

## ¿CÓMO LLEGAR A CONOCER EL NÚMERO DE PIEZAS DE REPUESTO NECESARIAS, PARA UNA DETERMINADA MÁQUINA O EQUIPO DURANTE SU VIDA ÚTIL?



**Dr. Ing. Marcelo N. Navarro Ojeda**  
**Profesor Titular, Profesor de Tribología**  
**Facultad de Ingeniería, Universidad de Holguín**  
**E-mail: marcelo@cadcam.uho.edu.cu**

La planificación de las piezas de repuesto de las máquinas y equipos constituye un elemento de vital importancia en el buen funcionamiento de los mismos. Esta Metodología es válida en toda la rama Mecánica. A manera de ejemplo se aplica para las máquinas cosechadoras de caña de azúcar. En la Industria Azucarera, el cálculo de las piezas de repuesto de las principales máquinas y equipos agrícolas se ha hecho según datos de la experiencia; pero que muchas veces, estos cálculos no satisfacen el real comportamiento de los consumos durante las reparaciones operativas y profilácticas que deben llevarse a cabo. En repetidas ocasiones ocurren faltantes o por el contrario sobrantes en diferentes renglones.

### **INTRODUCCION:**

La presente Metodología surge producto de un largo estudio de los consumos y necesidades de piezas de repuesto de las máquinas combinadas cañeras KTP en Cuba; estudio realizado desde 1980; la cual puede ser extrapolada a cualquier otra máquina o equipo de la rama mecánica, siempre que se cuente con los parámetros de fiabilidad aquí evaluados.

### **DESARROLLO**

La metodología desarrollada consta de cinco pasos fundamentales:

1. Agrupación de las piezas en clases
- 2.- Cálculo de los índices de consumo para cada clase
- 3.- Determinación de las existencias de almacenamiento por niveles: B
- 4.- Cálculo de las existencias de seguridad por niveles de almacenamiento (SB).
- 5.- Cálculo de la cantidad de piezas de repuesto que deben ser producidas para un determinado período de explotación

#### **1.- Agrupación de las piezas en clases:**

Las máquinas cosechadoras actuales, por su complejidad, poseen cientos de piezas diferentes. La necesidad de este primer paso es indiscutible, ya que de lo contrario se haría demasiado tedioso el cálculo de las piezas de repuesto necesarias de cada uno de los elementos que componen la máquina. Además de voluminoso, no se hace necesario tal grado de "supuesta precisión". Ihle-Rößner [3], [4], [11] agrupan las piezas atendiendo a los siguientes indicadores: Probabilidad de sobrevida ( $T$ ), Coeficiente de Variación (VA) y Límite de explotación relativo (hB).

#### **2.- Cálculo de los índices de consumo para cada clase.**

Los índices de consumo de piezas de repuesto para las etapas de explotación y reparación profiláctica, se calculan siguiendo el modelo matemático según la distribución de Weibull; que es precisamente el modelo que más se aviene al comportamiento de desgaste de los diferentes grupos de piezas que forman la máquina cosechadora. A través de este modelo se crea el

programa de cálculo INHÄUF [4].

### 3.- Determinación de las existencias de almacenamiento por niveles: B

Se puede llegar a establecer una relación entre la variable B (existencias de almacenamiento por Niveles), que representa el parámetro objeto de evaluación y la Distribución Binomial según la siguiente ecuación:

$$\sum_{j=0}^B \binom{ML}{j} * (VKZ_r)^j * (1 - VKZ_r)^{ML-j} = SL$$

B = Existencias (necesidades) de almacenamiento de piezas de repuesto

VKZr = Índice de consumo relativo

ML = Número de elementos para una determinada posición (pieza) o clase de un determinado nivel de almacenamiento.

Seguridad de aprovisionamiento en un almacén de piezas de repuesto: SL.

<u>1er Nivel</u> (Nacional)	0,98 - 0,999	Fábrica o Empresa productora del artículo
<u>2do Nivel</u> (Provincial)	0,95 - 0,98	Empresas u Organismos que explotan los equipos.
<u>3er Nivel</u>	0,90	Unidad donde son destinados los equipos para la Explotación.

### 4.- Cálculo de las existencias de seguridad por niveles de almacenamiento (SB).

Las existencias de seguridad de almacenamiento SB resultan de la diferencia que se establece entre las existencias de almacenamiento B, y las Existencias de aprovisionamiento normales BN. BN es una función del número de elementos para una determinada pieza o clase (MN) y el índice de consumo relativo (VKZr). Estas relaciones se establecen como sigue:

$$SB1 = B1(SL = 0,999; ML1) - B1(SL = 0,98; ML1)$$

$$SB2 = B2(SL = 0,98; ML2) - B2(SL = 0,9; ML2)$$

$$SB3 = B3(SL = 0,9; ML3) - ML3 * VKZr$$

Donde SB1, SB2 y SB3 representan el 1er, 2do y 3er nivel respectivamente.

### 5.- Cálculo de la cantidad de piezas de repuesto que deben ser producidas para un determinado período de explotación

$$BET = F[B(1,2,3)_{op}, B(1,2,3)_{vo}; SB(1,2,3)]$$

BET = Número total de piezas de repuesto que deben ser producidas.

$B_{(1,2,3)_{op,vo}}$  = Existencias de piezas de repuesto para los tres niveles de almacenamiento, correspondientes a las reparaciones operativas (op) y profilácticas (vo)

$SB_{(1,2,3)}$  = Existencias de Seguridad de almacenamiento por niveles.

El cálculo se hace para cada clase, representando la misma un determinado grupo de piezas, con características de fiabilidad análogas. Así el cálculo se efectúa para 1,2,3.... N campañas de explotación.

De la fórmula anterior resulta que la cantidad de piezas de repuesto totales: piezas de repuesto de las reparaciones operativas y profilácticas, en cada Complejo Agroindustrial (CAI), sumadas a las Existencias de Seguridad que deben existir en el primer y segundo nivel, se calculan a través de las siguientes relaciones:

$$BET = B \text{ CAI} + SB1 + SB2$$

$$B \text{ CAI} = \sum_{j=1}^{EK} CAI_j$$

B CAI: Número de piezas de repuesto totales correspondientes a la suma de todos los CAI.

SB1, SB2: Existencias de Seguridad de almacenamiento correspondientes al 1er y 2do nivel.

j=1,...EK: Número de campañas

## CONCLUSIONES

Tal y como se apuntó inicialmente, esta metódica, para el cálculo de las piezas de repuesto que deben ser fabricadas y/o utilizadas en las reparaciones operativas y profilácticas, para N campañas o períodos de explotación de máquinas cosechadoras, se basa en la evaluación de determinados parámetros de fiabilidad: La probabilidad de supervivencia ( $\Gamma$ ), el Coeficiente de Variación del límite de vida útil del elemento (VA) y el límite relativo de explotación (hB).

La determinación de B, SB y BET; es decir, de la cantidad de repuestos necesarios para las diferentes campañas se lleva a cabo a través del programa de cálculo ETP, versión 2.0

Resulta de gran utilidad tener agrupados en fichero aparte las piezas que por sus altos consumos y/o alto precio se pueden catalogar como críticas en la máquina.

## BIBLIOGRAFIA

1. Eichler Ch. Instandhaltungstechnik VEB Verlag Technik. Berlin. 1977.
2. Ihle G.y Rößner K. Richtlinien für die Prognose der Instandsetzungshäufigkeit von Einzelteilen und Baugruppen, der Verbrauchskennzahlen von Ersatzteilen und der Instandsetzungskosten auf der Basis von Musterproben Landtechnischen Arbeitsmittel. Richtlinien. 1978. T.U Dresden.
3. Ihle G. Methodik zur Präzisierung einer Datenbank für die Zuverlässigkeitseigenschaften von Einzelteilen einer Landmaschinen. T.U. Dresden. 1987.
4. Ihle G., Rößner K., Teuchert G. Methodik für die Prognose der Verbrauchskennzahlen und der Instandhaltungskosten. 1981. TU. Dresden.
5. Leyva M. Beitrag zu einer Methodik für die Vorhersage der Instandsetzungskosten von Landmaschinen in Abhängigkeit von der Zuverlässigkeit der Einzelteile, dargestellt am Beispiel der Zuckerrohrerntemaschine KTP-1. Dissertation A. 1988. TU. Dresden.
6. Navarro, M y Colectivo de Autores. Determinación de los índices de consumo de piezas de repuesto en los períodos de reparación y explotación en Complejos Agroindustriales de las provincias de Holguín y Las Tunas: CAI "U. Noris", "C. Naranjo", "Maceo", A. Guiteras", "J. Menéndez", "A. Libre", "Fernando de Dios".
7. Navarro M. Methodik zur Planung und Vorhersage des Materialaufwandes für die Instandsetzung von Zuckerrohrerntemaschinen. Dissertation A, 1989. T.U. Dresden. R.D.A.
8. Navarro M. y Zaldivar M. Estudio preliminar para la elaboración de una proposición con vista a la disminución del módulo de piezas de repuesto de las máquinas combinadas KTP-1. Boletín Inf. del Centro Multisectorial de ICT de la ACC. 1983 Holguín.
9. Navarro M.y Zaldivar M. Indices de consumo de piezas de repuesto de la Cosechadora KTP-1. (I y II parte) Rev. Construcción de Maquinaria No. 2 y 3. 1986.
10. Petersohn M. Beitrag zur Ersatzteilplanung für landtechnische Arbeitsmittel unter besonderer Berücksichtigung ihrer Entwicklungsphase und des Serienlaufes. Dissertation A. 1976, TU. Dresden.
11. Rössner K. Grundlagen zur Projektierung der Instandhaltungslandtechnischer Arbeitsmittel im konstruktiven Entwicklungsprozess.. Dissertation B. 1985. T.U. Dresden.
12. Zaldivar M. El Diagnóstico técnico como método de valoración de la fiabilidad de las máquinas cosechadoras de caña KTP. Trabajo de defensa de doctorado, manuscrito. 1999. UHo.