

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

teléfono: +5982 4106970

E-mail: energiatambos@conaprole.com.uy, eelenter@gmail.com

Website: sustentable.eleche.com.uy

Este trabajo presenta los principales resultados obtenidos por el proyecto a lo largo de su ejecución (Octubre 2013 a Marzo 2017). Se destaca la validación de un esquema de Auditorías Energéticas estandarizadas de bajo costo, ya que se logró realizar 540 Auditorías Energéticas en establecimientos lecheros ubicados en distintos sitios de Uruguay. Según los datos recabados por el programa, un tambo¹ promedio consume 3426 kWh/mes, que referido a su producción equivale a 54 kWh/1000 litros de leche remitidos. Esto implica un costo energético al productor de USD 621/mes. El ahorro potencial promedio hallado es de 651 kWh/mes, es decir un 19 % del consumo, pero en términos económicos el potencial de reducción de costos asciende a USD 236/mes o sea un 38 % del costo eléctrico de un tambo promedio. A partir de las auditorías energéticas, surgieron un total de 2952 sugerencias propuestas a los productores, y del relevamiento final realizado, se ha comprobado que el 88 % de los tambos que participaron del programa implementaron al menos una de las recomendaciones formuladas. Esto permite concluir que el programa ha resultado útil, innovador y debido a su estructura, podría ser replicado en otros países, o incluso en otros sectores de actividad.

¹Se denomina *Tambo* a un establecimiento de producción lechera

Introducción

El proyecto FOMIN² (Fondo Multilateral de Inversiones del Banco Interamericano de Desarrollo, BID) ATN-ME-13114-UR, ejecutado por CONAPROLE³ y con el apoyo de UTE⁴, 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. Concluido el programa se lograron realizar 540 auditorías energéticas en establecimientos lecheros de diversos tamaños y a lo largo y ancho 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 le realiza un seguimiento a cada productor a efectos de contribuir en la implementación de las recomendaciones sugeridas. El costo de la auditoría transferido a los productores era de USD 100 para los tambos chicos y de USD 150 para medianos y grandes. Dicho precio fue independiente a la ubicación geográfica de cada establecimiento, lo cual permitió, junto con la co-financiación del programa, derribar la barrera del alto costo de las auditorías energéticas para este tipo de pequeñas o medianas empresas del sector rural

Estas características metodológicas y estructura de los costos hacia los productores han permitido su rápida difusión y el gran volumen de auditorías realizadas en los 3 años y medio de trabajo.

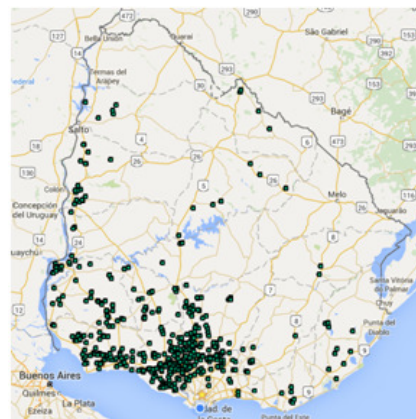


Figura 1: Auditorías energéticas realizadas por el programa.

El proyecto co-financia el valor de las auditorías. El 66% es aportado por Conaprole y FOMIN, mientras que al productor solo se le traslada un 34% del costo total. Por tanto el método estandarizado de realizar estas auditorías energéticas, permitió hacerlas a un costo total de USD 450, de los cuales el productor pagaba USD 100 en el caso de los pequeños y USD 150 para productores medianos y grandes .

²<http://www.fomin.org/es-es/>

³Cooperativa Nacional de Productores de leche. www.conaprole.com.uy

⁴La Administración Nacional de Usinas y Trasmisiones Eléctricas (UTE), es una empresa propiedad del Estado uruguayo que se dedica a las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización de energía eléctrica. www.ute.com.uy

Resultados principales

Como línea base de la eficiencia energética, se han caracterizado los establecimientos lecheros en base al indicador de desempeño energético kWh cada 1000 litros remitidos (IDEn). Este indicador está fuertemente relacionado con la escala de los establecimientos, por lo que se ha desagregado el indicador en base a ese criterio. Los rangos de remisión utilizados para determinar los estratos fueron:

- a. Chico, <1000 litros diarios (equivale a un rodeo de 50 vacas).
- b. Mediano, entre 1000 y 3000 litros diarios (equivale a un rodeo de entre 50 y 150 vacas).
- c. Grande, > 3000 litros diarios.(equivale a un rodeo mayor a 150 vacas.).

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

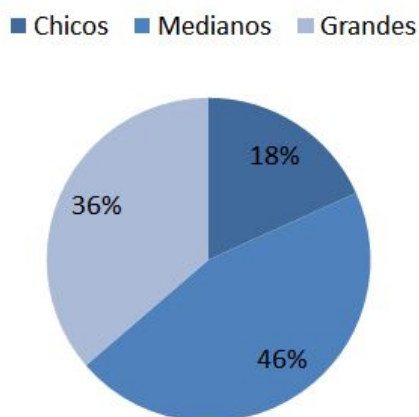


Figura 2: **Distribución de tambos por escala.**

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 la tabla 1 se puede apreciar el IDEn y el costo energético cada 1000 litros de leche remitidos en las 3 escalas⁵.

Si se observa la intensidad energética en función de la remisión de leche diaria como en la figura 3 se aprecia 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. Otro efecto que marca la diferencia con los chicos refiere a que generalmente el consumo energético de las viviendas de los productores esta incluida en el mismo suministro eléctrico, por ende también lo están en el indicador de intensidad energética.

⁵Tipo de cambio utilizado:28,7 U\$/USD

Escala	USD/kWh	USD/1000lt	kWh/1000lt
Chicos	0,22	16,56	74
Medianos	0,20	9,68	48
Grandes	0,19	7,36	38
Promedio global	0,21	11	54

Tabla 1: Intensidad energética y costos eléctricos de producción cada 1000 litros de leche remitidos.

- 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 disimiles en materia de consumo energético. Esto se debe entre otras cosas a las distintas dinámicas productivas de cada establecimiento.

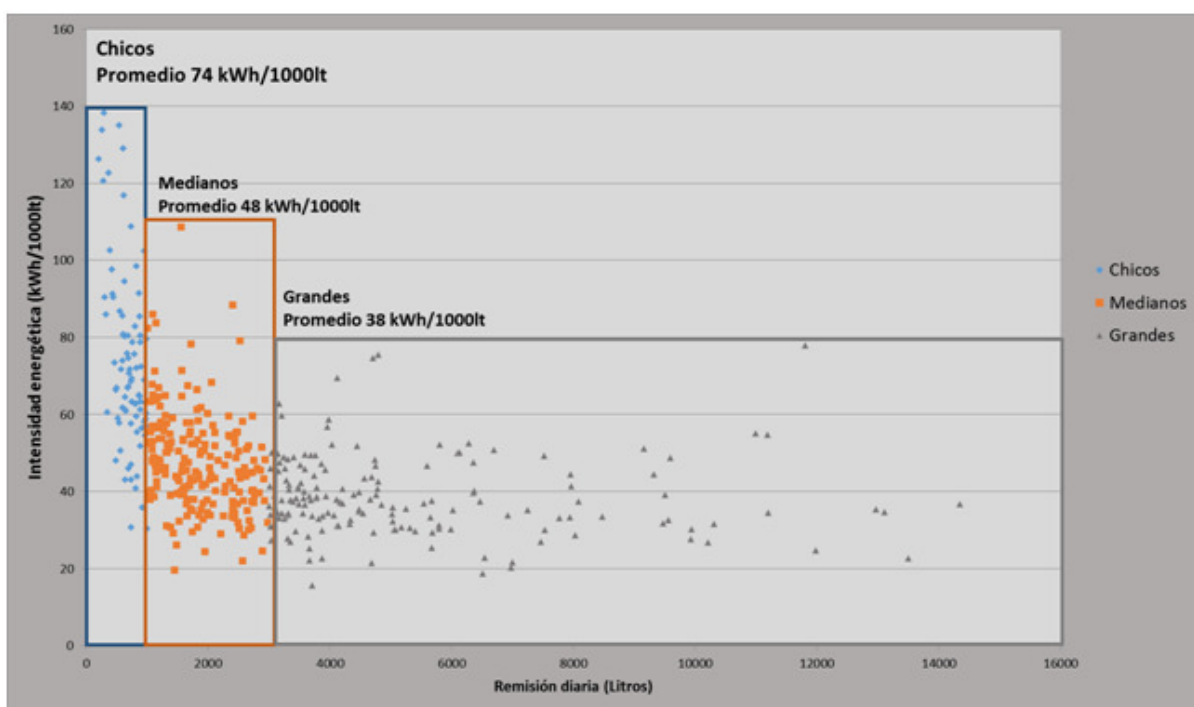


Figura 3: **Intensidad energética vs remisión de leche diaria.**

Basado en un estudio realizado en Mayo de 2013 por el Centro de Producción Más Limpia de la Universidad de Montevideo ⁶, en el cual se analizó el consumo energético de un grupo piloto de 32 tambos, se desarrolló un criterio con el fin de establecer una guía para poder realizar una comparación entre ellos desde el punto de vista del consumo eléctrico. El objetivo fue asignarle a cada tambo una etiqueta

⁶Universidad de Montevideo, <http://www.um.edu.uy/>

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 IDEn.

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

Categoría	Chicos	Medianos	Grandes
A	<20	<20	<20
B	20-59	20-39	20-29
C	60-99	40-59	30-39
D	100-140	60-80	40-60
E	>140	>80	>60

Tabla 2: Criterio para la clasificación de los establecimientos según su intensidad energética

En la tabla 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 fue determinada al momento de hacer la auditoria, es decir, que no tiene en cuenta ahorros procedentes de implementaciones posteriores.

Categoría	Chicos (%)	Medianos (%)	Grandes (%)	Total (%)
A	0	1	1	1
B	31	31	17	26
C	59	56	45	52
D	10	10	34	19
E	0	2	3	2

Tabla 3: Distribución de los tambos según su IDEN.

Para evaluar el impacto de pertenecer a una u otra categoría, se detalla un ejemplo de dos tambos en el que se puede apreciar el impacto de encontrarse en escalas diferentes.

Tambo	Remisión diaria (lt)	Categoría	USD/1000lt	Diferencia anual (USD)
I	1449	A	4,3	-
II	1556 (+7,4)	E	18	7948

Tabla 4: Ejemplo del impacto del costo energético en 2 tambos de la misma escala.

Los tambos expuestos en la tabla 4 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 como rentabilidad neta de su producción. 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

En la tabla 5 se detallan las principales medidas orientadas a la reducción del costo unitario de la energía. En la tabla se muestran los valores promedio de ahorros mensuales y costos de inversión de los tambos que fueron auditados

Medida	Ahorro (USD/mes)	Inversión (USD)	Repago (años)
Reactiva	188	156	0,83
Tarifa	333	310	0,42
Potencia	62	583	1,7

Tabla 5: Medidas para la reducción del costo energético.

Breve descripción de las medidas:

1. *Reactiva*: Incorporación de condensadores para compensar energía reactiva.
2. *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.
3. *Potencia*: Adecuación de la potencia contratada ante la empresa proveedora del servicio eléctrico.

Medidas para la conservación de la energía (MCE)

Breve descripción de las medidas:

1. *IDP*: Intercambiador de Placas, Pre-enfriamiento de la leche realizando un intercambio térmico con agua.

Medida	Ahorro (kWh/mes)	Ahorro (USD/año)	Inversión (USD)	Repago (años)
IDP	391	652	2319	3,3
VSD	415	1009	2399	3
TRC	440	767	2755	3,6
CS	114	225	2543	4,8
Timer	73	154	10	0,1

Tabla 6: Medidas para la Conservación de la Energía

2. *VSD*: (Variable Speed Drivers) Variadores de velocidad en bombas de vacío de máquinas de ordeño.
3. *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.
4. *CS*: Colector Solar, incorporación de un colector solar para la utilización de agua caliente sanitaria.
5. *Timer*: Instalación de un dispositivo electrónico que controla el encendido y el apagado de los calefones.

El número de recomendaciones a febrero 2017 es de 2952, dicho número de recomendaciones refiere solo a las destinadas a reducir tanto el costo como el consumo de energía, no incluye medidas relativas a la seguridad de la instalación eléctrica o de infraestructura. De las medidas sugeridas fueron implementadas por los productores 402 medidas lo que representa el 14 % de las medidas propuestas.

Por otra parte, la inversión registrada por parte de los productores desde el comienzo de las auditorias es de USD 1.400.000⁷.

Según los distintos relevamientos que ha realizado 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. A su vez de los relevamientos realizados posteriormente para el estudio de impacto, se constató que el 88 % de los productores aseguran haber implementado al menos una medida de eficiencia energética luego de la auditoría.

En la tabla 7 se detallan los potenciales de ahorro en consumo de energía y en USD según la escala del establecimiento.

Como se puede observar en la tabla 7 se estima que el ahorro medio por tambo, en caso de implementar todas las sugerencias asciende a $651 kWh/mes$, representando una reducción del 19 % del consumo activo de energía. Dicho ahorro implica una reducción del 38 % en la factura de electricidad.

⁷El valor de inversión registrado surge del protocolo de documentación de implementaciones que aplicó el programa, en el cual era necesario a contar con la factura de compra del equipo para computar como inversión registrada, lo cual implicó en la práctica un subregistro de estas implementaciones.

Ahorro	Chico	Mediano	Grande	Promedio Global
kWh/mes	241	505	1207	651
Impacto (%)	17	20	21	19
USD/mes	133	197	387	236
Impacto (%)	41	38	35	38

Tabla 7: Impacto estimado según la escala del establecimiento.

Evaluación de impacto

Para evaluar el impacto alcanzado por el programa se consideró analizar el consumo de energía de una muestra representativa de establecimientos lecheros que participaron del proyecto realizando una auditoría energética. En la tabla 8 Se observa el total de productores que remiten a la cooperativa y de ellos, la proporción que participó del proyecto.

Productores	No auditados	Auditados	Total
Chicos	872	97	971
Medianos	367	249	671
Grandes	300	194	362
Total	1539	540	2004

Tabla 8: Distribución de los tambos de la cooperativa por escala y por participación en el programa.

El análisis de impacto se estructuró mediante la conformación de varios grupos clasificados como se detalla en la figura 4. En una primera instancia se realizaron entrevistas telefónicas con los productores para conocer entre otras cosas, el grado de satisfacción del servicio, la utilidad y la percepción del ahorro por parte de los productores.

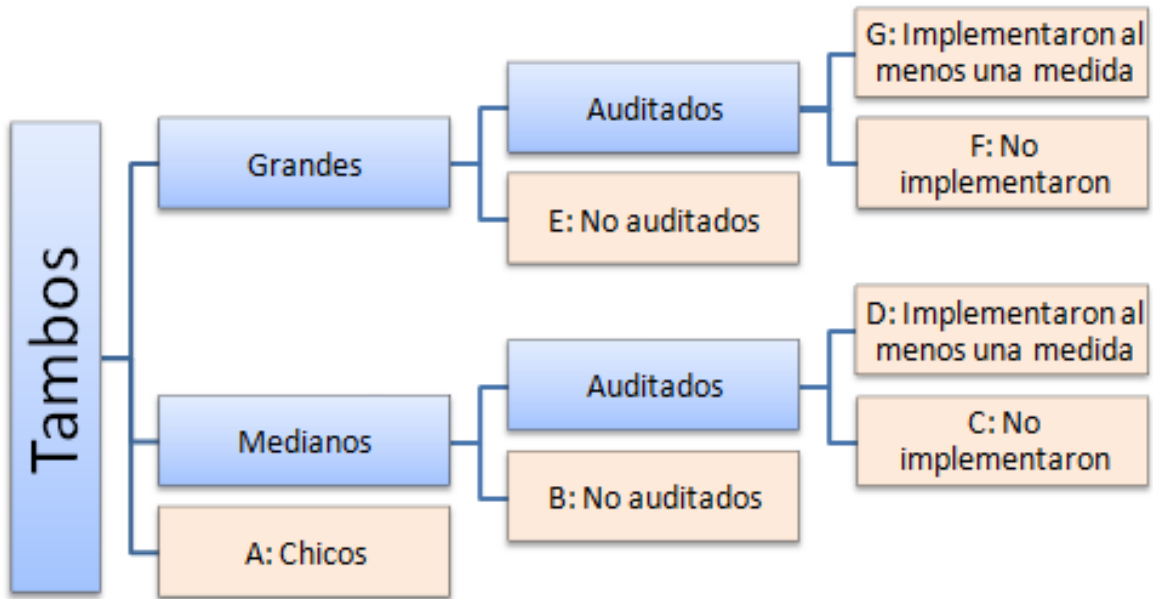


Figura 4: Grupos para el análisis de impacto.

Luego para obtener un nivel de confianza del 90 % y un intervalo de confianza del 10 % se conformaron las cantidades de productores por grupo. Estos valores se detallan en la tabla 9.

Productores	No auditados	Auditados	Total
Chicos	4	8	12
Medianos	13	22	35
Grandes	10	22	32
Total	27	52	79

Tabla 9: Muestra realizada en el análisis de impacto.

En la tabla 10 se detalla la cantidad de productores a analizar desagregando además entre aquellos que implementaron al menos una medida de eficiencia energética con aquellos que no realizaron ninguna medida luego de la auditoría.

Grupo	Nº encuestados
A:Pequeños	11
B: Medianos (No Auditados)	13
C: Medianos (Auditados – No implementaron)	14
D: Medianos (Auditados – Implementaron)	8
E: Grandes (No Auditados)	11
F: Grandes (Auditados – No implementaron)	13
G: Grandes (Auditados – Implementaron)	9

Tabla 10: Grupo de productores relevados.

Posteriormente al relevamiento telefónico se complementó el estudio analizando sus históricos de consumo de energía eléctrica, comparando en el caso de los productores que efectivamente implementaron medidas los períodos antes y después de realizadas estas medidas. El hito utilizado en aquellos productores que no realizaron implementaciones fue la fecha de realización de la auditoría energética. Para medir la evolución de la eficiencia energética se tomaron como variables relevantes la intensidad energética (kWh/1000lt), el costo eléctrico de producción (USD/1000lt) y el monómico de cada grupo (USD/kWh).

Evolución de los indicadores energéticos

A continuación se detalla un resumen de los indicadores energéticos obtenidos luego de procesar los datos fruto del relevamiento realizado sobre la muestra. En el caso de la intensidad energética y del costo eléctrico se consideró la mediana de la muestra, debido entre otras cosas a la gran dispersión de los resultados.

Escala	Evolución KWh/1000lt	
	Antes/Después (kWh/1000lt)	Diferencia (%)
Chicos	88-70	-20
Medianos	44-45	+3
Grandes	39-41	+6

Tabla 11: Intensidad energética obtenida de la muestra.

	Evolución USD/1000lt	
Escala	Antes/Después (USD/1000lt)	Diferencia (%)
Chicos	14,4-12,8	-11
Medianos	9-7,5	-21
Grandes	6,9-6,4	-7

Tabla 12: Costo de producción obtenido de la muestra

Respecto a los tambos grandes Se observa un leve aumento del 6 % en la intensidad energética (kWh/1000lt) y una reducción en el costo específico (USD/1000lt) del 7 %.

En el caso de los tambos medianos Se observa un leve aumento del 3 % en la intensidad energética (kWh/1000lt) y una reducción en el costo específico (USD/1000lt) del 21 %.

En los tambos que implementaron medidas de alto impacto, la intensidad energética se mantuvo constante (se evitó que suba el indicador, como ocurrió en el resto) Los tambos chicos presentan reducciones tanto en intensidad como en costo.

En los tambos grandes Se observa una reducción en el costo monómico de la energía en los que implementaron medidas del 6 % en promedio. Para los medianos se observa una reducción en el costo monómico de la energía en los que implementaron medidas del 10 % en promedio. Los tambos chicos en cambio experimentaron un aumento del 16 % en su monómico⁸.

Respecto a la evolución de la intensidad energética (kWh/1000lt), se obtuvieron resultados de difícil interpretación, con variaciones importantes entre los diferentes tambos, quizás explicadas por factores ajenos a la Eficiencia Energética y que influyen en el desempeño (clima, productividad del tambo, uso de riego, nivel de remisión, temperatura de entrega de la leche, aumento en la temperatura del agua de lavado, etc.)

Conclusiones

El Proyecto de Eficiencia Energética en establecimientos lecheros, logró realizar exitosamente 540 auditorías energéticas estandarizadas y de bajo costo a productores dispersos geográficamente en Uruguay. Se trata de un grupo de Pymes rurales, con escasa capacidad técnica en materia energética, por lo cual el aporte del proyecto fue percibido como muy satisfactorio y de alta relevancia para los productores, de acuerdo a las encuestas finales de evaluación realizadas.

El potencial de ahorro energético detectado ascendió en promedio a 651 kWh/mes, es decir 19 % del consumo. Considerando además, medidas de reducción del costo unitario de la energía, el potencial de baja de costos en promedio ascendió a USD 236/mes, es decir 38 % de los costos de energía eléctrica de los establecimientos.

La evaluación final del impacto del proyecto se realizó en base a una muestra estadística aleatoria que incluyó a 79 productores, segregados por tamaño y tomando también un grupo de control de tambos que no hubieran participado del proyecto. Dicha evaluación incluía encuestas telefónicas, y evaluación cuantitativa de los consumos históricos y post-proyecto.

⁸Todos los precios se encuentran referidos y actualizados al año 2016

Desde el punto de vista cualitativo, se halló que el 82 % de los participantes del proyecto quedó satisfecho o muy satisfecho, y 88 % implementó al menos 1 medida sugerida en el informe de auditoría energética. Asimismo, el 71 % indicó que tenía planes de implementar en el futuro otras recomendaciones.

Las medidas sugeridas más implementadas, fueran aquellas de baja inversión y muy rápido repago, que afectaban el costo unitario de la energía (cambios de tarifa, corrección de reactiva, timers en calefones, etc.). En cuanto a medidas de alto impacto (mayor inversión), se observó que solamente el 12 % de los tambos medianos y 21 % de los tambos grandes implementaron alguna medida de conservación de la energía de este tipo. Esto explica porque se obtuvieron muy buenos resultados en términos de baja de costos pero no tan evidentes en cuanto a la reducción de consumo de energía.

En cuanto al análisis cuantitativo, se midió la evolución de indicadores de desempeño energético.

Para los tambos grandes, se observa una reducción en el costo monómico de la energía en los que implementaron medidas del 6 % en promedio y una reducción en el costo específico (USD/1000lt) del 7 %. Para los tambos medianos, se observa una reducción en el costo monómico de la energía en los que implementaron medidas del 14 % en promedio. Se observa una reducción en el costo específico (USD/1000lt) del 21 %.

En cuanto a la evolución de la intensidad energética (kWh/1000lt), se obtuvieron resultados de difícil interpretación, con variaciones importantes entre los diferentes tambos, quizás explicadas por factores ajenos a la Eficiencia Energética y que influyan en el desempeño (clima, productividad del tambo, uso de riego, nivel de remisión, temperatura de entrega de la leche, aumento en la temperatura del agua de lavado, etc.).

En suma, el proyecto se considera muy exitoso en cuanto a la posibilidad de realizar auditorías energéticas estandarizadas y de bajo costo para PYMEs (Pequeña y Mediana Empresa), logrando un alto nivel de satisfacción e impacto en los participantes del proyecto.

Se observa también la alta incorporación de medidas de ahorro de energía de bajo nivel de inversión y rápido repago, y la baja incidencia en la implantación de medidas “duras” (alta inversión). Esto indica la necesidad de desarrollar instrumentos específicos para promover este tipo de inversiones para el mejor diseño de programas de este tipo que se desarrollen en el futuro.

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.