



“Uno tiene que estar dispuesto a mejorar, no se puede conformar con la situación como está sabiendo que hay cosas que se pueden mejorar. Los resultados fueron muy buenos, ahora estamos pagando un 23% menos de energía que antes. Estamos muy contentos de haber tomado la decisión”

Anny Blum, Puntas de San Salvador, Soriano.



Conozca la experiencia de productores que incorporaron medidas de eficiencia energética y que ya están ahorrando en:

www.youtube.com/c/EficienciaEnergéticaTambos



Acceda a todos los tomos de esta colección y detecte cuáles son los posibles puntos de mejora de la eficiencia energética de su establecimiento aquí:

sustentable.eleche.com.uy/biblioteca



¡Mejorar la Eficiencia Energética del establecimiento aumenta su rentabilidad!

Edición

Unidad Ejecutora

- * Ing. Agr. Gabriel Oleggini, MSc. Jefe de Proyecto
- * Ing. Federico Arismendi, Asistente de Proyecto
- * Dr. Ing. Pablo Darscht, Coordinador de Proyecto

Se agradece la revisión y colaboración técnica de Eficener - UTE

Diseño: El Paso Comunicación+Resultados

Setiembre 2016



- @TambosConaprole
- /TamboSustentable
- /tambosustentable

sustentable.eleche.com.uy



EN COORDINACIÓN CON:

Temario Cuaderno 4

- **Enfriamiento de la leche**
- **Dimensionamiento del tanque**
- **Tanques de 2 ordeños**
- **Tanques de 4 ordeños**
- **Error frecuente de operación**
- **Conveniencia de un tanque de 4 ordeños**
- **Beneficio por ampliación de capacidad de frío**
- **Intercambiadores de placas: implementación y vinculación con los tanques**
- **Modo de instalación del IDP**

PROYECTO BID-FOMIN ATN/ME-13114-UR:

Promoción de la Mejora de la Eficiencia Energética y Uso de Energías Renovables en Pequeños y Medianos Establecimientos Lecheros

El objetivo del proyecto es contribuir a incrementar la competitividad del sector lechero uruguayo, a través de facilitar el acceso a los productores rurales a energías limpias y eficientes.

El proyecto es ejecutado y cofinanciado por CONAPROLE y una donación del Fondo Multilateral de Inversiones del Banco Interamericano de Desarrollo (BID-FOMIN). Comenzó a ejecutarse en 2012 y se extenderá hasta Marzo de 2017.

Enfriamiento de la leche

El tanque de frío es clave en la preservación de la calidad de la leche. El sistema de enfriamiento debe cumplir con los requerimientos establecidos para asegurar dicha calidad: alcanzar los 4°C en menos de 3 horas y mantener la temperatura hasta su recolección.

El objetivo de este material es repasar algunas medidas para optimizar el sistema de enfriamiento, es decir, que logre cumplir sus funciones básicas con el menor consumo de energía posible.

Según una medición realizada por el programa “Tambo y Energía” en

un grupo significativo de tambos, el enfriamiento de la leche demanda aproximadamente el 34% de la energía utilizada en el tambo.

En consecuencia, mejorar la eficiencia en esta etapa del proceso impacta directamente en el costo total de la energía del establecimiento.

Un primer aspecto refiere a las condiciones ambientales: el tanque debe estar en un lugar fresco (es relevante la importancia de cielorrasos u otros mecanismos de aislamiento térmico) y los compresores del equipo de frío deben estar adecuadamente ventilados.

Mejorar la eficiencia del proceso mediante el enfriamiento de la leche, impacta directamente en el costo total de la energía del establecimiento.

Dimensionamiento del tanque

El dimensionamiento del tanque de frío responde a dos parámetros:

a

Frecuencia de recolección deseada (cada 24 o 48 horas)

b

Producción de leche proyectada durante la vida útil del equipo (sin olvidar los picos de primavera)

El primer parámetro determina el tipo de tanque a utilizar (2 o 4 ordeños), y el segundo define la capacidad necesaria de almacenamiento (requiriéndose el doble de capacidad en caso de optar por recolección día por medio).

Dado que cuando el tanque no está vacío la leche recién ordeñada se mezcla con la que ya está fría, la temperatura sube transitoriamente luego de cada ordeño.

Este valor nunca debe superar los 10°C. Cuanto más leche fría tenga el tanque, menos se incrementa la temperatura al agregar leche recién ordeñada.

Tanques de 2 ordeños

Son los tanques diseñados para un régimen de recolección diario. Su equipo de frío está dimensionado para enfriar a 4°C una cantidad de leche igual a la mitad de su capacidad en menos de 3 horas.

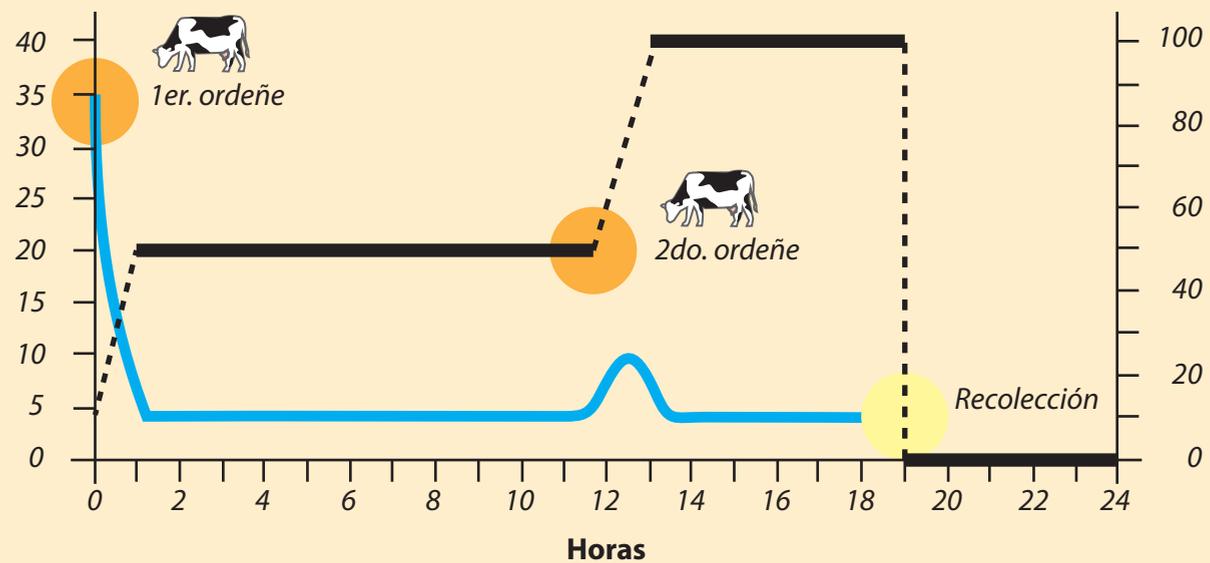
Además, garantiza que la incorporación de leche adicional (2º ordeño) no eleve la temperatura global a más de 10°C en ningún momento.

En la gráfica 1 se observa la evolución de la temperatura de la leche dentro del tanque: desciende rápidamente a 4°C durante el primer ordeño, cuando el tanque está inicialmente vacío.

Al producirse el segundo ordeño, doce horas más tarde, sube transitoriamente la temperatura (pero nunca por encima de 10°C) hasta que, poco tiempo luego de finalizado el ordeño, se alcanza nuevamente la temperatura objetivo.

Rendimiento

Gráfica 1: Funcionamiento del tanque de 2 ordeños



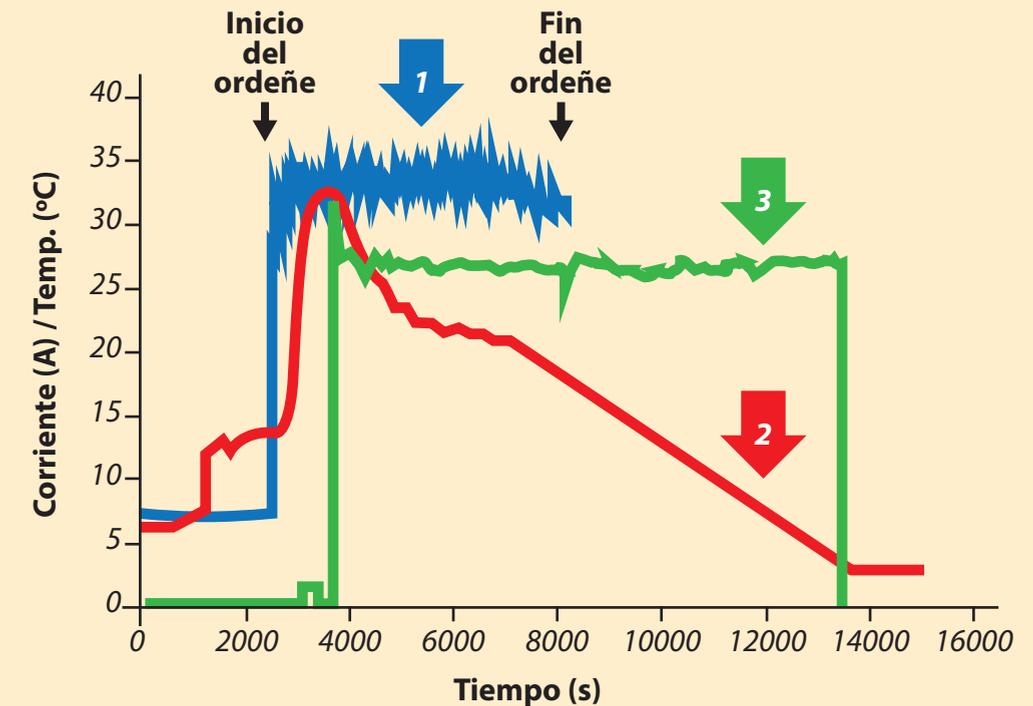
■ Temperatura de la leche (°C)

■ % del tanque ocupado

La gráfica 2 corresponde a un registro real realizado en el marco de una auditoría energética. En ella se observan simultáneamente la evolución de los siguientes parámetros:

- 1 La temperatura de ingreso de leche (en azul) fluctúa por ingresar al tanque de forma pulsante. Su temperatura en este caso ronda los 34°C.
- 2 Esta curva (en rojo) muestra la temperatura de la leche dentro del tanque. Se observa que una vez que deja de entrar leche al tanque, la temperatura baja rápidamente hasta alcanzar la temperatura de corte, aproximadamente 4°C.
- 3 La curva verde muestra el consumo de energía de los compresores. Se observa que los mismos se encienden apenas iniciado el ordeño, manteniendo un consumo prácticamente constante hasta que la leche alcanza los 4°C.

Gráfica 2: Funcionamiento de un tanque de frío



■ Temp. ingreso leche ■ Temp. dentro del tanque ■ Corriente en el compresor

Tanques de 4 ordeñes

Son tanques diseñados para frecuencias de recolección de 48 hs, y su utilización tiene varias ventajas frente al de dos ordeñes, como se explica más adelante.

Como se dimensiona para almacenar la leche de cuatro ordeñes, el equipo de frío está calculado para enfriar una cantidad de leche igual a la cuarta parte de su capacidad a 4°C en menos de 3 horas, acumulando la producción de dos días.

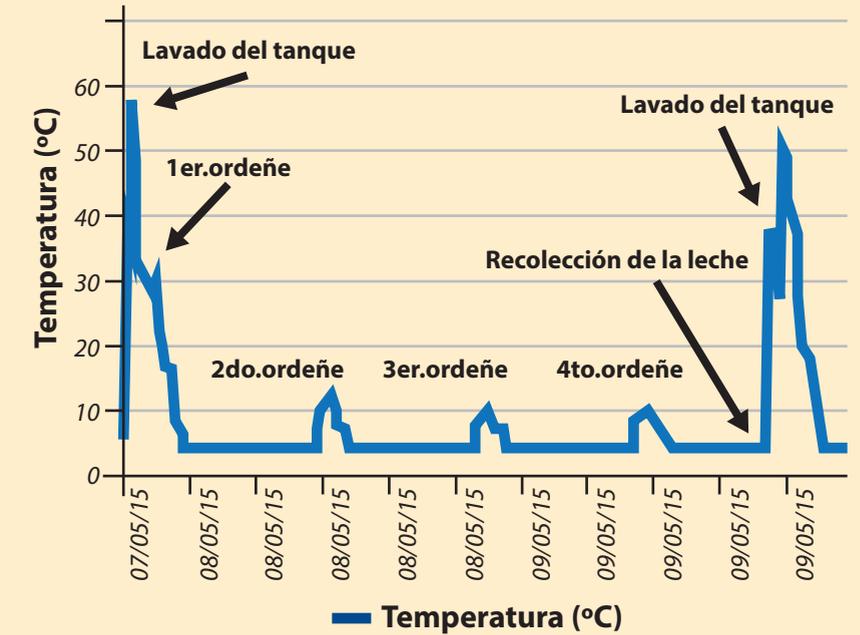
Además, garantiza que la incorpo-

ración de leche adicional (2do, 3er y 4to ordeño) no eleva la temperatura global a más de 10°C en ningún momento. El equipo de frío es más chico que el de un tanque de 2 ordeñes del mismo volumen, porque su función es enfriar una cantidad de leche correspondiente a 1/4 de su capacidad cada vez.

La siguiente ilustración muestra datos reales correspondientes a la temperatura instantánea de la leche, registrados en el marco de una auditoría energética durante

todo el ciclo de trabajo (2 días) del tanque: al principio se observa un proceso de lavado, donde la temperatura se encuentra cercana a los 60°C.

Inmediatamente se comienza con el primer ordeño. Se observa que la temperatura de la leche entre ordeñes se mantiene prácticamente constante, debido a una buena aislación del tanque. Luego del 4to ordeño se levanta la leche y se realiza un nuevo lavado, de ahí es que la temperatura vuelve a subir.

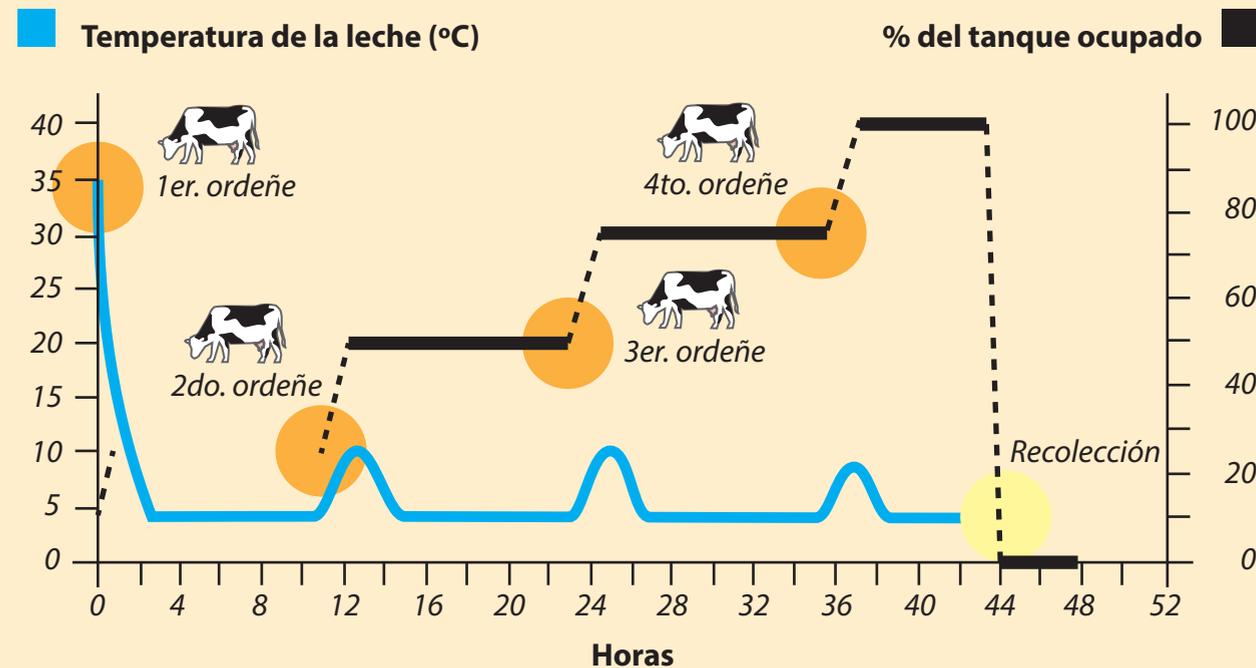


Funcionamiento de un tanque 4 ordeñes

Gráfica 4: Medición de un tanque de frío por parte del proyecto

Rendimiento

Gráfica 3: Funcionamiento del tanque de 4 ordeñes



Error frecuente de operación

Si se utiliza un tanque de frío de 4 ordeñes como si fuera de 2 ordeñes (es decir, se usa más del 25% de su capacidad en cada ordeño), su sistema de enfriamiento no será capaz de enfriar la leche en el período requerido (menos de 3 horas), por tanto la calidad de la leche se verá comprometida y el

equipo de frío permanecerá encendido más tiempo de lo normal, consumiendo una cantidad excesiva de energía eléctrica.

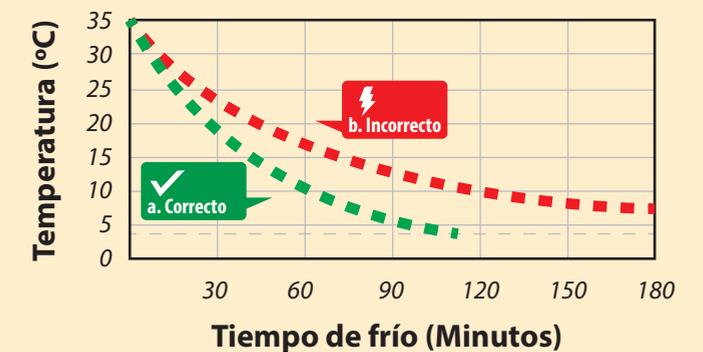
La figura siguiente muestra cómo se comporta el tanque al agregarle el doble de leche. En la utilización incorrecta (b) se demora más de 3

horas en alcanzar los 4°C, mientras que en una correcta utilización (a) lo hace antes de las 2 horas.

En el escenario (b) podrían aparecer problemas de calidad de leche, en virtud de que ésta permanece más tiempo del recomendado a una temperatura mayor de 4°C.

Comportamiento del tanque

Gráfica 5: Comparación entre 2 modos de utilización del tanque de frío.



Conveniencia de un tanque de 4 ordeños

Un tanque de cuatro ordeños ofrece beneficios directos para el productor que lo adquiera:

- La potencia de los compresores es inferior a la de un tanque de 2 ordeños, lo que baja el pico de potencia instalada requerida.
- El camión cisterna ingresará menos veces al establecimiento, lo que se traduce en una baja de los

costos por entrada y de mantenimiento de la caminería de acceso al tambo.

Es decir, si bien la inversión inicial es mayor que si comprara un tanque de 2 ordeños de mitad de capacidad, ello tiende a desquitarse con los ahorros en entradas, mantenimiento de la caminería y en consumo eléctrico.

Por otra parte, desde el punto de vista de la industria, bajar la frecuencia de entradas tiene un impacto importante en los costos (y la eficiencia energética) de la logística de la recolección de leche ya que se deberán recorrer menos kilómetros para levantar la leche, consumiéndose por tanto menos combustible por litro de leche recogido.

Beneficio por ampliación de capacidad de frío

Actualmente rige en Conaprole una bonificación a los productores que incrementen la capacidad de enfriar leche de su establecimiento. El efecto es que la cooperativa “premia” el aumento de capacidad pagando durante un tiempo un bono por litro de leche que depende de la magnitud de dicho aumento.

La bonificación se aplica durante un plazo máximo de un año y en función del aumento de la capacidad, la remisión mensual, costo del tanque y de la condición del tanque

(nuevo o usado).

Existen topes para el beneficio, en el caso de los tanques nuevos, el tope es del 30% del valor de tanque (el valor de referencia se establece según los precios de Prolesa). Si el tanque a incorporar es usado, el tope del beneficio es del 15%. Es decir, la suma de todo lo pagado como bonificación a lo largo del año no puede exceder los límites antes mencionados.

Por ejemplo, si un productor decide

ampliar su capacidad de almacenamiento de leche de 2000lt a 6000lt, el porcentaje de bonificación mensual será del 4% mensual sobre la remesa.

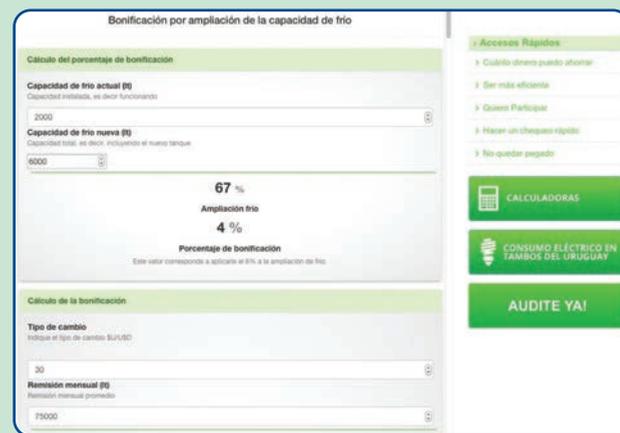
El beneficio se extenderá hasta cumplir con cualquiera de las siguientes condiciones:

- 1 - El tiempo límite (12 meses).
- 2 - El tope de bonificación (30% para tanques nuevos, 15% para tanques usados).

¿Qué beneficio puedo obtener en mi tambo?

El programa desarrolló una calculadora para que cada productor que tenga pensado ampliar su capacidad de almacenamiento de leche pueda conocer cuál es el beneficio que le otorgará la cooperativa.

Puede acceder a la calculadora en nuestro portal sustentable.eleche.com.uy



Intercambiadores de placas: implementación y vinculación con los tanques

Este sistema permite por un lado, alcanzar rápidamente la temperatura deseada (4°C) y por otro, ahorrar energía, ya que parte del calor que extraería el equipo de frío es quitado por el IDP antes de que la leche ingrese al tanque.

Esta medida le fue recomendada al 65% de los tambos que participan del proyecto.

Un intercambiador de placas bien dimensionado y operado puede lograr entre 10 y 12 grados de disminución de la temperatura de la leche a la entrada del tanque.

Modo de instalación del IDP

De los requerimientos indicados precedentemente, se desprende que un IDP requiere un volumen de agua fría importante. En efecto, si un tambo cosecha 1000 litros de leche diarios y tiene las bombas de leche y agua perfectamente sincronizadas, necesitará disponer de unos 3000 litros de agua por día para el correcto pre-enfriamiento de la leche.

Tanto desde el punto de vista económico como ambiental, el IDP hace sentido siempre y cuando se encuentre alguna forma de reutilización posterior del agua (limpia y tibia) utilizada por el mismo.

Uno de los esquemas más utilizados es derivar el agua a la fosa para el lavado de las ubres. El agua a la

A los efectos de dimensionar el intercambiador, debe tenerse en cuenta:

- a) El caudal de leche (litros por minuto) que se bombea desde la máquina de ordeño
- b) El caudal de agua necesario (litros por minuto), que si bien depende del fabricante, en general es aproximadamente de 3 litros de agua por cada litro de leche. La temperatura del agua al inicio debe ser lo más baja posible (idealmente, agua de pozo a 18 °C, sobre todo en verano).
- c) Sincronizar el flujo de leche con el flujo de agua. En efecto, el flujo de

leche hacia el tanque es generalmente pulsante, debido a que la bomba de leche se enciende cuando se ha acumulado una cierta cantidad de leche en el receptor, y funciona a velocidad constante hasta desagotarlo. En consecuencia, para lograr un uso óptimo del agua en el IDP, la bomba de agua debería prenderse y apagarse conjuntamente con la de leche. De esta forma se evita utilizar agua innecesariamente.

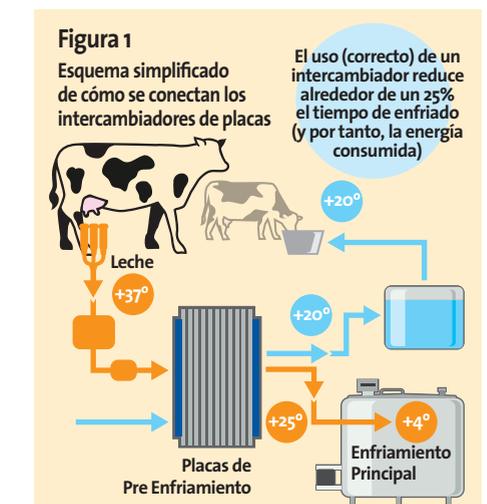
El ahorro promedio que se puede lograr con este equipo ronda el 25% del consumo del tanque de frío.

salida del IDP se encuentra en torno a los 25 grados, lo que ayuda en la tarea de limpieza de la sala fundamentalmente en invierno.

Otra forma de utilizar el agua es desviándola para la zona de bebederos como muestra la figura 1. El agua a esta temperatura es apreciada por las vacas (especialmente en invierno), lo que es un efecto lateral positivo del sistema.

Por último existen sistemas que recirculan el agua, es decir trabajan con un circuito cerrado o semi-cerrado de agua, que se almacena en un tanque. En estos casos, debe cuidarse que el volumen del tanque de agua sea suficientemente grande como para que temperatura del agua en el mismo no se incremente

tanto a medida que avanza el ordeño, que a su vez provoque una disminución importante de la energía que se le retira a la leche (que es proporcional a la diferencia de temperatura entre agua y leche).



¿Cuánto puedo ahorrar en mi tambo con la instalación de un IDP?

Para estimar el ahorro energético que se puede alcanzar con un IDP bien instalado, está disponible una calculadora en el portal del programa:

sustentable.eleche.com.uy

La misma informa, además, cual es el repago en función de la tarifa eléctrica y los horarios de ordeño que se disponga.



Guía rápida para la detección de ineficiencias en el tambo

A continuación se presenta una serie de pautas que lo ayudarán a detectar posibles puntos de mejora de la eficiencia energética en el tambo y/o reducir el gasto \$ en energía eléctrica.

Para cada ítem marque con una cruz en la celda que corresponda (SI o NO).

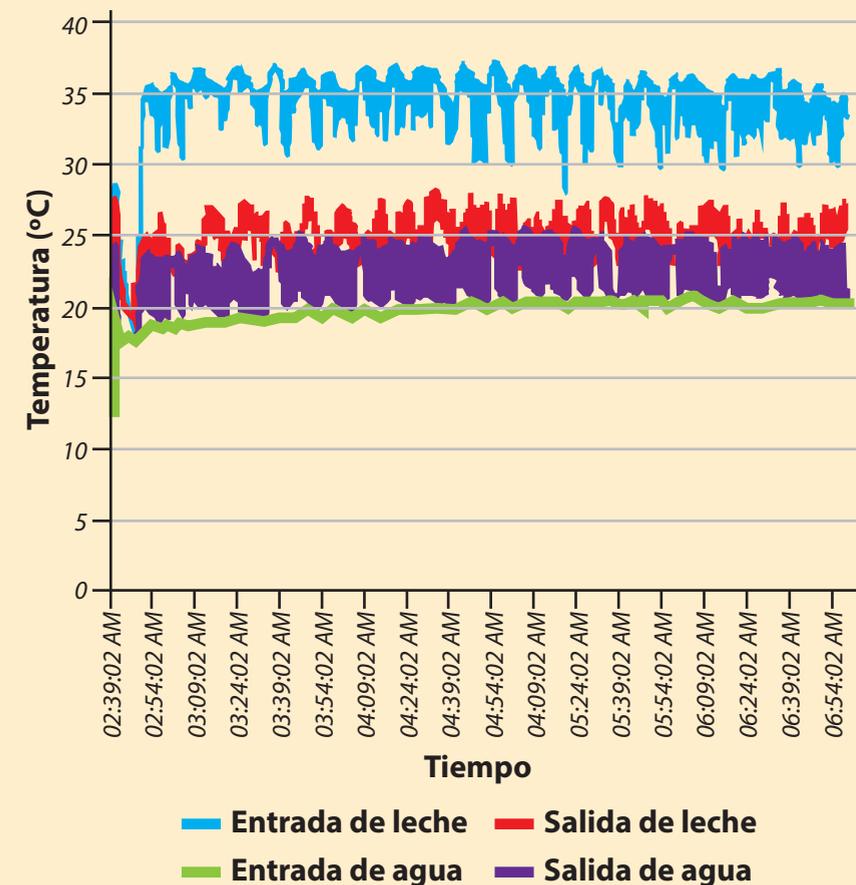
Al final del chequeo deberá repasar todos aquellos marcados X en NO, para detectar las mejoras a implementar.

ENFRIADO		SI	NO
1	¿El tanque de frío se encuentra protegido de la lluvia y de la radiación solar directa?		
2	¿El tanque de frío se utiliza de acuerdo a la cantidad de ordeños para la que fue diseñado?		
3	¿El tanque no tarda más de una hora en apagar luego de finalizado cada ordeño con la leche a 4°C?		
PRE - ENFRIADO		SI	NO
4	Si posee intercambiador de placas, ¿Agua y leche fluyen en sentidos opuestos?		
5	¿El flujo de agua es en todo momento 3 veces superior al flujo de leche?		
6	¿La temperatura del agua que entra al intercambiador de placas está por debajo de 20°C?		
7	¿La temperatura de la leche cuando sale del intercambiador es inferior a 25°C?		

REFERENCIAS

1. Dairy Shed Efficiency - Technical Report, Ken Morison
2. Warren Gregory Rowan Hooper, New Zealand, 2007
3. Ecodairy Manual, Environmental Management Centre, The University of Queensland, St Lucia, Penny Prasad, Robert Pagan, Michael Kauter and Nicole Price, Australia, 2004
4. Refrigeración de la leche en granja, Antonio Callejo Ramos, Universidad Politécnica de Madrid, España, 2010
5. Bulk milk tanking cooling efficiency, Agriculture and food Development Authority, Ireland, 1997

Gráfica 6: Temperatura del agua y la leche en un IDP



El gráfico 6 muestra datos registrados en el curso de una auditoría energética, en la cual se midieron las temperaturas de entrada y salida de agua y leche.

La leche ingresa por pulsos a una temperatura promedio de 35 °C (curva azul, superior) mientras que el agua lo hace a menos de 20°C (curva verde inferior). En rojo se representa la temperatura de salida de la leche (26°C en promedio), en tanto que el agua sale del IDP a 24°C en promedio (violeta).

Se observa que el agua que ingresa aumenta levemente la temperatura, debido a que se recircula. No obstante, ello no altera sustancialmente el buen funcionamiento del sistema, como lo muestra la evolución de la temperatura de salida de la leche.