



ESTUDIO TÉCNICO
OPORTUNIDADES PARA
PROMOVER MEDIDAS
DE MEJORA EN LA
EFICIENCIA ENERGÉTICA
Y USO DE **ENERGÍAS**
RENOVABLES EN
PEQUEÑOS Y MEDIANOS

**ESTABLECIMIENTOS
LECHEROS EN URUGUAY**



Elaborado en base al informe de Consultoría de la
Ec. Rossana Gaudioso

MARZO 2011



Fondo Multilateral de Inversiones
Miembro del Grupo BID

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	3
2	LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA: UN OBJETIVO ESTRATÉGICO EN URUGUAY	4
3	LA LECHERÍA EN URUGUAY: UN SECTOR EN EXPANSIÓN	6
	3.1 Principales características	6
	3.2 Características socioeconómicas	8
4	EL CONSUMO Y USO DE ENERGÍA EN EL SECTOR LECHERO	10
	4.1 Consumo de energía del sector lechero	10
	4.2 Eficiencia en el uso de la energía y potencial de ahorro	17
	4.3 Relevamiento en el campo	20
5	CASOS DE ESTUDIO A NIVEL INTERNACIONAL	21
	5.1 El caso de Estados Unidos	22
	Auditorías energéticas	
	Autoevaluación	
	Otras herramientas	
	Medidas de mejora de la eficiencia energética en Estados Unidos	
	Asistencia financiera en Estados Unidos	
	5.2 El caso europeo.	25
	5.3 El caso de Nueva Zelanda	25
	Consumo de la energía por uso en establecimientos de Nueva Zelanda	
	Conclusiones técnicas del estudio en Nueva Zelanda	
	Aspectos a considerar en el diseño de un programa de eficiencia energética en el sector lechero	
6	ANTECEDENTES DISPONIBLES A NIVEL NACIONAL	28
	6.1 La experiencia piloto en el Tambo del Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía.	28
	6.1.1 Características del tambo y del proceso productivo	29
	6.1.2 Acciones de mejora de eficiencia energética	30
	6.1.3 Aspectos a mejorar dentro del tambo	32
	6.1.4 Medidas de eficiencia energética a estudiar	33
7	CONCLUSIONES DEL TRABAJO	34
	7.1 Principales problemas identificados en los establecimientos lecheros	34
	7.2 Principales limitaciones	35
	7.3 Estrategias de intervención	35
	7.3.1 Acciones	37
	7.3.1 Utilización de otras fuentes de energía	37



INTRODUCCIÓN

El presente estudio se enmarca dentro de las actividades de reparación de la Cooperación Técnica del FOMIN – UR-M1041 “Promoción de la mejora de la eficiencia y uso de energías renovables en pequeños y medianos establecimientos lecheros” que se prevé implementar a través de un acuerdo entre la Cooperativa Nacional de Productores de Leche, y el Fondo Multilateral de Inversiones (FOMIN) del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

El objetivo general del proyecto es testear un modelo de intervención que permita promover la incorporación de medidas de uso eficiente de la energía y el uso de energías renovables en pequeños y medianos establecimientos rurales. Para ello, se propone identificar e implementar un paquete de tecnologías factibles y rentables, acompañado de un modelo de gestión y financiamiento que facilite el acceso a estas tecnologías por parte de la población objetivo.

A partir de una revisión de los antecedentes disponibles a nivel internacional respecto al uso eficiente de energía en tambos, y el diagnóstico del sector lechero en Uruguay, se puede concluir que existen diversas alternativas de mejora de la eficiencia en el uso de la energía eléctrica en el interior de los establecimientos lecheros, la cual contribuirían a reducir el consumo de energía y mejorar su rentabilidad.

Entre los factores que usualmente explican la falta de adopción de mejoras prácticas de uso de la energía, se puede mencionar la falta de conocimiento de las opciones técnicas disponibles y de la viabilidad económica de las mismas, además de una falta de posibilidades de financiamiento para la implementación de las inversiones requeridas.

En el caso particular del sector agropecuario, la implementación de medidas de eficiencia energética constituye un gran desafío debido a que la decisión de inversión se encuentra atomizada en un gran número de actores: la dispersión de los establecimientos, su carácter de medianas y pequeñas empresas y la ausencia de empresas prestadoras de servicios de eficiencia energética capaces de realizar auditorías y brindar este tipo de asistencia técnica en zonas rurales.

En el caso específico de la fase primaria del sector lechero, se trata fundamentalmente de micro y pequeñas empresas, por lo que aún en el caso de que tuvieran acceso a la realización de auditorías o diagnósticos energéticos, su costo resultaría relativamente elevado para la escala de producción de estos establecimientos.



LAS ENERGÍAS RENOVABLES Y LA EFICIENCIA ENERGÉTICA: UN OBJETIVO ESTRATÉGICO EN URUGUAY



Uruguay no dispone de reservas de combustibles fósiles. La oferta primaria de energía se concentra en la importación de petróleo crudo, que se ubica en un 50% - 60% de la oferta en promedio. En segundo lugar se encuentra la oferta de energía hidroeléctrica, con una participación de entre un 25 y un 30% en la matriz energética nacional, dependiendo de la hidraulicidad anual. Esta participación es particularmente importante si se toma en cuenta que la mayoría de los proyectos hidroeléctricos cuentan con una escasa capacidad de embalse, y por ende escaso margen de regulación, lo cual implica una fuerte dependencia de la producción de energía a las condiciones hidrológicas.

En los últimos años se ha observado un aumento en la participación de la generación térmica, debido a la mala situación hidrológica, y al hecho que aún en condiciones climáticas normales, la capacidad de generación hidroeléctrica no alcanza para atender a la demanda creciente de energía eléctrica. Durante el año 2001, el 98% de la electricidad se generó a partir de hidroenergía, mientras que en 2008 representó tan sólo un 30%, con el consiguiente aumento en los costos de generación. Si se considera el crecimiento histórico de la demanda de energía eléctrica y se asume que esta tendencia se mantendrá en mediano y largo plazo, en la medida en que el potencial hidroeléctrico a gran escala se encuentre explotado en casi su totalidad, y en tanto el país no disponga de recursos fósiles, es esperable que se verifique un aumento en la participación de las importaciones de petróleo crudo para atender la demanda, con las consecuencias negativas tanto desde el punto de vista económico, fiscal y ambiental.

Según el . al Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2004¹, el sector energía concentra aproximadamente el 94% de las emisiones de CO₂.

A partir de esto se deduce la importancia de implementar medidas que permitan por una parte diversificar la matriz energética, a través de la incorporación de otras fuentes de energías renovables, y por otra parte la importancia de implementar medidas que permitan moderar el crecimiento de la demanda de energía.

¹ "Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero 2004", Unidad de Cambio Climático, Dirección Nacional de Medio Ambiente.

Según el . al
Inventario Nacional
de Gases de Efecto
Invernadero 2004,
el sector energía
concentra el



94%

de las emisiones de CO2





LA LECHERÍA EN URUGUAY: UN SECTOR EN EXPANSIÓN

3.1 PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS

- La lechería ocupa una superficie de 800.000 ha (4.5% de la superficie total del país). La producción lechera se concentra fundamentalmente en los departamentos del sur del país, particularmente San José, Florida y Colonia concentran el 84% de la producción nacional y el 55% del total de los establecimientos².
- La producción del sector lechero representa aproximadamente el 15% del PBI agropecuario.
- Si se considera el valor bruto de producción (VBP) de la agroindustria láctea en conjunto, en el año agrícola 2008 - 2009 éste representó 336 millones de dólares, y un total de 360 millones de dólares por exportaciones (7% del valor total de las exportaciones nacionales)³.
- Uruguay constituye el primer país exportador y consumidor de lácteos en América Latina, con un consumo promedio de 233 l/hab/año, y el país con mayor producción de leche por habitante en América, con un promedio de 490 l/hab/año⁴.



² Censo General Agropecuario 2000, Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca.

³ Anuario Estadístico Agropecuario 2010, MGAP-DIEA, 2010.

⁴ Complejo Lácteo, UDELAR-Facultad de Agronomía, Ciclo Introducción a la Realidad Agropecuaria, 2010.

Competitividad a nivel internacional⁵

Si se compara la “especialización exportadora” de la cadena lechera y su orientación de la lechería hacia el comercio exterior, con los países de la región y un país altamente especializado y competitivo como Nueva Zelanda:

Países	Argentina	Brasil	Uruguay	Chile	Nueva Zelanda
Especialización exportadora de la cadena lechera	26.3%	1%	58%	0.0%	75% ◀
Orientación lechera del comercio exterior	1.5%	0.1%	7.2%	0.3%	16.7% ◀

Uruguay presenta una especialización exportadora de la cadena lechera y una fuerte “vocación” que si bien es inferior a la de Nueva Zelanda, es igualmente destacada en la región. Esto supone que la preocupación de la industria uruguaya por la competitividad internacional, es necesariamente mayor que la de los exportadores de excedentes, y que toda medida que apunte a reducir costos unitarios de producción, es importante.

Crecimiento de la producción

La producción de leche experimentó un importante desarrollo durante los últimos 20 años, con un ritmo de crecimiento anual del 4.2%. Mientras que en el año agrícola 1988-1989 se registró una producción de 740 millones de litros, diez años después, en el año 2008-2009 se produjeron 1694 millones de litros⁶.

Este crecimiento en la producción ha estado asociado a un fuerte proceso de transformación de la fase primaria (pecuaria): un aumento en la productividad por hectárea y por vaca en ordeño como resultado de la intensificación de la producción y la incorporación de un importante cambio tecnológico. De acuerdo a la información disponible, durante el período 1998-2007, **la productividad por hectárea se incrementó en un 59%**⁷. En tanto que la producción por vaca masa⁸ aumentó, durante el mismo período, de 2134 l/vm a 4255 l/vm (3.5% anual).

Este proceso de crecimiento en la productividad no fue ajeno a la concentración de la producción y al aumento del tamaño promedio de establecimientos que se ha registrado en el resto del sector agropecuario en Uruguay. El número de productores se redujo en el mismo período de 6684 a 4507.⁹

La productividad por hectárea

se incrementó en un

59%

⁵ Fuente: WTO- COMTADE, 2006

⁶ Serie de Estadísticas del Sector Lácteo publicadas por MGAP-DIEA (www.mgap.gub.uy).

⁷ “Uruguay XXI Promoción de Inversiones y Exportaciones – Sector lácteo, Abril 2010

⁸ -Vaca masa (VM) es igual a la suma de vacas en ordeño, vacas secas y vaquillonas entoradas.

⁹ Serie de Estadísticas del Sector Lácteo publicadas por MGAP-DIEA (www.mgap.gub.uy).

3.2 CARACTERÍSTICAS SOCIOECONÓMICAS

Características socioeconómicas

Sin embargo, desde el punto de vista socioeconómico, el sector lechero presenta características particulares en relación a otros sectores de base agropecuaria¹⁰:

- ▲ Respecto al tamaño de los predios, el 32% de los establecimientos es menor a 50 ha, y únicamente el 6% de los establecimientos supera las 500 ha.¹¹
- ▲ Constituye un sector intensivo en mano de obra, con una ocupación promedio de una persona cada 53 ha, y predominio de la mano de obra familiar¹².
- ▲ El 84% de los productores reside en la propia explotación y el 50% de la mano de obra corresponde a trabajadores familiares, incluyendo al propio productor. Este porcentaje alcanza el 96% en el caso de predios menores a 50 ha, y va disminuyendo a medida que aumenta el tamaño del establecimiento.

↘ 84%
reside en la explotación

↘ 50%
de la mano de obra
corresponde a
trabajadores familiares

↘ 96%
en predios
menores a 50 ha

¹⁰ Informe Final Consultoría FAO – Sector Lácteo Uruguay, Miguel Sierra, 2009

¹¹ Anuario Estadístico Agropecuario 2010", MGAP-DIEA, 2010

¹² La Producción Lechera en el Uruguay – Año 2007", Serie Encuestas N° 278, MGAP-DIEA, Ago.2009.



A partir de los datos mencionados anteriormente es posible resaltar la importancia del sector lechero en la economía nacional, en la contribución al PBI, y su aporte social en función de la cantidad de puestos de trabajo que genera en el ámbito rural.



4

EL CONSUMO Y USO DE ENERGÍA EN EL SECTOR LECHERO

El Plan de Electrificación de la Cuenca Lechera del país, implementado durante la década del 80, tuvo un impacto significativo en la tecnología utilizada en los tambos. El cambio de la tecnología utilizada en los establecimientos y el consiguiente aumento de la utilización de maquinaria eléctrica, tuvo una gran repercusión en la productividad del sector, y también en el equipamiento de las viviendas de los productores, repercutiendo positivamente en su calidad de vida.

4.1 CONSUMO DE ENERGÍA DEL SECTOR LECHERO

De acuerdo a los resultados del *Estudio de Consumo y Usos de la Energía 2006*¹³, realizado por la Dirección Nacional de Energía (DNE), el consumo del sector lechero representa el 18% del consumo total de energía del sector agropecuario y el 42% del consumo de energía eléctrica del sector.

La información relevada corresponde a establecimientos para los cuales la lechería es el rubro principal de ingresos durante el año agrícola 2006-2007.

Las principales fuentes energéticas relevadas por la encuesta son las siguientes: Leña (LE); Residuos de Biomasa (RB); Solar (SO); Eólica (EO); Supergás (SG); Nafta (NF); Keroseno (KE); Gas Oil (GO); y Electricidad (EE).

Leña (LE)

Supergás (SG)

Residuos de

Nafta (NF)

Biomasa (RB)

Keroseno (KE)

Solar (SO)

Gas Oil (GO)

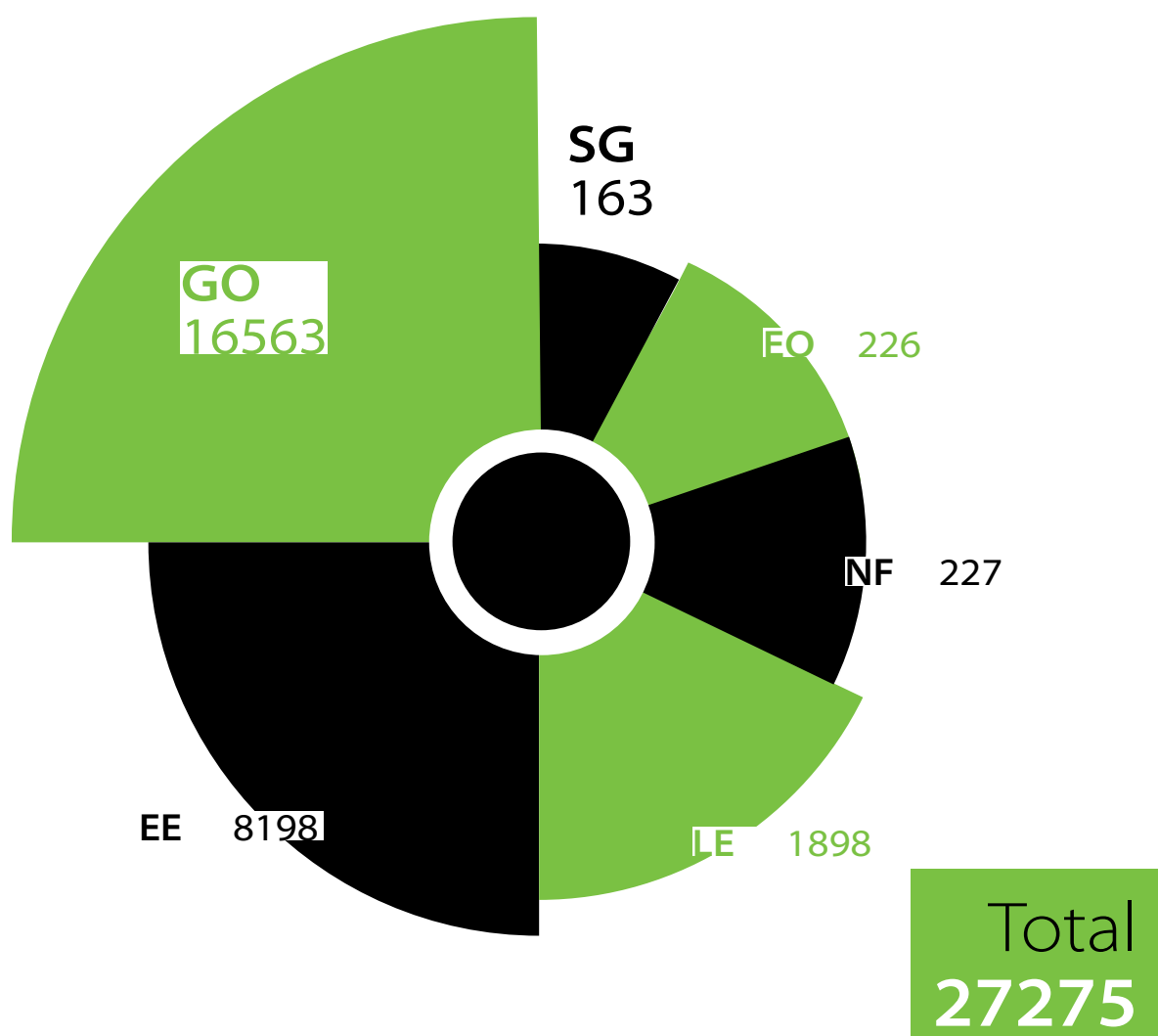
Eólica (EO)

Electricidad (EE)

¹³ "Estudios de base para el diseño de estrategias y políticas energéticas: relevamiento de consumos de energía sectoriales en términos de energía útil a nivel nacional", Dirección Nacional de Energía (2009).

Consumo de Energía Neta por Fuentes y Usos

Año Agrícola 2007 en tep



Usos de la energía relevados en el sector agropecuario:

- Iluminación**
- Calor** el consumo de energía en generación de calor utilizado para procesos tales como secado de granos, calderas, calefacción de ambientes, etc.
- Fuerza motriz móvil** corresponde principalmente al consumo de energía correspondiente a la maquinaria agrícola (tractores, cosechadoras, etc.).
- Fuerza motriz fija** recoge el consumo de motores para accionar maquinarias
- Frío de proceso** corresponde al consumo de energía de los tanques de frío para almacenamiento de la leche.
- Riego y bombeo de agua** incluye el consumo de energía correspondiente a los sistemas de riego, bombas de agua y otros líquidos.
- Viviendas colectivas** considera el consumo para usos residenciales del personal que trabaja en la explotación agropecuaria (cocción, calefacción, iluminación, entre otros).

Consumo de Energía Neta por Fuentes y Usos

Año Agrícola 2007 en tep



EE 445
Total 445

Iluminación



EE 6476
Total 6476

Frío de proceso



LE 1641
SG 63
Total 1703

Calor



EO 226
NF 9
GO 41
EE 716
Total 992

Riego y bombeo de agua



NF 15
GO 16389
Total 16404

Fuerza motriz móvil



LE 258
SG 100
EE 336
694 Total

Viviendas colectivas



NF 203
GO 133
EE 225
Total 561

Fuerza motriz fija

Fuente: "Estudio de consumo y usos de la energía 2006", DNETN (2009)

Nota: 1 tep (tonelada equivalente de petróleo) = 10.000.000 kcal

De acuerdo a los resultados de la encuesta:

La principal fuente de energía utilizada en el sector lechero es el **gas oil** que representa el 61% del consumo total de energía, con un consumo de 16563 tep (toneladas equivalentes de petróleo).

El 99% del consumo de gas oil es utilizado en el uso fuerza motriz móvil, fundamentalmente tractores, y el 1% restante se emplea para riego, bombeo de agua y en el uso de fuerza motriz fija.

La **energía eléctrica** representa la segunda fuente en importancia en el consumo total de energía del sector lechero, con una participación del 30%.

Diferentes usos de la energía en los establecimientos lecheros

Si se analizan los diferentes usos en los que se consume energía en el sector lechero, existen algunos en los que únicamente se utiliza electricidad, denominados también usos cautivos de la electricidad. Estos son la iluminación y el frío de proceso.

En otros usos existe competencia de fuentes, como en el calentamiento de agua, en que compiten electricidad, leña y supergás, o en los casos del riego y el bombeo de agua en los que compiten electricidad, energía eólica, nafta y gasoil.

Si se considera el consumo de energía correspondiente a las viviendas colectivas, el 48% concierne al consumo de energía eléctrica, el 37% al consumo de leña, y el 15% al consumo de supergás. Estas fuentes son utilizadas en usos como cocción, calentamiento de agua, calefacción, iluminación, etc.

De acuerdo a información aportada por los técnicos de Conaprole, el 50% del consumo de energía eléctrica de un tambo corresponde al consumo de los equipos de frío (frío de proceso). Lo sigue en importancia el consumo de energía de los equipos de ordeño, calentamiento de agua para lavado y bombas de agua e iluminación¹⁴.

Modalidad tarifaria contratada

Si se considera la estructura de suministros según categoría tarifaria, de acuerdo a la información aportada por UTE, el 49% de los suministros tiene contratada tarifa residencial, el 27% tarifa general y el 24% tarifa de medianos consumidores.

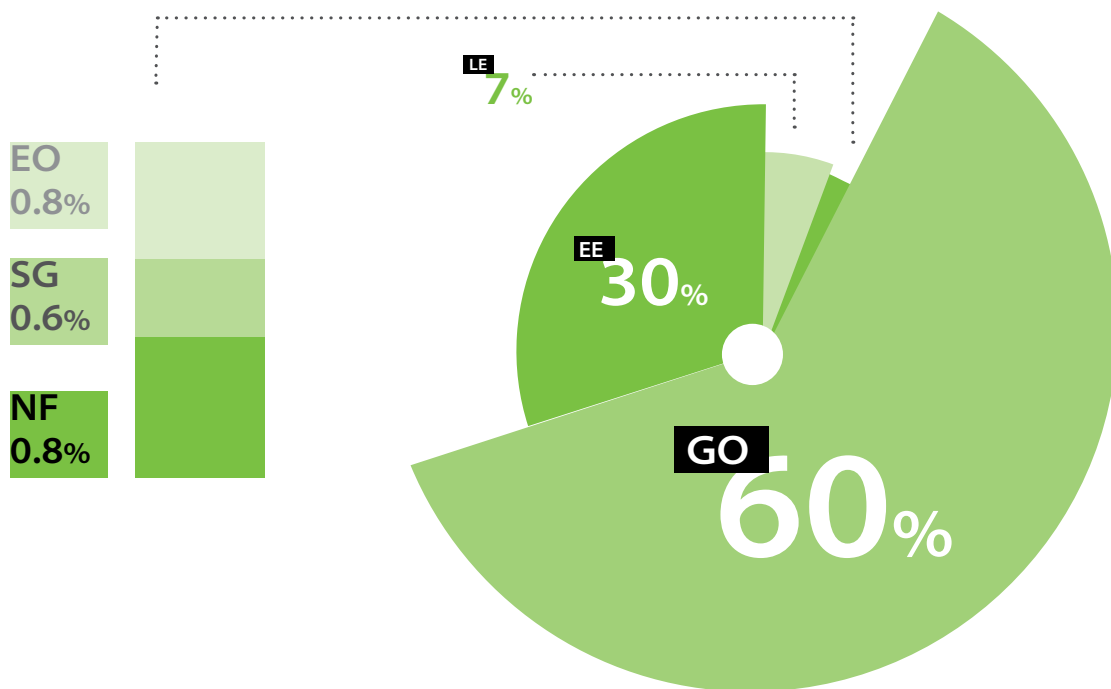
Por las características del proceso productivo del sector lechero, el consumo de energía eléctrica se concentra en las horas del día fuera del horario de punta del sistema, por lo que resulta conveniente la contratación de modalidades tarifarias tales como la tarifa doble horario o medianos consumidores, dependiendo del tamaño de la explotación. Este tipo de tarifas diferencian el precio por kWh de acuerdo al horario de consumo, de forma tal que el precio por kWh es más barato en los horarios fuera de la punta del sistema, y más caro en el horario de punta.

Si se considera que un 49% de los establecimientos tienen actualmente contratada tarifa eléctrica residencial, es posible concluir que existe una oportunidad de reducir el costo del consumo de energía eléctrica a través de un cambio en la modalidad tarifaria contratada, sin la necesidad de realizar inversiones adicionales.

Al tomar en cuenta la estructura de consumo eléctrico por tipo de tarifa, se observa que los suministros que tienen contratada tarifa de medianos consumidores (24% del total de suministros), representan el 51% del consumo de energía eléctrica del sector. En tanto, los suministros que tienen contratada tarifa residencial, representan el 31% del total y el 10% del consumo de energía eléctrica del sector lechero.

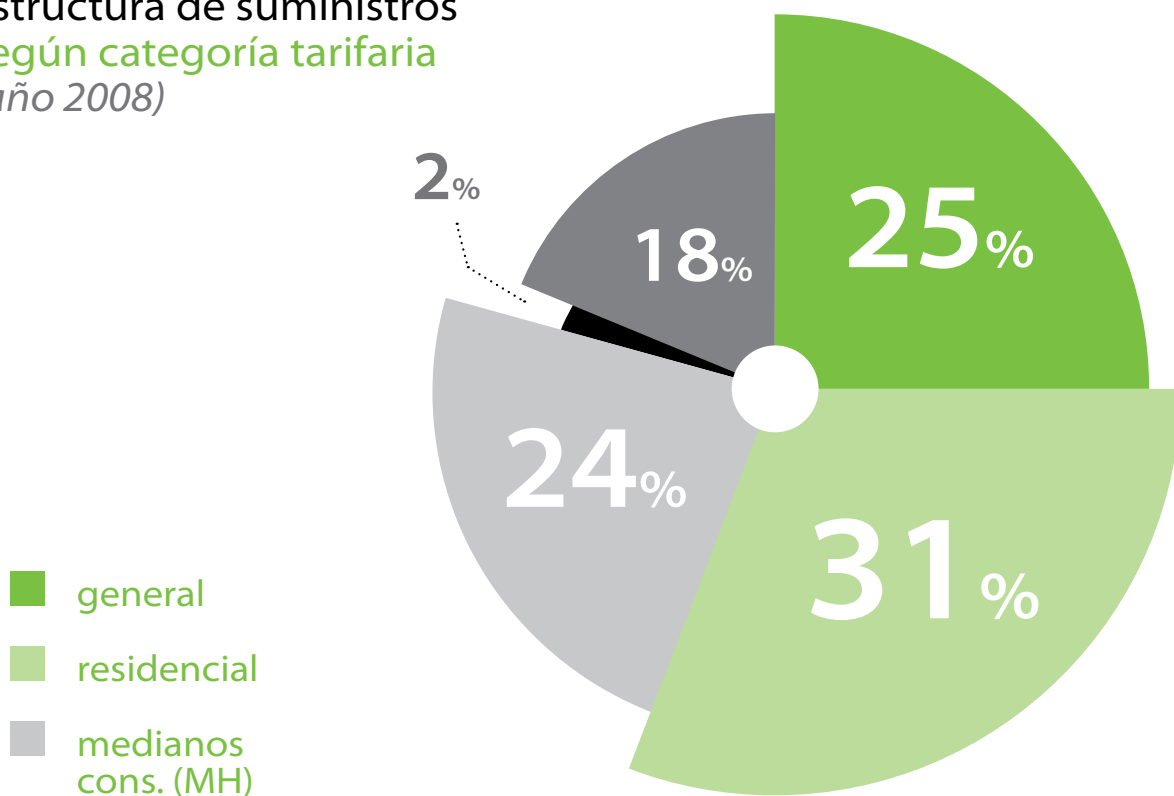
¹⁴ *Cómo mejorar el uso de energía eléctrica en los tambos, Enrique Malcuori*

Participación de las Fuentes en el Consumo de Energía Neta (%)



(%) Participación de las Fuentes en el Consumo de Energía Neta
Fuente: "Estudio de consumo y usos de la energía", DNE (2009)

Estructura de suministros según categoría tarifaria (año 2008)



Fuente: elaboración propia en base a información de UTE.
Notas: MH: medianos consumidores; DH tarifa doble horario.

Instalaciones trifásicas

De acuerdo a la información relevada durante la realización del trabajo de campo, una de las dificultades indicadas por los productores es lo limitante que resulta para el crecimiento de la producción la falta de acceso a instalaciones trifásicas. A efectos de evaluar su alcance, se analizó la estructura de establecimientos de acuerdo a la potencia contratada, según se indica en el siguiente cuadro:

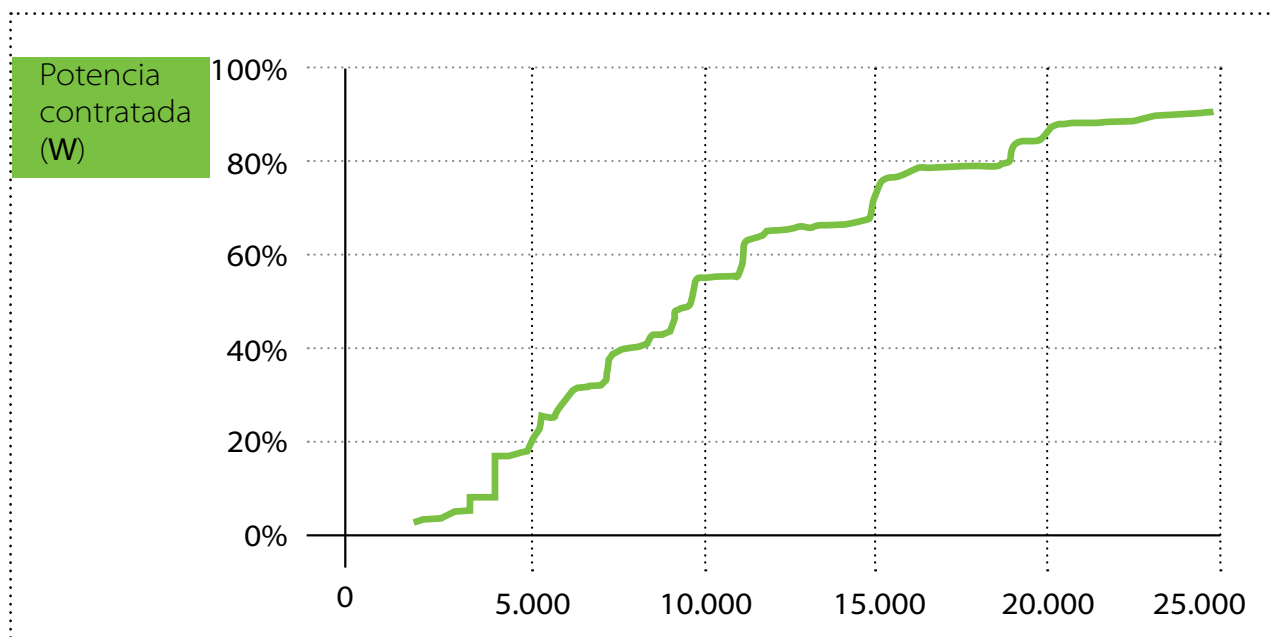
Establecimientos según potencia contratada			
	Potencia Contratada (kW)	No. Establecimientos	En %
Monofásica	Pot. ≤ 2.3	59	2.8%
	$2.3 < \text{Pot.} \leq 3.7$	41	1.9%
	$3.7 < \text{Pot.} \leq 4.6$	254	11.9%
	$4.6 < \text{Pot.} \leq 7.4$	332	15.5%
	$7.4 < \text{Pot.} \leq 9.2$	220	10.3%
	$9.2 < \text{Pot.} \leq 11.5$	413	19.3%
	$11.5 < \text{Pot.} \leq 14.5$	80	3.7%
Trifásica	Pot. > 14.5	744	34.7%
		2143	100.0%

Fuente: UTE

Sobre un total de 2143 establecimientos lecheros, el 69% tiene una potencia contratada menor a 14.5 kW, siendo este el límite de la instalación trifásica.

Existe un rango entre 11.5 kW y 14.5 kW donde eventualmente la potencia contratada puede ser monofásica o trifásica. No obstante, estos establecimientos representan tan solo el 3.7% del total, por lo que no modifican sustancialmente los resultados.





De acuerdo a la información aportada por UTE, en algunas zonas rurales en las que el cliente se alimenta desde la red de media tensión (MT) del tipo “Monofásico Retorno por Tierra” (MRT), con transformador exclusivo, se puede brindar suministros monofásicos de 11,5 y 14,5 kW. En redes normales (no MRT) el límite de servicios monofásicos es 9,2kW. Por lo tanto, en zonas rurales en MRT se permite aumentar la potencia monofásica a contratar hasta 14,5kW.

En redes normales (trifásica en media tensión) se puede conectar hasta 9,2 kW monofásico y luego pasar a 12 kW trifásico. Si la red de media tensión es MRT sólo se puede conectar hasta 14,5 kW monofásico. No es posible conectar trifásico en redes de MRT.

GEI en el sector lechero

En el caso particular del sector lechero, de acuerdo a estos resultados, la producción de lácteos fue responsable por la emisión de 1,7 Teragramos de CO₂ eq, equivalente a 1.2 kg CO₂ eq por litro de leche. Si bien este valor es relativamente bajo, representa casi el doble de los valores observados en los países más industrializados. Por otra parte, la creciente utilización de lagunas anaerobias para el tratamiento de efluentes de los tambos, fuente de emisiones de metano, determina una tendencia al aumento de las emisiones de GEI asociadas a la producción de leche.

A este respecto, la problemática ambiental vinculada al manejo de los efluentes y los problemas de contaminación de los cursos de agua que genera, constituyen un tema de creciente preocupación a nivel nacional. Por lo tanto, la posibilidad de implementar alguna experiencia piloto de aprovechamiento de biogás permitiría evaluar su factibilidad de implementación y su contribución como alternativa de manejo de efluentes. En la medida en que la industria láctea constituya una industria exportadora, es importante considerar que, en una perspectiva a largo plazo, el nivel de emisiones de GEI asociado a la producción, podría llegar a constituir una barrera no arancelaria, por lo que es fundamental iniciar acciones que contribuyan a reducir el nivel de emisiones asociado a la producción.

1.2kg CO₂ es fundamental
reducir el nivel de emisiones de GEI
por litro de leche producido



4.2 EFICIENCIA EN EL USO DE LA ENERGÍA Y POTENCIAL DE AHORRO

La lechería uruguaya es competitiva a nivel mundial, basándose en gran parte la competitividad en la fase primaria de la cadena. El costo promedio por litro de leche es de US\$ 0,25. Este costo es aún mayor en los productores más pequeños, que presentan dificultades para acceder a algunas tecnologías.

13%

Costo de producción promedio

por litro de leche es la

energía



De acuerdo a la información proporcionada por el Instituto Nacional de Leche (INALE), el 13% del costo de producción promedio por litro de leche corresponde al costo de energía. El 9% de esa energía corresponde al costo de combustible (gas oil o diesel oil), seguido en importancia por la energía eléctrica. La incidencia del costo de energía en los costos de producción de los establecimientos evidencia la importancia que presenta para el sector la implementación de acciones que contribuyan a reducir el consumo de energía.

A pesar que la energía eléctrica no es la principal fuente energética en lechería, es destacable que el grueso de las técnicas incorporadas en los últimos años, orientadas a mejorar la calidad e inocuidad del producto, y las condiciones de vida y trabajo de los productores, se basan en el consumo de esa fuente.

Según estimaciones de los técnicos de CONAPROLE y R. Gaudioso (2011), el consumo promedio de energía eléctrica es de 60 kWh por cada 100 litros de leche, para una superficie promedio de un tambo de 178 ha, una dotación de 61 vacas en ordeño (sobre un total de 87 vacas) y una producción de 16.9 l diarios por vaca en ordeño (1031 l/día). Tres veces superior a los valores que se registran por ejemplo en Santa Fé, Argentina, para un tambo de 100 vacas y un promedio de producción de 2000 litros de leche por día.

Consumo promedio por

cada 100 litros de leche

Uruguay: 60 kWh

Argentina: 20 kWh

Entre las posibles causas de estas brechas se han identificado: la masiva incorporación, de equipos con altos consumos eléctricos durante los últimos 20 años, las redes eléctricas que ingresan a los tambos en general son las mismas que fueran dimensionadas e instaladas en el marco del Plan de Electrificación en los años 80s, escasez de personas idóneas en electricidad en el medio rural, que ha llevado a que en gran cantidad de tambos el estado de las conexiones eléctricas no sea el mejor. Este hecho implica ineficiencias en el consumo eléctrico y posibles riesgos para los trabajadores, los tamberos y sus familias.

En gran parte de los tambos se detecta la existencia de malas conexiones eléctricas, vinculadas al aumento de la capacidad de enfriamiento y a la falta de nuevas inversiones. Cargas inadecuadas, inversiones mal realizadas, inexistencia de instalaciones trifásica, bombas con pérdidas, mala ubicación y aislamiento de los tanques de frío (por ejemplo, ubicados en galpones muy calurosos con problemas de aislación térmica) o, y la existencia de tanques de frío antiguos son algunas de las fallas que pueden presentar peligros en las instalaciones eléctricas de los establecimientos.

Por lo tanto, es posible concluir que existe una potencial reducción del consumo de energía eléctrica a través de mejoras en la eficiencia en el uso de la energía. En base al Estudio de consumo y uso de la energía, se estima que el potencial de ahorro de electricidad en el sector lechero sería del 22% del consumo total anual de electricidad.

La fase de recolección de leche.

Por otra parte, el análisis del consumo y uso de energía en el sector, junto a análisis desarrollados a nivel de campo, permitieron constatar un hecho llamativo: el combustible (diesel oil) para mover máquinas agrícolas fue tradicionalmente un componente relevante del costo de producción en lechería (fase primaria), a pesar que este sigue siendo importante, cambios en la tecnología y el contexto han producido una modificación relevante en la composición de costos, que resulta de sumo interés y abre nuevas perspectivas de mejora de la competitividad. Estos cambios son: (i) la incorporación de la siembra directa – sin movimiento de suelo –, que reduce el consumo de combustible; y (ii) el aumento sostenido de la producción de leche, que significa un aumento de producción en los camiones cisterna.

Eso ha conducido a que el consumo de diesel oil en la recolección de leche fluída sea más importante que el consumido en la producción misma. En este proceso de recolección de leche, a su vez, se puede producir una mejora en la eficiencia en el consumo de energía, dado el tipo de falla detectado.

Esta se deriva de la insuficiente capacidad de almacenaje de los tanques de frío en algunos establecimientos, lo que provoca que los camiones deban recoger la leche con mayor frecuencia a la requerida. Mientras que los tanques pueden en general almacenar la leche obtenida en 48 horas, en muchos establecimientos se verifica la necesidad de recolección a diario, hasta dos veces por día. La falta de racionalización del sistema de recolección trae como consecuencia un consumo de gasoil muy superior al necesario para la recolección de la producción, lo cual determina un encarecimiento del costo de recolección que se ve reflejado en el precio final de la leche que percibe el productor.

El origen de este problema en la gran diversidad de tamaños de tanques de enfriamiento de leche en los predios. Por más que la leche puede permanecer hasta 48 horas en los tanques de frío, resulta imposible racionalizar los recorridos debido a la gran variedad de tamaños (o capacidades) de los mismos.

La sustitución de tanques de frío de menor tamaño por otros de mayor tamaño, implica que el productor tenga que hacer una inversión, que probablemente no resulte prioritaria en la medida que no todos los beneficios de la misma resultan apropiables, lo que genera una ineficiencia en el sistema de recolección. Esto es una diferencia de lo que sucede en otras partes del mundo donde el tanque es propiedad de la empresa láctea.

Según técnicos del sector, dada la gran cantidad de remitentes a **CONAPROLE**, la sustitución de aproximadamente un 20% de los tanques de recolección de leche existentes (y una posterior redistribución del resto de los tanques), podría ser suficiente para reducir de forma importante el consumo de gasoil en esta etapa, lo que repercutiría directamente en una mejora de rentabilidad de los productores.

Una mejora en la eficiencia en la recolección se trasladará a los precios de la leche, pero también mejora el ingreso de CONAPROLE, de la empresa de energía eléctrica UTE, y de la sociedad en su conjunto, ya que estos tienen impacto a nivel: (i) ambiental, al reducirse la emisión de CO₂; (ii) las condiciones de vida de la población rural y las finanzas públicas sub-nacionales, al reducirse el deterioro de la red de caminería secundaria; y (iii) sobre las finanzas públicas del gobierno nacional, dada la priorización de inversiones a nivel nacional y sub-nacional, y la reducción de los subsidios aplicados a ciertas formas de energía.

La existencia de beneficios no apropiables y la necesidad de lograr adhesión de los productores, podría motivar a la cooperativa a instrumentar incentivos adicionales a quienes amplíen sus tanques, que hagan que las inversiones resulten rentables en términos privados.



4.3 RELEVAMIENTO EN EL CAMPO

A efectos de evaluar la situación del sector lechero en Uruguay, se realizaron diversas entrevistas a productores lecheros representativos de los distintos tamaños y condiciones de producción, arribándose a las siguientes conclusiones

- ▲ **Necesidad de aumentar la potencia contratada** - La mayoría de los establecimientos disponen de instalación monofásica. Un problema que surge en forma reiterada es la necesidad de instalar trifásica y aumentar la potencia contratada. Pero el alto costo de inversión que representa el pasaje a trifásica es una barrera para el desarrollo del sector.
- ▲ **Problemas de calidad del servicio de energía eléctrica** - Frecuentes cortes de energía eléctrica y disminución del nivel de tensión.
- ▲ **Modalidad tarifaria contratada** - Las tarifas contratadas son residencial y doble horario residencial. En los establecimientos más grandes, la tarifa contratada corresponde a medianos consumidores. Por las características del consumo de los establecimientos lecheros, las tarifas más convenientes son las tarifas doble horario.
- ▲ **Eficiencia en el uso de energía** - Se identificaron ineficiencias en el uso de equipos. En particular se observaron algunos problemas en la capacidad de los tanques de frío, que dan lugar a que el equipo esté sobreexigido, lo que redundaría en un mal funcionamiento de éste y en un aumento del consumo de energía. En algunos casos este hecho determina que la leche no alcance la temperatura de frío exigida por la industria, lo que implica problemas de calidad de la producción que se ven reflejados en el precio final que percibe el productor.
- ▲ **Equipos de frío** - Es importante mencionar que el precio de la leche se fija en términos de kg de grasa y proteína, por lo que la calidad constituye un factor esencial en la formación del precio. Un aumento en la capacidad de los tanques de frío permitiría que la recolección se realizara día por medio, reduciendo así el consumo de gasoil. No obstante, según fuera señalado anteriormente, esto requeriría aumentar la potencia contratada de los establecimientos y eventualmente la instalación de redes trifásica, por lo que resulta necesario hacer una evaluación de su viabilidad económica en el marco de una política de desarrollo sectorial.
- ▲ Otro de los problemas detectados respecto a las instalaciones, son las **malas condiciones de aislación de los equipos de frío**.
- ▲ En la mayoría de los casos no se identificó consumo de energía eléctrica para calentamiento de agua. Por lo que **es posible que el lavado se realice con agua fría**, lo que repercute en la calidad de la leche con el consiguiente impacto sobre su precio de venta a la industria y la rentabilidad del establecimiento.
- ▲ **Manejo de efluentes** - Una de las prácticas identificadas es el uso de piletas de decantación. Una vez que se llenan estas piletas, los sólidos se envían al campo como abono, mediante el uso de bombas de sólidos. Si estas piletas no están bien selladas existe el riesgo de contaminación de los cursos de agua.
- ▲ **Acciones de eficiencia energética** - Únicamente en uno de los establecimientos relevados se identificaron acciones de este tipo. En este caso se trata de un tambo grande, con conexión trifásica y 15 kW de potencia contratada. Además, este establecimiento cuenta con preenfriador de placas para la reducción de la temperatura de ingreso de la leche al tanque de frío; el equipo permite reducir la temperatura de 38°, a la salida de la máquina de ordeño, a 28°, a la entrada del tanque de frío. Asimismo, se identificó el uso de recuperador de calor del compresor, que se utiliza para precalentamiento del agua que ingresa a los calefones.



5

CASOS DE ESTUDIO A NIVEL INTERNACIONAL

La energía constituye un insumo imprescindible para cualquier explotación agropecuaria. Dado que en general tiene un costo significativo, es importante poder conocer cómo es consumida en los procesos productivos, cómo incide en el costo de producción, cómo se compara respecto a otras instalaciones similares y las posibles mejoras a realizar para disminuir el consumo energético y su costo asociado.

En general, a efectos de una utilización más eficiente de la energía es conveniente adoptar las siguientes acciones:

- ▲ **Realizar un estudio** o auditoría energética que permita identificar oportunidades de reducción del consumo de energía y los costos asociados;
- ▲ **Analizar la posibilidad de cambios** en el funcionamiento del establecimiento que puedan redundar en un menor consumo de energía (medidas de conservación de la energía);
- ▲ **Implementar medidas de eficiencia energética** propiamente dichas que permitan satisfacer las mismas necesidades utilizando menos energía, por ejemplo, mediante el uso de equipos más eficientes;
- ▲ **Considerar la posibilidad** de administrar las horas de uso de los equipos de forma de consumir energía, fundamentalmente en los horarios en que la tarifa eléctrica sea menor (tarifas multihorario);
- ▲ **Considerar la posibilidad** de utilizar fuentes renovables como energía eólica, solar, biogás, etc.

Es importante tener en cuenta que la eficiencia energética no siempre implica un cambio tecnológico; en muchos casos la introducción de una correcta gestión de los sistemas de producción resulta en importantes ahorros de energía.

Auditoria energética

Es una herramienta que permite estimar cuánta energía, diferenciada por fuente energética, se consume en cada etapa del proceso productivo. Además, permite estimar el cálculo de indicadores energéticos y los costos energéticos de cada etapa.

Posteriormente se determina qué acciones deberán llevarse a cabo para mejorar la forma en que se consume la energía, sin afectar la producción, a fin de disminuir los costos de producción.

Se deberá realizar una evaluación técnico-económica de las posibles medidas de ahorro de energía a efectos de poder determinar la viabilidad y el orden de prioridad de las mismas.

Cabe resaltar que la adopción de medidas de eficiencia energética redunda en beneficios económicos, tecnológicos y ambientales.

Costos de medidas de ahorro energético

Existen medidas que se pueden aplicar sin que signifique un costo para el productor, otras de costo reducido y otras de costos más importantes. Es por esto que en muchos países se dispone de financiamiento y/o subvenciones estatales o de las empresas energéticas para poder aplicar las medidas de ahorro de energía.

A continuación se presentan los principales antecedentes y experiencias relevadas a nivel internacional sobre la aplicación de programas de mejora de eficiencia energética en el sector lechero, y los principales aspectos relacionados con el consumo de energía y la eficiencia energética en el sector de acuerdo a la experiencia internacional.

5.1 EL CASO DE ESTADOS UNIDOS

De acuerdo al Innovation Center for US Dairy (<http://www.usdairy.com/Pages/Home.aspx>), los productores de Estados Unidos utilizan en promedio 504 kWh/vaca por año, correspondiendo un 26% del consumo a enfriamiento, 24% a ventilación, 18% al ordeño, 17% a iluminación, 5% a calentamiento de agua y el 10% restante a otros usos.

▲ Auditorías energéticas

En Estados Unidos las auditorías energéticas generalmente son realizadas por técnicos de la empresa eléctrica o consultores independientes avalados.

Un experto realiza un relevamiento exhaustivo de las actividades del tambo a efectos de identificar los consumos de energía en los diferentes usos y equipos (características de los equipos utilizados y de su forma de utilización, consumos de energía, características de la actividad y de las edificaciones, etc.). A posteriori, se informa al interesado de las posibles modificaciones en procedimientos y/o tecnologías que pueden reducir el consumo de energía, destacando las que producirían un mayor ahorro.

En los Estados Unidos el costo de la auditoría a un establecimiento de producción lechera (la cual puede llevar de 1 a 3 horas a un profesional entrenado), varía entre 1250 y 3500 dólares.

Las oportunidades de ahorro de energía identificadas en general varían de 10 a 35%, con períodos de repago de entre 1 y 5 años, dependiendo de los incentivos, el tipo de financiamiento, y el tipo de mejora.

Ventajas y desventajas de la auditoría energética

Las auditorías energéticas tienen la ventaja de que al ser realizadas por especialistas y a medida de cada establecimiento, se puede obtener información muy completa sobre los consumos de energía y las posibilidades de ahorro con mayor retorno. Por otro lado, tienen la desventaja de ser más costosas que la autoevaluación. No obstante, muchas empresas eléctricas las realizan en forma gratuita o cobran sólo un pequeño porcentaje del costo a efectos de comprometer al cliente, como parte de sus programas de eficiencia energética.

▲ Autoevaluación

En el caso de la autoevaluación, el propio interesado puede realizar una evaluación de la forma en que se consume la energía en su establecimiento, y determinar oportunidades de ahorro.

Aunque la autoevaluación no sea tan exhaustiva o precisa como una auditoría energética, permite conocer la energía consumida en las distintas actividades, y realizar la comparación con consumos estándares de procedimientos y/o equipos eficientes.

Existen al menos dos formas que facilitan la recopilación de la información necesaria para realizar la autoevaluación. Ambas se encuentran generalmente disponibles en Internet.

Planillas electrónicas de relevamiento de consumo de energía

Contienen un listado de equipos utilizados comúnmente en los establecimientos así como sus consumos típicos. El usuario debe ingresar en la planilla una serie de datos (horas de uso de los equipos, cantidad de equipos, etc.) a partir de los cuales se estiman los consumos de energía de los distintos equipos y se pueden detectar los puntos críticos.

Calculadoras de consumos energéticos

constituyen herramientas para ayudar al interesado a realizar la autoevaluación de los consumos energéticos del establecimiento. Generalmente incluyen consejos sobre cuánta energía puede ahorrarse con la implementación de diferentes prácticas o tecnologías.

Ventajas y desventajas de la autoevaluación

La principal ventaja de la autoevaluación es su bajo costo. Las desventajas son: la falta de asesoramiento directo de un experto en el tema, que las planillas o calculadoras no son hechas a medida para un establecimiento dado, y el tiempo de realización.

▲ Otras herramientas

Además de publicaciones completas y detalladas (manuales) con recomendaciones sobre medidas de eficiencia energética aplicables a la actividad de producción lechera, se pueden encontrar en línea listados de preguntas (checklists) relativos a las diferentes actividades del tambo a efectos de que el propio interesado pueda determinar los puntos clave en que se podría ahorrar energía y cómo lograrlo.

Existen asimismo publicaciones de índices de utilización de energía a nivel global para las principales actividades desarrolladas en el tambo (Energy Utilization Index – EUI), a efectos de poder realizar comparaciones y establecer benchmarks de eficiencia.

▲ Medidas de mejora de la eficiencia energética en Estados Unidos

Según el Innovation Center for US Dairy, las medidas de eficiencia energética más comunes en tambos son las siguientes:

- ▲ incorporación de dispositivos de variación de velocidad en las bombas de vacío,
- ▲ incorporación de preenfriadores de placas,
- ▲ utilización de iluminación eficiente,
- ▲ recuperación de calor del proceso de refrigeración.

Existen innumerables organismos estatales y privados de Estados Unidos que publican recomendaciones a productores rurales y específicamente a productores lecheros sobre medidas de eficiencia energética aplicables en sus establecimientos.

El Minnesota Project dispone de un documento con recomendaciones dirigidas a productores rurales a efectos de mejorar la eficiencia energética en sus establecimientos. Se presentan por un lado las medidas relativas al mantenimiento preventivo y/o medidas de eficiencia de bajo costo, pasibles de ser aplicadas casi en forma inmediata por el productor. Por otro lado, se presentan medidas que implican una mejora tecnológica y una mayor inversión.

▲ Medidas de mejora de la eficiencia energética en Estados Unidos

Según el **Innovation Center for US Dairy**, las medidas de eficiencia energética más comunes en tambos son las siguientes:

- ▲ incorporación de dispositivos de variación de velocidad en las bombas de vacío,
- ▲ incorporación de preenfriadores de placas,
- ▲ utilización de iluminación eficiente,
- ▲ recuperación de calor del proceso de refrigeración.

Existen innumerables organismos estatales y privados de Estados Unidos que publican recomendaciones a productores rurales y específicamente a productores lecheros sobre medidas de eficiencia energética aplicables en sus establecimientos.

El Minnesota Project dispone de un documento con recomendaciones dirigidas a productores rurales a efectos de mejorar la eficiencia energética en sus establecimientos. Se presentan por un lado las medidas relativas al mantenimiento preventivo y/o medidas de eficiencia de bajo costo, pasibles de ser aplicadas casi en forma inmediata por el productor. Por otro lado, se presentan medidas que implican una mejora tecnológica y una mayor inversión.

▲ Asistencia financiera en Estados Unidos

El programa **United States Department of Agriculture - Rural Energy for America Program (USDA-REAP)** brinda incentivos para la compra de equipos más eficientes, tales como préstamos o reintegros, y asistencia para el desarrollo de energías renovables.

Los fondos están dirigidos a proyectos de eficiencia energética de productores cuyos ingresos provengan mayoritariamente de la actividad agropecuaria y que necesiten financiamiento. Los proyectos deben ser técnicamente factibles, de propiedad del interesado y estar ubicados en áreas rurales. En el caso de auditorías energéticas, los beneficiarios deben pagar por lo menos el 25% del costo de las mismas.

A su vez, gran parte de las empresas eléctricas disponen de fondos para programas de eficiencia energética y ofrecen dinero para mejoras de eficiencia fundamentalmente en forma de subvenciones, descuentos o préstamos a bajo interés.

En Estados Unidos existe una base de datos denominada **Database for State Incentives for Renewables and Efficiency (DSIRE)** en línea, donde se puede encontrar un listado de incentivos disponibles a nivel federal y a nivel de los diferentes estados, e inclusive de empresas eléctricas.

Existen asimismo asociaciones público-privadas que manejan fondos para identificar e implementar proyectos de eficiencia energética y energías renovables.

Muchas veces las empresas eléctricas otorgan mayores incentivos para la sustitución de equipos menos eficientes por más eficientes que para la instalación de nuevos equipos. En general reembolsan parte de la inversión de acuerdo a criterios como la potencia, la eficiencia o la energía ahorrada.

En Estados Unidos

25%

de las auditorías energéticas

deben ser pagados por los beneficiarios



5.2 EL CASO EUROPEO

Según el **European Dairy Energy Website** (<http://dairyenergy.eu/>), el consumo medio de electricidad en las explotaciones lecheras varía entre 400 a 1200 kWh/vaca por año, o de 4 a 12 kWh/100 l de leche.

En este sitio se recomienda llevar una “contabilidad energética”, anotando mensualmente el consumo de los contadores (kWh y también kW), separando el consumo de uso doméstico del productivo, y en lo posible también disgregando el consumo para calefacción y para calentamiento de agua. En este mismo sitio, mediante la utilización de calculadoras, se calculan valores que pueden ser comparados con valores estándar.

En este enlace también se pueden encontrar varias recordaciones (en español) para el uso eficiente de la energía en tambos.

5.3 EL CASO DE NUEVA ZELANDA

Nueva Zelanda es un país que presenta muchas similitudes con Uruguay: dimensión territorial y demográfica, estructura productiva, tecnología y apuesta al comercio agrícola. Al igual que en nuestro país, en Nueva Zelanda el sector lácteo es uno de los principales y posee un fuerte perfil exportador, más de un 60% de la producción lechera se vende al exterior. Por lo mencionado anteriormente podría tomarse la experiencia de este país como modelo viable a implementar en Uruguay.

Durante el 2006 el New Zealand Center for Advanced Engineering (CAENZ) realizó un proyecto sobre eficiencia energética en tambos. El CAENZ realizó el monitoreo en tiempo real de 5 tambos de Nueva Zelanda a efectos de estudiar la implementación de medidas de eficiencia energética, analizar su repercusión en los costos de producción y divulgar los resultados obtenidos para que sirvieran de base a las decisiones de inversión de los productores .

.....
Las acciones llevadas a cabo, con la colaboración de las partes interesadas, comprendieron:

- ▲ identificación, análisis e instalación de tecnologías y medidas de eficiencia,
 - ▲ desarrollo e implementación de sistemas de monitoreo y de información en red,
 - ▲ trabajo con proveedores de equipos para optimizar los sistemas aplicados,
 - ▲ consolidación y difusión de los conocimientos adquiridos para conformar una herramienta apropiada para las necesidades diarias de los tamberos.
-

El estudio ofrece una cobertura de las oportunidades de mejora de la eficiencia energética al interior del tambo, ofreciendo información técnica de utilidad para que los productores puedan tomar decisiones fundadas respecto al uso de la energía en el establecimiento y de utilidad para diseñadores y proveedores de equipos.

Se identificaron varios factores que influyen en el uso de energía en el tambo, en particular la cantidad de vacas, el diseño y capacidad del equipo de ordeño y la forma de utilización de los equipos.

▲ Consumo de la energía por uso en establecimientos de Nueva Zelanda

La fuente comúnmente utilizada en el interior del tambo es la electricidad, con un consumo tipo de aproximadamente 100.000 kWh/año, con la siguiente desagregación por usos:

- ▲ bombeo de agua, iluminación y otros usos (34%),
- ▲ bomba de vacío para funcionamiento de la ordeñadora (17%),
- ▲ enfriamiento de la leche (20%),
- ▲ calentamiento del agua para limpieza (29%),

A continuación se presenta un análisis del consumo de energía por uso.

Bombeo - Las bombas son utilizadas para el transporte de agua al intercambiador de calor de placas, para el transporte de agua de los tanques a las casas del tambo y bebederos de animales, para transferir la leche al tanque de almacenamiento final, para el suministro de agua para limpieza (mangueras), para la circulación de agua para limpieza de los circuitos de leche y tanques de almacenamiento y para el bombeo de efluentes.

Bomba de vacío - Una bomba de vacío típica es del tipo de anillo de agua y es movida por un motor de 10 a 15 kW. Es utilizada durante el ordeño y la posterior limpieza de la línea, con un funcionamiento de 6 a 8 horas diarias.

Enfriamiento de la leche - La leche debe bajar su temperatura por debajo de 7°C dentro de las 3 horas de finalizado el ordeño. Debido a las exigencias de los mercados importadores, debería bajar hasta los 4°C.

La primera etapa del enfriamiento (de 34°C a 20°C) se realiza en un intercambiador de calor de placas utilizando agua del tambo como refrigerante. El enfriamiento posterior se realiza en el tanque de frío con una unidad refrigerante de expansión directa y condensador enfriado a aire.

Calentamiento de agua - Normalmente se requieren 1000 l de agua caliente por día: 500 l para lavar las líneas de ordeño y otros 500 l para el lavado de los tanques de frío. El procedimiento de limpieza varía de tambo a tambo. En el caso de lavar con agua caliente luego de cada ordeño, el consumo puede incrementarse a 1500 l.

Otros usos de la energía - Iluminación y pequeños motores.



▲ Conclusiones técnicas del estudio en Nueva Zelanda

En cuanto a las decisiones de inversión para reducir el consumo energético, pueden darse en 3 áreas, que, según el estudio, deberían considerarse en el siguiente orden:

1. Bomba de vacío y mecanismo de control de velocidad variable - Los ahorros que se pueden hacer con el cambio del sistema de la bomba de vacío dependen en gran medida de la capacidad de la bomba utilizada y de la demanda de vacío. En los casos en que la bomba de vacío tiene poca capacidad sin utilizar y existe un sistema de control de vacío con buen mantenimiento, el margen para posibles ahorros es bajo.
2. Calentamiento de agua y elección de tarifa eléctrica - Se demostró que se pueden tomar varias medidas para reducir el uso de agua caliente y mejorar la eficiencia del sistema: mejorar la aislación, eliminar pérdidas de agua caliente y optimizar los procedimientos de limpieza; calentar el agua lo más próximo en el tiempo a su utilización; usar la tarifa eléctrica más conveniente.
3. Preenfriamiento y enfriamiento de la leche - Las principales oportunidades de mejora de eficiencia identificadas fueron:
 - ▲ mejora de la performance del preenfriador de leche (34°C a 20°C) agregando más placas al intercambiador o aumentando el caudal de agua de enfriamiento;
 - ▲ optimización de la operación del preenfriador instalando un controlador de velocidad de la bomba de leche para regular el caudal de leche que ingresa;
 - ▲ aislación del tanque de frío.

Bombeo de agua y efluentes - El bombeo de efluentes normalmente requiere los mayores motores eléctricos y por lo tanto los mayores consumos de energía eléctrica, por lo que es fundamental que los sistemas de bombeo y cañerías estén bien diseñados.

Iluminación - El uso de electricidad para iluminación artificial puede ser minimizado utilizando al máximo la luz solar, y con el apagado de luces artificiales en cuanto dejan de ser necesarias. Se recomienda cambiar lámparas incandescentes por lámparas fluorescentes compactas o tubos fluorescentes. Esto permite reducir el consumo en aproximadamente el 70%.

Autogeneración de electricidad - Según el estudio, salvo excepciones, la autogeneración de electricidad en el propio establecimiento no sería conveniente. En general conviene la utilización de tarifas multihorario, cambiando la curva de carga del establecimiento a efectos de la utilización de más energía eléctrica durante la noche, cuando la electricidad es más barata (por ejemplo para calentamiento de agua).

▲ Aspectos a considerar en el diseño de un programa de eficiencia energética en el sector lechero

A partir de la evaluación de los resultados de esta experiencia, el estudio destaca los siguientes aspectos a tener en cuenta en el diseño de un programa de eficiencia energética en el sector.

- ▲ La importancia de diseñar y coordinar los trabajos de terceros para la instalación de equipos, lo que en general involucra a más de una especialidad técnica.
- ▲ La importancia de establecer un precio que incluya la totalidad de los costos de instalación y puesta a punto del equipo.
- ▲ La importancia de la capacitación del personal en cuanto a la utilización de los equipos y el uso eficiente de la energía.
- ▲ La necesidad de brindar información clara de valores de referencia y de cómo obtenerlos de forma energéticamente eficiente.

ANTECEDENTES DISPONIBLES A NIVEL NACIONAL

6.1 LA EXPERIENCIA PILOTO EN EL TAMBO DEL CENTRO REGIONAL SUR DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

La lechería uruguaya es competitiva a nivel mundial, basándose en gran parte la competitividad en la fase primaria de la cadena. El costo promedio por litro de leche es de US\$ 0,25. Este costo es aún mayor en los productores más pequeños, que presentan dificultades para acceder a algunas tecnologías.

Como antecedente en el sector es posible mencionar la experiencia piloto desarrollada por la Unidad de Servicios Energéticos de UTE (Eficener), en un Tambo del Centro Regional Sur de la Facultad de Agronomía.

El proyecto Mejora en la eficiencia energética del sistema de calentamiento de agua sanitaria para el Tambo Regional Sur de la Facultad de Agronomía, se implementó en el año 2010 en el marco de un contrato entre la Facultad de Agronomía de la Universidad de la República y UTE con el objetivo de implementar un plan de eficiencia energética en el Tambo del Centro Regional Sur (CRS).

Los servicios de eficiencia energética se llevaron a cabo a través de Eficener, quien cuenta con fondos para fomentar el ahorro energético y el desarrollo de proyectos piloto de mejora de la eficiencia energética.

El proyecto tenía como objetivo la disminución del consumo energético en el sistema de calentamiento de agua sanitaria utilizada para la limpieza del sistema de ordeño.

De acuerdo al contrato, UTE elaboraría el estudio de factibilidad, realizaría la ingeniería del proyecto, suministraría e instalaría el equipamiento, y financiaría los costos totales del proyecto.

Una vez realizado el plan, UTE facturaría por los servicios de eficiencia energética prestados, siendo la cuota mensual equivalente a los ahorros generados y calculados de acuerdo al método especificado en el contrato.

El contrato especifica que luego de realizado el proyecto, UTE podrá realizar la difusión pública de los ahorros de energía resultantes y que será el propietario de los Certificados de Reducción de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que eventualmente puedan ser emitidos y comercializados como consecuencia de las medidas de eficiencia energética realizadas.

El proyecto del Tambo del CRS de la Facultad de Agronomía, así como otros que ha realizado Eficener sirven para probar y evaluar medidas de eficiencia energética.



6.1.1 CARACTERÍSTICAS DEL TAMBO Y DEL PROCESO PRODUCTIVO

El Tambo del Centro Regional Sur (CRS) de la Facultad de Agronomía se encuentra ubicado en las cercanías de la ciudad de Progreso, Canelones. Se trata de un tambo mediano, con un total de 150 vacas en ordeño, que remite la producción a Conaprole.

Consumo de agua y de energía

El consumo promedio de agua del tambo es de aproximadamente 50 litros de agua por vaca por día, o sea un total de unos 10000 a 12000 l/día. La mayor parte de este consumo se utiliza para el arrastre de materia orgánica de los corrales.

El lavado del circuito de la máquina de ordeño se realiza con agua caliente y la desinfección final con agua fría. La máquina de ordeño constituye el elemento más sensible del tambo.

Se utilizan unos 20 litros por órgano, o sea que para el lavado de toda la máquina de ordeño (8 órganos) se necesitan entre 160 y 200 litros de agua.

-
- ▲ Para la limpieza del sistema de ordeño se utiliza agua caliente a 60°C que se produce mediante dos termotanques eléctricos de acumulación de 100 litros cada uno y un depósito mezclador.
 - ▲ El tanque de frío se lava una vez al día con agua caliente, para ello se utilizan unos 40 a 60 litros de agua.
 - ▲ El tambo tiene la posibilidad de alimentarse de agua de pozo y agua de OSE. La mayoría de los tambos utiliza agua de pozo.
 - ▲ Lo que exige mayor consumo de agua en el tambo es el lavado del corral.
 - ▲ El agua de pozo se utiliza para dar de beber al ganado, el lavado de los corrales, etc.
-

Otro elemento que demanda energía en el tambo es el reciclaje de material orgánico. Los residuos orgánicos se depositan en un sistema de doble pileta de decantación con 2 bombas eléctricas. Luego de un tratamiento primario se recircula el material orgánico para fertilizar el campo.

Manejo de efluentes

Todo el sistema de tratamiento de efluentes consume energía. Uno de los principales puntos de concentración de efluentes, además de los corrales del ordeño, son los corrales de alimentación.

El manejo de los efluentes constituye un problema grave en los tambos y de hecho existen muchos problemas de contaminación de pozos y cursos de agua, es por esto que cada vez más, el manejo de efluentes constituye una nueva tarea en el manejo del tambo.



6.1.2 ACCIONES DE MEJORA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

La observación del funcionamiento del tambo y su equipamiento fue suficiente para que Eficener detectara usos y equipos donde poder aplicar medidas de eficiencia energética.

La primera medida de eficiencia energética se efectivizó en agosto de 2010, cuando se instalaron colectores solares para el calentamiento del agua utilizada para la limpieza de la maquinaria de ordeño.

A continuación se presenta un diagnóstico de los diferentes problemas detectados por Eficener-UTE en el establecimiento, las acciones implementadas y las acciones aún en estudio.

Paneles solares: primera medida de ahorro implementada

Siendo un tambo más bien chico, se decidió comenzar por medidas de ahorro en el uso de agua caliente. El calentamiento de agua para el lavado de la máquina de ordeño (2 veces al día) y del tanque de frío (1 vez al día) requería de 2 termotanques eléctricos de acumulación de 100 litros cada uno y un depósito mezclador, estimándose un consumo diario de 400 litros de agua caliente a 60°C. Para sustituir este consumo se requería la instalación de 4 paneles solares fijos de 2 m² cada uno y un tanque de 400 litros para la acumulación del agua de los colectores.

Eficener-UTE financió el proyecto y se encargó de la adquisición de los equipos. La instalación estuvo a cargo de los proveedores. La inversión fue de US\$ 4897, correspondiendo el 77% a fondos del GEF y el 23% restante a UTE.

De acuerdo a la información aportada por la empresa, se estima un período de repago de la inversión de 49 meses, en base a la tarifa eléctrica contratada por el tambo (tarifa general simple), un consumo de 400 litros diarios de agua a 60°C, una producción de energía solar térmica de 4.5 MWh*/año y una vida útil del proyecto de 20 años.

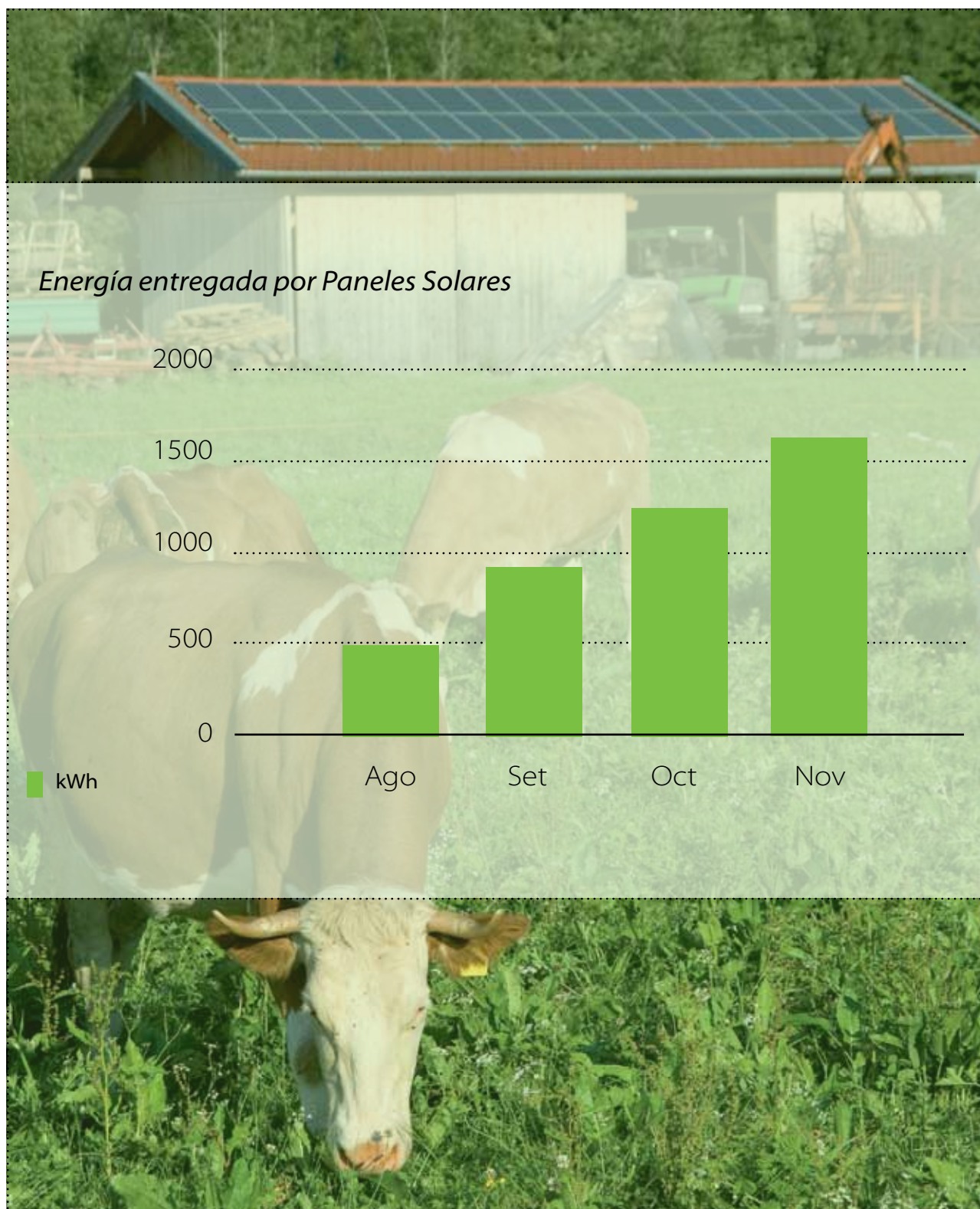
*** 1 megavatio-hora (MWh) = 1000 kWh.**

El tambo se comprometió a pagar la inversión mediante el ahorro, de acuerdo a una fórmula de cálculo incluida en el contrato que considera los kWh entregados mensualmente por los colectores solares a la tarifa general simple.

Funcionamiento de los paneles solares

De acuerdo a las estimaciones realizadas por la empresa, la instalación de los paneles solares permitirá obtener un ahorro de 4.8 MWh/año y US\$ 1200 al año, además de una reducción de 28.93 t CO₂/año*.

***t CO₂/año – toneladas de CO₂ emitidas al año.**



La producción de energía de los paneles depende fundamentalmente de la insolación recibida, la temperatura ambiente, el viento, la temperatura del agua que ingresa al sistema y la demanda de agua.

Los colectores precalientan el agua de alimentación de los calefones, que se encuentran seteados en el mínimo (60°C). El agua de los calefones, a su vez, se mezcla con agua fría para obtener la temperatura óptima para el lavado de la línea de ordeño y el tanque de frío.

Debido a los residuos en la línea de leche (calcio, fósforo, proteínas y restos de grasa), si la temperatura del agua es mayor a 70°C se produce el fenómeno de “acaramelado” de las proteínas. A su vez, si la temperatura del agua baja mucho, sólo se remueve la grasa de lugar.

Iluminación

Se detectaron problemas con la iluminación del tambo, tales como:

- ▲ tubos de luz sucios, que a veces no se sabía si estaban encendidos o no,
- ▲ luces que permanecían encendidas durante el día; en muchos casos esto se daba por desconocimiento de la ubicación de los tableros de iluminación,
- ▲ luminarias ineficientes,
- ▲ instalaciones eléctricas remendadas.

En muchos casos estos problemas no sólo implican una ineficiencia en el uso de la energía, sino que también implican problemas de seguridad de las instalaciones.

Se prevé realizar mejoras de eficiencia en iluminación como la sustitución de iluminación existente (tanto interior como exterior), por una más eficiente, y la instalación de automatismos para que no permanezcan las luces encendidas cuando no son necesarias.

Enfriamiento

Se detectaron los siguientes aspectos a mejorar en el proceso de enfriamiento de la leche:

- ▲ falta de aislación térmica en el galpón donde se encuentra el tanque de frío,
- ▲ falta de aislación de la tapa del tanque de frío.
- ▲ Para mejorar el rendimiento del compresor del tanque de frío se está analizando colocar aislación en el techo del galpón.

Para mejorar el rendimiento del intercambiador de calor, en verano se podría alimentar con el agua del pozo que está más fresca que la del tanque australiano, y en invierno con el agua del tanque, que está más fresca que la del pozo.



6.1.3 ASPECTOS A MEJORAR DENTRO DEL TAMBO

El Tambo del Centro Regional Sur (CRS) de la Facultad de Agronomía se encuentra ubicado en las cercanías de la ciudad de Progreso, Canelones. Se trata de un tambo mediano, con un total de 150 vacas en ordeño, que remite la producción a Conaprole.

Consumo de agua y de energía

Instalación eléctrica, bombas y motores

Se detectaron una serie de aspectos problemáticos factibles de mejora como:

- ▲ el tambo se encontraba alimentado en trifásica desde la administración, a una distancia de 300 metros, lo que implicaba una baja de tensión importante. Como consecuencia, los motores sufren en el arranque, las bombas pueden llegar a quemarse o puede bajar el rendimiento;
- ▲ instalaciones eléctricas en malas condiciones;
- ▲ una serie de pérdidas en bombas.

El problema de la distancia, muy común en los tambos, se resolvió mediante la instalación de un transformador independiente para alimentación del establecimiento.



6.1.4 MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

A ESTUDIAR

Reutilización del metano - La emisión de metano contribuye al efecto invernadero. Dado que el potencial de calentamiento del metano es 21 veces mayor que el CO₂, la opción de quemar el metano y producir CO₂ ya sería beneficiosa desde el punto de vista ambiental. No obstante, si se pudiera implementar un sistema de captura y aprovechamiento del metano como energía, esta opción sería más conveniente.

Abono - Actualmente se está considerando ofrecer un servicio de centrifugado de las piletas de decantación para separar el agua y utilizar el material desecado como abono. Para ello la gremial de productores está buscando algún sistema de inversión compartida para separar los sólidos (los nutrientes están muy diluidos) y así no transportar agua.

Biogás - Habría que estudiar la posibilidad de generar biogás a partir del aprovechamiento de las piletas existentes. El objetivo principal es disminuir la contaminación de los cursos de agua.



7

CONCLUSIONES DEL TRABAJO



7.1 PRINCIPALES PROBLEMAS IDENTIFICADOS EN LOS ESTABLECIMIENTOS LECHEROS

Con respecto a los problemas identificados en el uso de la energía eléctrica, el principal inconveniente se vincula a la falta de nuevas inversiones en conexiones. Las últimas inversiones corresponden a las realizadas en el marco del Plan de Electrificación de la Cuenca Lechera en el año 1985, dimensionadas para una escala de tambo sensiblemente menor al tamaño promedio de un tambo actual.

Con posterioridad al Plan de Electrificación se dio un gran aumento de la capacidad de enfriamiento que no estuvo acompañada de nuevas inversiones en conexiones, lo que dio lugar a la existencia de redes recargadas e importantes pérdidas de energía.

En el caso particular de los tambos chicos comienza a incidir el consumo doméstico (iluminación, calentamiento de agua, etc.). A esto se agrega problemas de mala ubicación y aislación de tanques de frío, tanques de frío antiguos, problemas de iluminación, y existencia de oportunidades de mejora de eficiencia energética en el ordeño, para calentamiento de agua y en el frío de proceso.

Un tema crítico identificado para la implementación del proyecto es la falta de recursos humanos con la calificación requerida para la implementación de un programa de promoción de la mejora en el uso de la energía.



7.2 PRINCIPALES LIMITACIONES

Entre los factores que usualmente explican la falta de adopción de mejoras prácticas de uso de la energía, se puede mencionar:

- ▲ la **falta de conocimiento** de las opciones técnicas disponibles y de la viabilidad económica de éstas;
- ▲ **falta de posibilidades de financiamiento** para la implementación de las inversiones requeridas.

Además, en el caso particular del sector agropecuario, la implementación de medidas de eficiencia energética constituye un gran desafío debido a que la decisión de inversión se encuentra atomizada en un gran número de actores:

- ▲ la **dispersión de los establecimientos**;
- ▲ su carácter de **medianas y pequeñas empresas**;
- ▲ la **ausencia** de empresas prestadoras de servicios de eficiencia energética capaces de realizar **auditorías** y brindar este tipo de asistencia técnica en zonas rurales.



7.3 ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN

En general los tambos constituyen una de las actividades agropecuarias más intensivas en el consumo de energía; también constituyen la actividad para la que probablemente existan más recomendaciones de medidas de eficiencia energética.

A partir del diagnóstico del sector lechero y en base a los antecedentes disponibles a nivel internacional y nacional, se considera que la estrategia de intervención para el uso eficiente de energía eléctrica debería incluir los siguientes componentes:

Medidas a nivel internacional A partir de la información relevada, se considera que, en general, muchas de las consideraciones y medidas recomendadas a nivel internacional para mejorar la eficiencia energética en el sector, son aplicables también en nuestro país.

Auditorías Se recomienda como primer paso la realización de una auditoría energética, que permita identificar los consumos de energía por usos y equipos en cada una de las actividades de la explotación, y a partir de esta información plantear posibles modificaciones en procedimientos y/o tecnologías a efectos de reducir el consumo energético.

Autoevaluación El productor puede realizar una evaluación para ver en qué se consume la energía en su establecimiento, y determinar medidas que colaboren a un mayor ahorro energético.

Mejoras tecnológicas - Es importante tener en cuenta que la eficiencia energética no siempre implica cambios tecnológicos. Muchas veces la aplicación de medidas de eficiencia de bajo costo, que pueden ser aplicadas de forma inmediata por el productor, implica importantes ahorros de energía.

Tarifas También se debe considerar la posibilidad de utilizar la tarifa eléctrica más conveniente, en función de las horas de ciertos usos y/o actividades a efectos de aprovechar tarifas más baratas de la energía (tarifas multihorario).

Medidas de eficiencia energética Existen una serie de medidas de eficiencia energética que implican mejoras tecnológicas (equipos más eficientes, y por tanto menor consumo de energía) y mayores inversiones. Cabe destacar que en muchos países existe financiamiento ya sea del Estado o de las propias empresas eléctricas para poder hacer efectivas dichas medidas.

Uso de fuentes de energía renovable Por otra parte, es necesario evaluar la conveniencia de la utilización de fuentes de energía renovables (solar, eólica y biogás) en algunas de las actividades de la explotación y/o la posibilidad de autogeneración de energía.

Capacitación Las actividades de capacitación y divulgación de buenas prácticas son fundamentales, ya que la carencia de conocimiento constituye uno de los factores que usualmente explican la falta de adopción de mejores prácticas en el uso de la energía, junto con el desconocimiento de su viabilidad económica y la falta de financiamiento.

Fuentes de financiamiento y organización financiera Se recomienda utilizar los mecanismos disponibles, en particular el relacionamiento del productor con cooperativas de productores lácteos en Uruguay (Conaprole y PROLECO), el uso de contratos de eficiencia energética y la experiencia del Fideicomiso de eficiencia Energética, administrado por la Corporación Nacional para el Desarrollo.

En general, las medidas de eficiencia energética más comunes en tambos son las siguientes:

- ▲ incorporación de **dispositivos de variación de velocidad** en las bombas de vacío,
- ▲ incorporación de **preenfriadores de placas**,
- ▲ utilización de **iluminación eficiente**
- ▲ recuperación de **calor del proceso de enfriamiento** de la leche,
- ▲ **adecuación de la tarifa eléctrica** a la modalidad de consumo de energía del establecimiento.

Para evaluar la conveniencia de la instalación de una tecnología sobre otra se debe considerar el sistema en su conjunto.

Finalmente es necesario tener en cuenta que las medidas de eficiencia energética se deben justificar económicamente para que su aplicación sea de interés de los tamberos.



7.3.1 ACCIONES

Desde el punto de vista técnico, y en base al diagnóstico del sector lechero y los antecedentes disponibles a nivel nacional e internacional, se considera que la estrategia de intervención en el sector debería incorporar acciones vinculadas a los siguientes aspectos:

1. Mejora en las prácticas y uso de la energía (medidas de conservación de la energía).
2. Cambios en la categoría tarifaria; adecuación de la categoría tarifaria a la modalidad de consumo de energía eléctrica del establecimiento (por ejemplo, tarifas multihorario).
3. Corrección de potencia reactiva.
4. Mejora de las condiciones de aislación térmica de las instalaciones donde se ubica el tanque de frío y del propio tanque.
5. Mejora de eficiencia en el proceso de ordeño.
6. Calentamiento de agua sanitaria, evaluar la utilización de energía solar térmica en este uso y sistemas de recuperación de calor.
7. Incorporación de sistema de preenfriamiento de la leche con enfriadores placa.
8. Recuperador de calor; evaluar para qué volumen de leche y en qué condiciones constituyen una alternativa conveniente.
9. Mejora de la iluminación.
10. Mejora de las instalaciones eléctricas y conexiones.



7.3.2 UTILIZACIÓN DE OTRAS FUENTES DE ENERGÍA

En base a las tecnologías disponibles en el mercado, la disponibilidad del recurso energético, la estructura de consumo por fuente y uso de la energía de los establecimientos lecheros, el marco regulatorio vigente, la escala de los establecimientos, se considera que habría que estudiar como parte de las actividades del proyecto la aplicación de las siguientes fuentes:

1. Energía solar térmica para calentamiento de agua.
2. Energía solar fotovoltaica para generación de energía eléctrica y para bombeo de agua.
3. Generación eólica para autoconsumo y venta de excedentes a través de red eléctrica de UTE en el marco de los decretos vigentes de promoción de esta fuente.
4. Biogás como estrategia de manejo de efluentes y captura de metano para usos térmicos o combustión. En este caso sería necesario evaluar la escala a partir de la cual constituye una alternativa factible. Con respecto a la captura de biogás, la medida consiste en la instalación de biodigestores para captura y eventual utilización de biogás en los sistemas de tratamiento de efluentes en tambos.
5. Metano - El metano capturado puede ser utilizado como fuente de energía, o simplemente quemado y convertido en dióxido de carbono, reduciendo así su potencial de calentamiento de la atmósfera (se ha asumido por convención que una unidad de masa de metano tiene un potencial de calentamiento de la atmósfera 21 veces superior al de una unidad de masa de dióxido de carbono). Los usos energéticos del metano pueden ser el calentamiento de agua o la generación eléctrica, entre otros.





Multilateral Investment Fund
Member of the IDB Group

MULTILATERAL INVESTMENT FUND

1300 New York Avenue, N.W.

Washington, D.C. 20577

Teléfono: (202) 942-8211

Fax: (202) 942-8100

e-mail: mifcontac@iadb.org