

Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas
Facultad de Ciencias Agropecuarias
Carrera de Ingeniería Agrícola



TRABAJO DIPLOMA

Tesis para aspirar al título de Ingeniero Agrícola

**ExploMq, software para la evaluación energética y
económica de la maquinaria agrícola**

Diplomante: Ariadna Pérez Mendez

Tutores: MsC. Carlos A. Pereira Marín

Dr.C. Omar González Cueto

Consultante: Ing. Dayana Marín Darías

Santa Clara, 2013

Pensamiento

*Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor y
la electricidad: la voluntad.*

Albert Einstein

Dedicatoria

A mis padres, abuela y mi tía Ana por haber confiado siempre en mí.

A mi hermano, tíos y primos por brindarme apoyo en estos años.

A todas las personas que de una forma u otra contribuyeron en el logro de este sueño.

Agradecimientos

A mi mamá por dedicarme cada segundo de su vida para el logro de este gran sueño.

A mi abuela Josefina por estar siempre al pendiente de mí.

A mis tutores Carlos A. Pereira y Omar González Cueto por la conducción en el desarrollo de esta tesis.

A mi consultante Dayana Marín Darías por su apoyo incondicional.

A todos mis profesores por la ayuda brindada en estos años.

A toda mi familia, mis amigos y mis compañeros de aula por todos los buenos momentos.

A Abel gracias por todo el cariño, ayuda y comprensión que me brindas.

Resumen

Para el sistema de educación superior y los centros de investigación del país, es importante el empleo de software que faciliten el procesamiento de datos y la obtención de resultados fiables que puedan ser introducidos en las diferentes ramas económicas de la producción y los servicios. El presente trabajo se realizó con el objetivo de desarrollar un software en el lenguaje de programación Visual Basic 6.0, con un diseño de trabajo de aplicación sobre ventanas, así como sistema portable, que facilite el intercambio de información entre aplicaciones y viabiliza la evaluación energética y económica del conjunto tractor-implemento. El software ExploMaq, determina la evaluación energética de la formación del conjunto tractor maquina agrícola a partir del cálculo de las fuerzas que actúan en una única labor, el balance de potencia calculado a partir de las pérdidas de potencia en la transmisión, en el accionamiento del árbol de toma de fuerza del tractor, las que son debido al patinaje, a la pendiente, la resistencia a la rodadura, y la resistencia a la tracción del implemento. Evalúa los gastos directos de explotación a partir de la suma del salario del personal de servicio, los gastos de renovación de la máquina y el implemento, los gastos para las reparaciones totales y parciales y el mantenimiento técnico del conjunto, además de los gastos en combustibles y lubricantes. La aplicación está lista en su primera versión de prueba y puesta a punto, para luego de este período, estar a disposición de usuarios con objetivos académicos e investigativos sobre la evaluación energética de maquinas agrícolas.

Abstract

For Cuban higher education system and research centers, it is important to use software applications, to facilitate data processing and obtaining reliable results, that can be introduced in the different branches of economy, commercial production and services. The present work was carried out with the objective of developing software with the programming language Visual Basic 6.0, as a portable application for Windows operating system allowing information exchange between applications and making possible the energetic and economic assessment of the tractor-implements group. The software ExploMaq determines the energetic evaluation of the tractor-implements complex through the calculation of the forces that act over a unique task, the power balance was calculated on the basis at the transmission system, the universal joint shaft of the tractor, power losses due to sliding, soil gradient, resistance of rolling, and resistance to traction of the implement. The application computes the direct expenses of exploitation, with the sum of the service personnel wages, the expenses of renovation of the machine and its implements, the expenses for the total and partial repairs and the technical maintenance, besides the expenses in fuels and lubricants. The application is ready in its first test version, which can already be used on the energy evaluation of agricultural machines by those users with academic and investigative objectives.

Índice

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
1.1 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INVESTIGACIONES REALIZADAS EN LAS EVALUACIONES ENERGÉTICAS Y ECONÓMICAS DE CONJUNTO TRACTOR-IMPLEMENTO	4
1.2 SITUACIÓN ACTUAL DE LAS INVESTIGACIONES REALIZADAS EN EL USO DE LOS PROGRAMAS INFORMÁTICOS PARA CÁLCULOS EN LA AGRICULTURA	11
CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
2.1. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN ENERGÉTICA DE LA FORMACIÓN DEL CONJUNTO TRACTOR- MÁQUINA AGRÍCOLA.	13
❖ CÁLCULO DE FUERZAS.	13
❖ BALANCE DE POTENCIA.....	16
❖ CÁLCULO DE GASTOS DIRECTOS DE EXPLOTACIÓN.....	18
2.2. ALGORITMO APLICADO PARA LA METODOLOGÍA UTILIZADA.	19
2.3. LENGUAJE DE PROGRAMACIÓN.	21
2.4. ESTRUCTURA DE DATOS.	25
CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
3.1 ALGORITMO PARA LA ELABORACIÓN DEL SOFTWARE.	30
3.2 RESULTADOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE EXPLOMAQ.	33
3.2.1 <i>Introducción de datos</i>	34
3.2.2 <i>Etapas de cálculo</i>	38
3.2.3 <i>Etapas de análisis e interpretación</i>	40
3.3 RESULTADOS DE LA VALIDACIÓN DEL SOFTWARE EXPLOMAQ.	40
CONCLUSIONES.	44
RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

La maquinaria agrícola es el conjunto de máquinas empleadas en las explotaciones agrícolas con el fin de facilitar las labores de trabajo de la tierra, recolección de cosechas, ordeño de animales y refrigeración de la leche. Los procesos agropecuarios mecanizados exigen que los tractores y máquinas agrícolas sean sometidos constantemente a estudios e investigaciones, con el objetivo de obtener información acerca de su capacidad técnica de trabajo, índices de un correcto estado técnico de la fuente energética, de los órganos de trabajo del apero, que el operario tenga considerable maestría; así como la correcta selección del método de movimiento del conjunto y de la forma de viraje, con lo cual se garantiza la correcta explotación de la capacidad de trabajo de los mismos (Garrido, 1984).

Lo anterior constituye una problemática a resolver en las empresas de cultivos varios del Ministerio de la Agricultura del país, donde existen dificultades en el aprovechamiento de los indicadores económicos, tecnológicos y de explotación de los conjuntos de máquinas que realizan labores agrícolas (FAO, 2009).

Es necesario alcanzar un nivel de explotación del parque de maquinaria, tractores y tracción animal, que garantice con costos mínimos una mayor eficiencia y durabilidad de los medios, aprovechando al máximo los recursos disponibles.

Una condición importante para la utilización efectiva de la maquinaria en la agricultura es la composición racional del parque de máquinas y tractores en cada

empresa, el plan óptimo de su utilización y el servicio técnico consecuente, los cuales se fundamentan con los correspondientes cálculos técnicos económicos.

La composición racional del parque de máquinas y tractores se logra mediante la selección óptima de los tipos de máquinas y equipos necesarios, para realizar las diferentes operaciones de la forma menos costosa y con la mayor productividad posible. Además de la cantidad necesaria de estos medios, de acuerdo con las alternativas posibles, teniendo en cuenta la disponibilidad de fuerza de trabajo, requerimientos de puntualidad en las labores, posibilidad de pedir servicio a otra entidad (siempre que resulte menos costoso), entre otras.

Los modelos computarizados y los programas de simulación para predecir el comportamiento de tractores permiten a los investigadores determinar la importancia relativa de muchos factores que influyen en el rendimiento en el campo de los tractores, sin necesidad de hacer pruebas de campo, caras y consumidoras de tiempo (Al-Hamed y Al-Janobi, 2001). Estos programas también permiten a los investigadores y fabricantes mejorar el rendimiento del tractor mediante la comparación y el análisis de varios parámetros que influyen en el comportamiento del mismo.

En la actualidad, en Cuba no existe ningún software disponible que permita la realización de cálculos energéticos y económicos de la maquinaria agrícola. De lo cual se deriva la importancia de desarrollar alguno que acople ambos cálculos a un solo sistema.

A partir de estos elementos se fundamenta la presente investigación, que contempla como objeto de estudio los programas informáticos para aplicaciones específicas de ingeniería agrícola.

El problema científico es: ¿cómo desarrollar un software que facilite la evaluación energética y económica del conjunto tractor – implemento?

Las consideraciones anteriores conllevan al planteamiento de la siguiente hipótesis:

La aplicación de las técnicas de programación orientadas a objetos, soportadas en Visual Basic 6.0 y la implementación de los procedimientos de cálculo en este software, permitirá obtener un programa que facilite la evaluación energética y económica del conjunto tractor – implemento.

Para dar cumplimiento a la hipótesis anterior, se plantean los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Desarrollar un software para la evaluación energética y económica del conjunto tractor-implemento.

Objetivos específicos:

1. Desarrollar un algoritmo para la evaluación energética y económica del conjunto tractor-implemento.
2. Implementar en el lenguaje de programación Visual Basic 6.0, el software para la evaluación energética y económica del conjunto tractor-implemento.
3. Validar el software para el cálculo de la evaluación energética y económica del conjunto tractor-implemento.

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Situación actual de las investigaciones realizadas en las evaluaciones energéticas y económicas de conjunto tractor-implemento

La mecanización de la agricultura ha permitido aumentar las áreas de cultivo y ha contribuido a aumentar la productividad de las mismas, principalmente por la calidad con que se pueden ejecutar las labores agrícolas. En la actualidad los agricultores de los países en desarrollo invierten más en insumos de energía agrícola que en fertilizantes, semillas o sustancias agroquímicas (FAO, 2009).

Cuba no ha estado ajena a esto y con el desarrollo impetuoso de la agricultura y el descenso en el valor del azúcar, en la isla se trabaja en el incremento de la masa ganadera, la producción de tabaco y café así como de los renglones fundamentales para lograr la consolidación de la economía nacional, satisfacer las necesidades del pueblo y aumentar las fuentes de divisas lo que implica la introducción en la producción de máquinas de avanzada, recurso éste imprescindible para lograr el ahorro de fuerzas de trabajo y conseguir un alto rendimiento en las cosechas (FAO, 2009).

Un papel determinante en el logro de los objetivos planteados lo desempeña la mecanización agropecuaria y dentro de ella la correcta explotación del parque de maquinarias (González, 1993). El desarrollo de la revolución científico técnica en los campos, el uso de los tractores y equipos agrícolas se ha extendido a todos los rincones del país. La eficacia de la mecanización de los trabajos, y en resultado, la reducción del costo de los productos agrícolas depende considerablemente del

nivel de utilización del parque de tractores y máquinas, así como de continuar trabajando en la determinación de los sistemas de máquinas que permitan aumentar el índice de mecanización de los cultivos. El índice que más ampliamente refleja el grado de perfección técnica, las condiciones de trabajo y el nivel de utilización del agregado son los denominados gastos directos de explotación por unidad de tiempo, de trabajo o de producción (Garrido, 1984).

Se agrupa bajo el concepto general de maquinaria agrícola a toda la serie de máquinas y equipos que utilizan los agricultores en sus labores agrícolas. Por tanto, una máquina agrícola es aquella que tiene autonomía de funcionamiento y depende del funcionamiento de un motor de combustión interna y mecanismos de transmisión que la permiten desplazarse por el campo y realizar sus funciones cuando desarrolla el trabajo (Bausat, 2010).

Suárez *et al.* (2005) expresan que por lo general los medios mecanizados: tractores, remolques, combinadas, arados y gradas de discos, son agresivos al suelo. Todos ellos son la base de nuestras tecnologías más extendidas de producción agropecuaria. La agresión fundamental se produce por la compactación, con la consiguiente pérdida de la fertilidad del suelo, debido a la poca infiltración del agua, obstáculos a la penetración de las raíces, mayor consumo energético, entre otras. El otro efecto que producen las tecnologías motorizadas radica en el uso de implementos inadecuados. La tecnología de inversión de la capa superior del suelo, la más fértil, es el fundamento de trabajo de los arados de vertedera y de las gradas y arados de discos. El disco es un órgano de trabajo compactador, pues para su

movimiento giratorio debe apoyarse sobre el fondo del surco y a esa fuerza se agrega la de la masa propia del implemento.

Según Jrobostov (1977), los índices fundamentales de explotación de las máquinas y aperos agrícolas son:

1. La calidad de trabajo, la profundidad y el carácter de labranza del terreno, la altura de corte, la ausencia de pérdidas de la cosecha.
2. El rendimiento, el frente de labor y la velocidad de movimiento admisible según la calidad de trabajo y la resistencia mecánica de las máquinas.
3. El esfuerzo de tracción y la potencia que se necesitan para el trabajo de las máquinas, el gasto de combustible y de lubricantes por hectárea o por unidad de producto elaborado, el rendimiento de la máquina.
4. La fiabilidad de la máquina, el plazo de servicio de sus principales piezas y mecanismos hasta la reparación, la capacidad de paso por los campos y caminos, la amplitud para realizar las reparaciones.
5. Los gastos directos de explotación por unidad de trabajo.

Linares (1996) coincide con Jrobostov (1977) y Garrido (1984) en cuanto a los índices fundamentales de explotación, donde refiere que el agrupamiento de los conjuntos se realiza en el siguiente orden: Se precisan los requisitos agrotécnicos (profundidad de de labor en la parcela dada, el tipo de rejas que se empleen, entre otras), se elige el tipo de tractor y la marca de la máquina agrícola, se elige la

velocidad de trabajo del tractor y la velocidad de movimiento del conjunto, se determina la cantidad de máquinas en el conjunto, se compone el conjunto, es decir se enganchan o se suspenden las máquinas, se disponen en orden determinado los órganos de trabajos. Las máquinas se escogen de manera que sus cualidades de explotación garanticen un alto rendimiento (en el trabajo) del conjunto y una buena calidad de trabajo con los gastos mínimos de labor y medios.

Coronel *et al.* (1999) refieren que al elegir el tipo de tractor hay que tener en cuenta la posibilidad de utilizar totalmente la potencia del tractor durante el trabajo con las máquinas o aperos agrícolas de que se dispone. Al realizar las labores de cultivo la distancia entre las ruedas o entre las orugas tiene que corresponder a la anchura de los entresurcos. El tipo de tractor que se escoge para las condiciones del terreno dadas debe tener, dentro de lo posible las mejores propiedades de adherencia y las menores pérdidas en el rodamiento, es decir, debe tener el máximo rendimiento. Los tractores más potentes se utilizan en la mayoría de los casos, en operaciones que demanden grandes gastos de energía, los tractores menos potentes deben ser empleados en operaciones que no requieren tanta cantidad de energía y en parcelas pequeñas.

González (1993) refiere que el cálculo analítico de la composición del conjunto se realiza en el orden siguiente: después de elegir los tipos de máquinas para el conjunto de destino dado, se establece la zona del probable régimen de velocidad (de las velocidades de trabajo y del número de velocidades) de acuerdo con las demandas agrotécnicas, las cualidades de explotación de las máquinas y las

condiciones de trabajo. La velocidad de movimiento influye esencialmente en la calidad de trabajo de las máquinas y aperos agrícolas. La velocidad de movimiento permisible del conjunto depende del tipo de operación que se realice, de las cualidades físicas y mecánicas del suelo (especialmente de la humedad) y de las máquinas que componen el conjunto. Se determina la fuerza tangencial de tracción del tractor ($F_{tm\acute{a}x}$) en las velocidades elegidas para las condiciones dadas, se calcula el frente de labor máximo del conjunto correspondiente a la carga completa del tractor en las velocidades elegidas, se determina la cantidad necesaria de máquinas basándose en el frente de labor máximo obtenido del conjunto, se halla la resistencia traccional de trabajo (R_{ta}), se calcula el coeficiente de aprovechamiento de la potencia efectiva (ξN_e) y se calcula el rendimiento del tractor (n_{trac}).

Chudakov (1977) plantea que en el caso general de la fuerza de resistencia al movimiento del tractor (F_{mov}), influyen las siguientes fuerzas de resistencia:

- La fuerza de resistencia a la rodadura del tractor (F_{rr}), que surge como resultado de la deformación del terreno y de los neumáticos.
- La fuerza de resistencia por la pendiente (F_{rp}), que surge durante el movimiento por una superficie inclinada, no siempre es una fuerza a la resistencia del movimiento sino también, una fuerza motriz en caso que se mueva hacia abajo por la inclinación.
- La fuerza de resistencia del aire (F_{ra}), que depende generalmente de las dimensiones del cuerpo y del tratamiento del cuerpo, de su forma, y de la articulación de algunos de sus elementos.

- La fuerza de resistencia por la inercia (F_{ri}), que surge como resultado de la existencia de las fuerzas de inercia de las masas con movimiento de avance, y también de los momentos de las fuerzas de inercia de las masas que giran aceleradamente.

El balance de potencia del tractor muestra la distribución de la potencia efectiva del motor para la superación de diferentes resistencias, una parte de la potencia del motor se gasta en la superación de las pérdidas mecánicas, hidráulicas, en la transmisión y la potencia restante se entrega por completo a las ruedas motrices del tractor (González, 1993).

Aguilera *et al.* (2005) plantean que como alternativa para reducir el valor de la energía requerida por el arado se tiene que:

- a) la profundidad de aradura no debe ser mayor de lo necesario,
- b) el conjunto agrícola se debe trabajar con las regulaciones apropiadas,
- c) trabajar el conjunto en la velocidad de avance apropiada.

González *et al.* (2009b) refieren que la producción agrícola depende en gran medida del consumo de energía, específicamente en las labores agrícolas como es el caso de la preparación de suelo y, dentro de ella, su proceso fundamental: la aradura o rotura que representa un consumo cerca del 30 al 35% de los costos de producción y aproximadamente el 40% de los gastos energéticos de los trabajos agrícolas. Una aradura eficiente permite optimizar los gastos económicos y energéticos, debido a su gran influencia en los rendimientos y los costos de producción.

Rodríguez *et al.* (2007) consideran que el índice que más ampliamente refleja el grado de perfección técnica, las condiciones de trabajo y el nivel de utilización del

conjunto son los gastos directos de explotación por unidad de tiempo, de trabajo o de producción. Varias investigaciones han establecido que el costo energético por concepto de combustible y máquina representa un alto porcentaje del costo energético total de producción en la agricultura empresarial (FAO, 1990; Fluck, 1992; Hetz y Barrios, 1997).

La NC 34-38 (2003) establece que los gastos directos de explotación se componen de los siguientes elementos: el salario del personal de servicio (S), los gastos de renovación (A), los gastos para la reparación general, corriente y servicio técnico periódico (R), los gastos en combustible, lubricantes o energía eléctrica (C). Esta ha sido utilizada ampliamente para la evaluación económica de los agregados agrícolas (González *et al.*, 2009a; González *et al.*, 2009b; Torres, 2012).

Paneque *et al.* (2001) utilizaron la norma NC 34-38 (2003) en la “Evaluación de la cosecha semimecanizada del pimiento utilizando bandas transportadoras” donde fueron realizadas pruebas de campo al conjunto formado por el transportador cosechador de bandas TCU-25P, construido en el Departamento de Mecanización de la Universidad de Granma , el remolque HW 60/11 y el tractor YUMZ-6KM.

Esta norma establece la metodología para la ejecución de los cálculos para la determinación de la efectividad económica de las máquinas agrícolas y forestales sometidas a ensayos estatales. Los métodos de cálculo para la determinación de la efectividad económica son únicos en todas las instalaciones de proyección, producción

o introducción, teniendo en cuenta los índices esenciales correspondientes a la etapa de evaluación económica y de las particularidades zonales.

1.2 Situación actual de las investigaciones realizadas en el uso de los programas informáticos para cálculos en la agricultura

El rápido avance en el desarrollo de nuevos programas informáticos y la tendencia a mejorar las aplicaciones de lenguajes de programación existentes, tienden a facilitar la interacción entre los usuarios y computadoras. Como consecuencia, se han desarrollado múltiples programas de modelación y simulación, también considerables investigaciones en el desarrollo de modelos basados en computadoras y programas de simulación que satisfagan las necesidades educativas y de investigación, en la mejora del diseño de los tractores y en el análisis de la importancia relativa de varios factores.

Zoz (1970) presentó un método gráfico para predecir el desempeño del tractor en el campo. El programa fue útil para predecir la tracción en la barra de tiro, la potencia, la velocidad de movimiento y la reducción de recorridos de los tractores de tracción simple en varias condiciones de suelo.

Wisner y Luth (1972) desarrollaron un juego de ecuaciones empíricas para el rendimiento de tracción de tractores de ruedas en suelos agrícolas. Estas ecuaciones describían las características de tracción de tanto las ruedas conducidas como las motrices.

Clark (1985) propuso formas generalizadas del modelo de Wisner y Luth (1972) para un intervalo más amplio de condiciones del campo reales. Brixius (1987)

presentó las ecuaciones para predecir el comportamiento a la tracción de neumáticos de carcasa diagonal que operan en los suelos agrícolas; así como revisiones de las ecuaciones introducida por Wismer y Luth (1972). Las nuevas ecuaciones mejoraron la predicción del comportamiento traccional y extendieron el rango de aplicaciones.

Al-Hamed *et al.* (1994) introdujeron una hoja de cálculo para determinar la eficiencia traccional en las ruedas radiales. Posteriormente fue utilizada por Zoz y Grisso (2003), Goering y Hansen (2004); (Grisso y Zoz, 2004). Ha evolucionado gradualmente hasta convertirse en un sistema que abarca el tractor completo. Tiwari (2006) presentó las ecuaciones para predecir el comportamiento traccional de neumáticos de carcasa diagonal que operaban en suelos francos arenoso-arcilloso como revisiones de las ecuaciones introducidas por Brixius (1987) para las condiciones de la India.

Un software de simulación para predecir el desempeño del tractor puede desarrollarse utilizando diferentes herramientas de programación. En la actualidad Visual Basic y Visual C++ se utilizan ampliamente para desarrollar tal software, así lo hicieron Al-Hamed y Al-Janobi (2001), Catalán *et al.* (2008) y Kumar y Pandey (2009). La disponibilidad de lenguajes visuales facilita la programación, las aplicaciones desarrolladas en ambiente de programación visual son fácilmente accesible a los usuarios (Catalán *et al.*, 2008). Esta es una herramienta excelente para desarrollar programas flexibles y de uso fácil para múltiples aplicaciones. Al-Hamed y Al-Janobi (2001) utilizaron el lenguaje de programación visual para

desarrollar programas que predican el comportamiento de tractores de dos o cuatro ruedas motrices en suelos agrícolas.

MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó mediante un programa o aplicación computacional, una evaluación técnico explotativa y energética de la formación del conjunto tractor-máquina agrícola. Como primer paso se desarrolló el algoritmo de cálculo del problema, el cual permitió determinar el orden de introducción de los datos, las ecuaciones y las salidas del software. Estos procedimientos estuvieron basados en los métodos de cálculo propuestos por Jrobostov (1977) y por la NC 34-38.

2.1. Metodología para la evaluación energética de la formación del conjunto tractor-máquina agrícola.

Según Jrobostov (1977)

❖ Cálculo de fuerzas.

La fuerza de tracción máxima en los propulsores ($F_{tr\max}$) se calculó mediante:

$$F_{tr\max} = \frac{N_e \cdot i_o \cdot \eta_{tr}}{\omega \cdot r_k}$$

Donde:

N_e - potencia efectiva del motor (kW);

η_{tr} – rendimiento mecánico de la transmisión;

ω - frecuencia nominal de rotación del cigüeñal (s-1);

$$\omega = \frac{n \cdot \pi}{30}$$

n - frecuencia nominal de rotación del cigüeñal (rpm);

r_k - radio de rodadura de la rueda (m);

$$r_k = 25.4 \left(\frac{dnri}{2} + 0.81ra \cdot bnri \right)$$

$dnri$ - diámetro nominal del neumático.

$bnri$ - ancho del neumático.

ra- Coeficiente de forma del neumático.

io - relación de transmisión para la velocidad seleccionada;

$$i_o = 0.377 \frac{r_k \cdot n}{V_{tr}}$$

La relación de transmisión para la velocidad seleccionada (io), se calculó a partir de la fórmula empírica:

$$i_o = 0.377 \frac{r_k \cdot n}{V_{tr}}$$

Donde;

Vtr-velocidad real de desplazamiento para la marcha seleccionada (km/h), se calculó mediante la ecuación:

$$V_{tr} = V_t (1 - \delta)$$

δ-patinaje del tractor

vt- velocidad teórica de desplazamiento para la marcha seleccionada (km/h);

La fuerza adherente máxima (Fadh) se determinó mediante:

$$F_{adh} = G_{adh} \cdot \mu$$

Donde:

μ - coeficiente de adherencia;

G adh- peso adherente del tractor (kN);

Para el caso de tractores de tracción 4x4 el peso adherente es igual al peso del tractor, si el tractor es 4x2 se utiliza la siguiente fórmula:

$$G_{adh} = \frac{G_{tr}(L - a)\cos\alpha + Mm}{L}$$

Donde:

Gtr- Peso del tractor

L- Batalla longitudinal del tractor

a- Profundidad de trabajo del implemento

α - ángulo de la pendiente

Mm- Momento motriz que acciona sobre los propulsores

$$Mm = (Frr + Frp + Rta)rk$$

Frr- fuerza de resistencia a la rodadura del tractor (kN),

$$Frr = f \cdot G_{tr} \cdot \cos \alpha$$

Donde:

f - coeficiente de resistencia a la rodadura;

α - ángulo de la pendiente (°);

Frp-fuerza de resistencia por la pendiente (kN);

$$Frp = G_{tr} \cdot \sin \alpha$$

La resistencia a la tracción del arado (Rta) se determinó mediante:

$$Rta = km \cdot b_{tr} \cdot a$$

En el caso de ser otro implemento se calcula:

$$Rta = K_m \cdot b_{tr}$$

km- coeficiente de resistencia específica traccional del suelo (kN/m²), cuando es arado, en caso de ser otro implemento la unidad de medida es (kN/m).

btr- ancho de trabajo del implemento (m)

La fuerza de resistencia al movimiento del tractor (Frmov) (kN) se calculó mediante:

$$Frmov = Frr + F_{ri} + Frp + Fra$$

Dado que se analiza el trabajo del conjunto donde la velocidad de trabajo es baja, se considera la no influencia de la fuerza de inercia y de la fuerza del viento en el desempeño del conjunto. Por tanto la ecuación queda como:

$$F_{mov} = F_{rr} + F_{rp}$$

La fuerza de tracción disponible (Ftrd), se calculó como:

$$F_{trd} = \int_{F_{adh}}^{F_{trmax}} -F_{trmov}$$

El coeficiente de aprovechamiento de esfuerzo de tracción se determinó a partir de,

$$\xi F_{tr} = \frac{R_{ta}}{F_{trd}}$$

❖ Balance de potencia

Según (Jróbrostov, 1977) el balance de potencia del tractor queda:

$$N_r = N_r + N_{atf} + N_{pat} + N_{rr} + N_{rp} + N_{ri} + N_{ra} + N_{rar}$$

Donde:

Nr- potencia perdida en la transmisión de fuerza del tractor (kW);

Natf- potencia perdida en el accionamiento del árbol toma de fuerza del tractor (kW);

Npat- potencia perdida debido al patinaje del tractor (kW);

Nrr - potencia perdida debido a la resistencia de la rodadura del tractor (kW);

Nrp- potencia perdida debido a la resistencia a la pendiente (kW);

Nri -potencia perdida debido a la inercia del tractor ((kW);

Nra - potencia perdida debido a la resistencia del aire (kW);

Nrar- potencia perdida debido a la resistencia a la tracción del implemento (kW);

Debido a que para el desempeño de cualquier labor de cultivo la inercia y la fuerza de resistencia del aire es tan insignificante que en la mayoría de los casos se puede prescindir de ella, estos valores de las potencias perdidas se hacen iguales a 0. Por lo tanto, la ecuación de balance (11), toma la siguiente forma,

$$N_r = N_r + N_{atf} + N_{pat} + N_{rr} + N_{rp} + N_{rar}$$

La potencia perdida en la transmisión de fuerza del tractor (N_r) se calculó

$$N_r = N_{er} - N_k$$

La potencia efectiva real que utiliza el tractor (N_{er}) se calculó a partir de:

$$N_{er} = \frac{N_k}{\eta_{tr}}$$

La potencia perdida en los propulsores (N_k) se determinó como:

$$N_k = N_{pat} + N_{rr} + N_{rar}$$

La potencia perdida en el accionamiento del árbol toma de fuerza (N_{atf}) se calculó

mediante la siguiente fórmula:

$$N_{atf} = M_o \cdot n_o$$

Donde

M_o - Momento torsor en el árbol toma de fuerza

La potencia perdida debido al patinaje del tractor (N_{pat}) se calculó como:

$$N_{pat} = F_{tr} \cdot (V_t - V_{tr})$$

Donde:

F_{tr} - fuerza de tracción real (kN);

$$F_{tr} = F_{rr} + R_{ta} + F_{rp}$$

La potencia perdida debido a la resistencia de la rodadura del tractor (N_{rr}) se

determinó mediante:

$$N_{rr} = F_{rr} \cdot V_{tr}$$

La potencia perdida debido a la resistencia a la tracción del implemento (N_{rar}) se

calculó como:

$$N_{rar} = R_{ta} \cdot V_{tr}$$

La potencia perdida debido a la resistencia a la pendiente (N_{rp}) se calculó

$$N_{rp} = F_{rp} \cdot V_{tr}$$

El coeficiente de aprovechamiento de la potencia efectiva se calculó a partir de:

$$\xi N_s = \frac{N_{er}}{N_s}$$

El rendimiento del tractor (n_{trac}) se calculó como:

$$\eta_{trac} = \frac{N_{rar}}{N_{er}}$$

❖ Cálculo de gastos directos de explotación.

Los gastos directos de explotación (Gde) se calculan mediante:

$$Gde = S + A + R + C + Ai + Ri$$

Donde:

S-salario del personal de servicio (pesos);

A-gastos de renovación de la máquina (pesos);

$$A = \frac{B \cdot a}{W_{07} \cdot C_{za}}$$

Donde:

B-precio de la máquina nueva o base (pesos);

a-coeficiente de descuento para la renovación;

W_{07} -productividad del agregado o del trabajador en una hora de tiempo de explotación. Turno en unidad de producción;

C_{za} - carga zonal anual;

$$C_{za} = D \cdot t$$

Donde:

D-cantidad de días de trabajo de la máquina en el plazo agrotécnico;

t-cantidad de horas de trabajo de la máquina en un día (h);

R- Los gastos para las reparaciones totales y parciales y el mantenimiento técnico (pesos);

$$R = \frac{B \cdot (r_{kj} + r_{mk})}{W_{07} + C_{za}}$$

Donde:

r_{kj} , r_{mk} -coeficiente de descuento para las reparaciones total y corriente;

C_{za} -carga anual normada (h);

La carga normativa anual se determina según la documentación técnica existente.

C-gastos en combustible, lubricantes o energía eléctrica del implemento (pesos);

Los gastos en combustibles y lubricantes (C) se determinan:

$$C = P_c \cdot G_c + P_l \cdot G_l$$

Donde:

P_c-precio complejo del combustible;

G_c -cantidad de combustible en (kg), (kW/ h);

P_l-Precio complejo de los lubricantes;

G_l- cantidad de lubricantes en (kg), (kW/ h);

A_i- gastos de renovación del implemento (pesos);

Los gastos de renovación del implemento (A_i) se determinan:

$$A_i = \frac{B_i \cdot a_i}{W_{07} \cdot C_{zai}}$$

Donde:

B_i-precio del implemento nuevo o base (pesos);

a_i-coeficiente de descuento para la renovación del implemento;

C_{zai}- carga zonal anual del implemento; que se calculó,

$$C_{zai} = D_i \cdot t_i$$

R_i- Los gastos para la reparación general, corriente y servicio técnico periódico del implemento (pesos); se determinan

$$R_i = \frac{B_i \cdot (r_{kji} + r_{mki})}{W_{07} \cdot C_{zai}}$$

Donde:

r_{kji}, r_{mki}-coeficiente de descuento para las reparaciones total y corriente del implemento;

2.2. Algoritmo aplicado para la metodología utilizada.

El concepto de algoritmo es muy importante dentro del área de computación, cuyo significado actual es similar a una receta, proceso, método, técnica, procedimiento o rutina para realizar una actividad, excepto que el algoritmo tiene una connotación ligeramente diferente.

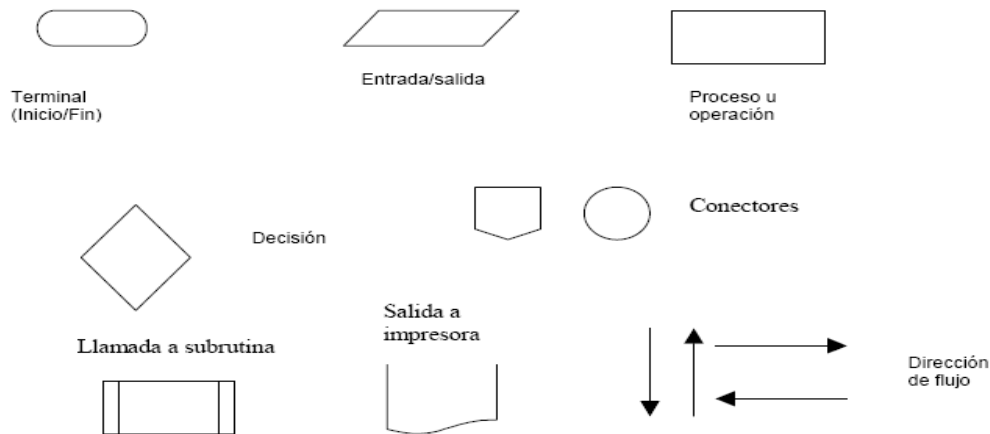
Un algoritmo es un conjunto de reglas que determinan la secuencia de las operaciones a seguir para resolver un problema específico y que cumple con las siguientes cinco características:

- 1) Finitud: debe terminar después de ejecutar un número finito de pasos.
- 2) Definición: debe estar definido con precisión, esto es, la acción a seguir no debe ser ambigua, una misma palabra no debe significar varias cosas.
- 3) Entrada: Se considera como entrada el conjunto de datos o información requerida para resolver el problema.
- 4) Salida: La salida es un conjunto de resultados que se obtienen al aplicar el algoritmo al conjunto de datos de entrada.
- 5) Efectividad: Un algoritmo debe llevar a la solución del problema planteado, en otras palabras, se puede decir que todas las operaciones que efectúa el algoritmo, deben ser lo suficientemente simples para que en principio, se puedan ejecutar con papel y lápiz y al final obtener el resultado deseado.

Para especificar el problema en forma esquemática y con una notación orientada a la computación, existen herramientas para representar los pasos a seguir, una muy importante es el diagrama de flujo.

El Diagrama de Flujo: es una representación esquemática gráfica de un algoritmo, el cual muestra los pasos o procesos a seguir para alcanzar la solución de un problema. Su correcta construcción es sumamente importante porque, a partir del mismo se escribe un programa en algún lenguaje de programación y si está completo y correcto este paso es relativamente simple y directo.

Se dibujan generalmente mediante el uso de algunos símbolos estándares; sin embargo, algunos símbolos especiales pueden también ser desarrollados cuando sean requeridos:



2.3. Lenguaje de programación.

Con el tiempo, los investigadores en ciencias de la computación observaron que, más allá del propósito para el que fueron creados, los lenguajes podían diferenciarse por la forma de trabajo que presentan al programador, ofreciendo diversas formas de “ver” y “pensar” un programa antes de escribirlo. Así comenzaron a surgir distintos paradigmas de programación (imperativa o estructurada y declarativa o lógica), cada uno representado por una familia de lenguajes.

La elección de un lenguaje de programación no es algo trivial. Antes que todo, se debe determinar qué clase de programas se piensa crear, por ejemplo, para programas que manejen bases de datos, es conveniente dominar el lenguaje SQL. Pero el SQL no es muy adecuado para crear interfaces de usuario, por lo cual se

debe complementar con algún lenguaje que sí lo sea; por ejemplo, algún lenguaje que ofrezca un entorno visual, como Visual Basic o Delphi.

Para llevar a cabo la implementación del código fuente del programa se decidió utilizar el lenguaje de programación BASIC, apoyado en el ambiente de trabajo interactivo del sistema de programación de aplicaciones Visual Studio 6.0, conformando así el *Visual Basic*.

Lenguaje de programación BASIC.

Una rama dentro de la programación imperativa es la programación estructurada, cuyo propósito fundamental es construir programas claros, fáciles de entender y de mantener. Para ello se basa en el uso de módulos independientes (funciones y procedimientos) que separan claramente las diferentes tareas.

Visual Basic ofrece todas las ventajas y facilidades de la programación modular para resolver el problema planteado y las facilidades y los beneficios de la programación orientada a objetos para la utilización aplicación de los recursos necesarios para implementar la interfaz de usuario con propósitos de crear aplicaciones específicas en determinados temas reales.

Entornos visuales.

A partir del surgimiento del popular lenguaje Visual Basic, comenzó un concepto nuevo en programación que dio en llamarse programación visual. Esta forma de programar emplea elementos visuales, como por ejemplo, ventanas, botones, cuadros de texto, etc., para diseñar los programas. Los elementos visuales,

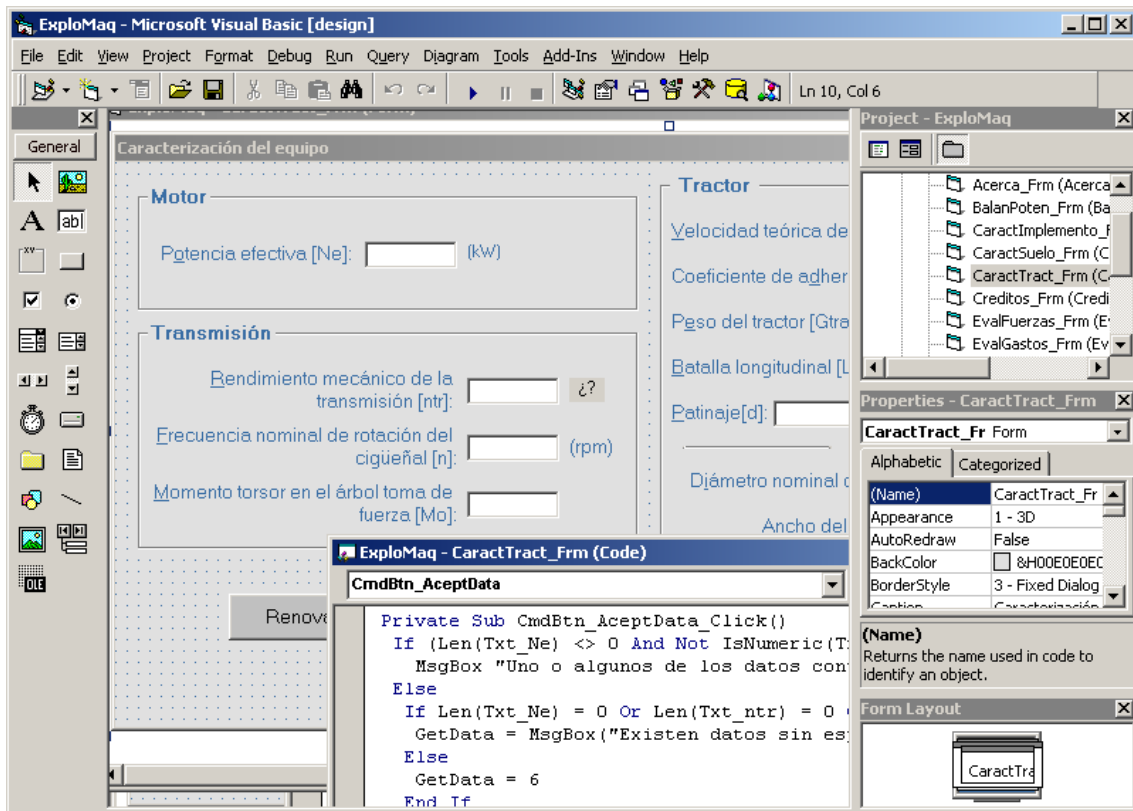
también llamados controles, poseen cierta “inteligencia” para saber qué hacer cuando el usuario interactúa con ellos (por ejemplo, cuando hace clic sobre un botón). De esta forma, ahorran bastante trabajo de programación y evitan la necesidad de programar al detalle cada acción que deben ejecutar los controles.

Sistema de lenguaje de programación y ambiente de trabajo *Visual Basic 6.0*.

Visual Basic está orientado a la realización de programas para Windows, pudiendo incorporar todos los elementos de este entorno informático: ventanas, botones, cajas de diálogo y de texto, botones de opción y de selección, barras de desplazamiento, gráficos, menús, etc. Prácticamente todos los elementos de interacción con el usuario, de los que dispone el sistema operativo Windows, pueden ser programados en Visual Basic 6.0 de un modo muy sencillo.

El lenguaje de programación Basic no es exclusivo de Visual Basic. La edición para aplicaciones del sistema de programación de Visual Basic, incluida en Microsoft Excel, Microsoft Access y muchas otras aplicaciones Windows, utilizan el mismo lenguaje. El sistema de programación de Visual Basic, Scripting Edition (VBScript) para programar en Internet es un subconjunto del lenguaje Visual Basic.

Cuando se arranca Visual Basic 6.0 aparece en la pantalla una configuración similar a la mostrada en la siguiente figura. En ella se pueden distinguir los siguientes elementos:



1. La *barra de títulos*, la *barra de menús* y la *barra de herramientas* de Visual Basic 6.0 en modo *Diseño* (parte superior de la pantalla).
2. *Caja de herramientas (toolbox)* con los controles disponibles (a la izquierda de la ventana).
3. *Formulario (form)* en gris, en que se pueden ir situando los controles (en el centro posterior). Está dotado de una rejilla (*grid*) para facilitar la alineación de los controles.
4. Ventana de *proyecto*, que muestra los formularios y otros módulos de programas que forman parte de la aplicación (arriba a la derecha).
5. Ventana de *Propiedades*, en la que se pueden ver las propiedades del objeto seleccionado o del propio formulario (en el centro a la derecha). Si esta ventana no aparece, se puede hacer visible con la tecla <F4>.
6. Ventana *FormLayout*, que permite determinar la forma en que se abrirá la aplicación cuando comience a ejecutarse (abajo a la derecha).

Existen otras ventanas para edición de código (*Code Editor*) y para ver variables en tiempo de ejecución con el *depurador* o *Debugger* (ventanas *Immediate*, *Locals* y *Watch*). Todo este conjunto de herramientas y de ventanas es lo que se llama un *entorno integrado de desarrollo* o IDE (*Integrated Development Environment*).

Construir aplicaciones con *Visual Basic 6.0* es muy sencillo: basta crear los controles en el formulario con ayuda de la *toolbox* y del ratón, establecer sus *propiedades* con ayuda de la ventana de propiedades y programar el *código* (centro inferior) que realice las acciones adecuadas en respuesta a los *eventos* o acciones que realice el usuario.

2.4. Estructura de datos.

El sistema de lenguaje de programación Visual Basic, permite la declaración de variables de tipos de datos estructurados (Type, Object, entre otros), además que permite la utilización de otras ya declaradas.

Programación orientada a objetos.

Aunque derivada de la programación imperativa, la programación orientada a objetos es una “filosofía”, un modelo de programación. Un lenguaje orientado a objetos es un lenguaje de programación que permite el diseño de aplicaciones orientadas a objetos, es una nueva forma de pensar, una manera distinta de enfocar los problemas.

¿Qué es un objeto? Un objeto no es más que un conjunto de variables (o datos) y métodos (o funciones) relacionados entre sí. Los objetos en programación se usan

para modelar objetos o entidades del mundo real (el objeto hijo, madre, o farmacéutica, por ejemplo).

Visual Basic no permite utilizar completamente las propiedades que presupone esta filosofía de programación, pero igual utiliza otras que facilitan la utilización de objetos sin necesidad de declaraciones de variables nuevas.

Para declarar las variables necesarias en la implementación de programa, fue necesario diseñar varios esquemas jerárquicos de los datos (Fig. 1,2 y 3) y fórmulas para hallar las dependencias de unas con respecto de otras y determinar el tipo de estructura de los datos para definir su tipo.

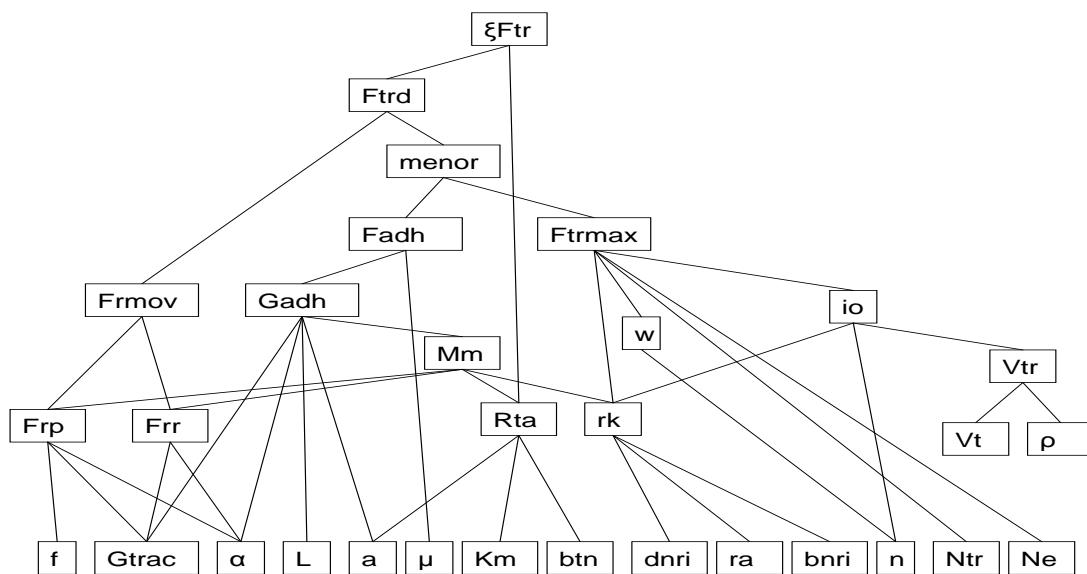


Fig. 1. Esquema jerárquico utilizado para la declaración de variables en el cálculo de las diferentes fuerzas.

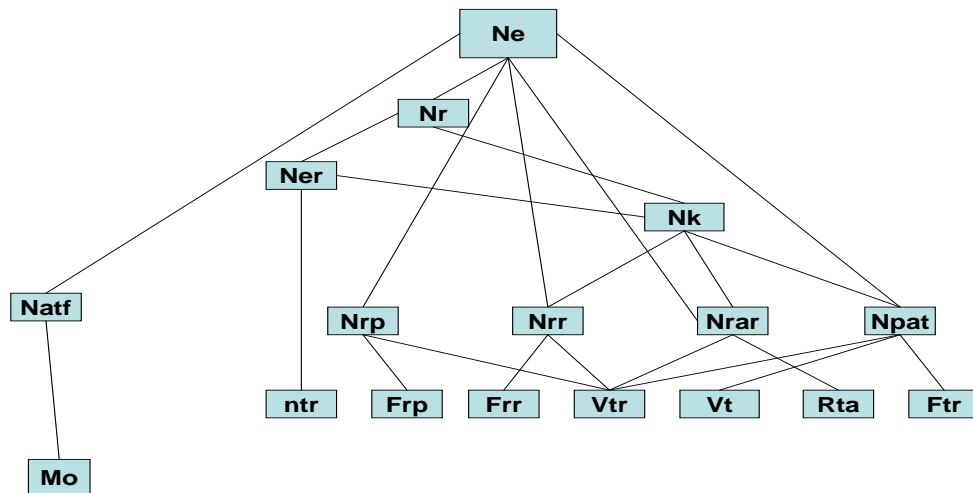


Fig. 2. Esquema jerárquico utilizado para la declaración de variables en el cálculo del balance de potencia del tractor.

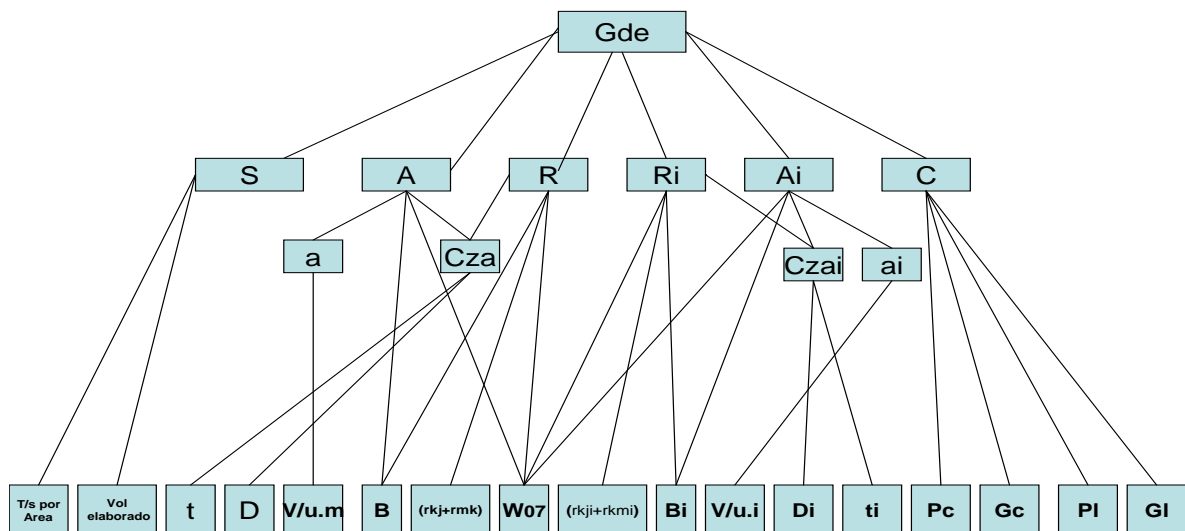


Fig. 3. Esquema jerárquico utilizado para la declaración de variables en el cálculo de los gastos directos de explotación

A pesar de que en Visual Basic se utiliza el principio de programación orientada a objetos, esta carece del principio de herencia entre objetos, o sea, el principio de heredar propiedades y métodos de objetos padres. Esto conduce a que, se utilice un tipo de declaración que permita utilizar las variables simulando esa programación.

A partir de los esquemas antes descritos se decidió utilizar el tipo de dato "Type" para declarar las variables como estructura de datos en la forma siguiente:

Type TpCaractTractor	Type TpCaractImplemento	Type TpCaractSuelo
Ne As Double	A As Double	ha As Double
ntr As Double	btr As Double	km As Double
n As Double	Bi As Double	f As Double
Mo As Double	Czai As Double	alpha As Double
vt As Double	Ai As Double	modific As Boolean
mu As Double	rkjmi As Double	End Type
Gtr As Double	Di As Double	
al As Double	ti As Double	Public CaractSuelo As
L As Double	arado As Boolean	TpCaractSuelo
d As Double	modific As Boolean	
dnri As Double	End Type	
bnri As Double		
ra As Double	Public CaractImplemento	
Trac4x2 As Boolean	As TpCaractImplemento	
Dt As Double		
t As Double		
B As Double		
A As Double		
rmkj As Double		
Pc As Double		
PI As Double		
Gc As Double		
GI As Double		
modific As Boolean		
End Type		
Public CaractTractor As		
TpCaractTractor		

```

Type TpEvalFuerzas
rk As Double
Rta As Double
Frr As Double
Frp As Double
Ftrmax As Double
w As Double
io As Double
Vtr As Double
Fadh As Double
Mm As Double
Gadh As Double
Frmov As Double
Ftrd As Double
CoefFtrd As Double
End Type

Public EvalFuerzas As
TpEvalFuerzas

Type TpBalancePotencias
Ner As Double
Nr As Double
Natf As Double
Nk As Double
Npat As Double
Ftr As Double
Nrr As Double
Nrar As Double
Nrp As Double
Ne As Double
CoefNe As Double
Ntrac As Double
End Type

Public BalancePotenc As
TpBalancePotencias

Type TpGastosDirectos
A As Double
R As Double
Cza As Double
Ai As Double
Ri As Double
Czai As Double
C As Double
Gde As Double
End Type

Public GastosDirectos As
TpGastosDirectos

```

El primer grupo de datos representa los datos primarios necesarios para el cálculo, mientras que el segundo grupo son las diferentes variables temporales para el almacenamiento de los diferentes cálculos y evaluaciones para llegar al resultado final.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Algoritmo para la elaboración del software.

Para la aplicación del programa se tienen tres sesiones principales, constituidas por las opciones que permiten la entrada de los datos, la selección de las evaluaciones a computar y el análisis de los resultados obtenidos; todo esto a partir de la interacción del usuario con las diferentes opciones ofrecidas mediante el sistema de menús del programa.

Como se puede observar en la Fig.4, existe la posibilidad de entrar los datos de forma independiente para cada grupo de elementos, pudiéndose asumir algunos como nulos, en caso de no especificar los mismos de forma particular en sus respectivas cajas de diálogos. Sin embargo, el usuario debe estar advertido de ciertos resultados, en caso de no completar adecuadamente la entrada de los datos o de no realizar en el orden correcto las evaluaciones, por ejemplo, si realiza el balance de potencias sin antes haber realizado todas las evaluaciones de las fuerzas. Esto se debe al hecho de que el usuario no necesariamente tiene que entrar todos los datos, pues no siempre es necesario para todas las evaluaciones, así se permite cierta flexibilidad e interacción en cuanto a la ejecución, o sea, que una sesión de trabajo con el programa no se realice de forma lineal, el usuario puede probar varias combinaciones de datos sin tener que reiniciar el programa repetidamente, hasta que decida terminar. A continuación se describe esquemáticamente el proceso de solución del problema planteado a partir de los elementos explicados anteriormente.

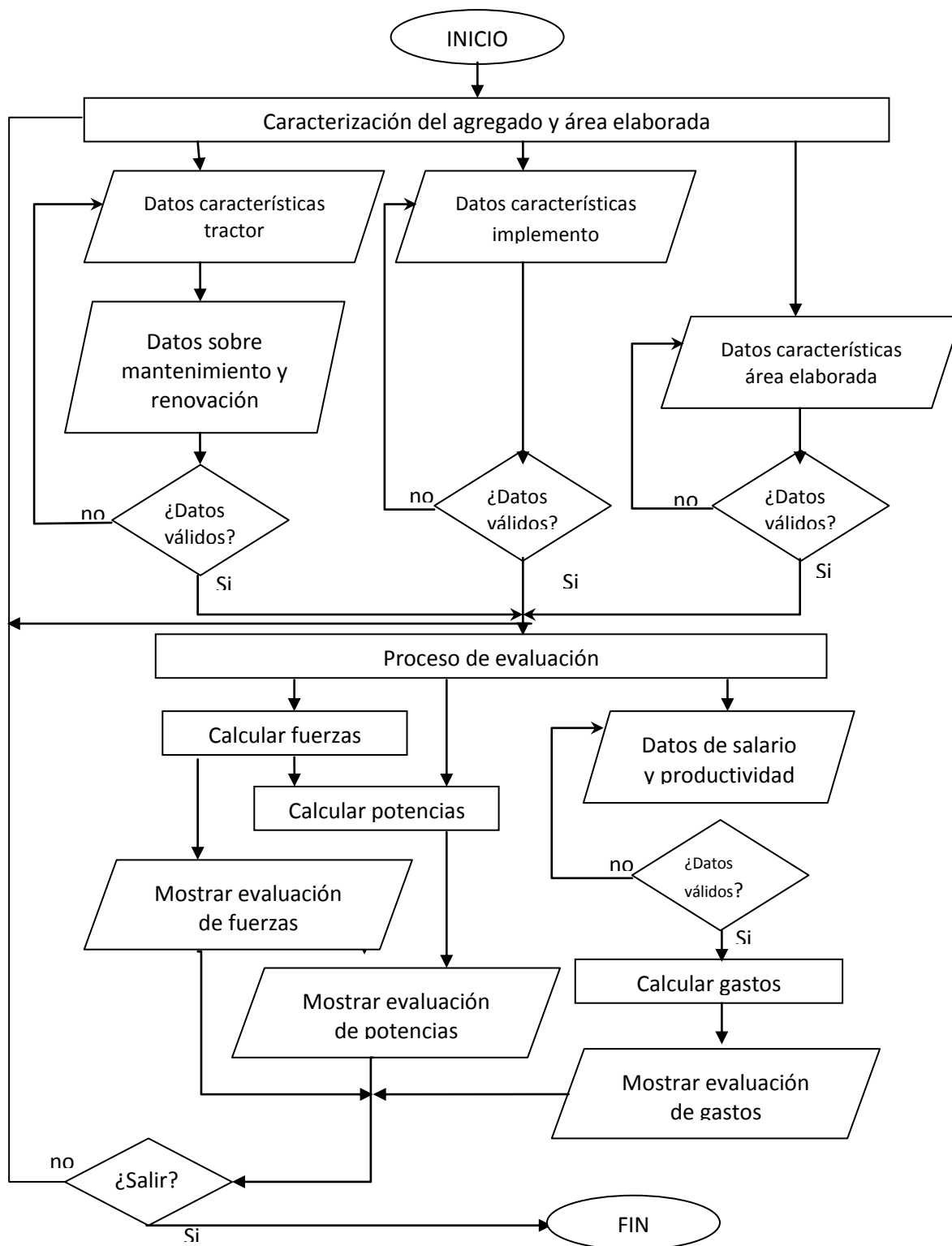


Fig. 4: Diagrama de flujo para el algoritmo de implementación del software ExploMq.

Este algoritmo es similar a otros (Fig. 5 y 6) empleados para la solución de problemas de predicción de tracción Al-Hamed y Al-Janobi (2001) y de cálculos para la predicción de la fuerza de tiro y del desempeño en tracción de tractores 4x2 Kumar y Pandey (2009).

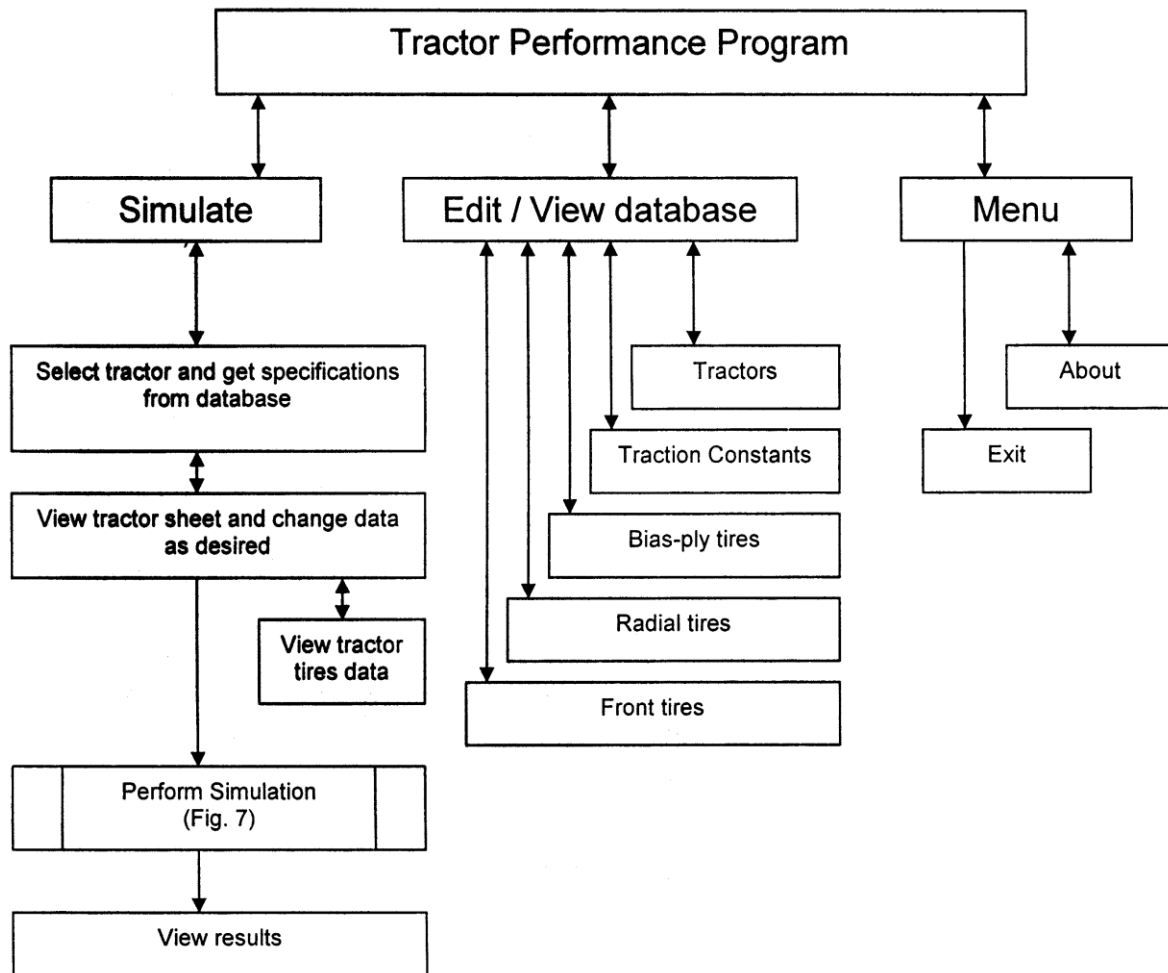


Fig 5: Algoritmo utilizado por Al-Hamed y Al-Janobi (2001) para el desarrollo de su software.

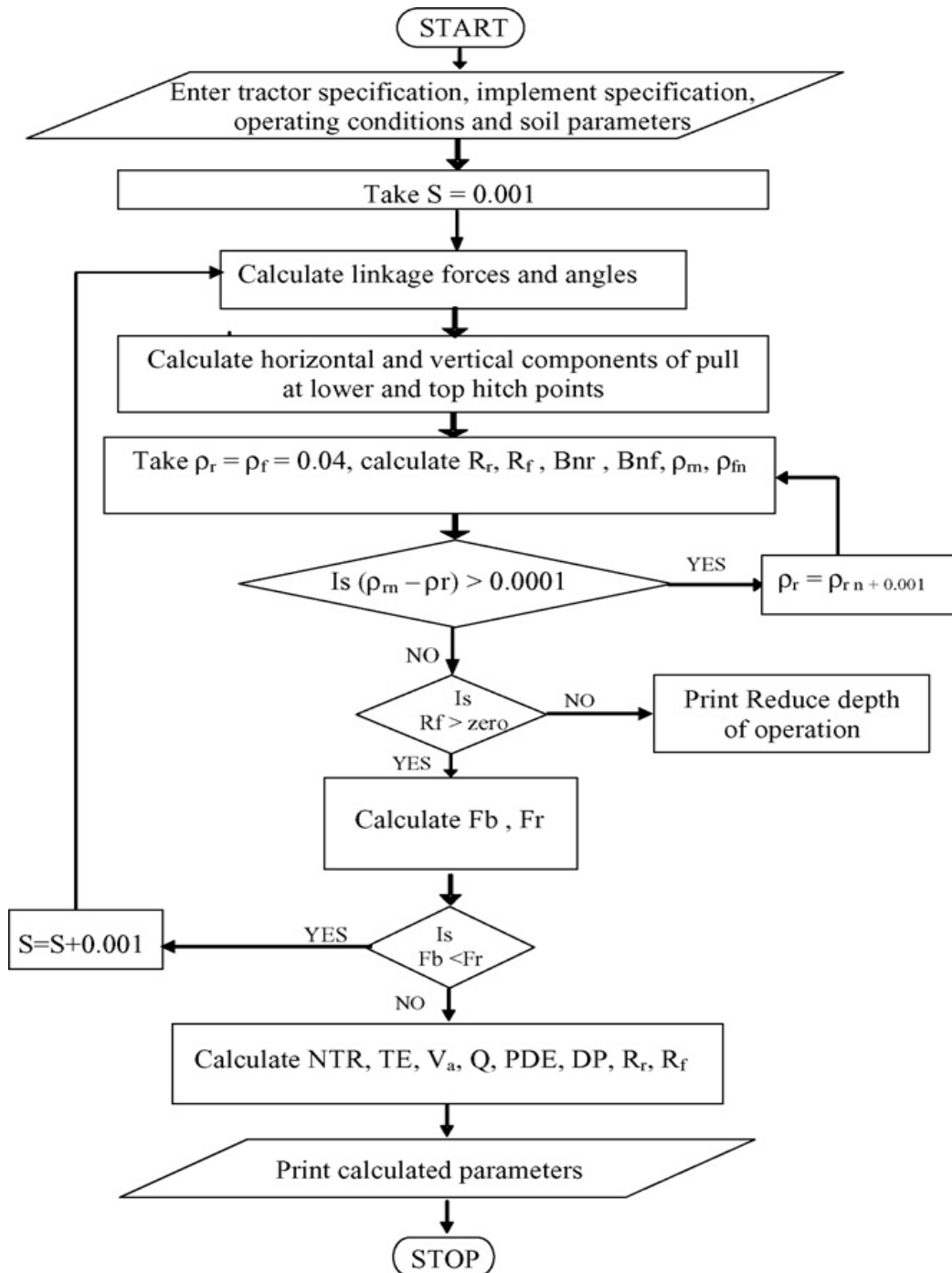


Fig 6: Algoritmo utilizado por Kumar y Pandey (2009) en para el desarrollo de su software.

3.2 Resultados de la implementación del software ExploMq.

La investigación teórica desarrollada permitió obtener un software con el lenguaje de programación Visual Basic, sobre el ambiente de trabajo Visual Studio. Se diseñó un sistema de trabajo de aplicación sobre ventanas, para ejecutarse en sistemas operativos de ambiente Windows.

Hasta el momento resulta ser un sistema portable sin necesidad de instalación, hasta posibles versiones de perfeccionamiento. Tiene facilidades para el intercambio de información entre aplicaciones, con el objetivo de que sea de utilidad académica e investigativa. Este programa solo puede ser utilizado para analizar un conjunto agrícola.

3.2.1 Introducción de datos.

El proceso de entrada y validación de los datos se realiza durante la primera etapa de aplicación del software, a partir de la opción “Caracterización” del menú de la ventana principal (Fig. 7).

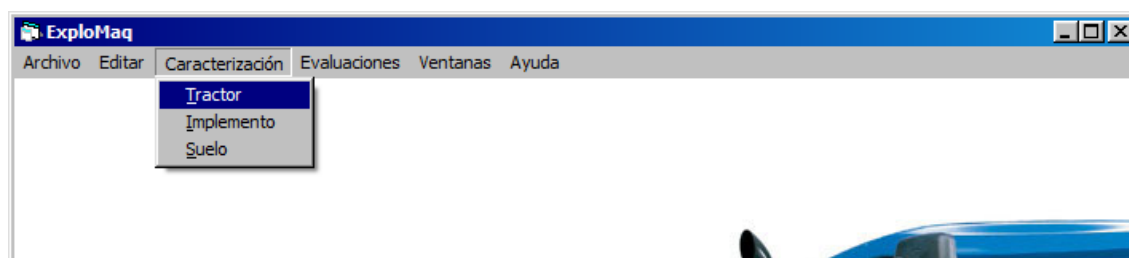


Fig 7: Opción “Caracterización” de la ventana principal del software.

La opción “Caracterización” le permite al usuario una forma más organizada de introducir los datos en dependencia de lo que se desee evaluar, ya sea del tractor, del implemento o del suelo, para luego ser utilizados en dichas evaluaciones.

Caracterización del equipo

Motor

Potencia efectiva [Ne]: (kW)

Transmisión

Rendimiento mecánico de la transmisión [ntr]:

Frecuencia nominal de rotación del cigüeñal [n]: (rpm)

Momento torsor en el árbol toma de fuerza [Mo]:

Tractor

Velocidad teórica de desplazamiento [Vt]: (km/h)

Coeficiente de adherencia [mü]:

Peso del tractor [Gtrac]: (kg)

Batalla longitudinal [L]: (mts)

Patinaje[d]:

Tipo de tracción: ☒ 4x2 ☐ 4x4

Neumáticos

Díámetro nominal de la rueda [dnri]: (plgs)

Ancho del neumático [bnri]: (plgs)

Coeficiente del radio de forma [ra]:

Fig 8: Caja de diálogo para la entrada de datos correspondientes a la caracterización del tractor o equipo.

Al seleccionar la caracterización del equipo o tractor (opción “Tractor”), el usuario debe introducir todos los datos que allí son solicitados, teniendo en cuenta las unidades de medida que han sido especificadas (Fig 8). Luego puede seleccionar la opción de introducir los datos de renovación y mantenimiento del equipo, mediante el botón que en este cuadro de diálogo se muestra a tal efecto (Fig. 9). De igual forma sucede con la entrada de datos del implemento bajo el mismo estudio (Fig 10).

Gastos de renovación y mantenimiento

Tiempo de trabajo en el plazo agrotécnico [D]: (días)

Tiempo de trabajo en un día [t]: (horas)

Precio de la máquina nueva o base [B]: (\$)

Coeficiente de descuento para la renovación [A]:

Coeficiente de descuento para las reparaciones total y corriente [rkj+rmk]:

Combustibles y lubricantes

Precio del combustible [Pc]: (\$)

Cantidad de combustible [Gc]: (L/ha)

Precio de los lubricantes [Pl]: (\$)

Cantidad de lubricante [Gl]: (L/ha)

Aceptar **Cancelar**

Fig 9: Caja de diálogo para la entrada de datos correspondiente a los elementos de explotación y mantenimiento del equipo.

Características del implemento

Tipo de implemento

☒ Arado

☐ Otro

Ancho de trabajo [btr]: (m)

Profundidad de trabajo [a]: (m)

Aceptar

Cancelar

Sobre Renovación y Reparación

Precio del implemento nuevo o base [Bi]: (\$)

Tiempo de trabajo en el plazo agrotécnico [Di]: (días)

Tiempo de trabajo en un día [ti]: (horas)

Coeficientes...

...de descuento para la renovación [ai]:

...de descuento para las reparaciones total y corrientes [rkji+rmki]:

Fig 10: Cuadro de diálogo para la entrada de datos del implemento utilizado.

Para las especificaciones respecto de las propiedades del área, se tiene disponible la opción “Suelo”, teniendo en cuenta el tipo de suelo, la pendiente y el área elaborada (Fig. 11).

Características del suelo

Área total elaborada [] ha.

Ángulo de la pendiente del suelo [alpha]:

Coeficiente de resistencia a la rodadura [f]:

Coeficiente de resistencia específica traccional [km]: (N/m2)

Aceptar Cancelar

Fig 11: Entrada de datos de la caracterización del suelo.

En todas las cajas de diálogos anteriores puede darse el caso de que el usuario deje datos en blanco o escriba erróneamente caracteres no numéricos, en tales eventualidades, existe la posibilidad de mensajes emergentes, ya sea de advertencias o errores, para hacer consciente al usuario de su predisposición a no obtener los resultados esperados. Estos mensajes son mostrados a continuación.

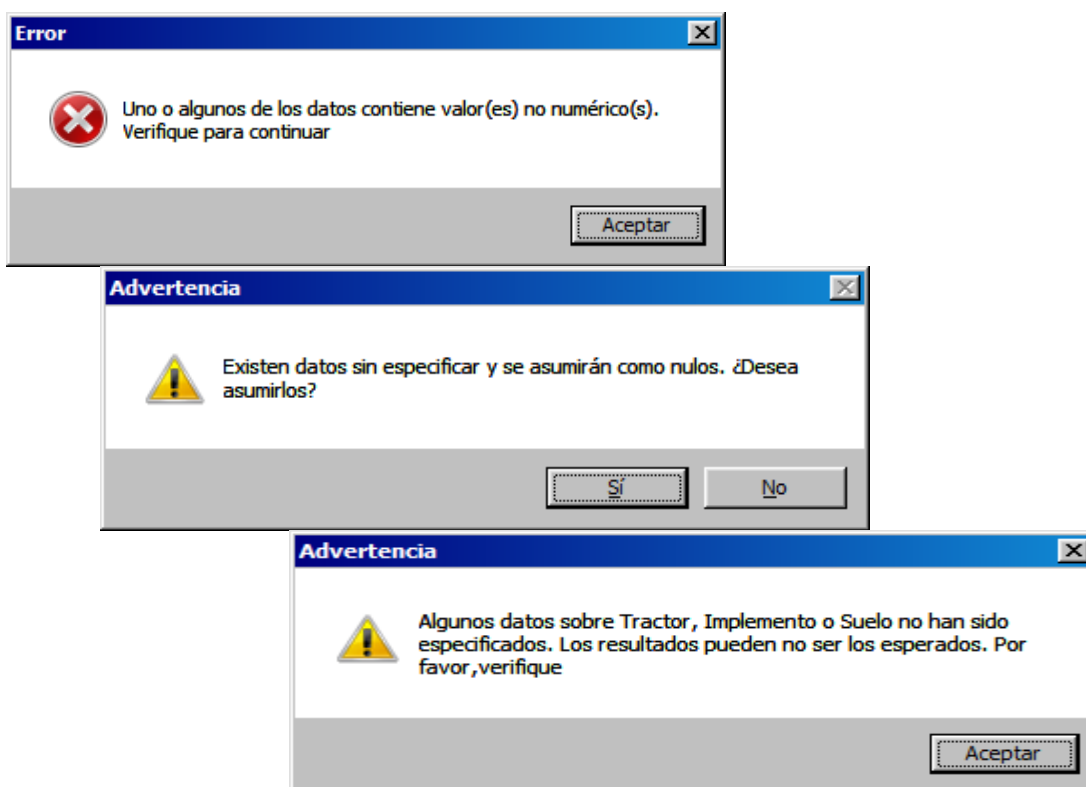


Fig 12: Ejemplos de mensajes al usuario sobre advertencias o errores.

3.2.2 Etapa de cálculo.

Esta etapa se cumple al seleccionar la opción “Evaluaciones” del menú de la ventana principal. Aquí existen tres opciones, “Fuerzas”, “Potencias” y “Gastos”, las cuales permiten seleccionar, a partir de cuadros de selección, aquellos parámetros que se decidan evaluar (Fig. 13)

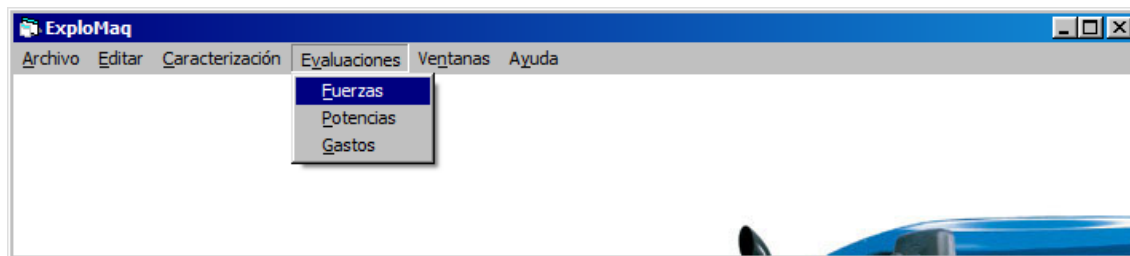


Fig 13: Opción “Evaluaciones” de la ventana principal.

Al seleccionar la opción “Fuerzas”, emerge una caja o cuadro de diálogo, donde se muestra una serie de parámetros, los cuales se activarán o desactivarán según la dependencia del cálculo de sus valores respecto de otros parámetros (Fig. 14)

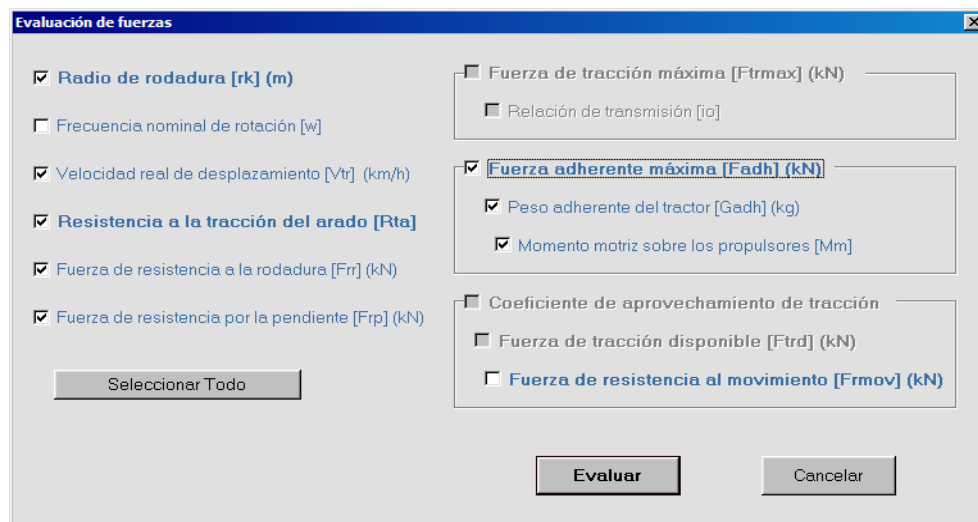


Fig 14: Selección para la evaluación de las fuerzas que se deseen calcular.

En el caso de la opción “Potencias” ocurre lo mismo que la anterior, deben seleccionarse al menos una de las opciones de balance para obtener algún resultado (Fig.15).

Balance de potencias

☐ Potencia efectiva real que utiliza el tractor [Ner] (kW)

Pérdidas de potencia (kW)

☐ En el accionamiento del árbol toma de fuerza del tractor [Natt]

☒ En los propulsores [Nk]

☒ Por patinaje del tractor [Npat]

☒ Fuerza de tracción real [Ftr]

☒ Por resistencia de la rodadura del tractor [Nrr]

☒ Por resistencia a la tracción del implemento [Nrar]

☐ En la transmisión de fuerza del tractor [Ntr]

☐ Por la resistencia a la pendiente [Nrp]

☐ Balance de potencia del tractor [Ne] (kW)

☐ Coeficiente de aprovechamiento de la potencia efectiva [CoefNe]

☐ Rendimiento del tractor [Ntrac]

Seleccionar todos

Evaluar

Cancelar

Fig 15: Selección para el balance de las potencias que se deseen calcular.

Para el caso de “Gastos” se deben introducir además, otros datos necesarios para la evaluación de los gastos, tal es el caso del salario y la productividad del agregado o el trabajador (Fig. 16).

Evaluación de gastos.

Salario del personal de servicio [S]: (\$)

Productividad del agregado o del trabajador [Wo?]:

Del tractor

☐ Gastos de renovación [A] (\$)

☐ Carga zonal anual [Cza]

☐ Gastos en reparación general, mantenimiento y servicio técnico [R]

☐ Gastos en combustibles y lubricantes [C]

☐ Gastos directos de explotación [Gde]

Del Implemento

☐ Gastos de renovación [Ai] (\$)

☐ Carga zonal anual [Cza]

☐ Gastos en reparación general, mantenimiento y servicio técnico [Ri]

Evaluar

Cancelar

Fig 16: Selección de los gastos que se desean calcular

3.2.3 Etapa de análisis e interpretación.

Los resultados obtenidos en cada una de las opciones del menú “Evaluaciones” saldrán inmediatamente después de seleccionar el botón “Evaluar” ubicado en cada una de estas cajas de diálogos anteriormente explicadas. Los resultados de cada tema de evaluación estarán disponibles en ventanas diferentes, para un mejor análisis e interpretación de los mismos (Fig. 17). El usuario podrá comprobar todos sus resultados y si entiende que existe algún error, debe verificar los datos introducidos o crear un nuevo juego de datos, ganando así en la fiabilidad de sus resultados y su interpretación.

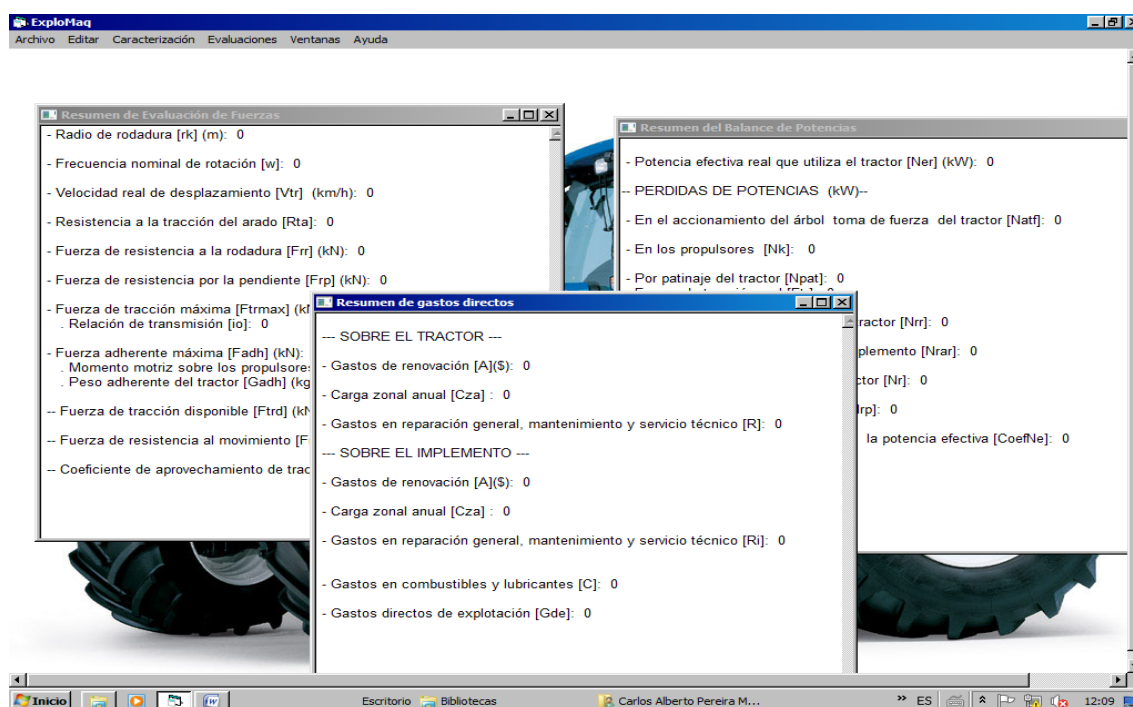


Fig 17: Ventana donde aparecen los resultados.

3.3 Resultados de la validación del software ExploMaq.

Se realizaron cuidadosos cálculos manuales con el objetivo de comparar los resultados derivados de estos, con los resultados de las fórmulas programadas en el software. En la siguiente tabla comparativa se muestran los resultados correspondientes a los dos tipos de cálculos, representados en las últimas dos columnas.

Tabla 1: Comparación de resultados de los cálculos manuales y automáticos.

Datos de prueba	Indicadores	ExploMaq	Cálculos manuales
Ne=46	- Radio de rodadura [rk] (m):	0.75	0.75
$\omega = 1750$	- Frecuencia nominal de rotación [w] (1/s):	183.26	183.26
$\eta_{tr}=0.9$	- Velocidad real de desplazamiento [Vtr] (km/h):	4.66	4.66
Vt=5.3	- Resistencia a la tracción del arado [Rta] (kN):	3.24	3.24
$\mu=0.6$	- Fuerza de resistencia a la rodadura [Frr] (kN):	3.55	3.55
Gtr=36	- Fuerza de resistencia por la pendiente [Frp] (kN):	6.25	6.25
al=0.8	- Fuerza de tracción máxima [Ftrmax] (kN):	31.96	31.95
L= 2.45	. Relación de transmisión [io]:	106.61	106.61
$\rho = 0.12$	- Fuerza adherente máxima [Fadh] (kN):	16.73	16.66
bnri = 38	. Momento motriz sobre los propulsores [Mm]:	9.83	9.87
dnri = 15.5	. Peso adherente del tractor [Gadh] (kg):	27.89	27.77
ra = 0.85	-- Fuerza de tracción disponible [Ftrd] (kN):	6.94	6.87
btr = 0.9	-- Fuerza real de tracción [Ftr] (kN):	13.04	13.04
a = 0.2	-- Fuerza de resistencia al movimiento [Frmov] (kN):	9.80	9.79
$\alpha = 10$	-- Coeficiente de aprovechamiento de esfuerzo de tracción:	0.47	0.47
$F = 0.1$	Potencia efectiva real que utiliza el tractor [Ner] (kW):	44.38	44.68
Km =18	- En el accionamiento del árbol toma de fuerza del tractor [Natf]:	0.00	0
D = 1	- En los propulsores [Nk]:	39.94	40.22
t = 8	- Por patinaje del tractor [Npat]:	8.29	8.58
Di = 1	- Por resistencia de la rodadura del tractor [Nrr]:	16.54	16.54
Ti =8	- Por resistencia a la tracción del implemento	15.11	15.10

	[Nrar]:		
B = 5000	- En la transmisión de fuerza del tractor [Nr]:	4.44	4.46
Bi = 900	- Por la resistencia a la pendiente [Nrp]:	29.16	29.13
Pc = 1	- Coeficiente de aprovechamiento de la potencia efectiva [CoefNe]:	0.96	0.97
Gc =1	- Rendimiento del tractor [Ntrac]:	0.34	0.34
PI =60	Gastos de renovación [A](\$):	28.67	28.66
GI =60	- Carga zonal anual [Cza] :	8.00	8.00
a = 0.1	- Gastos en reparación general, mantenimiento y servicio técnico [R]:	17.20	17.20
ai = 0.08	- Gastos de renovación [Ai](\$):	4.13	4.12
rmk + rkj = 0.06	- Carga zonal anual [Czai] :	8.00	8.00
rmki + rkji = 0.04	- Gastos en reparación general, mantenimiento y servicio técnico [Ri]:	2.06	2.06
W07 = 2.18	- Gastos en combustibles y lubricantes [C]:	120.00	120.00
S = 10	- Gastos directos de explotación [Gde]:	182.07	182.06

Se puede apreciar gran similitud en todos los cálculos, en los cuales se evidencia una pequeña diferencia en los lugares decimales, causado por el formato y aproximación de los cálculos y de la salida o presentación de los resultados de cada sistema (manual, calculadora o computadora) con que se calculó, debido a esto se puede concluir que el programa esté validado al cumplir con los requisitos establecidos para su explotación.

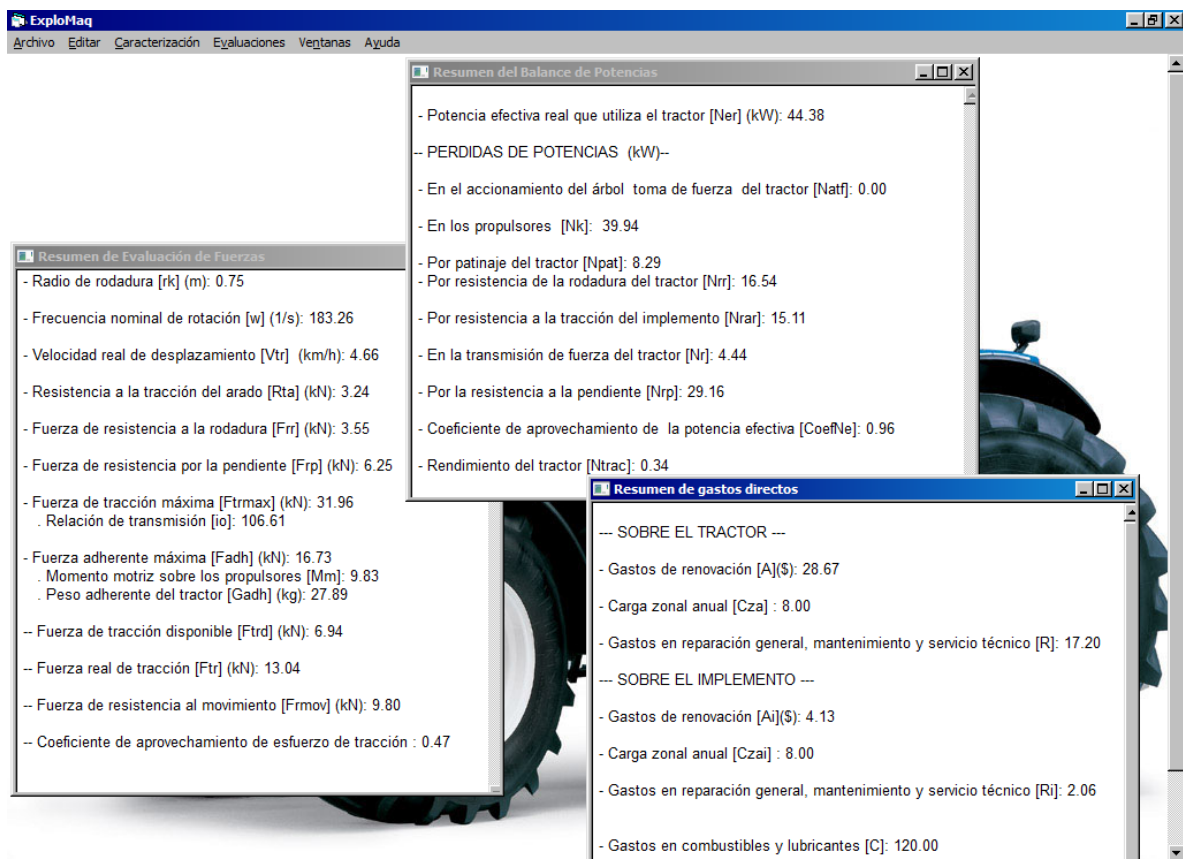


Fig. 18: Ventanas de resúmenes de los cálculos y evaluaciones.

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES.

1. Se ha implementado un software útil para su empleo en la investigación y la docencia que disminuye el tiempo y precisión del cálculo de los principales indicadores energéticos y económicos en un conjunto agrícola, garantizando rapidez y fiabilidad en los resultados obtenidos.
2. Se ha desarrollado un algoritmo para la solución de los cálculos de la evaluación energética y económica del conjunto tractor–implemento.
3. La utilización del lenguaje de programación Visual Basic 6.0, ha permitido de forma fácil y rápida obtener un software ejecutable para la evaluación energética y económica del conjunto tractor-implemento.
4. El correcto ajuste entre los resultados de ExploMaq y el cálculo manual de la evaluación energética y económica de un conjunto formado por el tractor UMZ 6K y un arado ADI 3 ha permitido validar el software desarrollado.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

1. Implementar opciones de evaluaciones para varias uniones o conjuntos de agregados y con ello poder establecer comparaciones.
2. Adicionar opciones gráficas para una mejor interpretación de los resultados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NC 34-38: *Máquinas Agrícolas y Forestales. Metodología para la evaluación económica*, Vig. 2003.
- AGUILERA, N. C.; F. O. LÓPEZ; U. W. KUK y J. R. S. CABRERA: "Efecto del contenido de humedad del suelo sobre la fuerza de tiro horizontal requerida por un arado de tres discos", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(1): 5-9, 2005.
- AL-HAMED, S. A. y A. A. AL-JANOBI: "A program for predicting tractor performance in Visual C++", *Comput. Electron. Agric.*, 3(2001): 137-149, 2001.
- AL-HAMED, S. A.; R. D. GRISSE; F. M. ZOZ y K. VON BARGEN: "Tractor performance spreadsheet for radial tires", *Comput. Electron. Agric.*, 10: 45-62, 1994.
- BAUSAT, A. M.: *Maquinaria agrícola*, 2010.
- BRIXIUS, W. W.: "Traction prediction equations for bias ply tires", *ASAE Paper* 87-1622, 1987.
- CATALÁN, H.; P. LINARES y V. MENDEZ: "A traction prediction software for agricultural tractors", *Comput. Electron. Agric.*, 60(2): 289-295, 2008.
- CLARK, R. L.: "Tractive modeling with the modified Wismer-Luth model", *ASAE Paper* 85-1049, 1985.
- CORONEL, C. I.; P. P. RONDÓN y L. SHKILIOVA: *Evaluación y pruebas de máquinas agrícolas*, Ed. Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, México, 1999.
- CHUDAKOV, D. A.: *Fundamentos de la teoría y cálculo de tractores y automóviles*, MIR ed, Moscú, 1977.
- FAO: Energy consumption and input output relation in feld operations CNRE. Roma, Italia, pp. 1990.
- : *Conclusions and recommendations of a Round Table Meeting of Experts* (Centre for Agricultural Mechanization and Rural Technologies, CAMARTEC), Arusha, Tanzania, 2009.
- FLUCK, R.: "Energy for farm production", *Energy for World Agriculture*, 6: 1992.
- GARRIDO, P. J.: *Implemento, Máquinas Agrícolas y fundamentos para su explotación*, 1984.
- GOERING, C. E. y A. C. HANSEN: "Engine and Tractor Power", *ASAE Paper*: 2004.
- GONZÁLEZ, R.: *Explotación del parque de maquinaria*, Félix Varela ed, 1993.
- GONZÁLEZ, R.; A. E. GARCÍA DE LA FIGAL; Y. MOREJÓN y D. MORALES: "Evaluación energética de la labor de rotura con tracción animal y tractor MTZ-510. Estudio de caso: Granja Guayabal", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(3): 82-86, 2009a.
- GONZÁLEZ, R.; M. Y. y M. O. CAZEAU: "Evaluación energética de la cosecha-transporte del forraje para la alimentación del ganado vacuno en San José de las Lajas, Cuba", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 18(4): 13-16, 2009b.
- GRISSE, R. D. y F. M. ZOZ: "Tractor and traction performance-spreadsheet development", *ASAE/CSAE*: 2004.
- HETZ, E. y A. BARRIOS: "Reducción del costo energético de labranza/siembra utilizando sistemas conservacionistas en Chile", *AgroCiencia*, 13(1): 41-47, 1997.
- JRÓBROSTOV, S. N.: *Explotación del parque de tractores y máquinas*, MIR ed, Moscú, 1977.
- KUMAR, R. y K. P. PANDEY: "A program in Visual Basic for predicting haulage and field performance of 2WD tractors", *Comput. Electron. Agric.*, 67: 18-26, 2009.
- LINARES, P.: *Teoría de la tracción de tractores agrícolas*, Universidad política de Madrid ed, 1996.
- PANEQUE, J.; D. JIMENEZ; E. OLIVET y E. REYNA: "EVALUACION DE LA COSECHA SEMIMECANIZADA DEL PIMIENTO UTILIZANDO BANDAS TRANSPORTADORAS", *Revista Electrónica Granma Ciencia*, 5(3): 2001.
- RODRÍGUEZ, Y.; A. F. GONZÁLEZ; R. G. VALDEZ; C. E. S. PONCIANO y C. M. T. RODRÍGUEZ: "Evaluación económico-energética de la cosecha de la caña de azúcar manual y mecanizada en una cooperativa agrícola", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 16(4): 22-27, 2007.
- SUÁREZ, J.; A. RÍOS y P. SOTTO: "El tractor y la tracción animal", *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 14(2): 40-43, 2005.

- TIWARI, V. K.: *Traction potential of bias-ply tyres used in agricultural tractors*, **PhD.**, IIT Kharagpur, India, 2006.
- TORRES, Y.: *Evaluación energética y económica de conjuntos formados por tractor-arados en la Empresa azucarera George Washington*, Universidad Central Martha Abreu de Las Villas, Santa Clara, 2012.
- WISMER, R. D. y H. J. LUTH: "Off-road traction prediction of wheeled vehicles", *ASAE Paper*, (76): 619, 1972.
- ZOZ, F. M.: "Predicting tractor field performance", *ASAE Paper* 70-118, 1970.
- ZOZ, F. M. y R. D. GRISSO: "Traction and tractor performance", *ASAE Paper*, (27): 2003.

ANEXOS

Manual de usuario del software ExploMaq.

Exigencias del sistema.

El software ExploMaq se implementó en el lenguaje de programación Visual Basic, bajo las posibilidades de edición del ambiente de trabajo Visual Studio. El diseño de trabajo de la aplicación o software fue sobre el principio de ventanas, es decir, para trabajar en ambiente Windows de Microsoft. Es un sistema portable, con pocas necesidades de capacidad de almacenamiento ni de instalación. Tiene facilidades para el intercambio de información entre aplicaciones. Este programa solo podrá ser utilizado en una sesión de trabajo para una sola unión de conjuntos agrícolas, es decir, los cálculos y evaluaciones que se ejecuten serán válidos para los datos de entrada que se especifiquen en las cajas o cuadros de diálogos, accesibles desde la opción del menú “Caracterización” o estén almacenados en las variables, guardadas en un archivo con su respectivo formato de lectura.

Una particularidad, muy importante, de esta primera versión del programa radica en la necesidad de configurar el equipo o computadora, en la cual se va a ejecutar. La validación de los datos primarios para los cálculos y la correcta obtención de los resultados dependerá en gran medida de la configuración regional que tenga implantada la computadora, esto es, en muchos países la configuración de los estándares y formatos de números utilizan la coma para identificar las extensiones decimales, mientras que otros utilizan el punto.

Para el caso de este programa, los datos que lo requieran deben ser especificados con puntos para identificar los lugares decimales, en tanto, que la computadora también debe tener esta misma configuración, de lo contrario, la propia conversión de la

computadora, durante el proceso de lectura de los datos, traería como consecuencia resultados inesperados.

Inicio de la aplicación.

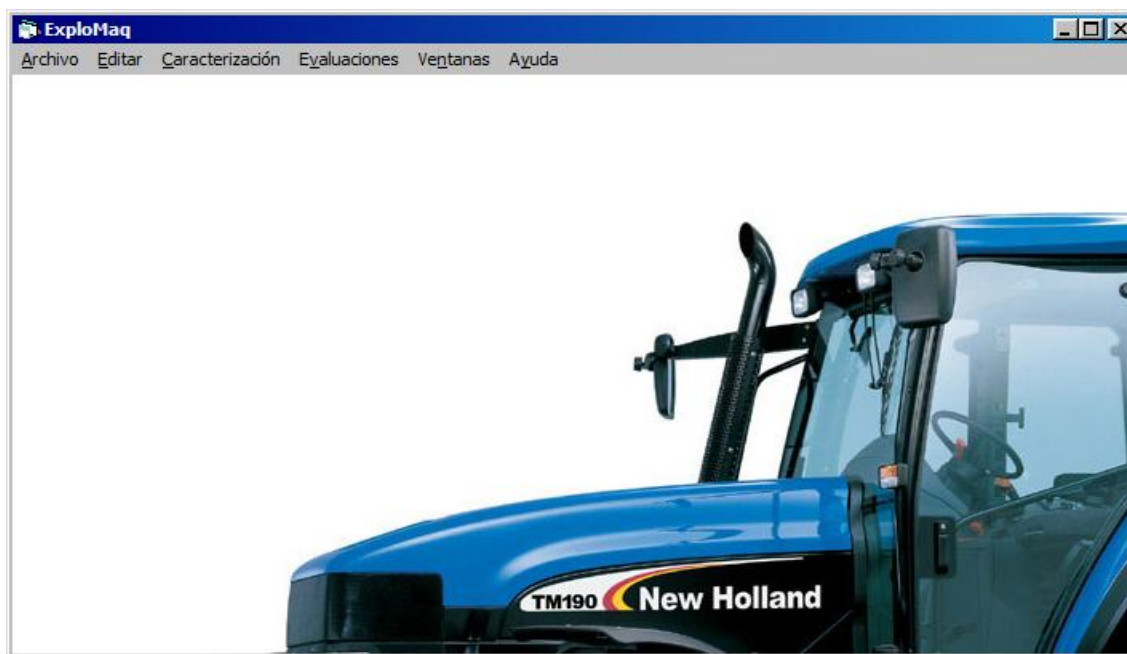
Esta aplicación ha sido desarrollada para trabajar bajo ambiente Windows, por lo cual los usuarios del sistema deben estar familiarizados con este ambiente de trabajo y conocer aspectos básicos como:

- Uso del Mouse y de botones en cuadros de diálogos y ventanas.
- Manejo de ventanas (abrir, cerrar, minimizar, maximizar, moverlas, etc.)
- Desplazamiento dentro de una ventana, barras de avance horizontal y vertical.
- Opciones de copiar, cortar y pegar, e intercambio de información.

La activación del software se hará a partir de su propia llamada desde la carpeta contenedora, mediante un doble clic con el Mouse, o simplemente presionando la tecla “Intro” (Enter), estando focalizado o seleccionado el archivo ExploMaq.exe.

Pantalla principal.

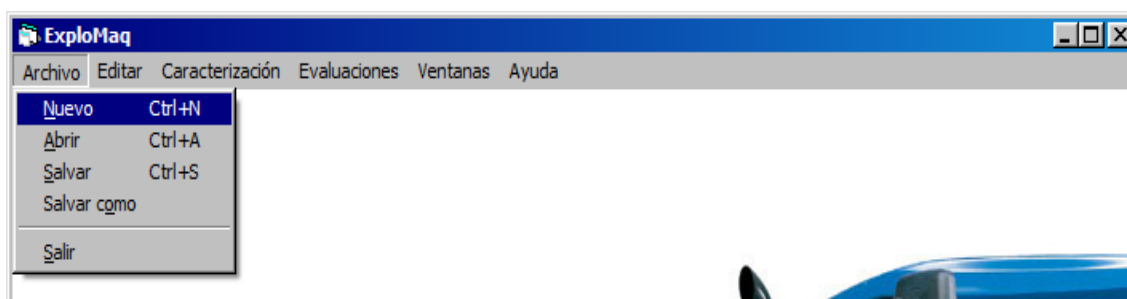
Luego de ejecutar el programa se activará una ventana principal, con las principales características de una aplicación de Windows, representada fundamentalmente por su área de trabajo, con una imagen de tractor New Holland y una barra de menú que contiene las opciones de trabajo. Como es usual en este tipo de aplicaciones, esta ventana principal tiene las posibilidades de ser minimizada, maximizada, movida y redimensionada.



Menú principal.

El menú del programa presenta 6 grupos de opciones que ayudarán al usuario a completar las operaciones de ingreso de datos, para así conseguir resultados confiables. También están las posibilidades de abrir, guardar y reiniciar sesiones de trabajos y el trabajo con ventanas.

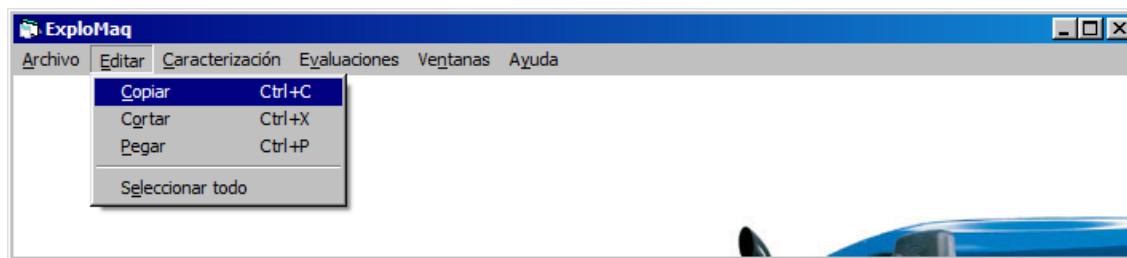
3.4 Opción “Archivo”.



En la opción archivo el usuario tiene la posibilidad de realizar cualquier tipo de operación como salvar, abrir y crear un nuevo juego de datos, en este último, dando la

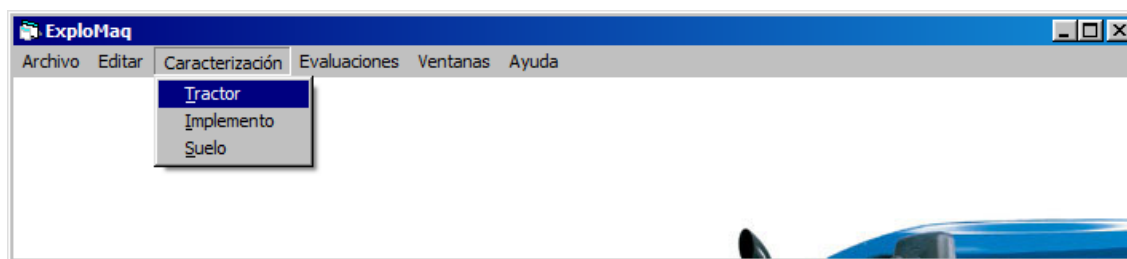
posibilidad de guardar la actual sesión, en caso de haber iniciado alguna. También está presente la opción “Salir”, como toda aplicación de Windows, debe tener de alguna manera explícita esta posibilidad.

3.5 Opción “Editar”.



La opción editar permite copiar, cortar y pegar la selección de los resultados obtenidos, los cuales son mostrados en ventanas de resúmenes de las evaluaciones. Esta posibilidad permite que los resultados puedan ser transferidos a otras aplicaciones con objetivos de referencias o resúmenes de resultados.

Introducción de datos. Opción “Caracterización”.



La opción “Caracterización” permite al usuario introducir los datos en dependencia de lo que se desee calcular, ya sea del tractor, del implemento o del suelo para luego, al pasar a las evaluaciones, tener todo el juego de datos necesario para ejecutar estas.

3.6 Opción “Tractor”. Caracterización del equipo o tractor.

Al seleccionar la caracterización del equipo o tractor, el usuario debe introducir todos los datos, o al menos aquellos necesarios para obtener los resultados deseados, teniendo en cuenta las unidades de medida que han sido especificadas.

Caracterización del equipo

Motor

Potencia efectiva [Ne]: (kw)

Tracción

Velocidad teórica de desplazamiento [Vt]: (km/h)

Coeficiente de adherencia [mü]:

Peso del tractor [Gtrac]: (kg)

Batalla longitudinal [L]: (mts)

Tipo de tracción: ☒ 4x2 ☐ 4x4

Patinaje[d]: ¿?

Neumáticos

Díámetro nominal de la rueda [dnri]: (plgs)

Ancho del neumático [bnri]: (plgs)

Coeficiente del radio de forma [ra]:

Renovación y Mantenimiento

Aceptar cambios Cancelar

Los datos necesarios pueden ser tomados de los catálogos de los equipos, o de la literatura sobre el tema u obtenidos a partir de mediciones en el campo. Otras especificaciones también son posibles a partir de esta caja de diálogo modal, las cuales pueden ser aceptadas o rechazadas en correspondencia con los botones de acción de “Aceptar cambios” o “Cancelar”. Otro botón es presentado respecto de la caracterización del tractor o equipo sobre su estado de explotación.

Del botón “Renovación y Mantenimiento”.

Otro cuadro de diálogo modal emerge a partir de la activación de este botón, el cual se encarga de facilitar la interacción con el usuario para especificar los datos sobre los aspectos de explotación, mantenimiento y renovación del tractor.

The dialog box is titled "Gastos de renovación y mantenimiento". It contains the following fields and controls:

- Tiempo de trabajo en el plazo agrotécnico [D]: (días)
- Tiempo de trabajo en un día [t]: (horas)
- Precio de la máquina nueva o base [B]: (\$)
- Coeficiente de descuento para la renovación [A]:
- Coeficiente de descuento para las reparaciones total y corriente [rkj+rmk]:
- Combustibles y lubricantes (grouped in a sub-dialog):
 - Precio del combustible [Pc]: (\$)
 - Cantidad de combustible [Gc]: (L/ha)
 - Precio de los lubricantes [Pl]: (\$)
 - Cantidad de lubricante [Gl]: (L/ha)
- Buttons: "Aceptar" and "Cancelar"

Después de introducidos los datos, se selecciona el botón “Aceptar” para guardar temporalmente en variables del programa todos los datos introducidos. Posteriormente se pasa a “evaluar”, aunque también puede cancelarse esta acción mediante el botón “Cancelar”.

3.7 Opción “Implemento”. Caracterización del implemento.

Esta opción permite la especificación de los datos referentes a la explotación y características del implemento, tales como tipo de implemento, ancho y profundidad de trabajo según sea el implemento y otros.

Características del implemento

Tipo de implemento:
☒ Arado
☐ Otro

Ancho de trabajo [btr]: (m)

Profundidad de trabajo [a]: (m)

Sobre Renovación y Reparación:

Precio del implemento nuevo o base [Bi]: (\$)

Tiempo de trabajo en el plazo agrotécnico [Di]: (días)

Tiempo de trabajo en un día [ti]: (horas)

Coeficientes...

...de descuento para la renovación [ai]:

...de descuento para las reparaciones total y corrientes [rkji+rmki]:

Aceptar

Cancelar

Luego de introducidos los datos se selecciona el botón aceptar para luego evaluar.

3.8 Opción “Suelo”. Caracterización del Suelo.

A partir de este cuadro de diálogo se introduce la identificación de los datos del suelo. Al igual que los demás los cambios realizados a los campos de datos en este cuadro pueden ser aceptados o cancelados.

Características del suelo

Área total elaborada [] ha.

Ángulo de la pendiente del suelo [alpha]: °

Coeficiente de resistencia a la rodadura [f]:

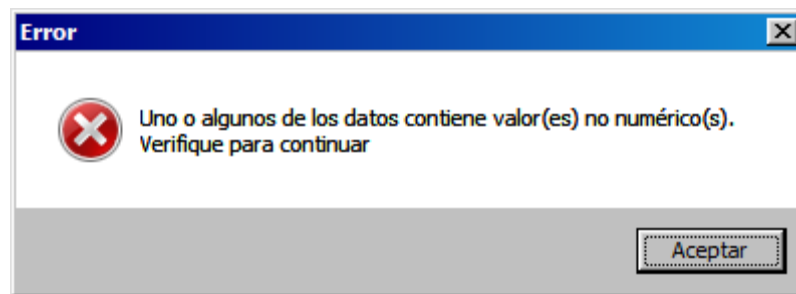
Coeficiente de resistencia específica traccional [km]: (N/m²)

Aceptar

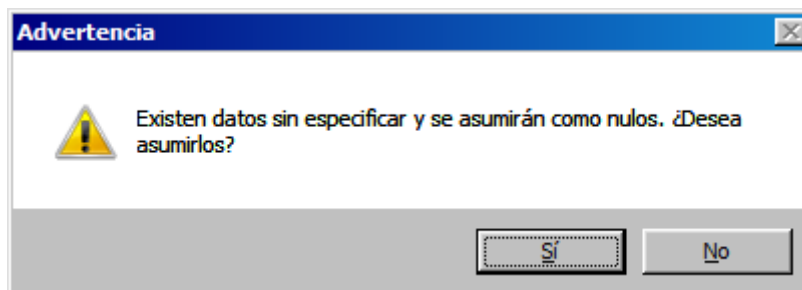
Cancelar

Validación de los datos de entrada.

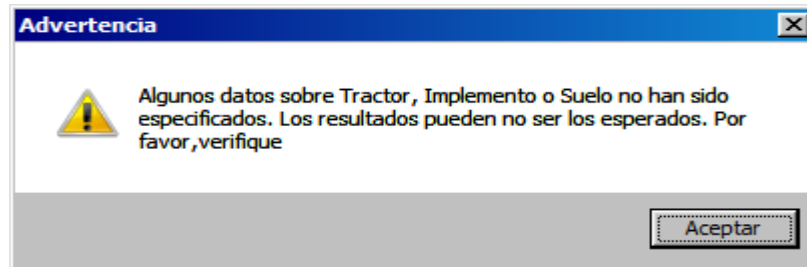
Naturalmente, las restricciones a los datos están dadas porque todos ellos son numéricos, es decir, no pueden existir entradas de caracteres en los campos editables de cada cuadro o caja de diálogo. Al aceptar los cambios realizados a los datos de entrada, estos son validados por el programa en cuanto a su formato numérico, es decir, dada una situación donde el usuario tecleara un número en el cual hayan caracteres de texto, el programa enviará a la pantalla un cuadro de mensaje con el título de “error” y el mensaje correspondiente, propiciando la posibilidad de verificar el error.



Otros casos pueden darse en que el usuario no especifique algunos o todos los datos en cualquiera de los cuadros de diálogos y presione sobre el botón “Aceptar cambios”; en tal caso los mensajes serán de advertencias sobre la existencia de campos nulos y puede elegir la posibilidad de asumirlos como nulos y pasar a la etapa de las evaluaciones o simplemente proseguir con la edición de los datos.

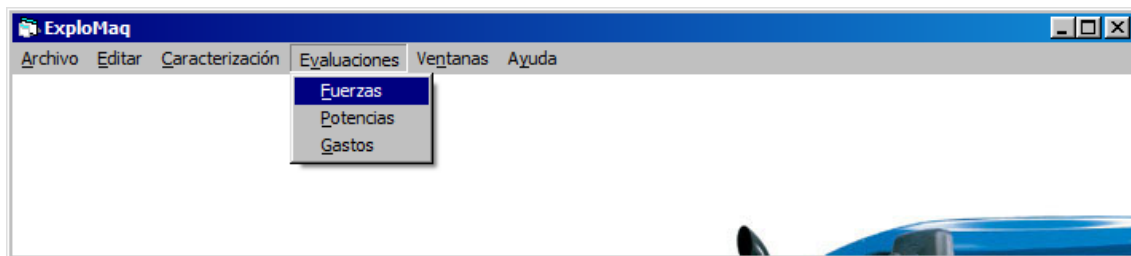


Lo mismo sucede si se pretende realizar las evaluaciones de las fuerzas, potencias y gastos, sin antes haber editado todos los datos. En tal caso se advierte que los resultados pueden no ser los esperados debido a la nulidad de los datos.



Evaluación análisis de los resultados. Opción “Evaluaciones”

En la opción “Evaluaciones” el usuario puede optar por una de las opciones del cálculo de fuerza, el balance de potencia o los gastos directos de explotación. Es muy importante tener en cuenta, a pesar que los resultados pueden ser obtenidos de forma independiente, existen precedencia en los cálculos. El orden cronológico de las evaluaciones debe ser el mismo en que están dispuestas las opciones del menú. La posibilidad de independencia está dada para permitir la combinación de varios cálculos con la edición de los datos y la navegación por el sistema de forma no lineal.



3.9 Opción “Fuerzas”. Evaluación de las fuerzas.

Al seleccionar la opción “Fuerzas”, en la caja de diálogo emergente, se debe seleccionar correctamente las fuerzas a calcular o evaluar, a medida que se seleccionen o se desmarquen los parámetros deseados se irán activando o

desactivando las fuerzas a calcular. Existe un botón de seleccionar todos para más facilidad y rapidez en el proceso. Al seleccionar todo podrá evaluar todas las fuerzas siempre y cuando todos los datos hayan sido introducidos correctamente. Luego hace clic en el botón “Evaluar” para obtener los resultados.

Evaluación de fuerzas

☒ Radio de rodadura [rk] (m)

☒ Frecuencia nominal de rotación [w] (1/s)

☐ Velocidad real de desplazamiento [Vtr] (km/h)

☒ Resistencia a la tracción del arado [Rta] (kN)

☒ Fuerza de resistencia a la rodadura [Frr] (kN)

☒ Fuerza de resistencia por la pendiente [Frp] (kN)

☒ Fuerza de tracción real [Ftr] (kN)

Seleccionar Todo

☐ Fuerza de tracción máxima [Ftrmax] (kN)

☐ Relación de transmisión [io]

☒ Fuerza adherente máxima [Fadh] (kN)

☒ Peso adherente del tractor [Gadh] (kg)

☒ Momento motriz sobre los propulsores [Mm]

☐ Coeficiente de aprovechamiento de tracción

☐ Fuerza de tracción disponible [Ftrd] (kN)

☒ Fuerza de resistencia al movimiento [Frmov] (kN)

Evaluar Cancelar

3.10 Opción “Potencias”. Balance de potencias

En el caso del Balance de Potencia ocurre lo mismo que en las fuerzas, se deben seleccionar al menos uno de los parámetros, para así realizar una correcta evaluación. Si se selecciona todo serán realizadas todas las evaluaciones de potencia para luego mostrar el resultado.

Balance de potencias

☐ Potencia efectiva real que utiliza el tractor [Ner] (kW)

Pérdidas de potencia (kW)

☒ En el accionamiento del árbol toma de fuerza del tractor [Natf]

☐ En los propulsores [Nk]

☒ Por patinaje del tractor [Npat]
☐ Por resistencia de la rodadura del tractor [Nrr]
☒ Por resistencia a la tracción del implemento [Nrar]

☐ En la transmisión de fuerza del tractor [Nr]
☒ Por la resistencia a la pendiente [Nrp]

Seleccionar Todo

☐ Balance de potencia del tractor [Ne] (kW)
☐ Coeficiente de aprovechamiento de la potencia efectiva [CoefNe]
☐ Rendimiento del tractor [Ntrac]

Evaluar

Cancelar

3.11 Opción “Gastos”. Evaluar gastos.

Al seleccionar la opción “Gastos” del menú “Evaluaciones” el usuario además debe conocer el salario del personal de servicio y referir en las normas de la agricultura, la productividad del agregado y/o del trabajador. Luego de seleccionada a opción de evaluar se obtendrán todos los resultados deseados, los cuales saldrán en forma de resumen en una nueva ventana.

Evaluación de gastos.

Salario del personal de servicio [S]: (\$)

Productividad del agregado o del trabajador [Wo7]:

Del tractor

- ☐ Gastos de renovación [A] (\$)
- ☐ Carga zonal anual [Cza]
- ☐ Gastos en reparación general, mantenimiento y servicio técnico [R]

Del Implemento

- ☐ Gastos de renovación [Ai] (\$)
- ☐ Carga zonal anual [Czai]
- ☐ Gastos en reparación general, mantenimiento y servicio técnico [Ri]

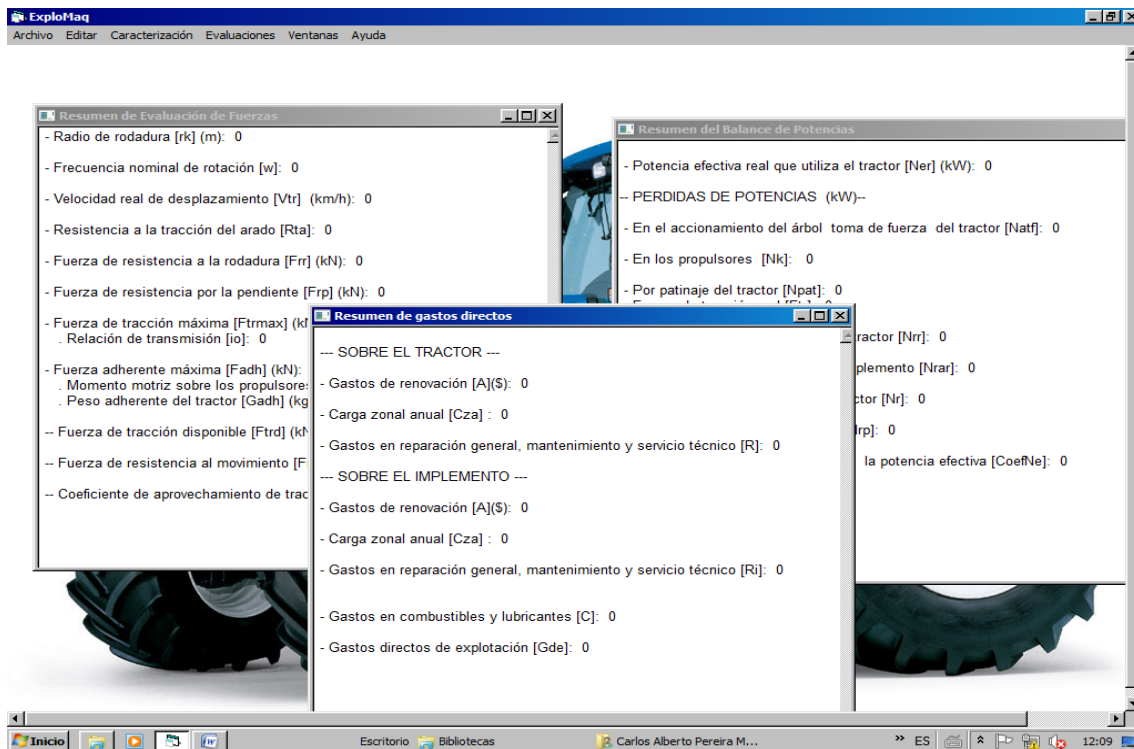
☐ Gastos en combustibles y lubricantes [C]

☐ **Gastos directos de explotación [Gde]**

Evaluar **Cancelar**

3.12 Informes de los resultados.

Los resultados de las evaluaciones deseadas serán mostrados luego de presionar el botón “Evaluar” en cada una de las cajas activadas para la selección de los cálculos. Cada una de las evaluaciones tendrá su ventana de resumen, donde el usuario podrá comprobar todos sus resultados y si entiende que exista algún error podrá verificar los datos introducidos o crear un nuevo juego de datos, ganando así en la fiabilidad de sus resultados y su interpretación.



Otras opciones. Opción “Ayuda” y Créditos.

En la opción “Ayuda” es posible conocer algunos datos del programa y de este manual mientras que en los créditos están reflejadas las personas que hicieron posible este software.

