

## REPARACIÓN Y TECNOLOGÍA MECÁNICA *REPAIRING AND MECHANICAL TECHNOLOGICAL*

### NOTA TÉCNICA

# Factores que influyen en la calidad de la reparación del sistema hidrostático de la cosechadora de caña de azúcar KTP 2M

## *Factors that influence in the quality of the repair of the hydrostatic system of the KTP 2M sugar cane harvesting machine*

Eloy García Aragón<sup>1</sup>; Antonio Daquinta Gradaille<sup>2</sup> y Miguel Enrique Sánchez Lamela<sup>3</sup>

**RESUMEN.** El objetivo del presente trabajo, desarrollado en la empresa mecánica “Vladimir I. Lenin” y los complejos agroindustriales de la provincia de Camaguey, es la determinación de los principales factores que influyen en la durabilidad de las bombas **NP90** y el hidromotore **MP90** del sistema hidrostático de las cosechadoras de caña de azúcar **KTP 2M**. Existiendo un grupo considerable de factores que inciden negativamente sobre la durabilidad del sistema hidrostático, sobresaliendo la baja calidad de las operaciones de reparación y mantenimiento; la preparación técnica de mecánicos y operadores y la calidad de la lubricación.

**Palabras clave:** Reparación, Sistema hidrostático, Cosechadoras.

**ABSTRACT.** This work was developed in “Vladimir I. Lenin” Workshop in Camaguey city and agricultural enterprises in Camaguey province. The work objective is to find the main factors that determine the service live of the **NP90** pump and the **MP90** hydro-motor in the harvesting machine **KTP 2M**. Among several factors that determine the hydrostatic-system service live, the most important are: low quality of the repairing work and maintenance, the mechanics and workers qualification and the lubrication quality.

**Keywords:** Repairing, hydrostatic System, harvesting machine.

### INTRODUCCION

Los campos cañeros de Cuba han sido mudos testigos del desarrollo constante y paulatino de las máquinas cosechadoras, actividad esta que se potenció desde los primeros años de la Revolución con el auxilio de los especialistas de la antigua Unión Soviética hasta su derrumbe como país socialista, y posteriormente los técnicos cubanos con la experiencia acumulada continuaron mejorando el parque hasta llegar a las actuales máquinas cosechadoras KTP-2M masivamente introducidas, las cuales son producto del desarrollo y mejoramiento de otros modelos de procedencia nacional.

En el plano nacional existieron otras combinadas mucho más modernas, altamente promisorias no solo para el país,

sino para varios países de la región, máquinas como la KTP-3S con alto grado de automatización y la KTP-4000 con características técnicas y de explotación que las asemejan a las mejores cosechadoras que aparecen en el mercado internacional. También han trabajado pequeños grupos de modernas máquinas de las firmas TOFT y MASSEY-FERGUSON, las cuales además de hacer un buen aporte a las zafras de caña azucareras, han servido de máquinas comparativas al evaluar la calidad de las respuestas que brindan las máquinas cosechadoras del país.

En el exterior han surgido modelos de cosechadoras que representan lo más avanzado en esta materia como la AUSTOFT, la CAMECO y la TIGER norteamericanas, así como las cosechadoras BRASTOTF, la SANTAL y la CASE de Brasil.

**Recibido** 11/10/09, aprobado 31/03/11, trabajo 22/11, nota técnica.

<sup>1</sup> M.Sc., Profesor, Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”, Ciego de Ávila, Cuba, E-✉: [pfr\\_elay@rect.unica.cu](mailto:pfr_elay@rect.unica.cu)

<sup>2</sup> Dr.C., Prof. Tit., Universidad de Ciego de Ávila “Máximo Gómez Báez”, Ciego de Ávila, Cuba.

<sup>3</sup> M.Sc., Ing., Empresa mecánica “Vladimir Ilich Lenin”, Camaguey.

El Ministerio del Azúcar desde enero de 2008, ha introducido una nueva tecnología para la cosecha mecanizada de la caña de azúcar, basada en las cosechadoras CASE de fabricación brasileña. Esta nueva tecnología introduce profundas transformaciones en la cosecha mecanizada, el transporte y recepción de la caña en la industria; entre otras: los turnos de trabajo de 8 -12 horas de cosecha se pasa a 24 horas, la productividad se eleva de 8-12 a 40-50 toneladas por horas, las materias extrañas disminuyen de un 12-18 % a 4-6 % y como consecuencia de lo anterior se eleva la cantidad de viajes por camión de 4-5 a 8-10 y el aprovechamiento de la capacidad estática del transporte alcanza establemente el 100% (Navarro, 2002).

En Cuba a las cosechadoras KTP se le instalaron sistemas hidrostáticos de circuito cerrado GCT-90 de fabricación rusa las cuales en su diseño constructivo poseen una elevada durabilidad, pero esto por si solo no garantizan una prolongada vida útil de estos sistemas. Hay que tener en cuenta los factores que están relacionados principalmente con la organización de los mantenimientos técnicos y diagnósticos, la reparación, el abastecimiento de lubricantes, la calificación de operarios y mecánicos, la conservación, la transportación y otros, también influyen sobre la durabilidad de estos sistemas, constituyendo **objetivo** del presente trabajo la determinación de los principales factores que influyen en la baja durabilidad de las bombas **NP90** e hidromotores **MP90** como conjunto mecánico de las cosechadoras de caña de azúcar **KTP 2M** de fabricación cubana, mediante el análisis de la calidad del proceso de reparación general en la planta y del sistema de mantenimiento del sistema hidrostático durante la explotación de la cosechadora.

## DESARROLLO

Del análisis de los trabajos de investigación y de la bibliografía especializada, indican que la mayoría de estos se relacionan con la búsqueda de métodos de recuperación para los elementos mecánicos o con el estudio de la influencia que ejercen diferentes factores por separados en la vida útil de la cosechadora de forma general, no así, en el sistema hidrostá-

tico. No se reportan estudios integrales dirigidos a aumentar la vida útil de estos agregados a partir de que se conozcan los factores que la limitan, tanto durante la explotación, como durante la reparación general. Además no existe una tecnología de reparación general de la bomba NP90 y el hidromotor MP90 del sistema hidrostático GCT 90 de forma integral, teniendo en cuenta los factores que influyen en su capacidad de trabajo y las condiciones tecnológicas reales que existen en Cuba (Acosta, 1992; Daquinta, 2004; CEDEMA,1996; *Programa de desarrollo y piezas de repuestos*, 1992; Sánchez, 1992; Sánchez, 1991; Sánchez, 2005; Shkiliova, 1997; y Zaldivar, 1999).

La traslación hidrostática, brinda considerables ventajas respecto a la transmisión mecánica por correas con vareador de velocidad que posee la cosechadora KTP-1; ya que este conjunto disminuye considerablemente el índice de rotura por concepto de correas y vareador, además se elimina el embrague contribuyendo también al aumento de la fiabilidad. Mejora la maniobrabilidad de la cosechadora, las condiciones del operador y facilita la regulación de la velocidad de trabajo de la máquina en dependencia del rendimiento agrícola del campo y las condiciones de mecanización del terreno, posee independencia respecto a otros conjuntos accionados hidráulicamente y tiene posibilidad de regulación sin escalones de los regímenes de velocidad de marcha.

Se racionaliza el sistema y se simplifica su construcción y explotación (*Manual de sistemas hidrostáticos*, 1990).

El accionamiento hidrostático de circuito cerrado GTC 90 sirve para transferir la potencia del motor al tren de rodaje de las máquinas agrícolas autopropulsadas de mando manual con regulación gradual de velocidad de marcha y de la fuerza de tracción. El accionamiento hidrostático consta de una bomba regulable (Charlynn), motor hidráulico no regulable aparatos hidráulicos de mando, dispositivos suplementarios (filtros), termopermutador, depósitos, tubería y accesorios de conexión.

La Figura 1 muestra la bomba **NP90** y el hidromotor **MP90** de las cosechadoras KTP 2M con funcionamiento por placa inclinada.

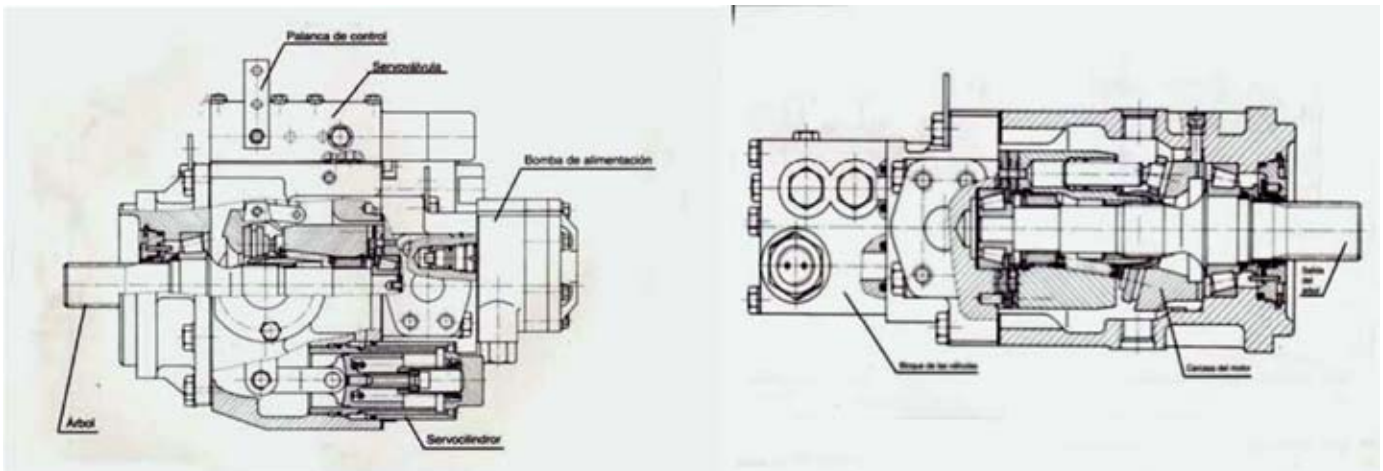


FIGURA 1. Bomba NP90 y hidromotor MP90 del sistema hidrostático de las cosechadoras KTP 2M.

El funcionamiento del accionamiento hidrostático consiste en hacer girar por medio del motor del árbol de entrada de la bomba reversible regulable al cual van conectado el bloque de cilindros y la bomba de alimentación adicional. La bomba succiona fluido operante del depósito, suministrándolo al conducto de baja presión a través del filtro y por la válvula de retorno, al conducto de baja presión que va conectado a la cavidad de aspiración de la bomba reversible regulable y a la cavidad de salida del motor hidráulico no regulable, tal como se observa en la Figura 2.

El accionamiento hidrostático GTC 90 sirve para transferir la potencia del motor al tren de rodaje de las máquinas agrícolas autopropulsadas de mando manual con regulación gradual de velocidad de marcha y de la fuerza de tracción. El accionamiento hidrostático consta de una bomba regulable

(Charlynn), motor hidráulico no regulable, aparatos hidráulicos de mando, dispositivos suplementarios (filtros), termostato, depósitos, tubería y accesorios de conexión. La Figura 1 muestra la bomba NP90 y el hidromotor MP90 de las cosechadoras KTP 2M.

El funcionamiento del accionamiento hidrostático consiste en hacer girar por medio del motor del árbol de entrada de la bomba reversible regulable al cual van conectado el bloque de cilindros y la bomba de alimentación adicional. La bomba succiona fluido operante del depósito, suministrándolo al conducto de baja presión a través del filtro y por la válvula de retorno, al conducto de baja presión que va conectado a la cavidad de aspiración de la bomba reversible regulable y a la cavidad de salida del motor hidráulico no regulable, tal como se observa en la Figura 2.

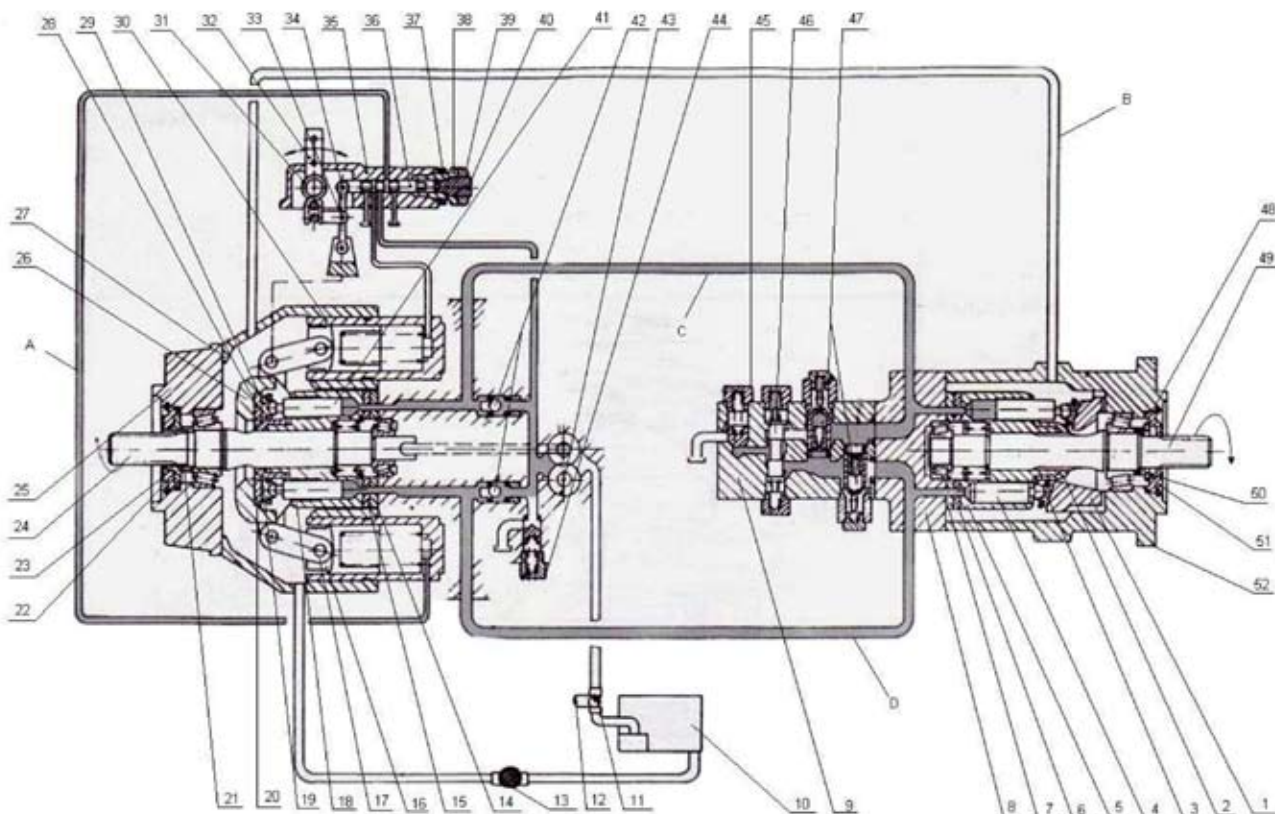


FIGURA 2. Esquema de funcionamiento de la transmisión hidrostática GTC 90.

Durante el funcionamiento de las cosechadoras de caña de azúcar autopropulsadas por accionamiento hidrostático pueden presentar los siguientes defectos: el accionamiento hidrostático no funciona, no funciona en una dirección, es difícil encontrar la posición de neutral de la palanca de mando, lo que provoca que la máquina no se detenga, recalentamiento del fluido hidráulico, ruidos en el accionamiento hidrostático, impulso lento de la máquina y poca velocidad de traslación (*Manual de sistemas hidrostáticos*, 1990). Más del 80% de los defectos del sistema hidrostático es ocasionado por averías y desgaste de piezas que componen la bomba y el hidromotor, los cuales se ilustran en la Figura 3.

Los elementos mecánicos como disco distribuidor, disco fondo adaptador y disco de apoyo, entre sus caras laterales no se permite una desviación del paralelismo mayor de 0,011; y en estos tres discos y la arandela inclinada (hidromotor) y el bloque de cilindros no se permite una planicidad mayor de 0,014 en sus caras conjugadas. El acabado superficial deseado en las superficies de contacto de estos elementos es de 0,25, y para garantizar este acabado se bruñen con un polvo compuesto de carburo de silicio, utilizándose para este fin en la fábrica que existe en la ciudad de San Petersburgo los polvos F500 y F100 de fabricación alemana y M20 y F10 de fabricación rusa. Además estos elementos deben de tener una elevada resistencia al desgaste, así como

conservar sus dimensiones y geometría. Después de la elaboración mecánica y térmica la dureza debe ser de 55 a 62 HRC en el caso de los elementos fabricados de acero como el disco distribuidor, arandela inclinada y disco de apoyo; y en el caso de las piezas fabricadas de bronce aleado como el disco fondo adaptador y pivote del embolo la dureza debe ser mayor de 80

HRB. No se admite corrosión, grietas y rajaduras en ninguna de las superficies, así como impurezas en el sistema. En el caso del árbol motriz el extremo dentado está sometido a un tratamiento superficial a una profundidad de 0,5mm garantizando una dureza no menor de 50 HRC.

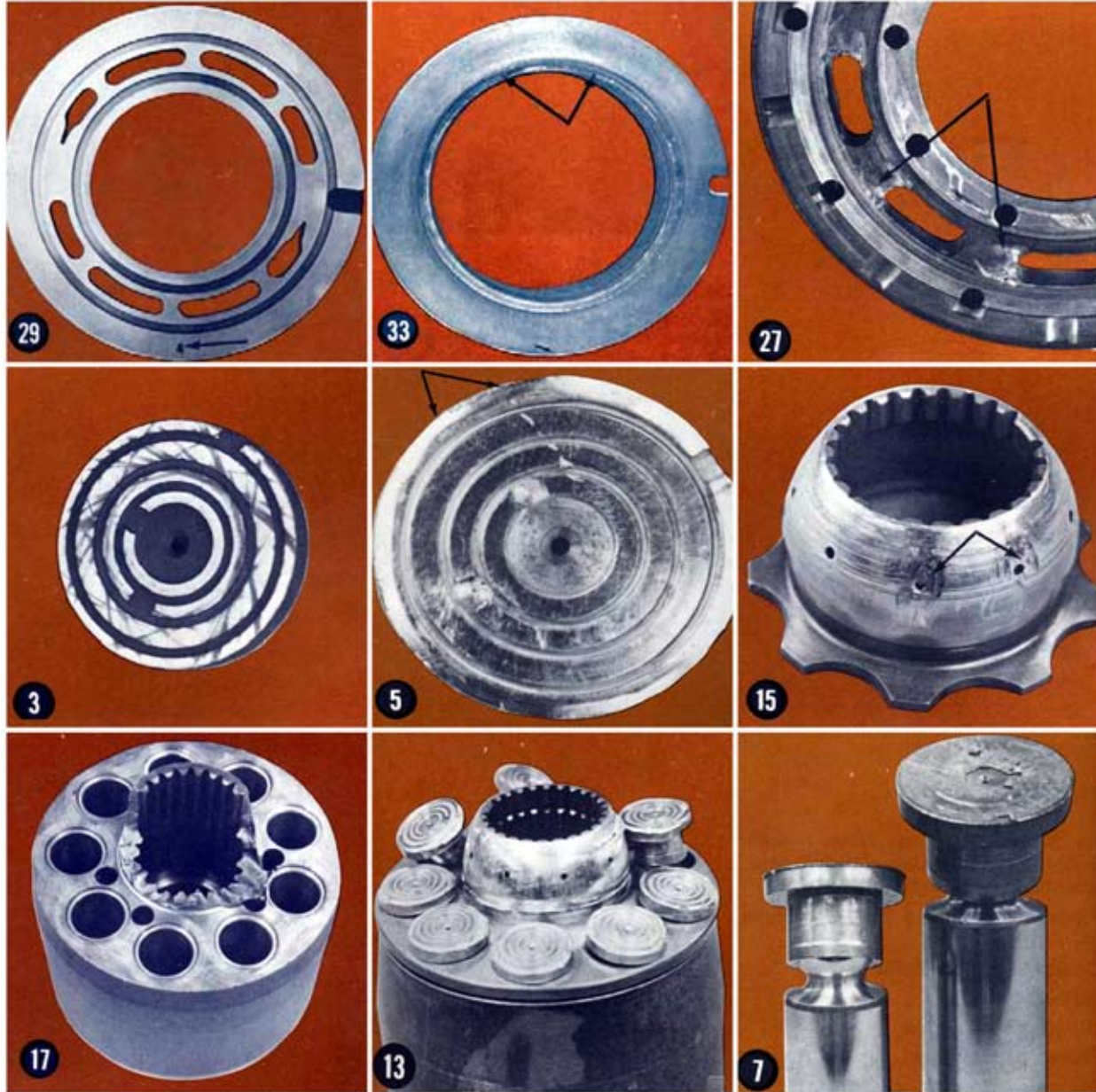


FIGURA 3. Defectos típicos de las piezas del sistema hidrostático.

Es política del Ministerio del Azúcar aumentar la vida útil de estos sistemas, con el fin de disminuir los recursos financieros y técnicos que se utilizan en la cosecha de la caña de azúcar. La Empresa de Producciones y Servicios Mecánicos “Vladimir Ilich Lenin” ubicada en la provincia de Camagüey que posee un Laboratorio Hidráulico especializado en la reparación de estos sistemas hidrostáticos y que está catalogada como la mejor de su tipo en Cuba tiene como política aumentar la calidad y la vida útil de las bombas NP90 e hidromotores MP90 reparados que componen el sistema hidrostático de la KTP, para satisfacer las necesidades y cumplir con las expectativas de los clientes.

En Cuba no se reporta un trabajo de investigación sobre la determinación de los factores de explotación y reparación que influyen en la durabilidad de la bomba NP90 e hidromotores MP90 del sistema de accionamiento hidrostático de las cosechadoras de caña de azúcar del tipo KTP.

Se puede aumentar la durabilidad de estos conjuntos, a través de la disminución o eliminación de los factores negativos que los afectan durante la explotación o durante la realización de los trabajos de mantenimiento técnico y reparación y sin embargo, en Cuba se desconocen cuáles son los factores y en qué medida influyen negativamente sobre la durabilidad de los mismos y cómo es posible disminuir o eliminar su influencia. Por ello, se realizó la investigación sobre una población 947 bombas NP90 y 774 hidromotores MP90, reparador durante el 2006 y 2007 en la EPSM “V. I. LENIN”.

La investigación partió de la valoración de expertos, trabajando individualmente cinco personas como expertos, donde la condición principal fue exigir que dominaran el trabajo de las bombas e hidromotores en el sistema hidrostático y los factores que puedan incidir de manera negativa en la rotura y durabilidad de estos agregados. El grupo de expertos, quedó constituido por un profesor de la Universidad de Holguín con grado científico de Doctor Ciencias Técnicas, especialista de mantenimiento y reparación, con más de 30 años de servicios; un especialista hidráulico del Centro de Investigación de la Maquinaria Agrícola (CEDEMA) de Holguín con grado científico de Doctor y más de 25 años de servicio; el Especialista Principal de Mecanización de la provincia de Camagüey y del CAI Siboney, ambos ingenieros y con más de 30 y 15 años de servicios respectivamente, y un mecánico del Laboratorio Hidráulico de la planta “V. I. Lenin” con más de 25 años de experiencia en la reparación y comprobación de los sistemas hidrostáticos.

Una vez definido el efecto a analizar, a partir de la valoración de expertos se determinó la concordancia del criterio de los expertos y el criterio patrón y el orden de prioridad de los aspectos analizados; obteniéndose un coeficiente de concordancia (Kendall) de 0,825, lo cual indica que existió un alto nivel de concordancia en el criterio de los cinco expertos, cumpliendo el requisito de ser mayor de 0,5 para poderlos te-

ner en cuenta.

A partir de los resultados, teniendo en cuenta las causas que tengan más de un 50% de concordancia se confecciona el Diagrama Causa-Efecto, donde surgieron las siguientes categorías como causa principales por las cuales se afecta la durabilidad y aumenta la rotura de estos agregados: 1) Reparación; 2) Mantenimiento técnico; 3) Preparación del Operador; 4) Calidad de la Lubricación; 5) Particularidades Constructivas; 6) Conservación.

Quedó establecido además, que cada una de estas categorías están influenciadas a su vez por una serie de sub causas, sobre las cuales en ocasiones se puede actuar y en otras no. No obstante en ocasiones se pueden tomar medidas que ayuden a disminuir el índice de roturas y por tanto aumentar la durabilidad, una vez que se conozcan los efectos que estos factores causan sobre el indicador investigado de acuerdo a su grado de prioridad y para ello la información obtenida se analizó a través de un diagrama de Pareto. En correspondencia con lo planteado, a cada uno de los factores se le asignaron valores en la escala de 1 a 10 puntos, las mayores puntuaciones se otorgaron a aquellos factores que a juicio individual de cada experto inciden de manera más significativa sobre el factor investigado, y a los restantes se le asignaron valores en orden decreciente de prioridad. Con ayuda de los datos obtenidos se construyó el diagrama Pareto representado en la Figura 4.

Como resultado, quedó definido que entre los factores que influyen en la rotura y durabilidad, los que mayor incidencia poseen son aquellos que se relacionan con la calidad de la reparación, calidad de la ejecución de las operaciones de mantenimiento técnico, calidad de la lubricación y la preparación técnica de los operarios. Por esta razón hacia estos factores fundamentales es que se debe dirigir el plan de medidas a elaborar, con vista a lograr aumentar la durabilidad y disminuir la rotura de estos agregados.

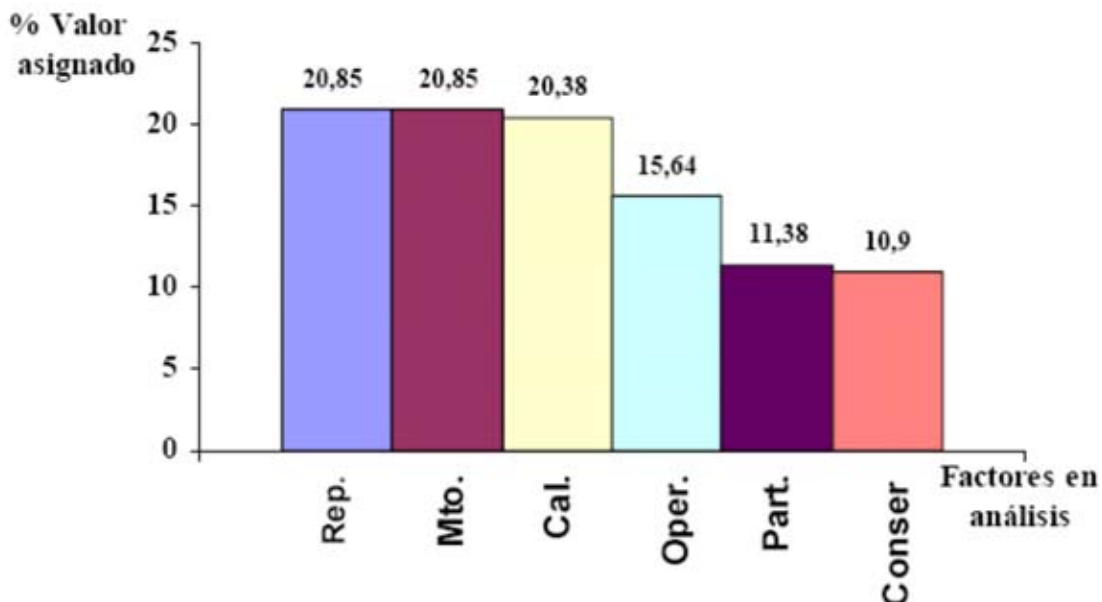


FIGURA 4. Diagrama de Pareto sobre los factores que influyen en la durabilidad y rotura de las bombas e hidromotores.

Se puede aumentar la durabilidad de estos conjuntos, a través de la disminución o eliminación de los factores negativos que los afectan durante la explotación o durante la realización de los trabajos de mantenimiento técnico y reparación y sin embargo, en Cuba se desconocen cuáles son los factores y en qué medida influyen negativamente sobre la durabilidad de los mismos y cómo es posible disminuir o eliminar su influencia. Por ello, la realización de la investigación sobre estos aspectos, permitirá crear el fundamento para realizar los trabajos dirigidos a aumentar la durabilidad de estos elementos deficitarios en el país en las condiciones actuales de explotación, mediante la disminución de la influencia negativa de los factores de reparación y del conocimiento

## CONCLUSIONES

- La investigación realizada a la bomba NP90 e hidromotor MP90 en las condiciones actuales de reparación general y su explotación, arrojó la incidencia de una gran cantidad de factores que influyen de forma negativa sobre el indicador de durabilidad, así como que los métodos de recuperación de sus elementos mecánicos no han resuelto definitivamente la necesidad de aumentar la durabilidad de los mismos.
- La disminución de la influencia negativa de los factores de

reparación o externos, es posible aumentar la durabilidad de los elementos y disminuir el gasto excesivo de estos, lo que permitirá obtener una notable economía de recursos financieros y de otro tipo.

- Se elaboraron las metodologías para determinar los factores que inciden sobre la calidad de las reparaciones de la bomba NP90 e hidromotor MP90 y su influencia sobre este indicador, lo que permite poder evaluarlo en forma de sistema.
- Se identificaron los factores que inciden sobre la rotura de la bomba NP90 e hidromotor MP90 reparados, y se demostró que sobre este indicador influyen de manera significativa: la calidad de ejecución de la reparación (20,85%), la calidad con que se ejecutan las operaciones de mantenimiento técnico (20,85%), calidad de la lubricación (20,38%), preparación técnica del operador (15,64%), particularidades constructivas (11,38%) y conservación (10,90%).
- Se elaboró la tecnología de reparación general teniendo en cuenta los factores que influyen en la calidad de las reparaciones y por tanto en su durabilidad.
- Mediante el estudio cualitativo y cuantitativo de la calidad de la reparación general de la bomba NP90 e hidromotores MP90, se determinó que existen reservas que no se utilizan actualmente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, J.: Ponencia: recuperación del árbol de la bomba NP90 del Sistema Hidrostático KTP, En: **Talleres de “V. I. Lenin”**, Camagüey, Cuba, 1992.
- CEDEMA: *Informe de los resultados de explotación de las combinadas cañeras KTP-2M en las zafra cañeras 1994-1995 y 1995-1996*, 50pp., Holguín, Cuba, 1996.
- DAQUINTA, G. L.A.: *Mantenimiento y Reparación de la Maquinaria Agrícola*, Editorial Félix Varela, La Habana, Cuba, 2008.
- Manual del sistema Hidrostático GCT90*, Ucrania, 1992.
- Manual de Funcionamiento y Servicio Dowty*, Editado por Massey-Ferguson (Australia) LTD. Cane Equipment División Bundaberg, QLD.
- NAVARRO, O. M.: *Ayer, hoy y mañana de la maquina cosechadora de caña de azúcar en Cuba*, Universidad de Holguín, Cuba, (monografía), 2002.
- Programa 014 desarrollo Piezas de repuestos*, Código: 01 400056. Recuperación y Fabricación, y/o alargamiento de la vida útil de las piezas de la bomba NP90 y del hidromotor MP90 de la transmisión hidrostática de la combinada cañera KTP, Universidad de Cienfuegos, Cuba, 1992.
- SÁNCHEZ, L. M.E.: Ponencia: recuperación del sellaje trasero y Control Hidráulico de la bomba NP90 del sistema hidrostático de la combinada KTP-2M, Camagüey, En: **Talleres “V. I. Lenin”**, Resolución 31/92, Camagüey, Cuba, 1992.
- SÁNCHEZ, L. M.E.: Ponencia: recuperación de los discos, conjunto pistón y bomba de carga de la bomba del Sistema Hidrostático de la combinada cañera KTP-2M, Camagüey, En: **Talleres “V. I. Lenin”**. Resolución 5/91. Camagüey, Cuba, 1991.
- SÁNCHEZ, L. M.E.: Ponencia: recuperación del eje motriz de la bomba NP90 por relleno en la zona de la ranura y el sellaje. Camaguey, En: **Talleres “V. I. Lenin”**, Resolución 22/2005, Camagüey, Cuba, 2005.
- SHKILOVA, L.: *Determinación y estudio de los factores influyentes en la calidad de la reparación de la técnica agrícola. Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas)*, Universidad Agraria de La Habana, Cuba, 1997.
- ZALDIVAR, S. M.C.: *El Diagnostico técnico, como actividad de dirección de la fiabilidad de las máquinas cosechadoras de caña KTP, Tesis (en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas)*, Universidad de Holguín, Cuba, 1999.