

Eficiencia energética en tambos. Realización de 500 auditorías energéticas estandarizadas

**Ing.Agr.Gabriel Oleggini, Dr.Ing.Pablo Darscht, Ing.Federico Arismendi,
Mag. Ing. Ernesto Elenter, Germán Perez**

**Proyecto "Mejora de la eficiencia energética en pequeños y medianos establecimientos lecheros"
Convenio Conaprole-BID FOMIN ATN-ME-13114-UR
Nueva York 1648, Montevideo, Uruguay**

**E-mail: energiatambos@conaprole.com.uy
Website: www.energia.eleche.com.uy**

Abstract

Este trabajo presenta los principales resultados obtenidos por el proyecto a lo largo de su ejecución. Dentro de ellos, esta la validación de un esquema de auditorías energéticas estandarizadas de bajo costo que al día de hoy lleva realizadas mas de 470 a lo largo de todo el país. Según los datos recabados por el programa, es posible afirmar que un tambo consume promedialmente 53 kWh/1000lt de leche y de implementar todas las sugerencias procedentes de la auditoría, el ahorro promedio sería de 728 kWh/mes, reduciendo 20 % su consumo activo de energía. El número de sugerencias realizadas por el proyecto para reducir tanto el costo y como el consumo energético asciende a 2061, de las cuales ya se han implementado mas del 20 % convirtiéndose así, en un programa útil, innovador y debido a su estructura, fácilmente escalable.

Introducción

El proyecto FOMIN ATN-ME-13114-UR, ejecutado por CONAPROLE tiene como meta la implantación de planes de eficiencia energética en un grupo de al menos 500 productores lecheros de la cooperativa láctea. El objetivo general del proyecto es lograr que los tambos ahorren energía eléctrica, por lo cual el proyecto se enfoca en obtener resultados concretos de ahorro, aprovechando todas las oportunidades que resulten costo-efectivas, y que por lo tanto resulten atractivas para el productor.

Metodología

Se ha desarrollado una metodología estándar para realizar auditorías energéticas en tambos, de forma que las mismas sean de bajo costo, y por lo tanto puedan ser realizadas aún en pequeños establecimientos lecheros. Luego de la etapa preparatoria, se comenzaron las auditorías energéticas en Octubre de 2013. Ya se han realizado las primeras 470 auditorías energéticas en establecimientos lecheros de diversos tamaños y a lo largo de todo el país.

Para cada tambo un auditor realiza un relevamiento, luego se confecciona un informe con recomendaciones, evaluando el período de repago de cada una de las inversiones sugeridas. Finalmente se realiza un seguimiento a cada productor a efectos de contribuir en la implementación de las recomendaciones sugeridas. El costo de la auditoria no solo es un 75 % inferior al costo de mercado, sino que es independiente a la ubicación geográfica de cada establecimiento.

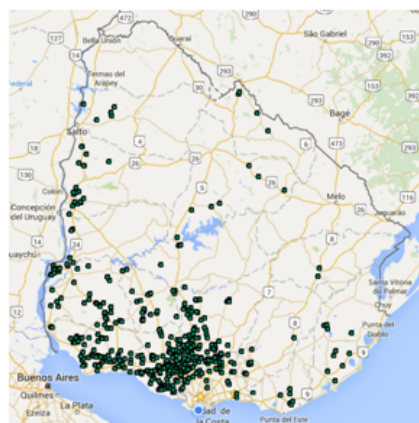


Figura 1: Auditorías energéticas realizadas por el proyecto.

Estas características metodológicas han permitido su rápida difusión y el gran volumen de auditorías en tan solo 2 años y medio.

El proyecto co-financia el valor de las auditorías. El 66 % es aportado por Conaprole y FOMIN, mientras que al productor solo le traslada un 34 % del costo total.

Resultados esperados

Como línea base de la eficiencia energética del tambo, se han caracterizado los establecimientos lecheros en base al indicador de desempeño energético kWh cada 1000 litros remitidos (IDEns). Este indicador está fuertemente relacionado con la escala de los establecimientos, por lo que se ha desagregado el indicador por escala. El criterio utilizado para determinar los estratos fueron:

- a. Chico, <1000 litros diarios
- b. Mediano, entre 1000 y 3000 litros diarios
- c. Grande, > 3000 litros diarios.

En la siguiente gráfica se puede apreciar la distribución por escala de los establecimientos participantes

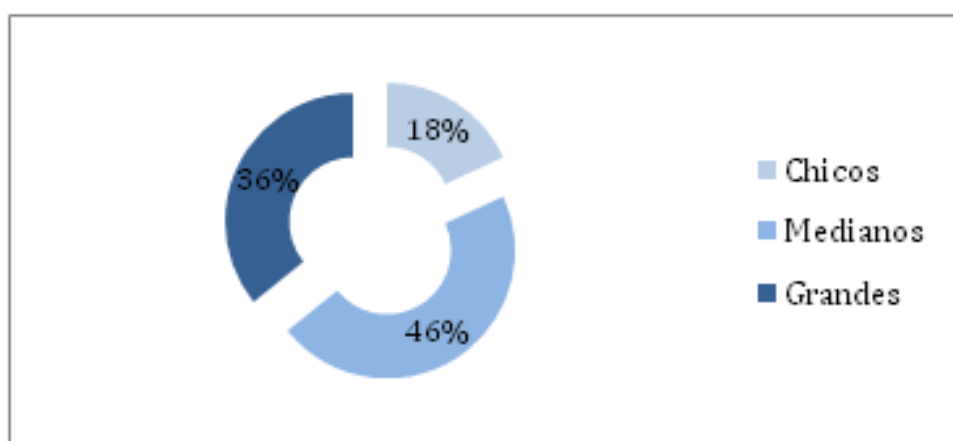


Figura 2: **Distribución de tambos por escala.**

De la distribución anterior se desprende que la herramienta ha sido utilizada mayoritariamente por los tambos medianos y grandes. Esto puede interpretarse como un problema ya que los establecimientos chicos son más vulnerables a la variación de los costos energéticos.

En el cuadro 1 se puede apreciar el IDEns y el costo energético cada 1000 litros de leche remitidos en las 3 escalas¹.

Unidades	Grande	Mediano	Chico	Promedio gral
kWh/1000lt	38	48	74	53
USD/1000lt	7	9	14	9

Cuadro 1: Intensidad energética y costo de la energía cada 1000lt de leche remitida.

Si se observan todas las intensidades energéticas en función de la remisión de leche diaria como en la gráfica 2 se puede apreciar la influencia de la escala en este indicador. Algunos aspectos a destacar:

- 1.- Existen tambos chicos que logran muy buenos resultados, superando incluso a tambos grandes, aunque en su gran mayoría requieren una mayor cantidad de energía para cosechar la leche en términos relativos. En esta categoría la dispersión es muy grande con cotas entre 30 y 138 kWh/1000 lt.
- 2.- La relación entre los grandes y los medianos no es tan dispar, prácticamente los tambos que remiten más de 2000 litros diarios alcanzan intensidades similares a las logradas por los tambos grandes.
- 3.- En todas las escalas pueden encontrarse casos muy disímiles en materia de consumo energético.

En la figura 3 puede apreciarse la relación entre el consumo de energía y la remisión de leche a planta realizada por los tambos.

¹Tipo de cambio utilizado:31 U\$/USD

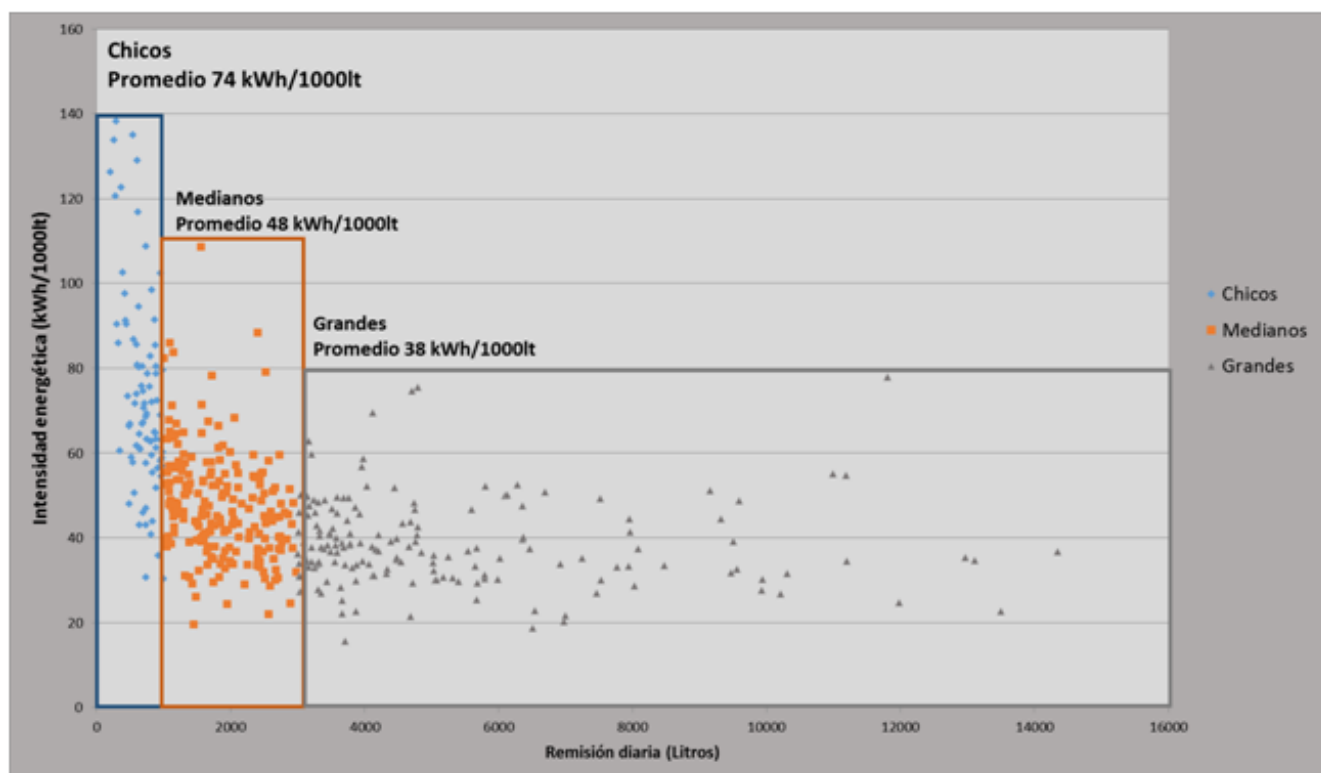


Figura 3: **Intensidad energética vs remisión de leche diaria.**

Basado en un estudio preliminar al inicio del proyecto² en el cual se analizó el consumo energético de un grupo piloto de tambos, se desarrolló un criterio con el fin de establecer una guía para poder realizar una comparación entre tambos desde el punto de vista del consumo eléctrico. El objetivo fue asignarle a cada tambo una etiqueta energética en la cual se puede observar el nivel de eficiencia energética según su escala. De esta forma es posible identificar el margen de mejora de cada establecimiento. El parámetro utilizado para el etiquetado es el IDEns.

Dado que la incidencia de la escala es muy importante se establecieron tres criterios diferenciados según la escala. El mismo puede verse en el cuadro 2, los valores están expresados en kWh/ 1000lt.

²Estudio realizado por la Universidad de Montevideo en Mayo del 2013. <http://www.um.edu.uy/>

Categoría	Grande	Mediano	Chico
A	<20	<20	<20
B	20-29	20-39	20-59
C	30-39	40-59	60-99
D	40-60	60-80	100-140
E	>60	>80	>140

Cuadro 2: Criterio del etiquetado energético de tambos.

En el cuadro 3 puede observarse el porcentaje de tambos dentro de cada categoría. Como era de esperar la mayoría se encuentra en la categoría intermedia (Cat C). Una aclaración importante es que esta la etiqueta otorgada a cada establecimiento es determinada al momento de hacer la auditoria, es decir, que no tiene en cuenta ahorros procedentes de implementaciones posteriores.

Categoría	Grande	Mediano	Chico	Total
A	1 %	1 %	0 %	1 %
B	17 %	31 %	31 %	26 %
C	45 %	56 %	59 %	52 %
D	34 %	10 %	10 %	19 %
E	3 %	2 %	0 %	2 %
Total	36 %	46 %	18 %	100 %

Cuadro 3: Porcentaje de tambos por categoría y por escala

Para evaluar el impacto de pertenecer a una u otra categoría se tomaron como ejemplo 2 tambos medianos

Tambo	Remisión diaria (lt)	Diferencia (%)	IDEns (kWh/1000lt)	Cat	Costo energético (USD/1000 lt)	Costo adicional anual (USD)
I	1449	–	19,5	A	4,3	–
II	1556	+7,4	108,7	E	18	7948

Cuadro 4: Ejemplo basado en 2 casos reales.

Los tambos expuestos son casos reales de tambos que fueron auditados por el proyecto. La idea es presentar un ejemplo de tambos cuya remisión diaria es similar (7,4 % en este caso) y observar el impacto de pertenecer a una categoría u a otra. En este ejemplo el tambo II paga anualmente USD 7,948 más que el tambo I (+350 %). Esta diferencia llevada a litros de leche equivale a decir que 2 días por mes de la producción del tambo II se destinan solo para cubrir sus ineficiencias únicamente eléctricas.

Ahora, si se mira el efecto de la ineficiencia energética desde el punto de vista de la rentabilidad, la cual es en promedio un 7 % y considerando que el precio por litro de leche a abril 2016 es de 260 USD/1000lt, el productor obtiene 18 USD/1000lt. La diferencia de costos entre tambos es de 13,7 USD/1000lt por lo que el impacto de la ineficiencia energética sobre la rentabilidad es del 76 %.

Medidas para la mejora de la eficiencia energética

Las medidas para contribuir en la mejora de la eficiencia energética pueden dividirse en 2 grupos, por un lado están las medidas que impactan en la reducción del costo unitario de la energía, es decir, que reducen el costo por kWh consumido. Generalmente son de bajo costo de inversión.

Por otro lado están las medidas para la conservación de la energía (MCE). Estas medidas contribuyen en la reducción del consumo de energía propiamente dicho.

Reducción del costo unitario de la energía

A continuación se detallan las principales medidas orientadas a la reducción del costo unitario de la energía³.

³En el cuadro 5, cuando dice "Presencia" nos referimos al porcentaje de veces que se recomendó cada una de las medidas.

Sugerencia	Presencia en tambos grandes (%)	Presencia en tambos Medianos (%)	Presencia en tambos Chicos (%)	Presencia total (%)
Reactiva	93	82	62	83
CHO	62	61	76	64
Tarifa	14	33	50	29
Potencia	34	22	10	24

Cuadro 5: Reducción del costo unitario de la energía.

Breve descripción de las medidas:

1. *Reactiva*: Incorporación de condensadores para compensar energía reactiva.
2. *CHO*: Cambio del horario de ordeño, evalúa el ahorro debido a la modificación del horario de ordeño para los casos en que se disponga de una tarifa multihorario.
3. *Tarifa*: Contratación de la tarifa eléctrica que mas le conviene al establecimiento. Generalmente esto depende del volumen de energía que se consuma y los horarios en los que se realicen los ordeños.
4. *Potencia*: Adecuación de la potencia contratada ante la empresa proveedora del servicio eléctrico.

Repago promedio de las recomendaciones

Sugerencia	Repago (años)
Reactiva	0,83
Tarifa	0,42
Potencia	1,75

Cuadro 6: Repago de las medidas enfocadas en la reducción del costo unitario de la energía.

Medidas para la conservación de la energía (MCE)

A continuación se detallan las principales MCE sugeridas en las auditorías energéticas⁴.

Sugerencia	Presencia en tambos grandes (%)	Presencia en tambos Medianos (%)	Presencia en tambos Chicos (%)	Presencia total (%)
Timer	75	67	75	71
IDP	48	69	69	61
CS	54	37	76	50
VSD	74	42	13	49
TRC	47	33	10	34

Cuadro 7: **Medidas para la conservación de la energía (MCE).**

Breve descripción de las medidas:

1. *Timer*: Instalación de un dispositivo electrónico que controla el encendido y el apagado de los calefones.
2. *IDP*: Intercambiador de Placas, Pre-enfriamiento de la leche realizando un intercambio térmico con agua.
3. *CS*: Colector Solar, incorporación de un colector solar para la utilización de agua caliente sanitaria.
4. *VSD*: (Variable Speed Drivers) Variadores de velocidad en bombas de vacío de máquinas de ordeño.
5. *TRC*: Tanques Recuperadores de Calor, consta de un equipo que aprovecha el calor que se le quita a la leche. Dicho calor es aprovechado en el calentamiento de agua.

El número de recomendaciones a abril 2016 es de 5013, este número de recomendaciones incluye medidas relativa a la seguridad eléctrica de la instalación. Si se consideran unicamente

⁴Idem cuadro 5.

Sugerencia	Repago (años)
Timer	0,17
IDP	3,33
CS	4,83
VSD	5,1
TRC	3,6

Cuadro 8: **Repago de las MCE.**

las relativas a disminuir el costo unitario de la energía y las MCE el número es de 2061. De este último fueron aceptadas por los productores 1349 (65 %). Una vez terminado el informe de auditoría energética el productor recibe un informe donde se le detallan todas las medidas que puede tomar para mejorar su eficiencia energética. El productor manifiesta por escrito la cantidad de esas medidas que acepta llevar adelante, a ese hecho es que nos referimos con medidas aceptadas.

Por otra parte, el número de medidas implementadas es de 272, lo que representa un 20,2 % de las sugerencias aceptadas (nuevamente sin tener en cuenta las medidas referentes a la seguridad eléctrica de la instalación).

Si bien el porcentaje de implementaciones no es menor, la expectativa era mayor. Es importante tener en cuenta que la lechería ha tenido una fuerte baja del precio de la leche. En enero 2014 los productores recibían 0,443 USD/lit, mientras que en Marzo 2016 reciben 0,26 USD/lit, este descenso del 41 % en el precio de la leche explica en parte que las implementaciones no sean mayores.

Por otra parte, la inversión registrada por parte de los productores desde el comienzo de las auditorías es de USD 1,064,802.

Según los registros que lleva realizados el proyecto, el monto de la inversión es superior al anterior pero el hecho de no existir comprobantes formales hace que no puedan ser contemplados en la inversión. El proyecto es muy estricto en la documentación que permite

acreditar fehacientemente las inversiones realizadas, esta evidencia no siempre se encuentra disponible y eso hace que exista un subregistro mayor que deberá ser analizado en una etapa de seguimiento posterior.

Ejemplo del beneficio de una MCE típica

Medición de un variador de velocidad utilizado en una máquina de ordeño.

En la etapa de análisis de las distintas medidas existentes para mejorar la eficiencia energética en el tambo, se observó que los variadores de velocidad (VSD) instalados en las maquinas de ordeño, eran de uso frecuente en países como Australia, Nueva Zelanda y Estados Unidos debido a su gran disminución en el consumo de energía eléctrica.

Buscando la promoción de estos equipos, desde el proyecto se coordinó la medición de un VSD instalado en un tambo propiedad de la facultad de Agronomía.

La medición consistió en realizar 8 ordeños con el VSD apagado y 8 con el VSD encendido para luego calcular el ahorro logrado debido al VSD.

En la figura 4 se puede apreciar el comportamiento de la corriente por una fase del motor eléctrico.

El consumo de energía promedio en la máquina de ordeño según datos recabados por el proyecto es de $4,3kWh/1000lt$. En este caso particular el consumo de energia fue de $10,4kWh/1000lt$ cuando no se utilizaba el VSD, mientras que con el VSD se redujo a $3,7kWh/1000lt$.

<i>El ahorro registrado fue del 64 %. El repago de la inversión se estimó en 2,6 años .</i>

Otro beneficio no energético (BNE) adicional que aportan los variadores de velocidad es la disminución del ruido generado por la bomba de vacío. En el cuadro 9 pueden observarse los valores de ruido obtenidos en dos puntos distintos del tambo.

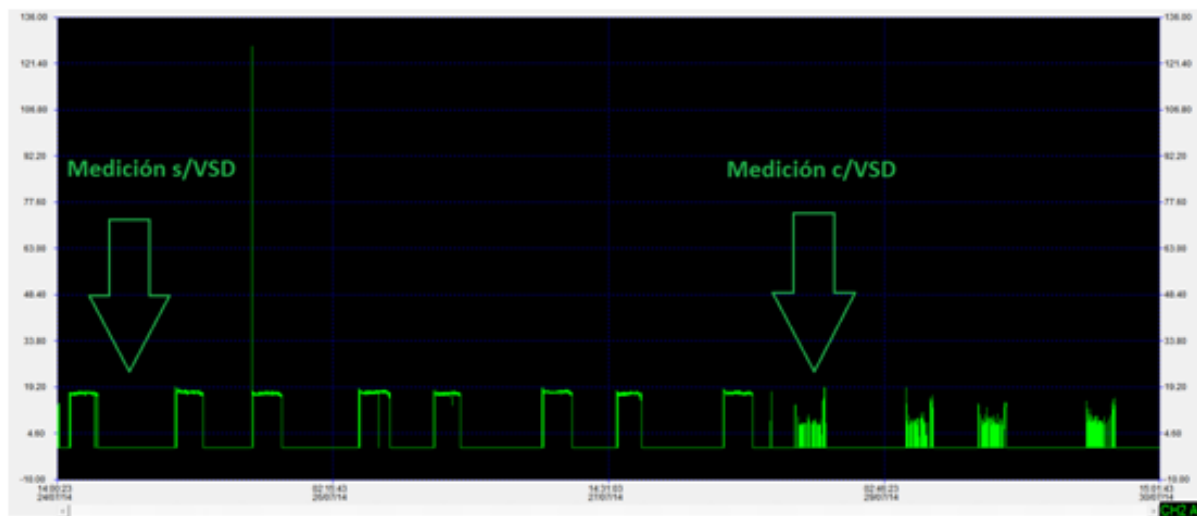


Figura 4: Corriente por el motor eléctrico de la máquina de ordeño.

Cabe aclarar que este aspecto fue altamente elogiado por los productores que lo implementaron, ya que relatan que el cambio en la comodidad de los trabajadores del tambo cambió sensiblemente en virtud de la reducción de ruido.

Lugar de medición	Con VSD (db)	Sin VSD (db)
Sala de ordeño	62	72
Bomba de vacío	80	83

Cuadro 9: Medición de ruido en el tambo experimental.

Tomando en cuenta las medidas sugeridas a los productores se estima que el ahorro medio por tambo, en caso de implementar todas las sugerencias asciende a $728kWh/mes$, representando una reducción del 20 % del consumo activo de energía. Esa cifra de ahorro equivale a un ahorro medio de 247 USD/mes, equivalente a un ahorro económico del 38 % de las facturas de electricidad.

Conclusiones

Si se toman los valores de intensidad promedio y se los aplican a todos los tambos remitentes a Conaprole, se obtiene que anualmente consumen cerca de $70,000 MWh$, el equivalente a 25,000 hogares. Esto pone a los tambos como consumidores de una cantidad importantes de energía. Por otra parte, se observa que es posible mejorar el desempeño energético de los tambos, mediante la incorporación de diversas medidas costo-efectivas. Se espera concluir las 500 auditorías energéticas en 2016 y superar ese número a Marzo de 2017.

Con respecto a las medidas sugeridas se puede afirmar que existe un porcentaje de aceptación importante (65 %) lo que muestra la importancia de la auditoria y su aporte en encontrar soluciones que disminuyan los costos energéticos.

Por otro lado, el porcentaje de implementaciones (20,2 %) si bien no es un número bajo se esperaba un porcentaje mayor de implementaciones debido a la relación costo-beneficio detectada en las auditorías. Aun así, es importante remarcar que antes de que iniciara el proyecto los productores lecheros no veían a la energía como un factor de sus costos en los cuales se pudieran incidir, el proyecto logro cambiar radicalmente este pensamiento sensibilizando a los productores sobre el impacto en su rentabilidad, colocando de esta forma el tema en su agenda. Es de esperar que la gran mayoría de los establecimientos que realizaron una auditoria mejore su performance energética en base a la información que se le proporciona por parte del proyecto.

(1-7)

Referencias

1. BID, “ UR-M1041: Promoción de eficiencia energética y energía renovable en productores de leche”, <http://www.iadb.org/es/proyectos/project-information-page,1303.html?id=UR-M1041>.

2. Morison, Gregory, Hooper, “Improving Dairy Shed Energy Efficiency Technical Report”, CAENZ, Nueva Zelanda, 2007.
3. CONAPROLE, Sitio web del programa “Tambo y Energía”, <http://www.energia.eleche.com.uy>.
4. Ing. Ernesto Elenter, “Identificación de iniciativas con Potencial innovador en materia de Energía Renovable en Tambos” Proyecto CONAPROLE-FOMIN ATN/ME-13114-UR, Montevideo, Agosto de 2013.
5. Ing. Joaquín Viquez Arias, Producción y caracterización de excreta, Revista ECAG Informa, n° 49, año 2009 .
6. William P. Weiss y Normand St-Pierre, Estrategias de alimentación para disminuir la producción de estiércol de vacas lecheras, Ohio Agricultural Research and Development Center, USA, Setiembre de 2011.
7. Sanford, “Energy Conservation on the Farm”, University of Wisconsin-Madison, 2004.