

Análisis comparativo del mantenimiento para locomotoras diesel y de vapor

C. M. Rodríguez Gil

Departamento Ingeniería del Transporte
 Facultad de Ingeniería Mecánica
 Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría.
 Calle 127 s/n, CUJAE, Marianao 15, Ciudad de la Habana, Cuba.
 E-mail: Crodriguez@mecanica.ispjae.edu.cu

(Recibido el 22 de febrero 1998, aceptado el 14 de diciembre de 1999)

Resumen

El mundo globalizado no afecta por igual a todos los países del orbe. En las circunstancias actuales que tiene el ferrocarril de la primera industria de la República de Cuba: ausencia de piezas de repuesto y limitaciones de recursos de combustible, surge la necesidad de estudiar nuevas fuentes motrices o potenciar la utilización de locomotoras a vapor, introducidas en el país desde 1837. La decisión de incrementar la participación de las locomotoras a vapor depende de múltiples factores que deben ser analizados individualmente e integrados posteriormente en un análisis sistémico. Dentro de estos factores se encuentra, jugando un papel fundamental, el mantenimiento técnico y sus costos. El trabajo tiene como objetivo central el estudio comparativo de los costos por mantenimiento entre parques similares de locomotoras con tracción diesel y de vapor. Este estudio forma parte de un proyecto nacional conocido como "Prometeo" encaminado a estudiar la factibilidad de la utilización masiva de las locomotoras a vapor en la industria azucarera. Para realizar el estudio se trabajó en varios complejos agro-industriales durante tres zafas azucareras, permitiendo llegar a recomendaciones.

Palabras claves: Mantenimiento, locomotoras, costos.

1. Introducción

El ferrocarril constituye un medio de transporte muy eficiente por sus posibilidades de transportación de grandes volúmenes de mercancías. Cuba no estuvo ajena a esta situación y el día 19 de Noviembre de 1837, se inauguró el primer tramo de vía férrea que cubrió el recorrido Habana - Bejucal, convirtiéndose en el primer país en construir y explotar el ferrocarril en América Latina, incluso antes que la metrópolis española.

Desde su inicio, el transporte ferroviario se convirtió en un medio económico para el traslado del azúcar de caña, arteria principal de la economía nacional. Hasta aproximadamente la década del 50, en que se inicia la dieselización con máquinas de procedencia norteamericana principalmente, la fuerza motriz para mover los vagones provenía de las locomotoras de vapor.

Como se conoce, según el proyecto "Prometeo", los Ministerios de Transporte, de la industria Azucarera (MINAZ) y la industria Sideromecánica (SIME), realizan urgentes esfuerzos en promover la construcción de locomotoras de vapor más eficientes en el país, así

como la modernización de su parque en los centrales azucareros, pudiendo explotarse estos equipos con combustibles de diferentes materiales renovables o no.

El proyecto "Prometeo" tiene entre sus objetivos determinar las ventajas y desventajas que tiene la tracción a vapor respecto a la diesel, teniendo en cuenta todos los aspectos que diferencian el trabajo de ambos tipos de máquinas, entre ellos, el sistema de mantenimiento que requieren y el abastecimiento de materiales de explotación.

Es por ello, que el presente trabajo plantea como objetivo fundamental la comparación entre la tracción diesel con la de vapor en cuanto al mantenimiento técnico y sus costos.

Para realizar el estudio se trabajó en los Complejos Agroindustriales (CAI). "Manuel Martínez Prieto", "Manuel Isla Pérez", "Amistad con los Pueblos", "Héctor Molina Riaño" y "Gregorio A. Mañalich". Como se comprende el presente trabajo constituye una fotografía de lo que ocurrió en la etapa analizada (1994-97) y el mismo no tiene precedente en el país.

2. Bases del estudio

El mantenimiento técnico es un conjunto de actividades técnicas de aplicación directa y de control económico, que satisfacen la condición de conseguir que la vida útil de la maquinaria sea la más prolongada posible, permitiendo que el valor de la inversión permanezca activo durante el tiempo de amortización de la maquinaria, e incluso después, con una disponibilidad alta.

El desarrollo del mantenimiento a las locomotoras diesel y de vapor en Cuba desde 1902-1959 estaba basado en el know-how norteamericano, ya se abría paso la tendencia al Mantenimiento Preventivo Planificado, pero la mayoría del parque de locomotoras se mantenía con actividades correctivas.

En los últimos años de la década del 60, con la colaboración de los países del antiguo Campo Socialista se implanta el mantenimiento alterno preventivo-correctivo para ambos tipos de locomotoras; como es lógico, más aún en la tracción diesel donde el mantenimiento se realiza con técnicas propias del transporte automotor, basado en el recambio de piezas, ya que tradicionalmente las locomotoras de vapor se han mantenido por mecánica general. No obstante, en la técnica ferroviaria en Cuba está totalmente concebido y aplicado el sistema alterno de mantenimiento, incluso bastante avanzado con las técnicas del mantenimiento predictivo.

El mantenimiento a las locomotoras diesel-hidráulicas persigue como condición que la máquina trabaje 20 horas diarias (durante la zafra), con la frecuencia de ejecución siguiente[3]:

Mantenimiento técnico MT-1 ----- diario
 Mantenimiento técnico MT-2 ----- 400 hs ó 20 días
 Mantenimiento técnico de poca complejidad
 MTPC-1----- 1200 hs ó 60 días
 Mantenimiento técnico de poca complejidad
 MTPC-2----- 8400 – 10000 hs
 motor viejo o nuevo
 Mantenimiento complejo medio MCM--11200 hs
 ó 4 años
 Mantenimiento complejo general MCG--22400 hs
 ó 8 años

En los CAI analizados, la frecuencia del mantenimiento técnico para las locomotoras de vapor, persigue la condición de que la máquina trabaje entre 10 y 15 días ininterrumpidamente, 20 horas diarias, en quincenas alternas, con la frecuencia de ejecución siguiente:

Mantenimiento técnico MT-1 cada día.
 Mantenimiento técnico MT-2 (10 ÷15) días.
 Mantenimiento complejo MCM anual.
 Mantenimiento complejo MCG cada 5 años.

Personal vinculado a las actividades del mantenimiento.

Cada actividad del mantenimiento necesita para su realización de cierta cantidad de personal seleccionado por la experiencia, que varía en cantidad y calificación en función de la acción del mantenimiento. Para un ciclo completo normado de mantenimiento las locomotoras diesel-hidráulicas requieren más personal, más calificado y mejor pagado.

Medios técnicos utilizados en la actividad del mantenimiento.

Cada accionar del mantenimiento requiere de una serie de equipos y medios necesarios para su ejecución correcta.

El equipamiento para realizar el mantenimiento a las locomotoras diesel-hidráulicas es más numeroso, caro y complejo, teniendo en cuenta los medios de uso (compresímetros, comprobador de inyectores, etc.), y toda una serie de medios que se requieren durante la ejecución del mantenimiento y la reparación del motor diesel y la transmisión hidráulica.

Elementos del presupuesto de costo para una acción de mantenimiento.

El objetivo fundamental del mantenimiento es devolver la capacidad de trabajo de la máquina, y para ello se necesita realizar un presupuesto de gastos que debe ser lo más racional posible, permitiendo que la calidad del equipo atendido sea óptima.

Los elementos del presupuesto de costos para una acción de mantenimiento utilizados en los cálculos fueron: la fuerza de trabajo, el consumo de materiales, la amortización de los medios básicos y los servicios que se compran y otros gastos (electricidad, agua, etc.)

3. Costos por mantenimiento para el ciclo actual normado para ambas locomotoras

El mantenimiento utiliza técnicas que se aplican a bienes físicos a fin de garantizar la máxima productividad al menor costo; por ello la base de sustentación del mantenimiento es esencialmente económica.

Teniendo en cuenta los elementos del presupuesto del costo para el ciclo completo de mantenimiento en ambos tipos de locomotoras, y considerando la zafra con una duración promedio de 160 días para las locomotoras diesel-hidráulicas y de 150 días para la tracción a vapor.

Se obtienen en la tabla I los costos totales y específicos para todos los mantenimientos técnicos en

ambos tipos de locomotoras y considerando el ciclo de mantenimiento actual.

Tabla I. Costos totales y específicos. Ciclo actual.

Tipo de Acción	Cantidad de acciones hasta el MCG	Costo unitario por Mant. \$	Costo Total \$	% del Costo Total	Costo específico \$/h	% del Costo Específico
Locomotora Diesel						
MT-1	1072	12.30	13185.60	6.88	0.60	5.76
MT-2	40	730.55	29222.00	14.80	1.82	17.30
MTPC-1	20	1374.10	27482.00	13.20	1.14	10.84
MTPC-2	2	6713.90	13427.74	6.5	0.79	7.51
MCM	1	24434.00	24434.00	11.8	2.03	19.30
MCG	1	99306.00	99306.00	48.0	4.13	39.68
Total			E=207057.34		E=10.51	
Locomotora de Vapor						
MT-1	375	11.87	4125.00	9.2	0.589	8.5
MT-2	20	123.98	2419.50	5.6	0.404	5.9
MCM	4	6602.90	26411.60	59.4	4.399	63.5
MCG	1	11442.17	11442.17	26.7	1.520	21.9
Total			E=44398.27		E=6.912	

Teniendo en cuenta la fuerza de trabajo y el consumo de materiales, como elementos principales del presupuesto de costo, se obtienen en ambos tipos de

locomotoras para el ciclo completo actual, los siguientes resultados en la tabla. II:

Tabla II Costo de la fuerza de trabajo y de los materiales para un ciclo.

	Costo total \$	Fuerza de trabajo \$	% del costo total	Costo de Materiales \$	% del costo total
Vapor	44458.37	21448.00	48	21726.85	49
Diesel	207057.40	28990.00	14	174168.52	84

Para los mantenimientos normados por ciclo se observa que en las locomotoras diesel el mantenimiento cuesta 4.7 veces más. Su costo total es de \$ 207057.40, pero este total se corresponde con una erogación de divisas de \$ 87000.00, (asumiendo 50 % de materiales y piezas), no así en las locomotoras de vapor donde la moneda en divisa se utiliza para adquirir planchas de acero, barras de diferentes materiales, tuberías para calderas y otros materiales con un valor de \$ 10 000.00 en divisas, es decir 8 veces menos. Además se observa que el costo del mantenimiento para una locomotora diesel en un ciclo es 1.55 veces más, por hora de funcionamiento, siempre con una componente alta en divisas.

Para el cálculo de los gastos por mantenimiento se trabajó directamente con los equipos, evaluando la actividad y sus resultados. Para el consumo de piezas de repuestos y materiales utilizados en el mantenimiento se tomó el criterio de los especialistas de los CAI y el consumo directo en cada accionar del mantenimiento.

Es bueno señalar que en una zafra según ciclo normado, las locomotoras diesel-hidráulica deben

trabajar toda la contienda excepto los días correspondientes al MT-2 y MTPC-1 (7÷10) días/zafra.

Según se aprecia y calcula, la locomotora de vapor trabaja la mitad de la zafra, quincenas alternas o decenas alternas, porque el MINAZ lo tiene prescrito para su sistema de mantenimiento. No obstante, de acuerdo al ciclo normado, una locomotora diesel cuesta \$ 207 057,00 y se pueden tener dos locomotoras de vapor por \$ 90000,00 aproximadamente; si se realiza el cálculo promedio anual del ciclo, una diesel- hidráulica gastaría \$25882,00 y dos locomotoras de vapor \$ 17783,00. Lo que siempre será menor para las dos de vapor, y se tiene de reserva una máquina para todas las eventualidades que imponga el régimen de explotación como son:

- Sobrecorte de caña en los campos.
- Descarrilo de locomotoras.
- Utilización de vías férreas complementarias.

Ahora bien, suponiendo explotación ideal, solo paradas de las locomotoras para el mantenimiento normado, y calculando para una máquina de cada tipo; en el ciclo de mantenimiento que dura 5 años, la

máquina de vapor debe trabajar 375 días; la máquina diesel que su ciclo dura 8 años, debe trabajar 1200 días y al calcular contra el costo total por ciclo de mantenimiento se obtiene: 172 \$/ día de trabajo para la diesel y 118 \$/día de trabajo para la de vapor por concepto de mantenimiento.

4. Fiabilidad de las locomotoras

Otro aspecto analizado para comparar ambas locomotoras fue el comportamiento potencial de los fallos durante la explotación. Para ello se valoró el criterio de los especialistas de cada ingenio. (CAI "Manuel Martínez Prieto" y "Amistad con los Pueblos"). Es decir, los especialistas plantearon los fallos potenciales para cada tipo de máquina, las horas promedios de funcionamientos ó días de trabajo de la locomotora para que estos ocurrieran y el tiempo medio de estadía en el taller para solucionar el fallo; y también alguna estadística de los controles de talleres, obteniéndose los resultados siguientes (ver tabla III):

Tabla III. Resultados finales de la fiabilidad de las locomotoras.

	Vapor	Diesel
Recurso medio hasta el fallo X(h)	82,8	52,5
Tiempo medio de estadía en taller para solucionar el fallo. Tiempo total en horas.	15	28

Como se observa la máquina de vapor demora más en fallar, y su tiempo medio en solucionar el fallo en taller es casi la mitad, esto se debe a las diferencias constructivas y tecnológicas que hace a la máquina diesel-hidráulica más compleja y con muchos más elementos. Ahora bien, la mayoría de los fallos en la locomotora diesel-hidráulica dificultan grandemente su funcionamiento o paralizan la máquina imposibilitando su trabajo.

En la locomotora de vapor son pocos los fallos que la inutilizan, lo más común es que esta máquina continúe su trabajo, llegue al taller después que termine su jornada laboral, y el fallo se resuelva en el mantenimiento diario o en la holgura de tiempo antes de comenzar una nueva jornada.

Existe una vinculación entre la actividad correctiva y la preventiva en relación con los resultados que se obtienen con las máquinas, Aunque constituye una línea de trabajo el que las máquinas mantengan su máxima disponibilidad, se debe recordar que entre las exigencias al mantenimiento actual está el de reducir los costos[2].

La solución más acertada a este asunto radica en la diferenciación de las máquinas y su categorización; de

acuerdo con lo cual se aplica el sistema de mantenimiento o la política a seguir al menos[1].

Al aplicar la metodología para la diferenciación de las máquinas, en ambas locomotoras se obtiene la categoría de las mismas, de acuerdo a criterios de especialistas.

Al computar los aspectos que plantea la metodología, se puede evaluar la máquina de vapor como una máquina categoría "B" al alcanzar un 55% de aspectos evaluados como B y un 91% de aspectos evaluados como B y C; una máquina con tendencia al mantenimiento correctivo. En la locomotora diesel-hidráulica se obtiene algo contrario, aunque se puede evaluar como una máquina "B" al obtener 55% de aspectos B y un 91% de aspectos A y B; una máquina con mantenimiento programado evaluándose como con tendencia al mantenimiento predictivo, muy bien atendida en sus mecanismos y sistemas más importantes.

Por todo ello se sigue planteando que el mantenimiento técnico a las locomotoras diesel-hidráulicas es más complejo, difícil de realizar y de organizar.

En los talleres de los centrales analizados existe experiencia y tiende a cumplirse las normas vigentes del mantenimiento técnico. La locomotora de vapor tiene una fiabilidad y durabilidad alta demostrada por sus más de 70 años de explotación.

La locomotora diesel-hidráulica tiene más de 20 años de explotación y en la actualidad presenta baja fiabilidad.

5. Consumo de materiales de explotación

Durante la transportación de la caña las locomotoras consumen determinados materiales de explotación: agua, arena y lubricantes (por relleno).

Para este análisis se trabajó en los CAI "Manuel Martínez Prieto" y en el "Amistad con los Pueblos"; equipados con locomotoras diesel-hidráulica y de vapor respectivamente. Según la zafra analizada el central "Amistad" molió más caña, se encuentra ubicado en una zona cañera más rica, con centros de acopio más próximos, lo que hace reducir el tráfico bruto, mientras que el "Martínez Prieto" tiene que acopiar caña desde lugares muy lejanos lo que aumenta el tráfico.

Durante el servicio de las locomotoras es importante conocer el comportamiento del consumo de materiales de explotación, para elaborar un juicio sobre el estado técnico de las locomotoras, condiciones de explotación, calidad del maquinista, y tener la idea de si es conveniente o no usar una máquina u otro tipo de equipo en determinado trabajo. La Tabla IV muestra los materiales de explotación y sus precios.

Tabla IV. Materiales de Explotación y sus precios

Locomotora Diesel		Locomotora de Vapor	
Gas-Oil	\$ 140,20 /Tn	Fuel-Oil	\$ 92,82 /Tn
	\$ 0,45/ Galón		\$ 0,31/ Galón
Norma	0,0026 gls/Tn-km	Norma	0,03891 gls/Tn-km
Según Precio	0,00117 \$/Tn-km	Según Precio	0,012 \$/Tn-km
Lubricantes			
Multi A	0,65 \$/L	Aceite Carro	0,5445 \$/L
Reg 50	0,58 \$/L	SC - 190	0,6074 \$/L
H - 32	0,6166 \$/L	S - 165	0,62 \$/L
EP - 90	0,59 \$/L	Grasa Locomotora	0,39 \$/kg
MAQ-50	0,62 \$/L	Arena Quemada	0,06 \$/m3
Arena Quemada	0,06 \$/m3	Agua Tratada	0,05 \$/L
Agua Tratada	0,005 \$/L		

De la tabla IV se puede concluir:

-La locomotora de vapor consume más masa de combustible pero más barato durante su funcionamiento.

-La locomotora de vapor requiere de una menor cantidad de tipos de lubricantes, y como promedio más baratos.

Teniendo en cuenta los consumos de los materiales de explotación, las toneladas de caña transportadas, los kilómetros recorridos, el tráfico bruto y los precios de los materiales se elaboró la tabla V, con una valorización de los indicadores de explotación.

Tabla V. Indicadores de Explotación.

#	Indicadores obtenidos	Vapor	Diesel	Dif.
1	Consumo de combustible. gls/Tn-km	0.043	0.0026	16.5
2	Consumo de materiales de explotación \$/Tn-km	0.01567	0.00129	12.1
3	Consumo de combustible \$ / Ton-km	0.014	0.001	14.0
4	Consumo de mat. de explot. sin combustible \$/Tn-km	0.00167	0.00029	5.7
5	Consumo de materiales de explotación \$/Tn caña	0.033	0.088	2.6
6	Consumo de mat. de explot. sin combustible \$/Tn	0.0032	0.0188	5.8
7	Consumo de combustible \$/Tn caña	0.0298	0.0692	2.3
8	Mantenimiento \$/Tn caña	0.118	0.18	1.6
9	Mtto. y todos los materiales de explotación \$/Tn caña	0.151	0.268	1.8

En la tabla V los indicadores resultantes correspondientes a las filas 2, 3 y 4 no se pueden considerar comparables. Estos resultados no se pueden comparar, pues las condiciones específicas de la gestión económica de los dos centrales estudiados, con relación a la extensión geográfica de sus fuentes de materias primas (caña), determinan diferentes composiciones en el tráfico producido, lo cual indica un rango de desviación en la comparación de sus resultados, lo que hace las cifras no homologables.

Los indicadores de las filas 5, 6, 7 y 9 tampoco son comparables, toda vez, que las condiciones específicas de los dos centrales estudiados con relación a sus fuentes de materia prima no son compatibles, es decir, el central (Amistad) muele más caña con fuentes de abastos más cercana, lo cual implica un rango de desviación en la comparación de sus resultados.

Estos indicadores obtenidos por primera vez en el país ayudan a conocer el comportamiento técnico-económico de los equipos, a partir de la gestión del CAI que se

analice, ya que la composición del tráfico bruto y la caña transportada depende básicamente de dicha gestión y pueden ser muy útiles para hacer comparaciones donde estos indicadores pueden ser homologados, a partir de ser implantados en todos los CAI, para conocer como marcha la gestión y tomar medidas en caso de desviaciones.

A pesar de que en el termino "consumo de combustible", la locomotora de vapor por sus condiciones técnicas y de explotación incrementa el consumo físico comparado en 16.5 veces, el resultado del combustible no constituye un parámetro financiero tan desfavorable, teniendo en cuenta que la diferencia de precios, entre los portadores energéticos de ambas locomotoras, determina un índice favorable hacia la locomotora de vapor del orden del 34 %.

En cuanto al indicador #8 se puede plantear como comparable, toda vez que fue calculado tomando como base la mayor cantidad de caña tirada en un día (real) con cada máquina en la zafra y el costo anual por

mantenimiento normado en el ciclo de caña, lo que hace más cara la tonelada de caña transportada en la máquina diesel teniendo solo en cuenta el costo del ciclo normado de mantenimiento.

6. Análisis de los resultados

Debe tenerse en cuenta que las máquinas de vapor se construyeron alrededor de los años 1919-1921, con una tecnología muy atrasada con respecto a lo que puede lograrse hoy en el país, y las diesel-hidráulicas datan del final de la década del 70, es decir, alrededor de 60 años de diferencias entre la fabricación de una respecto a la otra.

-La fuerza de trabajo para ejecutar el mantenimiento a las locomotoras diesel-hidráulica es más calificada, más cara y menos abundante. Esto se debe a las diferencias constructivas y tecnológicas de las máquinas.

-El equipamiento para ejecutar el mantenimiento a las locomotoras diesel-hidráulica es más numeroso, caro y complejo, así como la infraestructura de talleres debido a las características constructivas y a la tecnología de dicha máquina.

-El costo por mantenimiento de una diesel en el ciclo normado es superior en 4,7 veces más y 1,5 veces mayor por hora de funcionamiento.

-El valor de la fuerza de trabajo solo teniendo en cuenta el salario directo de los obreros que participan en el accionar del mantenimiento en la diesel cuesta \$7500.00 más en el ciclo normado; pero el valor total de esta fuerza representa el 48 % en la locomotora de vapor y el 14 % en la diesel del costo general del ciclo de mantenimiento.

-El costo total de los materiales empleados en el mantenimiento por ciclo normado, es 8 veces superior en la diesel y asumiendo un 50% del valor total de los materiales en divisas, (criterio muy bondadoso); se gasta en divisas \$ 77000.00 más por locomotora diesel en el ciclo. Pero como se utiliza en la práctica una diesel y dos de vapor en la zafra se puede plantear ahora 67000,00 dólares más por cada diesel, debido a las características constructivas de dicha máquina y a la procedencia de las piezas de repuesto.

Ahora bien, todo especialista conoce la facilidad y garantía que le brinda la redundancia de máquinas durante el proceso productivo; porque del total de horas de la quincena o decena que se dedica al mantenimiento en una máquina de vapor una parte ínfima se invierte en el mantenimiento e inmediatamente está con disponibilidad.

Además, en materiales la locomotora diesel gasta el 84 % y la de vapor el 49% en valor del costo total por mantenimiento del ciclo en bruto, lo que corrobora el 8 veces más, y teniendo en cuenta el costo promedio anual por mantenimiento de dos locomotoras de vapor contra

una diesel, esta última gastaría todavía \$ 8000.00 más en bruto por zafra como promedio.

-En la máquina diesel el fallo se presenta más rápido cada 52,5 horas de funcionamiento como promedio, algunos resueltos en la vía para ambas locomotoras; pero cuando estos fallos van a talleres y el tiempo de solución demora el doble en la diesel como promedio. Esto es evidente en una máquina diesel-hidráulica, existen muchos sistemas y mecanismos con elevada complejidad constructiva y de funcionamiento. (motor diesel, transmisión hidráulica, sistema eléctrico, etc.)

-Según los precios fijados para los combustibles y teniendo en cuenta la norma del consumo por tráfico (Tn-km), la diesel cuesta \$ 0.001 y la de vapor \$ 0,12 (décima del centavo y centavos en divisas) respectivamente) desfavorable para la locomotora de vapor en 10 veces más. Téngase en cuenta lo ineficiente que son estas máquinas de vapor que datan del 1919-1921, lejos de lo que se pudiera lograr hoy en día con el avance tecnológico mundial en ambos tipos de locomotoras, y en especial en el país con la modernización y construcción de modernas locomotoras de vapor de 2da generación, las cuales pudieran consumir un espectro amplio de combustibles renovables o no, (análisis y factibilidad por realizar).

-Este resultado no constituye un parámetro financiero tan desfavorable para la zafra analizada, pero sí a tener muy en cuenta en el primer lustro del siglo XXI, y sobre todo para nuestro país,, gran consumidor de petróleo combustible y escaso en divisas para adquirirlo.

-Esta locomotora de vapor antigua utiliza un surtido menor de tipos de lubricantes, como promedio más baratos y más fácil de adquirir que la diesel. Obteniéndose como promedio según precio y consumo \$780 para la diesel y \$ 514 para una de vapor durante la zafra; es decir, 1,5 veces más por locomotora diesel.

Para el tráfico analizado la locomotora de vapor consumió 16,5 veces más volumen de combustible y 14 veces más el valor, es decir, centavo y medio contra décima de centavo en divisas por ton-km desfavorable a la de vapor.

-Los indicadores (5-6-7-9) brindan información de carácter general y pueden ser usados como cifras válidas que se enmarcan en la gestión económica de cada CAI para valorar cuantitativa y cualitativamente sus resultados, y muy útiles cuando sean comparados en condiciones similares.

-La caña transportada no depende del estado técnico de las locomotoras diesel y de vapor; ni de sus posibilidades tecnológicas, sino del resultado de la gestión agro-industrial de cada ingenio. No obstante se concreta que, en las condiciones propias de esta investigación, si se tiene en cuenta el combustible, la tonelada de caña resulta más barata en la diesel y si se tiene en cuenta los lubricantes, la tonelada de caña es más barata en la de vapor, cuando se suman ambos

disminuye la diferencia. En condiciones similares la tonelada de caña transportada sería mucho más barata en la máquina diesel ya que los otros materiales de explotación no alterarían en un rango apreciable los resultados por sus costos y consumos.

-En cuanto al indicador 8 (tabla V) es evidente que la máquina de vapor resulta más barata. Este indicador propicia las diferencias entre las locomotoras y hace que se pongan de manifiesto las posibilidades de una u otra maquinaria, porque para transportar la caña en cualquier situación hay que realizar el accionar del mantenimiento y este resulta siempre más barato en la de vapor.

7. Conclusiones

- El mantenimiento técnico de las locomotoras de vapor es menos complejo.

- Las piezas de repuesto de las locomotoras diesel son de difícil adquisición, cuestan divisas y a precios cada día más elevados, no así en las locomotoras de vapor que utilizan preferentemente laminados para construir las piezas.

- El mantenimiento y la reparación de la locomotora de vapor se realiza de forma artesanal lo que facilita aún más el mantenimiento en esta etapa de crisis económica, y la mayoría de sus repuestos son de producción nacional.

- Desde el punto de vista del mantenimiento la locomotora de vapor es mucho más barata.

- La infraestructura de talleres para realizar el mantenimiento en las de vapor es menos compleja.

- La locomotora de vapor es una máquina "B" con tendencia al correctivo y la diesel-hidráulica es una máquina "B" con tendencia al predictivo.

- La locomotora de vapor es más fiable y duradera.

- La mayoría de los fallos de la locomotora diesel-hidráulica dificultan grandemente o paralizan la máquina imposibilitando su trabajo.

- En similares condiciones, teniendo en cuenta los costos por mantenimiento, la tonelada de caña transportada es más barata en la locomotora de vapor (indicador 8). Se tomó el valor más alto de caña transportada en dos zafra para ambas locomotoras en un día.

- La composición del tráfico bruto y la caña que se transporte en cualquier locomotora depende de la gestión agro-industrial, prácticamente no depende del estado técnico ni de las posibilidades tecnológicas de las locomotoras.

- Las condiciones actuales del país exigen mantener las locomotoras de vapor en funcionamiento, mejorando su explotación en el MINAZ.

- De lo anterior se resume que lejos de volver al pasado con el empleo de máquinas de vapor hay que modernizar las existentes para lograr beneficios económicos mucho mayores.

- El proyecto "Prometeo" debe mantener una marcha impetuosa con el concurso de todos los Institutos y Ministerios que tengan que ver con el mismo, a fin de coadyuvar al mejoramiento de la economía del país.

8. Bibliografía

- 1- Apuntes breves sobre el mantenimiento. SIME. Cuba. 1992.
- 2- Rodríguez. Gil, Carlos M. Tecnología de la Explotación Técnica. Editorial ENPES, Cuba 1989.
- 3- Temas Técnicos. Tomo II. Departamento de Locomotoras del MINAZ, La Habana, 1989.

Comparative analysis of the Maintenance for Diesel and Steam Locomotives.

Abstract

The globalized world doesn't affect equally to all the countries. In the current circumstances the railroad of the first industry of Cuba, that is: lack of spare parts limitations of fuel, arises the necessity of the study of new motion sources or to analyze the use of steam locomotives, introduced in the country since 1837. The decision of increasing the participation of these machines depends on multiple factors that should be analyzed individually and later integrated in a systemic analysis. The technical maintenance and their costs are playing a main paper. The work has as objective a comparative study of costs for maintenance between similar parks of locomotives with diesel and steam traction. This study is part of a national project known as

" Prometeo ", guided to study the feasibility of the massive uses of steam locomotives in the sugar industry. To carry out the study were observed several agriculture-industrial complexes during three sugar harvests, allowing to arrive to important recommendations

Key words: Maintenance, diesel and steam locomotives, costs.