

PLANIFICACIÓN ÓPTIMA DE LA EXPLOTACIÓN DE LA MAQUINARIA AGRÍCOLA, MEDIANTE UN SISTEMA INFORMÁTICO EN EMPRESAS AZUCARERAS SELECCIONADAS DE LA PROVINCIA SANTIAGO DE CUBA

Raimundo J. Lora Freyre

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Oriente

Resumen

La presente investigación ofrece un nuevo método para planificar el uso óptimo de la maquinaria agrícola en las empresas azucareras, utilizando la Modelación económico-matemática multicriterio y técnicas computacionales. El estudio contempla las siguientes etapas:

- 1) Definición de las metas, promoviéndose la búsqueda de valores óptimos del tiempo de trabajo, del consumo de combustible y del costo operacional.
- 2) Confección de modelos de programación meta para la planificación de la maquinaria agrícola.
- 3) Elaboración de un sistema informático para aplicar los modelos de optimización referidos, el cual permite su operación por el personal encargado de la explotación de la maquinaria agrícola.

La investigación fue aplicada en las empresas azucareras «Paquito Rosales» y «Julio Antonio Mella», ambas de la provincia Santiago de Cuba. Como resultado se aprecian ahorros de combustibles de un 16 %, en tanto las disminuciones de los costos y del tiempo son de un 12 % y 4 %, respectivamente.

Palabras clave: programación Lineal, Programación Meta, Agregado, Sistema Informático, Fichas de Costo.

Abstract

This work offers a new method in order to planning the optimal use of the agricultural machinery in the sugar companies, using the Economic-Mathematical Multiobjective Models and the computation. The study contemplates the following stages:

- 1) Definition of the goals, being promoted the search of the good values of the time of work, of the consumption of fuel and of the operational cost.
- 2) Making and application of Models of Goal Programming in order to planning the agricultural machinery.
- 3) Elaboration of an automated system to make the application of the models of optimization referred. This system allows its operation by the personnel responsible for the exploitation of the agricultural machinery.

The investigation was applied in the sugar enterprise «Paquito Rosales» and «Julio Antonio Mella», both in the Santiago de Cuba County. The results show the advantages. The savings of fuels are of 16 %, the decreases of the costs and of the time are expressed respectively in 12 % and 4 %.

Key words: lineal programming, goal programming, attaché, computer system, register of cost.

Introducción

Desde hace más de cuatro siglos, en todos los momentos relevantes de la historia de Cuba, ha estado presente la agroindustria azucarera. El azúcar ha constituido el primer producto de exportación y principal recurso para el respaldo del financiamiento de la generalidad de las acciones comerciales del país, unido al hecho del importante impacto socio-económico que en todo momento ha tenido este sector.

En los últimos años han tenido lugar cambios significativos en el mercado azucarero mundial, los cuales se han reflejado de manera directa en el desarrollo de la agroindustria azucarera cubana.

Muchos de estos cambios están vinculados, no sólo al hecho puntual de las fluctuaciones de los precios por aumento o disminución de la demanda, sino a elementos de una mayor trascendencia desde el punto de vista conceptual. Tal es el caso de las actuales tendencias al incremento del consumo de derivados de la producción azucarera, en las que sobresalen aquellos sustitutos de fuentes renovables de energía.

En la Sesión N° 109 del XIV Congreso Internacional del Comercio, celebrado en Helsinki en el 2006, Luís Rodríguez Duhalt /1/ aseguraba: «...Esta sustitución tecnológica, aunada al uso del alcohol mismo como carburante, representa otra más de las derivaciones en el uso de la caña hacia el futuro, y a la fecha ya podemos ver la utilización creciente para hacer alcohol, especialmente en Brasil, donde la cosecha de caña se utiliza mayoritariamente para la producción de alcohol, y el progresivo encarecimiento y escasez del petróleo, hacen competitivo y posible que pronto este mercado significará un importante segmento del mercado azucarero, tanto al interior de los países productores de caña, como en el mercado de exportación...» /2/.

Es significativamente cambiante el mercado azucarero, pero en medio de esas tendencias oscilantes, se advierte la vigencia de estas producciones tropicales, sustentadas en los efectos favorables que ellas tienen en el desarrollo de procesos económicos sostenibles,

por los comprobados beneficios que aportan al medio ambiente y por la reserva natural de biomasa que constituyen /3/.

El proceso de redimensionamiento del sector /4/ que ya venía desarrollándose en Cuba, ha tenido que adaptarse a esta dinámica, a pesar de lo cual mantienen vigencia los lineamientos establecidos en los últimos congresos partidistas.

En la Resolución sobre el Desarrollo Económico del V Congreso del Partido Comunista de Cuba puede leerse: «...» La agroindustria azucarera deberá recuperar su papel estratégico en la economía, constituyéndose en fuente de ingresos externos netos crecientes y reanimadora del desarrollo de otras ramas y esferas de la economía.» /5/.

Podrían citarse otras referencias, tanto de directivos del sector azucarero, o del gobierno cubano, en las que se validaría la actualidad de la investigación parcialmente reseñada en el presente artículo, pero se obviará esa descripción, al considerarse que la importancia e incidencia de la producción azucarera, trasciende el plano económico y se inserta en la historia y en la cultura del país. Por ello, introducir resultados del quehacer investigativo en la agroindustria azucarera cubana, siempre será un tema de actualidad.

El objetivo de esta investigación se centró en la elaboración de un nuevo método para la optimización de la estrategia de explotación y control de la maquinaria agrícola en las entidades de base (UBPC, CPA, CSS, etcétera), minimizando los costos generales, el consumo de combustible y el tiempo de operaciones, teniendo en cuenta las limitaciones en los recursos disponibles.

Para el cumplimiento de este proyecto se diseñó un grupo de objetivos específicos los cuales se relacionan a continuación:

1. Elaborar modelos de Programación Lineal Meta que permitan optimizar los gastos de tiempo, el consumo de combustible y los niveles de costo de la actividad productiva relacionada con la maquinaria agrícola cañera, brindando la opción a la entidad de asignar preferencias (pesos) a esas metas u objetivos.

2. Diseñar y utilizar Sistemas Informáticos que brinden solución a los modelos antes referidos y que permita a los encargados de la programación, introducir los datos requeridos y obtener las tablas de salidas con la satisfacción óptima del cumplimiento de las metas planteadas para el uso de la maquinaria.
3. Crear las bases organizativas e informativas que contribuyan a una evaluación perspectiva a mediano y a largo plazo del parque de equipos e implementos necesarios en cada instancia.

Desarrollo

Papel que desempeña la maquinaria agrícola en la producción de azúcar

El proceso de producción del azúcar de caña tiene como etapa primaria, el desarrollo de labores agrícolas que conducen al establecimiento de las plantaciones que serán tratadas industrialmente.

Las referidas labores se pueden diferenciar por fases, cada una de las cuales contempla un significativo número de tareas. El orden en que se desarrollan esas fases es el siguiente: preparación de la tierra, siembra, cultivo y cosecha.

La gama de acciones que contempla cada una de ellas es amplia, considerándose que las mismas pueden ser desarrolladas a través de operaciones manuales o con el apoyo de animales de trabajo, por métodos totalmente mecanizados o combinando éstos con acciones manuales.

El cumplimiento de las fases descritas, atendiendo a las opciones posibles de trabajo, conduce a una larga relación de variantes o combinaciones del uso del equipamiento disponible, así como de los implementos agrícolas típicos de cada labor.

Este vínculo equipo-implemento se denomina agregación, pudiéndose registrar un listado de más de 200 combinaciones, en dependencia de las posibilidades agrotécnicas, disponibilidad de equipos e implementos, planes productivos, condiciones del terreno, heterogeneidad del parque, etcétera.

En las circunstancias en que se desarrollan las labores agrícolas cañeras, se presenta nítidamente

la confrontación entre el propósito de cumplir programas productivos y la dependencia de recursos diversos, entre los que se cuentan el tiempo, el combustible, equipos, implementos, disponibilidades presupuestarias, entre otros, lo cual genera alternativas para la aplicación de las técnicas de optimización.

El presente artículo refleja el resultado de un conjunto de investigaciones realizadas en el entorno del empleo de la maquinaria agrícola para el desarrollo de las referidas labores agrícolas.

Las condiciones particulares que caracterizan a la agricultura cubana y muy especialmente, la situación que presentan las acciones de mecanización, establecen la necesidad de enfrentar las mismas de manera diferente a como lo harían, en otras latitudes o épocas, las organizaciones encargadas de administrar o dirigir estos procesos.

Se trata de atender un universo caracterizado, a grandes rasgos, por lo siguiente:

- 1) Las unidades organizativas responsabilizadas con las labores agrícolas cañeras se estructuran fundamentalmente como Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC), Cooperativas de Producción Agropecuaria (CPA), Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) y Granjas Estatales.
- 2) La planificación del uso de la maquinaria agrícola se realiza cada mes, en forma empírica, sin una evaluación sustentada en criterios de optimalidad.
- 3) Todo el proceso de cálculo se realiza manualmente a pesar de disponerse en la generalidad de las empresas azucareras de microcomputadoras con aceptable capacidad de trabajo.
- 4) Existe en todo el entorno de trabajo, el clásico conflicto resultante de la necesidad de cumplir un significativo número de actividades agrícolas contándose para ello con recursos limitados (equipos, implementos, combustible, presupuesto, tiempo, entre otros).

Premisas fundamentales para la aplicación de nuevos enfoques en la planificación de la maquinaria agrícola

Una vez verificados los supuestos para la aplicación de las técnicas de Programación Lineal

	PROGRAMACIÓN S/E A	PROGRAMACIÓN S/MODELO	DIFERENCIA	%
Tiempo (horas)	18 832,67	16 694,90	2 137,77	12,8
Combustible (litros)	111 179,52	98 457,19	12 722,33	12,9

Las corridas de modelos de Programación Lineal en las condiciones de la empresa «Paquito Rosales» indicaron ahorros de tiempo, costo y combustible que oscilaron entre el 12 %, 12 % y 15 %, respectivamente.

Estas evaluaciones previas muestran la efectividad de la aplicación de los modelos lineales a la problemática organizativa de la maquinaria agrícola. Al mismo tiempo, sirven de punto de partida a su extensión al ambiente multiobjetivo.

Para aplicar estas técnicas, fue necesario calcular previamente los coeficientes de insumo, sobresaliendo en este sentido la confección, por vez primera, de una ficha de costo por agregados, la cual permitió formular restricciones y objetivos en esa dirección.

La aplicación de los modelos de Programación Lineal convencional permite obtener los valores óptimos individuales de tiempo, de combustible y de costo, para, a partir de esos resultados, instrumentar modelos multicriterio de optimización.

La Programación Meta presenta ventajas con respecto a los modelos de Programación Lineal, al permitir la evaluación, al unísono, de los diferentes objetivos enunciados en el problema. En este caso se adapta perfectamente al campo de acción, pues permite a los usuarios la selección de las metas y decidir su escala de importancia.

Para la solución de estos modelos se empleó el algoritmo Simplex utilizando para ello sistemas profesionales de Software, entre los que se pueden señalar el «Lindo Systems», «Manager», «MSLPEDIT», entre otros. Luego, se enriqueció el

se desarrollaron modelos para la obtención de los óptimos individuales de tiempo y combustible. Un resumen de estas aplicaciones en las condiciones de la EA «Julio A. Mella», en un mes (octubre del 2006), se muestra a continuación:

espectro de estas aplicaciones con la creación del sistema informático «SAPOUMA».

Se expondrá a continuación el modelo de Programación Meta. Se asume la no necesidad de exponer los modelos preliminares de Programación Lineal, para la determinación de las metas individuales, por considerarse que a partir de la observación del modelo multicriterio, resulta de fácil comprensión los pasos subsiguientes.

Utilización de la Programación Meta para la optimización del uso de la maquinaria agrícola

La técnica multiobjetivo aquí utilizada se sustenta en la Programación Meta /6/, la que, como extensión de la Programación Lineal, brinda un enfoque apropiado para tratar problemas que tengan objetivos múltiples conflictivos, permitiendo la clasificación de estos (metas) en términos de importancia.

La formulación de un modelo de Programación Meta es similar a la formulación de la Programación Lineal, sólo que en la primera no se intenta maximizar o minimizar los objetivos como lo hace la segunda, sino que se trata de minimizar las desviaciones entre las metas deseadas y los resultados reales de acuerdo a su importancia. Es decir, se trata de una técnica que permite armonizar el logro de objetivos múltiples, propiciando el mínimo sacrificio a cada óptimo individual/7/.

Se parte de la determinación de cada uno de los diferentes valores óptimos, los que devienen en metas, formando parte, a partir de este momento, del sistema de restricciones del modelo.

Formulación del problema para el planteamiento matemático

Las entidades productivas de base del MINAZ, cuentan con determinado número de equipos del tipo i y un número de implementos del tipo j que conforman lo que hemos definido como agregado, los cuales serán utilizados, a partir de criterios agrotécnicos, en actividades del tipo k , planificadas para ser realizadas en un período de tiempo t .

El problema consiste en encontrar la mejor combinación de agregados para el período a planificar, que permita cumplir el plan de producción de la entidad, minimizando los costos generales, el consumo de combustible y el tiempo de las operaciones, considerando para estos fines las limitaciones en la disponibilidad de recursos.

Índices:

- $i = 1, 2, \dots, n$ Tipos de equipos
- $j = 1, 2, \dots, m$ Tipos de implementos
- $k = 1, 2, \dots, r$ Labores agrícolas
- $t = 1, 2, \dots, 12$ Cada mes del año
- $s = 1, 2, 3$ Metas establecidas (combustible, tiempo y costo)

Parámetros:

A_{ijk}^t - volumen de trabajo de la labor k , en horas, que puede realizar el equipo i con el implemento j en el período t .

A_k^t - volumen total de trabajo, en Hectáreas, planificado para la labor k en el período t . (UM)

E_i^t - disponibilidad de equipos del tipo i en el período t .

I_j - disponibilidad de implementos del tipo j en el período t .

C^t - disponibilidad de combustible, en Litros, en el período t .

T^t - disponibilidad de tiempo, en horas, en el período t .

P^t - disponibilidad presupuestaria, en pesos, en el período t .

c_{ijk}^t - consumo de combustible, en litros, por unidad de volumen de trabajo a realizar por el equipo i con el implemento j en la labor k en el período t .

g_{ijk}^t - gasto de trabajo, en horas por unidad de volumen de trabajo a realizar por el equipo i con el implemento j en la labor k en el período t .

p_{ijk}^t - costo unitario, en pesos, por unidad de volumen de trabajo a realizar por el equipo i con el implemento j en la labor k en el período t .

W_s = Coeficiente de prioridad asignado a la meta s

Variables:

X_{ijk}^t - volumen de trabajo, en Hectáreas, a realizar con el equipo i con el implemento j en la labor k durante el período t .

d_s^+ = Variable de desviación que indica sobrelogro de la meta s . Representa valores por encima de las metas individuales seleccionadas. Constituye un objetivo a minimizar en el modelo.

d_s^- = Variable de desviación que indica sublogro de la meta s . Representa valores por debajo de las metas individuales seleccionadas. En este modelo, no son llevados a la función objetivo dado la naturaleza favorable, conceptualmente, de esta variable.

Restricciones:

De disponibilidad de equipos:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^r \frac{X_{ijk}^t}{a_{ijk}^t} \leq E_i^t$$

para $i = 1, 2, 3, \dots, n$
 $t = 1, 2, 3, \dots, 12$

De disponibilidad de implementos:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^r \frac{X_{ijk}^t}{a_{ijk}^t} \leq I_j^t$$

para $j = 1, 2, 3, \dots, m$
 $t = 1, 2, 3, \dots, 12$

Del cumplimiento del plan de actividades:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n X_{ijk}^t = A_k^t$$

para $k = 1, 2, 3, \dots, r$
 $t = 1, 2, 3, \dots, 12$

Restricciones de metas

De consumo de combustible:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^r c_{ijk}^t X_{ijk}^t + d_s^- - d_s^+ = C^t$$

para $t = 1, 2, 3, \dots, 12$
 $S = 1$

De disponibilidad de tiempo:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^r g_{ijk}^t X_{ijk}^t + d_s^- - d_s^+ = T^t$$

para $t = 1, 2, 3, \dots, 12$
 $S = 2$

f) De disponibilidad presupuestaria:

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^r p_{ijk}^t X_{ijk}^t + d_s^- - d_s^+ \leq P^t$$

para $t = 1, 2, 3, \dots, 12$
 $S = 3$

g) De no negatividad de las variables:

$$X_{ijk}^t, d_s^+, d_s^- \geq 0$$

para $i = 1, 2, 3, \dots, n$
 $J = 1, 2, 3, \dots, m$
 $k = 1, 2, 3, \dots, r$
 $t = 1, 2, 3, \dots, 12$
 $s = 1, 2, 3$

Función objetivo

$$\text{Min} Z = \sum_{s=1}^3 W_s d_s^+$$

Los diferentes coeficientes de las funciones objetivos y de las restricciones de los tres modelos fueron obtenidos de la forma siguiente:

$$a_{ijk} = \frac{1}{\frac{N_t}{8} * D.e * Ht}$$

donde:

N_t = Norma de trabajo del agregado, en Hectáreas, en ocho horas.

D. e. = Días efectivos del mes.

Ht = Horas a trabajar por el agregado.

g_{ijk} = Es la laboriosidad, e identifica el gasto de tiempo, en horas, que demanda hacer una ha con el agregado.

C_{ijk} = Es el coeficiente de la restricción de combustible o del modelo de minimización de ese recurso, se calcula multiplicando la norma de consumo del agregado, en litros en una hora, por la laboriosidad.

P_{ijk} = Es el coeficiente de la restricción de costo, representa el resultado de la elaboración de las fichas de costo de cada agregado, aspecto al cual se explica a continuación. Es el costo, en pesos, de la elaboración de una Hectárea de la labor **k** con cada agregado.

Elaboración de la ficha de costo de cada agregado

Las fichas de costo elaboradas para la definición del coeficiente de la restricción de costo, dimensionalmente representan la sumatoria de todas las partidas o elementos de costo que intervienen en la ejecución de una caballería con un agregado determinado (en el caso del corte, alza y tiro se expresa en @s).

Para llegar a su establecimiento fue necesario realizar el cálculo, para cada agregación, de los niveles que acusan las partidas directas (materias primas y materiales fundamentales, salarios directos y seguridad social, depreciación) así como las partidas indirectas (gastos del taller de mantenimiento y otros).

Esta ficha de costo identifica, dada la relativa similitud que tiene el proceso organizativo de la maquinaria agrícola en el territorio santiaguero, el costo unitario de las agregaciones más comunes utilizadas, pudiendo por ello, hacerse extensiva, al resto de las empresas azucareras de la provincia. Permite así mismo, su confección, identificar los más acuciantes problemas presentes en el entorno, a saber: poco dominio de los principios y regulaciones de la contabilidad, carencia y mal manejo de los documentos primarios, no existe un correcto control de los activos fijos tangibles, existen dificultades en cuanto a los registros de amortización y de las cuentas por pagar y por cobrar, éstos entre los más significativos.

En la misma medida que sean superadas estas dificultades, se irá perfeccionando el proceso de confección de las fichas de costo realizando así el uso de esta importante categoría como herramienta indispensable para alcanzar la eficiencia económica. El resto de los parámetros y las restricciones del modelo se explican por sí solos.

Creación de un sistema informático para la programación óptima del uso de la maquinaria

El Sistema Informático para la Planificación Óptima del Uso de la Maquinaria (SAPOUMA) está sustentado en el lenguaje de programación Borland Delphi 6.0, en ambiente Windows 95 o superior, y permite enfrentar toda la problemática algorítmica resultante de los modelos de Programación Lineal Convencional y de los modelos de Programación Meta, 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, disponibilidad de combustible, normas de trabajo y de consumo, planes de labor, etcétera) estará incorporando, sin necesidad de saberlo, los datos que necesita un modelo de optimización multiobjetivo con prioridades, como los diseñados en el epígrafe dedicado a la Programación Meta, obteniendo como tabla de salida la programación mensual del uso de la maquinaria atendiendo a la estructura informativa que demanda el MINAZ.

El sistema es pues, el complemento práctico de los estudios de modelación que le preceden, pues permite al personal encargado de la programación, escoger las mejores variantes de agregaciones, entre todas las posibles, atendiendo a los criterios de optimización definidos por esa organización, así como las prioridades de cada etapa.

El Delphi es un lenguaje que tiene un ambiente de Desarrollo Rápido de Aplicaciones (RDA), el cual a través de la programación visual orientada a componentes acelera grandemente el proceso de implementación de software. Este ha logrado un gran éxito por las facilidades que brinda para la creación de aplicaciones y por la eficiencia de su código ejecutable.

Algunas tablas del sistema informático SAPOUMA se exponen a continuación:

TABLA DE ENTRADA DE DATOS

SAPOUMA (Versión 1.2)

Datos Configuración Planificación Reportes Opcionales Ayuda

Datos Planificador Agregaciones Equipos e Implementos Cerrar

Entrada de Datos

F. Inicio 09/07/20 F. Fin 09/07/20 Replicar

Datos generales de la etapa		Actividades a realizar	
Entidad	5 UBPC # 5	Actividad	ROTURA A
Días Efectivos	24	Volumen	5 Cab
Combustible (Lts)	10000	UM	
Presupuesto	10000	Clasificación	NO ZAFRA

lora

Inicio 4 Microsoft Office ... SAPOUMA lora ES 15:38

TABLA CON LA BASE DE DATOS DE TODAS LAS AGREGACIONES POSIBLES

SAPOUMA (Versión 1.2)

Datos Configuración Planificación Reportes Opcionales Ayuda

Datos Planificador Agregaciones Equipos e Implementos Cerrar

Variantes de Agregaciones

Entidad	Actividad	Equipo	Implemento	N. Trab. \$ Hrs.	UM	N. Comb. 1 Hrs.	UM	Costo Unitario
5	1er. CULT C/ NUEV.	DT 75	BAYAMO-81	0,32	Cab	15,14	Lts	50
5	1er. CULT. R.1.60	DT 75	BAYAMO-81	0,44	Cab	15,14	Lts	52
5	1ER. CULTIVO	MTZ 80	S-240	0,33	Cab	6,813	Lts	24
5	ACARREO CANTERA	T170 (buldozer)	CUCHILLA	7	TM	15,78345	Lts	4,54
5	ACOND. AREA	YUM 6M	CARRETA	6	Cab	1,2	Lts	10
5	ACOND. AREA	YUM 6M	G/MULT.BP 206	0,5	Cab	5,9803	Lts	62,05
5	ALISAR	DT 75	LAND-PLAND	0,51	Cab	8,7055	Lts	3,2
5	ALISAR	MTZ 80	LAND-PLAND	0,44	Cab	9,084	Lts	13
5	ALISAR	YUM 6M	LAND-PLAND	0,44	Cab	8,327	Lts	32
5	ALZA CAÑA	YUM 6R (ALZA C)	PG-05K	6,8	M@	5,9	Lts/UM	6,4
5	APERT T LIMPIEZA C	T170 (buldozer)	CUCHILLA	4	TM	15,78345	Lts	4,54
5	APERTURA DE CUNETAS	T170 (buldozer)	CUCHILLA	4	TM	15,78345	Lts	4,54
5	APLICACION CACHAZA	MTZ 80	PRT - 10	0,67	TM	6,4345	Lts	88,49
5	BOMBEO PLAN 2	A-41-50-80(RIEGO)	BOMBA SAG3	6	Hrs	32,9295	Lts	23

lora

Inicio 4 Microsoft Office ... SAPOUMA lora ES 15:42

EMPRESA AZUCARERA "JULIO ANTONIO MELLA"

UBPC # 1

Mes: abril 2007

CRITERIOS	U/M	PRESUPUESTO SEGÚN EA	PRESUPUESTO SEGÚN MODELO	AHORRO	%
Tiempo	Horas	1 675,60	1 220,18	455,42	27,17
Combustible	Litros	10 586,25	8 904,34	1 681,91	15,57
Costo	Pesos	17 317,92	10 315,40	7 002,52	40,43

UTILIZACIÓN DEL PARQUE DE EQUIPOS E IMPLEMENTOS

TIPO DE EQUIPO E IMPLEMENTO | DISPONIBILIDAD NECESIDAD DIFERENCIA

MTZ-80	3	0,60	2,40
JUMZ-6M	9	2,80	6,20
JUMZ-6R	2	1,37	0,63
BUEYES	6	1,00	5,00
KTP-2M	1	0,59	0,41
CARRETAS	8	1,91	6,02
S-240	2	0,45	1,55
G-MULTIPLE	1	0,01	0,99
F-350	1	0,72	0,28
SURCADOR	1	0,13	0,87

Los ahorros de tiempo se hallan en un entorno del 4 %, las disminuciones del combustible se mueven, en la muestra seleccionada, del 9 al 16 %, en tanto los costos se ven reducidos en un 12 %.

Ventajas y aportes del método propuesto

La aplicación de los modelos de optimización aquí presentados, así como su extensión computacional, tiene como elementos más significativo, a modo de resumen, los siguientes:

- 1) El ahorro de combustible resultante de esta aplicación se mueve en un rango que oscila entre el 9 y el 16 % en la muestra seleccionada, lo que representaría, extrapolando el análisis al entorno provincial, en valores absolutos, una reducción promedio mensual de 35 t de combustible. Si se considera que el precio unitario, en dólares, es \$ 312,08, el ahorro provincial mensual ascendería a \$ 10 922,63 (USD).
- 2) La disminución del tiempo registrado en los meses seleccionados para las empresas

seleccionadas, asciende a un 4 %, lo que significaría, tomando como pauta el período de cosecha, concluir cinco días antes las labores correspondientes. Esto repercutiría, favorablemente, en una mejor adecuación a los imperativos meteorológicos, de tan alta incidencia en este sector productivo.

- 3) Los costos se ven disminuidos en un 12 %, influido en buena medida por las reducciones de combustible y de tiempo.
- 4) Los resultados obtenidos permiten conocer el marco real de necesidades de equipos e implementos, brindando en las tablas de salidas los márgenes u holguras existentes en cada uno de ellos, así como el déficit que pueda existir en algún o algunos de los renglones.
- 5) La elaboración, por vez primera de una ficha de costo por agregado crea las condiciones para el mejoramiento de los registros contables en este complejo medio, incidiendo de forma directa en el mejoramiento de los índices de efectividad económica de cada entidad

Conclusiones

Una vez abordados los diferentes tópicos que forman parte de este proyecto investigativo, se arriban a las siguientes conclusiones:

1) Los objetivos planteados en la investigación han sido cumplidos, representando una respuesta, factible de materializar, a las evidentes manifestaciones de ineficiencia que acusa la organización en el empleo de la maquinaria agrícola.

2) Las aplicaciones realizadas en las empresas azucareras seleccionadas promueven una elevación significativa del nivel de eficiencia, al ejecutarse los planes de actividades elaborados con el cumplimiento de valores establecidos (metas), de tiempo, combustible y de costos. Los ahorros de tiempo se hallan en un entorno del 4 %, las disminuciones del combustible se mueven, en la muestra seleccionada, del 9 al 16 %, en tanto los costos se ven reducidos en un 12 %.

3) La utilización de la Programación Meta como extensión de la Programación Lineal, permite acceder a la mejor propuesta organizativa del uso de la maquinaria agrícola, armonizando prioridades de la institución productiva, demostrando así mismo, el grado de compatibilización existente entre los más importantes objetivos técnico-económicos de este complejo universo de trabajo.

4) Los resultados de los modelos aplicados facilitan la determinación del parque óptimo de equipos e implementos, lo cual sirve de punto de partida a proyectos investigativos diseñados en esa dirección.

5) La elaboración de una ficha de costo relacionada con los agregados, constituye un momento importante en la atención a los procesos productivos del medio objeto de estudio, creándose con ello, no sólo la posibilidad de designar un coeficiente para las restricciones de costo, sino que constituye un elemento promotor del mejoramiento de los registros contables, con énfasis en sus fases primarias.

6) El diseño del SAPOUMA (Sistema Automatizado para la Programación Óptima de la Maquinaria), sustentado en el lenguaje de Programación Borland Delphi 6.0, el cual posee un ambiente de desarrollo rápido de aplicaciones (R.A.D. Rapid Applications Development) y que por aspecto visual crea una interfaz amigable con el usuario, no sólo permite el acceso para su operación con un mínimo conocimiento de las técnicas computacionales, sino que posibilita interpretar fácilmente la sensibilidad de los modelos, con lo cual se podrán realizar cambios operativos rápidos ante el faltante o sobrante de los recursos indispensables o cualquier otra modificación del entorno.

Recomendaciones

- 1) Hacer extensiva a todas las empresas azucareras de la provincia la aplicación de la metodología expuesta en este trabajo.
- 2) Extender los resultados de la presente investigación al marco de la agricultura no cañera, cuyas características se adaptan a la concepción operativa de estos modelos.

Bibliografía

1. Luis Rodríguez Duhalt, Coordinador del Comité Lomas de Chapultepec, México, D.F.
2. Almazán del Olmo, Oscar. «Viabilidad y alternativa económica». Revista Bohemia. (23) 15-19. 2002.
3. Álvarez José y Synde George H. r. «La Rotación de Arroz con Caña de Azúcar en la Florida, USA», Seminario de las Cátedras Azucareras de las Universidades Cubanas. 10 y 11 de Junio. La Habana. 2004.4
4. Nova González, Armando. «Redimensionamiento y Diversificación de la Agroindustria Azucarera Cubana». Seminario de las Cátedras Azucareras de las Universidades Cubanas. 10 y 11 de Junio. 2004.
5. Partido Comunista de Cuba. Resolución sobre el Desarrollo Económico del País. V Congreso del PCC. 1997.
6. Moskowit, Herbert; Wright, Gordon. Investigación de operaciones, Prentice-Hall Hispanoamericana. México. 1982.
7. Roscoe, Davis; Mckeown, Patric. Modelos Cuantitativos para la administración. University of Georgia. Grupo Editora Iberoamericano. 2001.
8. Álvarez, s. Adoosi Visual. «Metodología de Análisis y Diseño Orientada a Objetos de Sistemas informativos en

-
- medios ambientes visuales». Departamento de Informática CEIS. ISPJAE. Abril de 2002.
9. www.helsinki.fi/iehc2006/papers3/Duhalt.pdf
 10. Castro Diaz-Balart, Fidel. *Hacia un desarrollo sostenible en la era de la globalización*, Editorial Científico Técnica, La Habana. 2004.
 11. Charre, F. *Programación Avanzada en Delphi 5.0*. Ediciones Anaya Multimedia S.A. España. 2002.
 12. Correa L Carlos. «El pasado o el futuro». C. STAB Pág. 8. 2.15.- La Caña. Mayo Junio/2002.
 13. Hansen Gary y Hansen James. *Database Management and Design*. New Jersey. 2003.
 14. MINAZ. Fidel Castro y la Producción Azucarera. Publicaciones Azucareras, Ministerio del Azúcar, 1998.
 15. Preiss, K. Y Shai, O. *Process planing by logic programing*. Robot Comput. Integr. Manuf., 2003, Vol 5.
 16. Pressman, Roger. *Ingeniería del Software. Un Enfoque Práctico*. Madrid, 2003. Editora Concepción Fernández.
 17. Rodríguez R y Arrieta M. *Programación Matemática para Economistas*. Tomo I y II. Editorial Félix Varela. 1992.
 18. Ullman, Jeffrey D. *Principles of Database Systems*. Computer Science Press. Second Edition. 2002.
 19. worldwatch Institute. «La situación del mundo 2002, 2003». Edición Icaria Fuhem.
 20. www.cenicana.org. «La matemática en la agricultura cañera». Año 2004.
 21. www.sucrose.com. «Precios del azúcar de caña». Año 2004.
 22. www.sugar.ca. «Precios del Azúcar de caña». Año 2004.
 23. www.sugartech.co.za. «Costos de producción del azúcar de caña». Año 2004.