

Modelo económico-matemático para planificar la estrategia del transporte en empresas azucareras

Economic-Mathematical Model to Design a Transportation Strategy in Sugar Cane Manufacturing Enterprises

Dr. C. Manuel Alejandro Betancourt Odio*
y M.Sc. Manuel Betancourt Loyola**

*Centro de Estudio de Investigaciones Azucareras, Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Oriente. alejandro@sco.uo.edu.cu

**Departamento de Matemática-Computación, Universidad de Oriente

RESUMEN

Para garantizar en empresas azucareras, eficaz planificación del transporte de la caña una vez cortada, hasta los centros de recepción (grúas tradicionales, centros de acopio o estaciones de limpieza), se utilizó la modelación económico-matemática y un software para su implementación. Con estas aplicaciones disminuyen los costos promedios diarios —a nivel de planificación— en el orden del 4 %, en comparación con sistemas tradicionales, que suelen ser empíricos y no permiten considerar todas las variantes de transportación, limitación que ocasiona mayores costos, desaprovechamiento de la jornada laboral y por consiguiente demora por encima de las 12 horas para que la materia prima llegue a la industria, tardanza que implica pérdida de frescura. Ese tiempo puede disminuir a 9 horas con el propuesto modelo matemático de programación en enteros y el software creado al efecto, abreviación influyente en la calidad del producto final pues la materia prima llega con mayor contenido de azúcar.

Palabras clave: transportación eficiente, planificación, modelación matemática

ABSTRACT

Guaranteeing an efficient transportation planning strategy is a must in sugar cane manufacturing enterprises. Up to the present, empirical planning systems have been applied; hence, all transport variants have not been properly considered. This has provoked not only an increase in costs, but also a waste of time concerning working hours. Consequently, sugar cane transportation to the industry is delayed by over twelve hours, so cane freshness is lost. The present paper deals with the elaboration of an economic-mathematical model and a software for its implementation in order to efficiently plan sugar cane transportation to traditional cranes and collecting or cleaning centers. Application of the model and its software showed a decrease by 4 percent in daily average costs; besides, sugar cane transportation to manufacturing enterprises can be reduced to nine hours which improves the final product quality.

Key Words: efficient transportation, planning, mathematical modelling

INTRODUCCIÓN

La fluctuación de los precios del petróleo en el mercado internacional conduce a oscilaciones de los precios del azúcar de caña a nivel mundial, hecho que debe seguirse muy de cerca por cuanto puede afectar sustancialmente las condiciones del sector azucarero en Cuba.

Considerando las circunstancias anteriores, la política económica de Cuba está orientada a elevar la productividad y efectividad para ser más competitivos en el mercado internacional, así como diversificar las producciones derivadas del cultivo de la caña. Entonces, es necesario introducir métodos científicamente argumentados que permitan la toma de decisiones.

En esta investigación se analiza una de las más importantes fases de la cadena productiva del azúcar. Esta se inicia, en su aspecto agrícola, con la preparación de las tierras, continúa con la siembra de las semillas y el cultivo de las plantas y concluye con la cosecha. Es en éste último aspecto en el que se centra la atención en el presente trabajo, específicamente en la planificación de la *estrategia del transporte* para conocer el parque y tipo de equipo necesario para el traslado de la caña desde los campos hasta los centros de recepción.

Al realizar un análisis histórico del sector y de las condiciones actuales, que incluyó una revisión pormenorizada a cada uno de los procesos productivos necesarios para la producción del azúcar en las empresas azucareras objeto de estudio, se pudo constatar la incongruencia entre los objetivos del proceso de planificación de los equipos de transporte y sus resultados.

La planificación de los equipos de transporte en las empresas azucareras tiene como objetivo esencial su utilización eficiente, de manera que:

Los costos por concepto de transporte de la caña sean mínimos.

Se logre mayor efectividad en la jornada laboral.

El tiempo que demore en trasladarse la caña hasta la industria una vez que ha sido cortada sea inferior a las 12 horas.

Sin embargo, el método de planificación utilizado es tradicional; no permite considerar todas las variantes de transporte desde los campos cañeros hasta los centros de recepción, lo que limita lograr los objetivos trazados. De ahí la no coincidencia entre el objetivo de la planificación en las empresas objeto de estudio y los resultados reales obtenidos, que son los siguientes:

Mayores costos por concepto de transporte de la caña.

No se aprovecha efectivamente la jornada laboral.

El tiempo que demora en trasladarse la caña hasta la industria una vez que ha sido cortada es superior a las 12 horas.

Es precisamente esta incongruencia la que se enfrenta en la presente investigación. La propuesta es la modelación económico-matemática y la computación, que mutuamente complementadas posibilitan elevar la eficiencia en el proceso de toma de decisiones.

La utilización de modelos matemáticos está justificada a partir de las múltiples variantes que deben considerarse en la planificación de los recursos necesarios para el logro del plan de la estrategia de transporte de la caña.

El objetivo de la investigación fue construir y resolver un modelo económico-matemático para la planificación eficiente del uso de los equipos de transporte que deben utilizarse para el traslado de la caña (*planificación de la estrategia de transporte*), con el objetivo de minimizar los costos totales de transporte e implementarlo mediante un sistema informático. Esto implicó estudiar el sistema de transporte de la caña; y aplicar un modelo matemático de programación en enteros que optimizara la determinación de la estrategia del transporte, a partir del criterio de los costos mínimos. Además, crear la base informática necesaria y resolver e introducir las técnicas de optimización a través de un sistema informático.

DESARROLLO

Descripción del proceso de **transportación de la caña**

En su obra *El ingenio*, Manuel Moreno Fragonals señala que el corte, alza y transportación fueron facetas casi inevitables del trabajo cañero desde los comienzos de la agroindustria azucarera cubana en el siglo xvi. Añade dicho autor que en la actualidad, en la planificación de las vinculaciones entre los campos cañeros y los centros receptores de la caña es necesario tener en cuenta las características que determinan la estructura tecnológica del corte, alza, transportación y recepción como actividades que definen las fases de la recolección.

Los campos cañeros son áreas definidas e identificadas con un número natural, donde se siembra la materia prima fundamental. Por otra parte los llamados centros de recepción son instalaciones dedicadas a la recepción de la caña, que de acuerdo con sus funciones y características tecnológicas son clasificados de diferentes formas: las grúas tradicionales, centros de acopio o estaciones de limpieza.

Las grúas tradicionales son instalaciones dedicadas exclusivamente a recepcionar la caña cortada bajo normas técnicas, o sea de forma manual y limpiada por el machetero. Los centros de acopio o estaciones de limpieza —instalaciones estacionarias de recepción— tienen como función principal procesar la caña procedente del corte mecanizado y corte manual para centros de acopio, contentiva de materias extrañas, fundamentalmente paja.

En la estructura organizativa actual los centros de recepción pertenecen a la industria y se distribuyen en todo el territorio cañero; reciben la caña a través del transporte automotor, y constituyen vínculo para el trasbordo hacia otro tipo de transporte de gran capacidad de carga: el ferrocarril. Los campos cañeros se agrupan en: unidades básicas de producción cooperativa, cooperativas de producción agropecuaria, cooperativas de créditos y servicios y las granjas estatales.

Los centros de limpieza poseen más capacidad de procesamiento y se destinan a sustituir al basculador del central como receptor directo; mejoran la calidad de la materia prima que llega a la fábrica.

Además del beneficio a la materia prima, los centros de recepción facilitan la organización territorial más racional de la agricultura cañera, ya que alrededor de estos se realiza el programa de plantación y recolección, con la consiguiente mejor organización del sistema de cosecha.

El proceso de planificación de las vinculaciones cañeras permite que la caña cortada en un campo sea trasladada hacia un centro de recepción. Los vínculos deben planificarse teniendo en cuenta que los transportes recorran la mínima distancia y además transiten por los mejores caminos.

Realizadas las vinculaciones cañeras entre los campos y los centros de recepción, entonces se está en condiciones de planificar la *estrategia de corte*. Esta labor se ejecuta antes de comenzar la zafra y tiene como objetivo establecer el momento en que debe cortarse la caña en cada campo, teniendo en cuenta el índice de madurez, rendimiento de los campos, nivel de pol¹ en caña, entre otros factores. La realización óptima del corte garantizará una adecuada calidad del producto final a la vez que influye de manera positiva en el logro del nivel de producción planificado.

Para cortar la caña se utilizan dos métodos: el manual, realizado por los macheteros, y el mecanizado, hecho con máquinas cosechadoras que además la trocean, le eliminan un buen porcentaje de los cogollos y las pajas y la depositan en los diferentes tipos de transporte.

En el corte manual la caña debe ser alzada hacia los diferentes tipos de transporte, ya sea manualmente con la participación de los macheteros; o de manera mecanizada con máquinas alzadoras. Una vez alzada, la caña tiene que transportarse hacia el correspondiente centro de recepción. La planificación de la estrategia del transporte, una vez realizada la estrategia de corte, tiene como objetivo asignar de manera óptima, antes del comienzo de la zafra, los recursos necesarios para la realización de las tareas de corte, alza y transportación, a partir del conocimiento de los distintos momentos en que debe cortarse cada campo y teniendo en cuenta que deben cumplirse los planes de transportación diarios. Esta fase se identifica como el tercer momento del proceso de planificación de la cosecha, precedido de la planificación de las vinculaciones cañeras y la estrategia de corte.

La introducción de procedimientos científicos que perfeccionen la planificación de los procesos antes mencionados, no sólo permite el cumplimiento cuantitativo de los objetivos planteados, sino que contribuye además a la calidad de la materia prima, especialmente en lo que respecta al nivel de frescura, lo cual influye de manera positiva en la calidad del producto final.

¹ Unidad de medida de la concentración de azúcar en el jugo de caña. (N. del E.).

En la transportación de la caña del campo hasta la fábrica de azúcar existe una gran variedad de métodos. Estos van desde las carretas con tractores, pasando por modernos y pesados camiones, hasta las diversas variantes ferroviarias (Betancourt, 2002).

El transporte de caña evoluciona en correspondencia con las particularidades locales, geográficas, ambientales, económicas y tecnológicas. En tal sentido, el progreso del transporte de caña en el mundo ha pasado por diferentes etapas, al adecuarse a las condiciones existentes en cada país.

Por tales razones el sistema de transporte que deberá emplearse está en relación directa con el grado de avance de la industria azucarera y de los niveles de mecanización de la agricultura cañera.

En la actualidad se transporta por camión y tractor con carretas, casi el cien por ciento del total de la caña cosechada desde el campo a los centros receptores. La tendencia en Cuba y en los países mayores productores de azúcar es mantener y desarrollar el sistema de transporte automotor, por sus características técnico-económicas de adaptarse fácilmente al auge acelerado de la mecanización en la cosecha cañera.

El transporte constituye el nexo decisivo para el buen desarrollo y desenvolvimiento de las labores de la industria azucarera. Se encuentra condicionado a los requerimientos del corte de la caña, siendo imprescindible el empleo de equipos idóneos para su traslado y recepción industrial. En dependencia de esto serán las variantes del transporte que deberá utilizarse.

Los métodos de transportación pueden ser: directo y partido o combinado.

En las empresas azucareras cubanas una parte de la caña se transporta directamente por camiones o en tractor con carretas, desde el campo de caña al basculador del central. El transporte automotor ha contribuido a un mayor empleo del tiro directo; por la facilidad del método pues se mantiene la fluidez constante de los equipos de transporte y por ende disminuyen las paradas de los molinos, a la vez que la caña llega más fresca y con mayor contenido de azúcar.

El tiro partido tiene como primer paso la transportación de la caña por camión o tractor con carreta, desde el campo hasta el centro de acopio o limpieza y de éste al basculador del central, por medio del ferrocarril.

Infante (1999) señala que la selección del tipo de transporte tiene carácter económico, y que por lo general se recomienda que las distancias largas sean recorridas por ferrocarril, las medias por camión y las más cortas por tractor. Añade que desde el punto de vista económico, para la selección de un tipo de transporte destinado al traslado de la caña de azúcar, se le debe atribuir una gran importancia al costo de transportación y a la distancia de traslado. Otro factor relevante en la selección del tipo de transporte —indica dicho autor— es el estado de los caminos, lo que incide en el rendimiento de los tipos de transporte.

Los camiones más utilizados en Cuba son: el Zil 130, el Zil 131 y el Kamaz, con o sin remolque. Los tipos de tractores más comunes y racionales son: el Jumz-6M y el MTZ-80, con una, dos o tres carretas.

La producción de la agricultura cañera termina cuando el resultado de su proceso productivo: la caña de azúcar, es trasladada desde las áreas de producción de caña hasta los centros receptores de la industria azucarera, por lo que resulta conveniente utilizar eficientemente los equipos de transporte en esta relación agroindustrial. Con estos elementos se puede formular el problema de la manera siguiente:

Formulación del problema para el modelo matemático

Para planificar la estrategia de transporte se conoce cuáles son las vinculaciones desde cada campo, con los tipos de corte correspondientes (manual o mecanizado) a los centros de recepción que se encuentran distribuidos por todo el macizo cañero. Se conoce además el conjunto de centros de recepción, los tipos de corte que estos pueden receptionar, así como sus capacidades operativas. Se deben considerar también: los campos molibles con su estimado, el estado de los caminos, la distancia promedio desde cada campo hasta el centro de recepción que ha sido vinculado, así como los rendimientos de los tipos de transporte, el número de equipos e implementos con que se cuenta y la decena de corte, los costos de operaciones por tipos de transporte, así como el tiempo que demora cada uno en la trayectoria que deberá recorrer.

Teniendo en cuenta lo antes explicado, el problema económico-matemático que deberá resolverse es:

A partir de la estrategia del corte realizar la estrategia de transporte al inicio de la zafra azucarera, para conocer los diferentes tipos de equipos necesarios para trasladar la caña desde cada campo cañero hasta el centro de recepción correspondiente, con el objetivo de minimizar los costos totales de transportación.

Para responder a esta problemática se elaboró un modelo económico-matemático de programación en enteros.

Modelo matemático para la estrategia del transporte

Conjuntos

B: Conjunto de los bloques cañeros, con elemento típico *b*.

K: Conjunto de los equipos, con elemento típico *k*.

L: Conjunto de los implementos, con elemento típico *l*.

N: Subconjunto finito de los números naturales, incluido el cero, con elemento típico *n*.

D: Conjunto de las decenas, con elemento típico *d*.

C : Conjunto de los tipos de corte, con elemento típico c .
 V : Conjunto de los campos cañeros, con elemento típico v .
 G : Conjunto que define a los campos cañeros v con su respectivo bloque cañero b al cual pertenece, con elemento típico g .

$$G = \{(v, b)\}; b \in \hat{I}B, v \in \hat{I}V$$

El elemento $g = (v, b)$ define a un campo v con su respectivo bloque cañero b al cual pertenece.

M : Conjunto de los tipos de transporte, con elemento típico m .

$$M = \{(k, l, n, c)\}; k \in \hat{I}K, l \in \hat{I}L, n \in \hat{I}N, c \in \hat{I}C.$$

El elemento típico $m = (k, l, n, c)$ significa que el tipo de transporte m está formado por la combinación del equipo k , el implemento l , en cantidad n , para un tipo de corte c .

G_{cd} : Conjunto de los campos cañeros con el tipo de corte c que van a ser cortados en la decena d .

G_{cd} : Conjunto de los campos cañeros que van a ser cortados con el tipo de corte c en la decena d y que puede utilizar el implemento l .

G_{cdk} : Conjunto de los campos cañeros que van a ser cortados con el tipo de corte c en la decena d y que puede utilizar el equipo k .

M_{gk} : Conjunto de los tipos de transporte que utilizan el equipo k y que pueden operar sobre el campo cañero descrito por g .

M_g : Conjunto de los tipos de transporte que pueden ser utilizados por el campo cañero descrito en g .

M_{gr} : Conjunto de los tipos de transporte que utilizan el implemento l y que pueden ser utilizados en el campo cañero descrito por g .

C' : Elemento particular de C que representa el tipo de corte mecanizado.

C'' : Elemento particular de C que representa el tipo de corte manual.

Variables

X_{dgc} : Tipos de transporte diarios, dados en unidades, definidos por m que se utilizan para el traslado de la caña de un campo cañero descrito por g que ha sido cortado de la forma c en la decena d .

E_{dgc} : Toneladas de caña que no se transportan por efecto de que la variable de decisión es entera.

Parámetros

r_{dgc} : Rendimiento promedio en toneladas por día (t/d) del tipo de transporte definido por m que va a transportar la caña que ha sido cortada en el campo cañero descrito por g con el tipo de corte c en la decena d .

α : Es el rendimiento en t/d de las alzadoras.

C : Es el rendimiento en t/d de las combinadas.

e_d : Es el estimado diario de transportación en toneladas de caña, que da cumplimiento al traslado de toda la caña que ha sido cortada en los campos cañeros en la decena d .

cte_k : Total de equipos de transporte en unidades de tipo k .

cti_l : Total de implementos en unidades de tipo l .

t : Total de combinadas en unidades.

tu : Total de alzadoras en unidades.

C_{dgc_m} : Es el costo promedio diario en pesos en que se incurre para la transportación de la caña desde un campo cañero descrito por g , que ha sido cortado de la forma c con el tipo de transporte m hasta su centro de recepción correspondiente.

Sistema de restricciones

Restricción de tipo I: Cumplimiento de la tarea de transportación de la caña por campo cañero y por decena.

$$d \in D, c \in C, g \in G_d$$

$$\sum_{m \in M_g} r_{dgc_m} X_{dgc_m} - e'_{dgc_m} = e_d$$

Restricción de tipo II: Disponibilidad de equipos de tipo k .

$$d \in D, c \in C, k \in K_d$$

$$\sum_{g \in G_{cdk}} \sum_{m \in M_g} X_{dgc_m} \leq cte_k$$

Restricción de tipo III: Disponibilidad de implementos.

$$d \in D, c \in C, l \in L_d$$

$$\sum_{g \in G_{cdl}} \sum_{m \in M_g} n X_{dgcm} \leq c t_i$$

Restricción de tipo IV: Disponibilidad de combinadas.

$$d \in D, c = c', g \in G_d$$

$$\sum_{m \in M_g} r_{dgcm} X_{dgcm} / c \leq t$$

Restricción de tipo V: Disponibilidad de alzadoras.

$$d \in D, c = c'', g \in G_d$$

$$\sum_{m \in M_g} r_{dgcm} X_{dgcm} / a \leq t$$

Restricción tipo VI: No negatividad de las variables.

$$X_{dgcm} \geq 0 \text{ y entera } \forall d, g, c, m$$

$$e'_{dgcm} \geq 0 \forall d, g, c, m$$

Función objetivo: Minimizar los costos promedios de transportación.

$$\text{Min } Z = \sum_{d \in D} \sum_{c \in C} \sum_{g \in G_d} \sum_{m \in M_g} C_{dgcm} X_{dgcm}$$

Las restricciones indican:

- La restricción de tipo uno, indica que se debe cumplir el plan de transportación diaria.

- La restricción de tipo dos indica que el total de equipos que deberá utilizarse durante la decena analizada debe ser menor o igual que la disponibilidad con que se cuenta.
- La restricción de tipo tres indica que el total de implementos que deberá utilizarse durante la decena analizada debe ser menor o igual que la disponibilidad con que se cuenta.
- La restricción de tipo cuatro indica que el total de combinadas que deberá utilizarse debe ser menor o igual que la disponibilidad con que se cuenta.
- La restricción de tipo cinco indica que el total de alzadoras debe ser menor o igual que la disponibilidad con que se cuenta.
- La restricción de tipo seis indica que todas las variables deben tomar valores mayores o iguales que cero y enteras.

La función objetivo minimiza los costos promedios de transportación de la caña desde los campos cañeros hasta los centros de recepción.

Bases para la programación del sistema informático para la planificación óptima del transporte (PLANOT-1)

El sistema informático planificación óptima del transporte (PLANOT-1) se programó en el lenguaje de programación Borland Delphi 6.0 en ambiente Windows 95 o superior y permite enfrentar toda la problemática algorítmica resultante del modelo de programación en enteros, de tal manera que el decisor no esté obligado a manejar la terminología de modelación antes comentada, sino que al introducir los datos prácticos de su medio (disponibilidad de equipos e implementos, normas de trabajo y de consumo, rendimientos de los equipos, distancias, etc.) está incorporando los datos que necesita un modelo de optimización; obtiene así la estrategia del transporte como tabla de salida.

Se dota de esta manera al programador de una herramienta de trabajo que le permite aplicar criterios de optimización en su práctica cotidiana de trabajo.

Seguidamente una breve descripción del sistema informático. En primer lugar se definen algunos datos generales de entrada como el nombre de la empresa y la fecha de planificación (Fig. 1).

Otro paso importante es la entrada de datos de las entidades, los bloques cañeros con sus respectivos campos y el estimado de corte decenal de dichos campos. Ejemplos de dichas ventanas pueden verse en las Figs. 2; 3 y 4.

Otro elemento importante es contar con los equipos e implementos, que a través de una agregación van a formar los diferentes tipos de transporte, así como los rendimientos. La entrada de esta información se puede observar en las Figs. 5; 6 y 7.

Fig. 1. Entrada de datos

ENTRADA DEL NOMBRE DE LA EMPRESA Y ETAPA

Empresa: Los Reynaldo Decenas: 10

Etapa: 2004-2005 Jornada Laboral: 8

Fig. 2. Entrada de datos referentes a las entidades por zonas cañeras

ENTRADA DE ENTIDADES

Código: 1 Nombre Entidad: CABAÑA Tipo: UBPC Zona: Central

Existe

Fig. 3. Entrada de los bloques por entidades

ENTRADA DE BLOQUES POR ENTIDAD

Entidad: CABAÑA Bloque: 1

Existe

Fig. 4. Entrada de los campos por bloque cañero y su estimado decenal

Bloque	Campo	Tipo Corte	Decena	Estimado Vinculación (t)	Estimado Decenal
1	1	1	1	74 768	74 768

Existe Decena 1 Estimado Decenal 74 768

Fig. 5. Entrada de los diferentes tipos de equipos

ENTRADA DE ENTIDADES

Nombre:

Fig. 6. Entrada de los diferentes tipos de implementos

ENTRADA DE IMPLEMENTOS

Nombre:

Fig. 7. Entrada de los diferentes rendimientos

Entidad	Bloque	Campo	Centro Recep.	Equipo	Implemento	Cantidad	T Corte	Rendimiento
1	1	1	C/A # 1	Jumz-6M	Carreta	1	1	57

Después de tener toda la información anterior se está en condiciones de planificar la estrategia del transporte. Un ejemplo de reporte de salida se puede observar en la Tabla 1.

Resultados de sucesivas aplicaciones

La implementación práctica de las soluciones obtenidas de la investigación ha estado dirigida al perfeccionamiento de la planificación y organización de la realidad técnico-económica imperante en el proceso de cálculo de la estrategia del transporte a nivel de cada empresa azucarera.

Para demostrar la utilidad práctica de la metodología expuesta, se tomaron los resultados obtenidos de las sucesivas aplicaciones en empresas azucareras seleccionadas, desde la zafra 1999-2000 hasta la zafra 2004-2005 y se compararon cada una de ellas con los métodos tradicionales.

Con un resultado comparativo en una empresa azucarera de la provincia Santiago de Cuba se puede constatar lo anteriormente señalado (Tabla 2). Con estas aplicaciones se logra disminuir los costos promedios diarios a nivel de planificación en el orden del 4 %.

Independientemente de los beneficios cuantitativos reportados y expuestos anteriormente, tienen lugar a su vez otros efectos de carácter social, ya que la mejora en los niveles de rentabilidad de las empresas objeto de estudio, influye en el incremento de la participación individual de los trabajadores en el proceso de redistribución de la estimulación.

CONCLUSIONES

La construcción de modelos económico-matemáticos y del sistema informático que los complementa e implanta, ha permitido minimizar los costos, a nivel de planificación, en un 4 % como promedio en las empresas analizadas y el tiempo de frescura de la caña ha estado en el orden de las 9:00 horas después que ha sido cortada.

Tabla 1. Reporte de salida del sistema informático planificación óptima del transporte (PLANOT-1)

ESTRATEGIA DEL TRANSPORTE PARA EL TIRO									
Entidad	SEGREGO	CAI Los Reynaldos				15/10/2005			
Decena	1	ZAFRA: 2004-2005							
Bloque	Campo	T. corte	Total	Equipo	Implemento	Cant. impl.	Días	Horas	Costo
46	1	Manual	1	Kamaz	Vikingo	1	0	0,50	238,30
46	2	Manual	1	Kamaz	Vikingo	1	0	0,27	138,30
46	3	Manual	1	Kamaz	Vikingo	1	0	0,23	216,95

Tabla 2. Resultados comparativos de la aplicación del sistema informático en la zafra 2003-2004 para la estrategia del transporte, con respecto a las prácticas tradicionales realizadas en el lugar: Municiones, bloque 139, de la empresa azucarera *Julio Antonio Mella*

Campo	Costo \$ transporte por método tradicional de la empresa (camión Kamaz sin remolque)	Costo \$ transporte por sistema propuesto (tractor MTZ-80 con remolque)	Ahorro \$
2	255,15	192,25	62,90
3	199,14	167,36	31,78
4	179,45	131,45	48,00

Constituye una novedad científica la adaptación al objeto de investigación, de modelos matemáticos programación en enteros, así como su solución e implantación a través de un sistema informático.

La introducción del sistema informático PLANOT-1 en función del mejor empleo de los tipos de transporte de la caña, influye a su vez en una gradual elevación del nivel cultural y técnico de los trabajadores responsabilizados con esta tarea.

REFERENCIAS

- BETANCOURT, M. (2002). *Modelos económico-matemáticos para la optimización de las vinculaciones cañeras y el transporte*. Trabajo de grado, Licenciatura en Economía, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.
- INFANTE, R. (1999). *Metodología para la optimización de la vinculación en y entre centrales azucareros*. Tesis doctoral no publicada, Universidad de Oriente, Santiago de Cuba, Cuba.
- MORENO FRAGINALS, M. (1978). *El ingenio*. La Habana: Ed. de Ciencias Sociales.