

## **PROPUESTA PARA CONTRIBUIR AL USO EFICIENTE DE LOS PORTADORES ENERGÉTICOS EN LA EMPRESA AGROPECUARIA DE CABAIGUÁN**

Autores: Ernesto L. Barrera\*, Orlando Pérez\*\*, Felix G. Rivero\*, Reinier Abreu\*

\* Centro de Estudios de Energía y Procesos Industriales, Facultad de Ingeniería. Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”, Cuba.

\*\* Empresa Agropecuaria Cabaiguán, Sancti Spíritus, Cuba.

### **Resumen**

La investigación se realizó a partir de la necesidad de estudiar el comportamiento energético de la Empresa Agropecuaria Cabaiguán y con el objetivo de proponer un plan de acciones que contribuya al consumo eficiente de portadores energéticos la entidad.

Se aplicó la prueba de necesidad como primer paso de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía.

Como resultados se mostró que el diesel fue el portador energético de mayor peso dentro de la estructura de consumo con más del 87 %, se propusieron cinco ecuaciones con  $R^2 \geq 0.75$  que muestran la dependencia entre el consumo de diesel y la preparación de tierra, la producción de leche, las actividades de servicio, el riego y las actividades administrativas. Además se identificaron las principales causas de los altos consumos energéticos que sirvieron de base para proponer ocho acciones que permitirán a la empresa proyectarse hacia el consumo eficiente de portadores energéticos.

*Palabras clave:* Gestión energética; Empresa agropecuaria; Prueba de necesidad

## **PROPOSAL TO CONTRIBUTE TO EFFICIENT CONSUMPTION OF ENERGETIC CARRIERS IN THE AGRICULTURAL ENTERPRISE OF CABAIGUAN**

### **Summary**

The investigation was carried out starting from the necessity of studying the energy behavior of the Agricultural Company Cabaiguán and with the objective of proposing a plan of stocks that it contributes to the efficient consumption of energy in the enterprise.

It was applied the test of necessity like first step of the Technology of Efficient Total Administration of the Energy.

As results it was shown that the diesel was the energy resource of more weight inside the consumption structure with more than 87%, did they intend five equations with  $R^2 \geq 0.75$  that show the dependence among the consumption of diesel and the earth preparation, the production of milk, the activities of service, the watering and the administrative activities. The main causes of the high energy consumptions were also identified that they served as base to propose eich stocks that they will allow to the company to be projected toward the efficient consumption of energy resources in the enterprise.

*Key words:* Energetic Management; Agricultural Enterprise; Requirement Test

## Introducción

Datos del Anuario Internacional Energy Outlook IEO 2005 publicado por la Energy Information Administration, en sus estimaciones de demanda de energía muestran varias previsiones para la evolución de los mercados energéticos internacionales, en los próximos 30 años. Cifras mostradas indican que la demanda de energía hasta el 2030 crecerá en un 50%. Los sectores de la industria, el transporte y la agricultura serán los de mayor crecimiento. Algo más lento mostrarán los sectores residencial y comercial, mientras que el sector de uso final tendrá grandes diferencias según el desarrollo económico de la región (Energy Information Administration, 2005).

La propia naturaleza sufrirá los derroches energéticos actuales, por lo que resulta prioritario reducir la dependencia de los combustibles fósiles; potenciar el uso de fuentes alternativas y aprender a usar eficientemente la energía (Borroto Nordelo y Peraza, 2006).

Cuba ha enfocado su política en el uso eficiente de la energía mediante la creación de distintos grupos de trabajo surgidos en los inicios de la llamada Revolución Energética. También se han implementado herramientas encaminadas al control energético principalmente en el sector estatal (Acosta y González, 1998; CEEMA, 2006).

Los consumos de portadores energéticos limitan el volumen de producción actual del sector estatal, por lo que su empleo eficiente y control se convierten en una prioridad, para la

Empresa Agropecuaria Cabaiguán. En la misma, los gastos de portadores energéticos en el año 2011, fueron superiores a las 590 toneladas de combustible convencional. Sin embargo, los mismos se controlan a partir de índices establecidos por medias nacionales y pruebas prácticas a los equipos (prueba del litro), que omiten el análisis otros factores que no están asociados a los respectivos niveles de actividad. Además, aun por los registros mensuales, el diesel es uno de los portadores fundamentales y no se conoce, la magnitud en que otros podrían influenciar el comportamiento energético. Tampoco las áreas que mayor repercusión tienen en el mismo. Por tal motivo se identificó que existe falta de gestión energética en la entidad de la Empresa Agropecuaria Cabaiguán, lo cual impide que se propongan acciones para consumir eficientemente la energía de que se dispone. El objetivo del trabajo fue proponer un plan de acciones, que contribuya al consumo eficiente de portadores energéticos en la Empresa Agropecuaria Cabaiguán.

## Desarrollo

Para el alcance del objetivo planteado, se aplicó la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía en su primera etapa “Prueba de necesidad” (Borroto Nordelo *et al*, 2002; CEEMA, 2002). La realización de la misma incluye:

- La caracterización de la empresa.
- Estructura de consumo de los portadores energéticos.
- Estratificación del consumo de los principales portadores energéticos.
- Comportamiento del consumo de portadores energéticos por nivel de actividad en el año 2011.
- Establecimiento de índices de consumo y análisis de tendencias.
- Diagnóstico energético preliminar, incluyendo las principales oportunidades de ahorro.
- Confección de un plan de acciones.

## Caracterización de la empresa.

La Empresa Agropecuaria Cabaiguán está ubicada en el territorio de su propio nombre, limita al norte con el municipio de Yaguajay, al este con los municipios de Sancti Spíritus y

Fomento, al sur con el municipio de Placetas y al oeste con el municipio de Remedios. Conforman su base productora 15 Unidades de Base de Producción Cooperativa (UBPC), 29 Cooperativa de Crédito y Servicios (CCS), nueve Cooperativa de Producción Agropecuaria (CPA) y cuatro Unidades Empresariales de Base (UEB). Su objeto social es producir surtidos agropecuarios para la alimentación humana y animal. Las Unidades Estatales brindan además, servicios técnico y de aseguramiento a los procesos productivos. También comercializan un por ciento significativo de sus producciones, directa con el Estado de acuerdo a los contratos formalizados. Los excedentes son vendidos en otros mercados con este fin. Las producciones más significativas contratadas con el Estado son: leche, carne vacuna, granos y viandas. La entidad tiene una plantilla de 2 522 trabajadores, de ellos 889 en CPA, 514 en CCS (salaridados), 815 en UBPC y 304 en Unidades Estatales. Los estudios de los gastos en energía pudieron constatar que: no son de las partidas con mayor peso en la estructura general de gastos de la empresa, representa el 3,36 % del total. Sin embargo, constituye una estrategia importante para mejorar la competitividad de la empresa trabajar en su reducción, al considerar que:

- Los gastos financieros en portadores energéticos pueden incrementarse de forma significativa, a partir del aumento de los precios del petróleo en el mercado mundial.
- Es una de las pocas partidas que está en lo fundamental, en manos de la empresa la posibilidad de reducirlo.
- El incremento del empleo de combustible fósiles por aumento de la producción, favorece el calentamiento global por los gases de efecto invernadero que origina.

### **Estructura de consumo de los portadores energéticos.**

Según [Altshuler, J. \(2004\)](#), la eficiencia productiva es la capacidad de la empresa para producir un rubro a un costo mínimo. Para lograrlo, debe emplear sus entradas en forma eficiente y elegir la combinación de insumos correctamente. En este trabajo, para estudiar la estructura del consumo de portadores energéticos de la empresa, se analizaron los registros de los períodos agosto-diciembre 2010 y el enero-diciembre 2011.

En el período agosto-diciembre 2010 se consumieron en portadores energéticos, un total de 332 toneladas de combustible convencional (TCC); mientras en enero-diciembre 2011 este valor fue de 590 A.C., ya que incluye los 12 meses del año. Sin embargo, en ambos períodos se destacó el diesel, como el portador energético que influye en más del 87 % de los consumos energéticos de la entidad. Ello determinó centrarse en el consumo de diesel.

### **Estratificación del consumo de diesel**

El análisis del consumo de diesel por organizaciones de base constató que: para el año 2011 la diferencia entre los consumos de las CPA, UEB, CCS y UBPC estuvo distribuida de forma uniforme, las diferencias entre estas fueron menores al 26 %; por lo cual se consideró que en ninguna de estas unidades, debía quedar fuera del estudio a pesar de que las tres primeras, representaron el 82,13 % del total de diesel consumido. Ello decidió estratificar el consumo de este portador energético por nivel de actividad, basado en la información primaria de estos consumos en la empresa.

#### Estratificación del Consumo de diesel por nivel de actividad en el año 2011

Las actividades que contribuyeron a más del 80 % del consumo de diesel de la entidad se explican a continuación:

*Preparación de tierra:* está conformada por varias actividades de acuerdo a las cartas tecnológicas, tales como rotura, grada, cruce, surque, buldoceo y fanguero. En estas actividades participan varios modelos y marcas de equipos agrícola, con diferentes índices de consumo contra hectáreas (ha) preparadas. Incide también en este indicador, el tipo de suelo a preparar, la época del año y los niveles de precipitaciones.

*Producción de leche:* considera la transportación de alimentos para el ganado vacuno, la molienda de forraje verde, el acarreo de leche, el alumbrado de vaquería; así como la transportación y bombeo de agua potable para consumo animal.

*Actividades de servicios:* comprenden aquellas de apoyo a los procesos productivos y de servicios, que se deben restringir. Existe la tendencia a crecer debido a dificultades económicas, malas planificaciones e indisciplinas organizativas y administrativas.

Las actividades que figuran dentro de esta actividad son: las transportaciones de fertilizantes, plaguicidas, herbicidas, combustible y lubricantes entre otros.

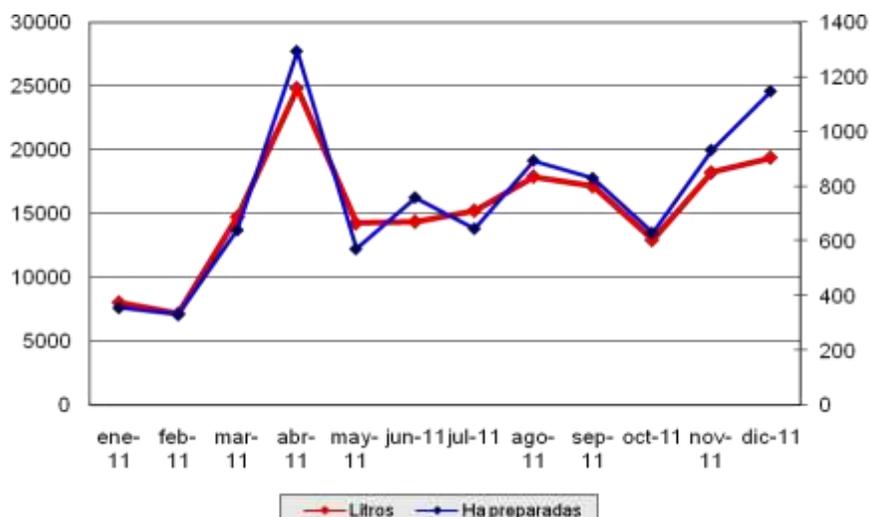
*Riego:* la actividad de riego se realiza con empleo de motores diesel acoplados a equipos de bombeo.

*Actividades administrativas:* están consideradas solamente las que están dirigidas al cumplimiento de las tareas propias de un directivo o funcionario de la empresa.

*Producción agrícola:* considera el combustible utilizado en la siembra e incluye la cosecha de los productos y su transportación desde el campo hasta los puntos de almacenamiento, distribución y comercialización. La determinación de los indicadores de consumo para cada uno de estos niveles de actividad, se convirtió en la principal prioridad del presente trabajo.

**Consumo de diesel por nivel de actividad en el año 2011. Análisis de tendencia**

Preparación de tierra: La Figura 1 mostró correspondencia entre el diesel gastado y las ha de tierra preparadas durante el año 2011, con un comportamiento algo contradictorio en los meses de mayo y julio, debido al incremento de los niveles de actividad en el buldoceo (46,21 ha) y el fangueo (17,31 ha), con índice de consumo real (I.C.R) más de diez veces superior al de las actividades de surque y grada, reducidas en este período a 72,07 ha y 91,12 ha respectivamente.

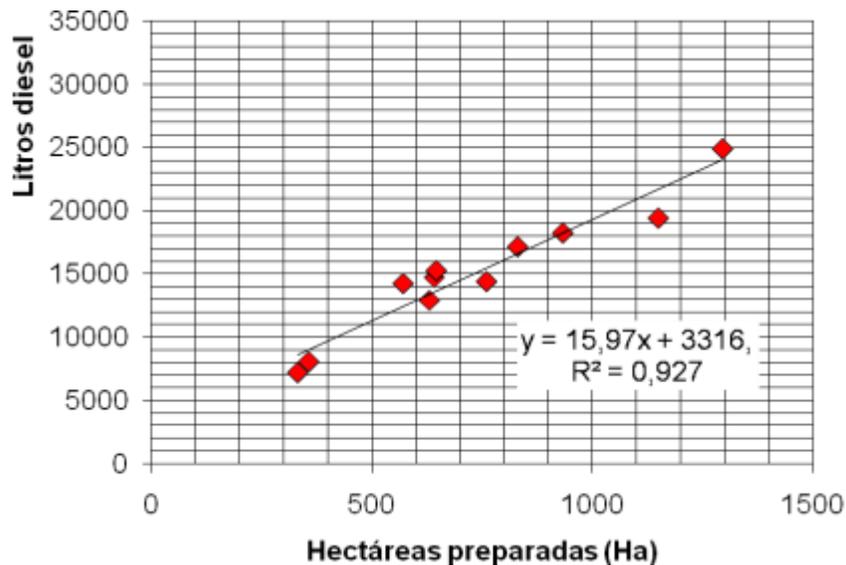


### Figura 1. L/ha de diesel en preparación de tierras. Año 2011

A pesar de la discreta contradicción, la Figura 2 representada más adelante, mostró un coeficiente de correlación de 0,927. Esto dictaminó establecer que existe una correlación lineal entre el consumo de diesel y las hectáreas de tierra preparadas. La expresión 3.1 caracteriza esta dependencia.

$$\text{Litros de diesel} = 15,97 * \text{ha} + 3\ 316 \quad (3.1)$$

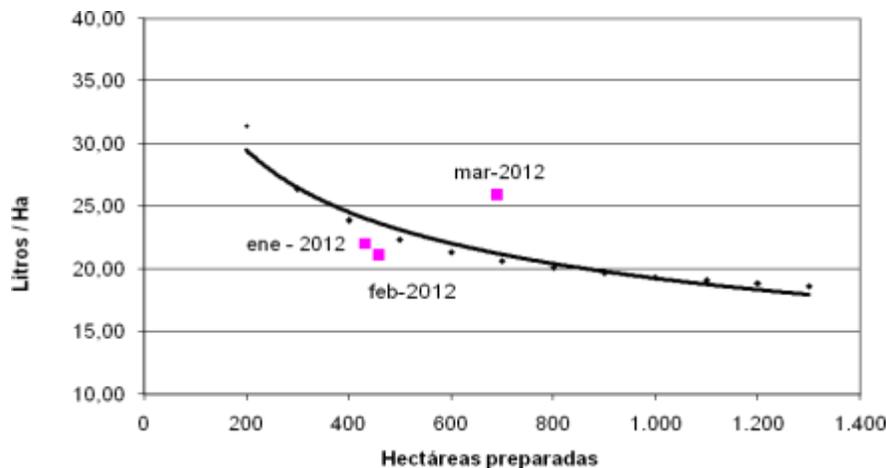
Donde ha son la hectáreas de tierra preparadas. El termino independiente 3 316, representa la energía no asociada a esta actividad, lo cual representa más del 20 % del consumo promedio de diesel en estas labores. Esta energía no asociada se desglosa en: servicio-taller (roturas fortuitas y ponches), interrupciones por cambios climatológicas (lluvias sorpresivas) y las actividades de coordinación administrativas.



### Figura 2. Correlación entre diesel consumido y las hectáreas preparadas

Indicador antes medido en los equipos basados en la prueba del litro, durante la actividad de preparación de tierra. Sin embargo, la energía no asociada a esta actividad no podía ser determinada, lo cual es un aporte de la investigación que permite proponer la utilización de la ecuación, para predecir el comportamiento del consumo de diesel en la preparación de tierra.

La Figura 3 muestra los resultados del comportamiento, del índice de consumo de diesel contra las ha preparadas. La misma revela los niveles de actividad, por debajo de los cuales se incrementan los índices de consumo, lo que establece en ese punto el nivel de actividad crítico, con un valor de alrededor de 800 ha. En el primer trimestre del año 2012 estuvieron por debajo de este valor crítico. Sin embargo, se evidenció una reducción de este indicador en los meses de enero y febrero, originado por incrementos en el nivel de actividad en labores con menor índice de consumo (cercanas a los 10 L de diesel /ha), como son grada y surque con el 35% y 30% del total. Por otra parte, en el mes de marzo 2012 ocurrió lo contrario, es decir se incrementó el buldoceo y las roturas a un 63,5 % (suma de las dos labores), que tienen un índice de consumo establecido por encima de 30 L/ha.

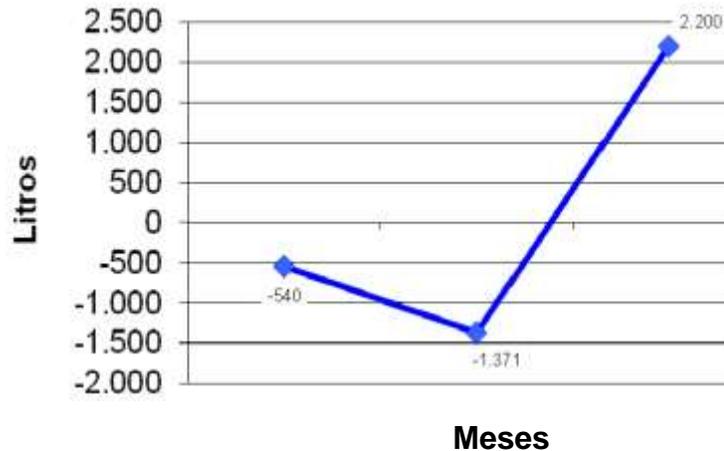


**Figura 3. Índice de consumo de diesel contra las ha preparadas**

Se demostró que el índice de consumo de la actividad de preparación de tierra, oscila entre 17 y 25 L de diesel/ha preparada, lo cual representa una variabilidad cercana al 20 %, muy superior al 5 % establecido para las empresas de producción agropecuaria. Por tal razón, se recomienda la búsqueda de nuevos índices de consumo a partir de las labores en las cuales se desglosa esta actividad (rotura, cruce, grada, surque, buldoceo y fanguero).

La tendencia del consumo de diesel en la preparación de tierra del año 2012 ilustrado en la Figura 4, en correspondencia con lo explicado anteriormente (Figura 3); evidencia que existió

una inclinación hacia el ahorro en los dos primeros meses del año 2012, y un incremento del mismo en el mes de marzo.



**Figura 4. Tendencia del consumo de diesel en la preparación de tierra. Año 2012**

De igual manera se realizó este análisis para los diferentes niveles de actividad. Un resumen de estos resultados se muestra a continuación.

#### **Resumen del comportamiento del consumo de diesel por nivel de actividad**

En el **Anexo 1** se compilan los principales resultados obtenidos en el consumo de diesel, para los seis niveles de actividad que influyeron en más del 80 % del consumo de éste en la empresa. Se constató que en cinco de las actividades analizadas, hubo correspondencia entre el nivel de actividad y el diesel consumido, que mostraron coeficientes de correlación superiores a 0,75 en todos los casos. Esto determinó proponer el uso de estas ecuaciones para el cálculo del indicador. Además, los porcentajes de energía no asociada a cada nivel de actividad se comportó por debajo del 20 % en la mayoría de los casos, aunque no fue así con la actividad de producción de leche, debido a que se cargan a esta actividad los gastos de combustibles por conceptos de alimentación del ganado, bombeo de agua y otros insumos de la propia actividad. En cuanto a la tendencia de la empresa se observó, que en la misma es al incremento del consumo de diesel en correspondencia con el aumento de los

índices de consumo, y no con el nivel de actividad por lo cual deberá proyectarse hacia las causas que originan este incremento.

### **Principales oportunidades para reducir el consumo de diesel en la empresa**

Para dictaminar los potenciales de ahorros energéticos, se realizó un diagnóstico de recorrido tipo I o diagnóstico energético preliminar. A continuación se detallan las oportunidades de ahorro identificadas para el diesel, portador energético de mayor peso en la estructura de consumo de la Empresa Agropecuaria Cabaiguán.

#### **Aspectos generales.**

- 1-Determinar el personal clave en el consumo de energía y establecerle un sistema de atención diferenciada, capacitación y motivación por mecanismos de interés.
- 2-Perfeccionar el sistema de monitoreo y control energético. Índices de consumo por nivel de actividad.
- 3-Desarrollar un programa interno de concientización para todo el personal alrededor del ahorro de energía.
- 4-Establecer y ejecutar un programa de seminarios y cursos de capacitación, para el personal directivo y especialistas en eficiencia energética.
- 5-Potenciar la acción del movimiento del forum de ciencia y técnica y la ANIR en la empresa, en función del ahorro de energía, combustibles y establecer otros mecanismos que incentiven la creatividad e iniciativa de los trabajadores en dicho campo.

#### **Diesel**

1. Proponer la remotorización del parque de transporte y maquinaria agrícola.
2. Realizar el mantenimiento periódico a los medios de transporte y maquinaria agrícola.
3. Potenciar el uso de fuentes alternativas renovables, fundamentalmente solar, eólica y biomasa en la sustitución de portadores energéticos.
4. Reestructurar los pelotones de maquinaria agrícola.
5. Potenciar el uso de motores eficientes.
6. Programación del trabajo en función de la eficiencia energética.

7. Realizar ajustes periódicos de los consumos de diesel en cada uno de los equipos consumidores, mediante la prueba del litro.
8. Incrementar el uso de la tracción animal.
9. Incrementar el aprovechamiento de las capacidades de carga de los medios de transporte fundamentalmente en las producciones agrícolas y el acarreo de leche.

### **Confección del Diagrama Causa -Efecto**

A partir de estas oportunidades o deficiencias detectadas, se confeccionó el Diagrama Causa-Efecto (Ichikawa, 1989) mostrado en el **Anexo 2**. El mismo permitió identificar de una manera gráfica con mayor precisión, las principales causas del elevado consumo de diesel en la entidad. Las fundamentales causas detectadas se distribuyeron entre las de tipo organizativas, técnicas, materiales y de métodos. Ello evidenció que se necesitan medidas que contribuyan a mitigar estas causas.

### **Confección del plan de acciones para la proyección de la empresa hacia el mejoramiento energético**

Los principales orígenes de las deficiencias detectadas en el Diagrama Causa-Efecto anterior, sirvieron de base para la confección de un plan de acción que se exponen en el **Anexo 3**. Se definen en total siete acciones, como propuestas a la entidad para su proyección hacia el consumo eficiente de los portadores energéticos. En sentido general, las acciones expresan la evaluación de factibilidad de mejoras en el equipamiento, el establecimiento de medidas organizativas y de control, así como la estimulación a los trabajadores de incentivo para el ahorro de portadores energéticos.

### **Conclusiones**

- La aplicación de la prueba de necesidad como primer paso de la Tecnología de Gestión Total Eficiente de la Energía, arrojó que en esta entidad el portador energético de mayor peso dentro de la estructura de consumo, fue el diesel con más del 87 %.

- Se propusieron cinco ecuaciones de correlación lineal para el consumo de diesel y la preparación de tierra, la producción de leche, las actividades de servicio, el riego y las actividades administrativas con  $R^2 \geq 0$ . No fue así para el caso de la producción agrícola, donde se propuso el estudio del indicador basado en otros niveles de actividad.
- A partir de un diagnóstico de recorrido o preliminar se pudieron determinar las principales oportunidades de ahorro de diesel, se confeccionó un diagrama causa efecto que mostró como principales insuficiencias: la carencia de recursos materiales; la falta de explotación de los recursos renovables; no identificación del personal clave; y el bajo aprovechamiento de la carga de transportación. De todo ello se derivó un conjunto de siete medidas, como plan de acción a corto y mediano plazos a ejecutar por la entidad.

### Referencias bibliográficas

1. Acosta, I. y A. González (1998) "Importancia del trabajo colectivo en el ahorro de energía". Área energética Poder Popular Cienfuegos, Revista Energía No 5.
2. Althuler, J. *et al.* (2004) "Hacia una conciencia energética". Editorial Academia, p.4, p.11
3. Borroto Nordelo, A. *et al.* (2002). "Gestión Energética Empresarial" Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente, Universidad de Cienfuegos, Cuba. ISBN 959-257-040-X. Editorial Universidad de Cienfuegos.
4. Borroto Nordelo, A. y J. Peraza. (2006). "Gestión Energética en el Sector Productivo y de los Servicios" Centro de Estudios de Energía y Medio Ambiente (CEEMA), Universidad de Cienfuegos, Cuba. p9, 18, 21, 26 y 63.
5. Energy Information Administration. (2005). Anuario Internacional Energy Outlook.
6. CEEMA. (2002). Manual de procedimiento para efectuar la prueba de la necesidad en una empresa. Universidad de Cienfuegos.
7. CEEMA (2006). Gestión Energética Empresarial. Editorial Universo Sur, Cienfuegos

8. Ichikawa, k (1989) ¿Que es el control total de calidad? Modalidad japonesa. Edición Mc. Gregory. USA.

Fecha de envío: 4-2-2013

Fecha de aceptación: 15-5-2013

**Anexo 1. Resumen del análisis del consumo de diesel para los seis niveles de actividad**

Actividad	Nivel de actividad	Correspondencia (E vs P)	Ecuación y coeficiente R <sup>2</sup> (E vs P)	Energía no Asociada (%)	Control consumo de diesel	Tendencia IC	Tendencia Consumo LD
Preparación de tierra	Hectáreas preparadas (ha)	Si	LD = 15.97* Ha + 3316 R ≤ 0.927 ≥ <b>0.75</b>	20	Si	Incremento	Incremento
Producción de leche	Hectolitros (Hl)	Si	LD = 1.023* Hl + 4219 R ≤ 0.802 ≥ <b>0.75</b>	64	No	Incremento	Incremento
Actividad de servicio	Kilómetros recorridos (km)	Si	LD = 0,278*km + 64,7 R ≤ 0.905 ≥ <b>0.75</b>	1.54	Si	Incremento	Incremento
Riego	Hectáreas Regadas (Ha)	Si	LD= 22,92*Ha + 855,1 R ≤ 0.783 ≥ <b>0.75</b>	12.5	No	Incremento	Incremento
Actividad administrativa	Kilómetros recorridos (km)	Si	LD = 0,104*km +369,0 R ≤ 0.753 ≥ <b>0.75</b>	10.14	Si	Reducción	Reducción
Actividades agrícolas	Toneladas producidas (Tn)	No	LD = 5.006*Tn +1321 R ≤ 0.571 ≤ <b>0.75</b>	-	-		-

E: consumo de diesel

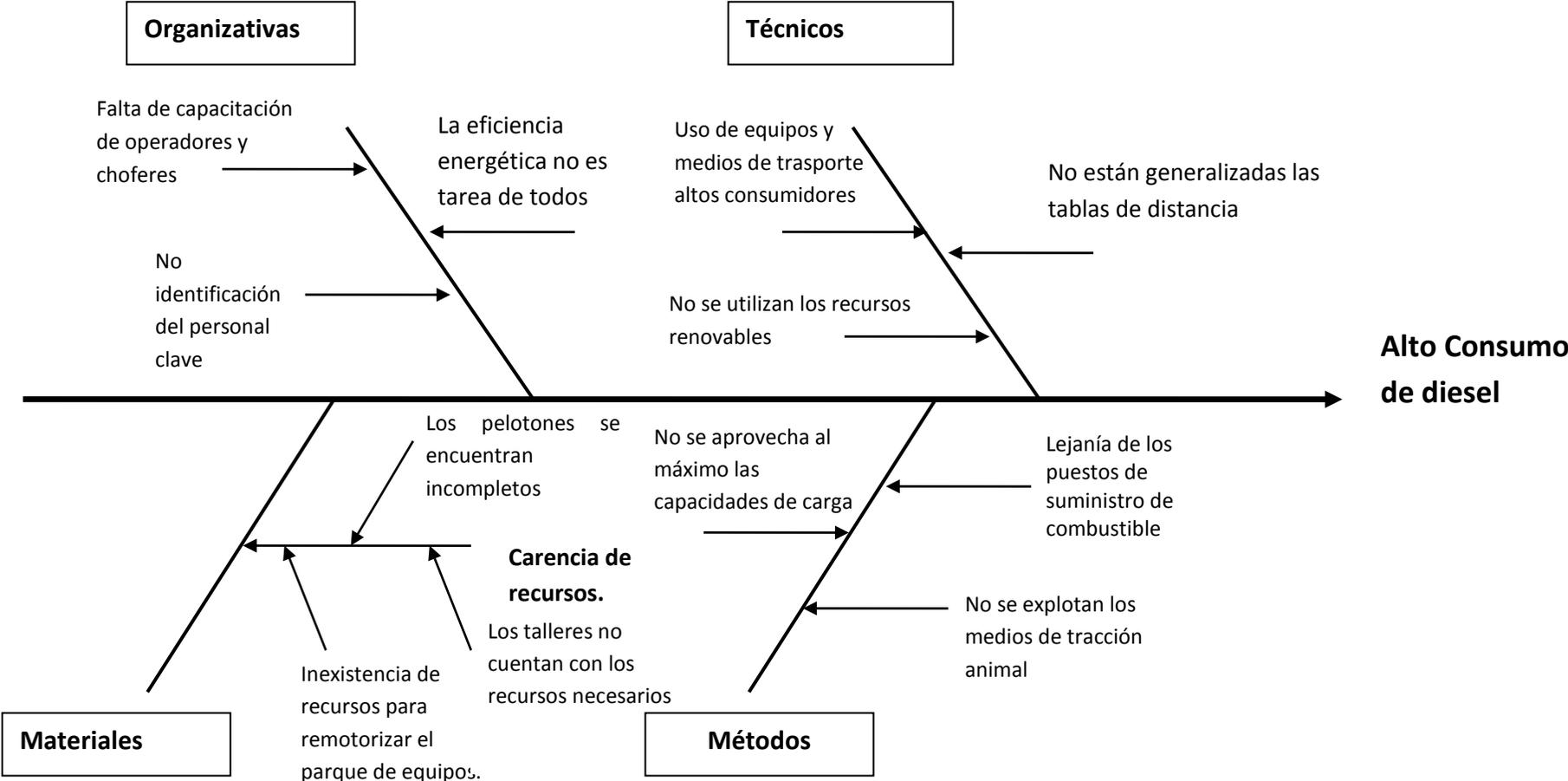
P: nivel de actividad

IC: índice de consumo

LD: litros de diesel.

**0.75** Límite del coeficiente de correlación lineal **R<sup>2</sup>**. Valores por encima indica deterioro del indicador energético (CEEMA, 2002).

Anexo 2. Diagrama de Causa – Efecto



**Anexo 3. Plan de acciones para la proyección de la empresa hacia el consumo eficiente de portadores energéticos**

No	Acción	Fecha de Cumpli-miento	Participantes	Responsables	Observaciones
1	Capacitar el personal del establecimiento en el tema energético.	Permanente	Todos los recursos humanos	Director UEB servicios técnicos	Actualización anual. Análisis de planes de los portadores energéticos.
2	Establecer el personal clave para el control de los portadores energéticos	Permanente	Personal clave	Especialista en energía	
3	Mantener actualizada la prueba del litro para cada uno de los equipos	Permanente	Personal clave (choferes y operadores)	Especialista en energía	
4	Evaluar factibilidad del uso de fuentes renovables de energía: bombeo de agua, cocción alimentos y sustitución del combustible motor	Agosto 2012	Especialista en energía	Director UEB servicios técnicos	
5	Completar la implementación de las tablas de distancia	Agosto 2012	Personal clave	Especialista en energía	

6	Evaluar la factibilidad técnica y económica de la inexistencia de recursos materiales	Agosto 2012	Especialista en energía	Director UEB servicios técnicos	
7	Vincular sistema de estímulo moral y salarial al consumo de los portadores energéticos.	Permanente	Personal calificado	Director UEB servicios técnicos	
8	Proponer acciones que tributen al aprovechamiento de las capacidades de carga.	Agosto 2012	Especialista en transporte	Director UEB servicios técnicos	