parte (%) de la i-ésima clase en relación al precio total de fabricación del subconjunto (máquina).

Teniendo en cuenta las expresiones (11) y (14) se llega a la expresión general para la modelación de los costos totales específicos del material (repuestos) según la fórmula (8).

$$\frac{PN * EMmN}{AN} \leq \frac{PA * EMmA}{AA}$$

El precio permisible para el nuevo subconjunto será:

$$PN \leq \frac{EMmA}{EMmN} * \frac{AN}{AA} * PA \quad (16)$$

Simplificando:

$$PN \leq \alpha AN * \beta NA * PA \quad (17)$$

$$\alpha AN = \frac{EMmA}{\sum_{j=1}^k Pi (1 + R * STi)}$$

Donde:

PN:- Costo permisible para el nuevo conjunto.

PA:- Precio del viejo subconjunto (precedente)

AN:- Rendimiento fijado al nuevo subconjunto o cantidad de masa vegetal cosechada en la vida útil de la máquina.

AA: Rendimiento o cantidad de masa vegetal cosechada por la máquina precedente durante su vida útil.

EMmA: Índice relativo de costos del material (repuestos) correspondiente al subconjunto viejo (precedente) y al nuevo (o proyectado).

αAN : Factor de los índices relativos de costos del material.

βNA : Factor relativo del rendimiento o cantidad de trabajo realizado por las máquinas.

A manera de ejemplo, se ilustran los resultados, en la tabla 1 que aparece a continuación, del cálculo efectuado para el Subconjunto Trozador correspondiente a la Máquina Cosechadora KTP-3. Como se puede observar, en ambas máquinas, se agruparon las piezas en clases, según análisis de expertos. Posteriormente se determinó el valor de PA: Costo del Subconjunto Trozador de la Máquina precedente: Cosechadora KTP-1, en base a los costos de cada una de las piezas que integran este subconjunto, según las clases predeterminadas. A continuación se procedió al cálculo de las variantes económicas de fabricación para el subconjunto picador de la nueva máquina: KTP-3. Para ello se determinaron aquellas clases que poseen un peso específico más significativo en el costo general del subconjunto, y en base a éstas se desarrollaron las diferentes variantes de cálculo.

Tal y como se puede observar en la tabla 1, la clase 135 (VA = 0.4, $\Gamma = 0.95$, hB = 0.6) posee la mayor incidencia: 80.68%; a ella corresponden los elementos hidráulicos del sistema. El valor obtenido para esta primera variante es de $PN \leq 9720.034$ pesos. (tabla 2) Posteriormente, se desarrollaron dos variantes más de cálculo con elevación continua de la fiabilidad de los componentes del sistema, con la formación de las clases

correspondientes, manteniendo el valor constante para el resto de las clases y el mismo peso específico de la nueva formada: clase 245 (VA = 0.7, $\Gamma = 0.9$, hB = 0.6) : $PN \leq 13326.39$; Clase 235 (VA = 0.7, $\Gamma = 0.95$, hB = 0.6) : $PN \leq 17522.73$. En todos los casos, los costos específicos de explotación, referidos a consumos de repuestos, fue inferior a la máquina precedente.

Tabla 1. Nomenclatura.

No.	Denominación nomenclatura		Parámetros de fiabilidad			FKNi	Pi(1)	EM(1)i	FKN3(i)	Pi(3)	EM(3)i
	CLASE	CODIGO	VA	GG	HB						
1	KL-0	100	0.4	0.995	0.6	39.3321	21.53	846.8201	39.3321	0.24	9.432704
2	KL-1	105	0.4	0.995	0.6	10.1881	37.28	379.8124	10.1881	1.39	14.16146
3	KL-3	115	0.4	0.99	0.6	10.7262	1.15	12.33513			
4	KL-5	125	0.4	0.98	0.6	14.759	8.4	123.9756	14.759	0.51	7.52709
5	KL-7	135*	0.4	0.95	0.6	19.8929	0.59	11.73681	19.8929	80.88	1608.938
6	KL-9	145	0.4	0.9	0.6	25.9583	7.62	195.2064	25.5883	3.5	90.85405
7	KL-11	155	0.4	0.85	0.6	28.5937	2.85	81.49205	28.5937	6.74	192.7215
8	KL-20	200	0.7	0.7	0.6	38.3785	0.17	6.524345			
9	KL-21	205	0.7	0.995	0				39.314	0.84	33.02376
10	KL-29	245	0.7	0.995	0.6	2.6405	7.51	19.83016			
11	KL-60	300	1	0.995	0	8.48	13	110.24	8.48	5.9	50.032

Tabla 2. Evaluación de costos.

EM(1) = 1787.973	EM(3)i = 2006.697		
$\alpha_{AN} = 0.8910028$	$\beta_{NA} = 1.5$	PA = 7272.73	$\beta_{N} \leq 9720.034$

5. Conclusiones y recomendaciones.

- ❖ La presente metódica, tiene una especial importancia a la hora de diseñar una nueva máquina, perfeccionar una ya en línea de producción o sustituir una determinada nomenclatura que se presente como crítica por una de mayor fiabilidad. A través de la misma se puede fundamentar el costo del nuevo artículo en lo referido a los gastos que se incurren por concepto de consumos de piezas de repuesto; que como se apuntó inicialmente representan el 70% de todos los gastos de reparación (operativos y profilácticos).
- ❖ Las diferentes variantes se calculan teniendo en cuenta la elevación de la fiabilidad del artículo progresivamente. Es decir el cálculo se realiza
 - ❖ evaluando diferentes valores de la probabilidad de sobrevida (Γ), de su coeficiente de variación (VA) y como aspecto importante el índice relativo de explotación (hB) ya que encierra un concepto económico.
 - ❖ La metódica centra su base de cálculo según el modelo de los costos específicos de los gastos materiales (repuesto). Debiéndose cumplir la condición, que: los costos específicos del artículo que se proyecta siempre deberán ser menores o al menos iguales al costo del artículo precedente. Y las diferentes variantes surgen con la elevación de la fiabilidad del artículo que se proyecta. Aunque siempre se tendrá presente que la elevación de la fiabilidad del artículo que se proyecte sólo se corresponde en la misma medida en que se justifique económicamente.

6. Bibliografía.

1. Ihle G. Methodik für die Prognose der Verbrauchskennzahlen und der Instandhaltungskosten. (Metódica para el pronóstico de los índices de consumo y de los costos de reparación). Götz Ihle, Kurt Rößner y G. Teuchert. 1981. T.U. Dresden.
2. Navarro M. Methodik zur Planun und Vorhersage des Materialaufwandes für die Instandsetzung von Zuckerrohrerntemaschinen. (Metódica para la planificación y predicción de los gastos materiales para las reparaciones de las máquinas cosechadoras de caña de azúcar.) Dissertation A. TU. Dresden 1989.
3. Navarro M. Consideraciones acerca del Modelo Ihle-Rößner en el cálculo de las frecuencias de fallos y sustituciones debido al desgaste progresivo de las piezas. Memorias de la Segunda Conferencia Internacional de la UHo: "MAQUINAG'97". Noviembre de 1997
4. Navarro M. Metódica para la planificación de piezas de repuesto de las máquinas cosechadoras atendiendo a las características de fiabilidad. Memorias de la Segunda Conferencia Internacional de la UHo "MAQUINAG'97". Noviembre de 1997.
5. Rößner K. Grundlagen zur Projectierung der Instandhaltungstechnischer Arbeitsmittel imkonstruktiven Entwicklungsprozess. (Bases para la proyección del mantenimiento de equipos de la agricultura, durante el proceso de desarrollo). Dissertation B. 1985. T.U. Dresden.
6. Soucek, R. Grundsätze für die Konstruktion von Landmaschinen (Bases para la construcción de máquinas agrícolas). R. Soucek, H. Regge. VEB Verlag Technik. Berlin. 1979.
7. Ulrich, K. Zur Formulierung der Zielfunktion des ökonomischen Konstruierens. (Formulación de la función objetivo para construcciones económicas). VEB Kombinat Fortschritt-landmaschinen Neustadt. Agrartechnik, Berlin 9(1971)G. S 396 - 400.

Important aspects on the methodical of calculation and economic foundation of production variants of croppers machines.

Abstract.

This Methodical one allows the determination of the maximum permissible costs of production evaluating different variants of reliability of the pieces in the new machine or subset study object or development. She/he has like base the pattern Ihle-Rößner for the evaluation of the behavior of the waste in the pieces and calculation of the indexes of consumption of the reserves, assisting to certain parameters of reliability. Later on you proceeds to the calculation of the different variants of production: determination of the permissible costs of production, settling down for it that the specific costs for the piece, subset or projected machine should be same or smaller at the costs of the precedent article

Key words. Costs, permissible costs of production, evaluation of waste, calculation of indexes consumption of reserves.