

# Recomendaciones de ahorro y eficiencia energética para tambos

Documento elaborado por la Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética de la provincia de Santa Fe en el marco del Decreto N°1070/2024, en colaboración con la Dirección Provincial de Lechería de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, el INTI Rafaela y la Cámara Argentina de Fabricantes y Proveedores de Equipamientos, Insumos y Servicios para la Cadena Láctea (CAFyPEL)

El presente documento plantea acercar a los tambos y productores una serie de recomendaciones que permitan mejorar el desempeño de sus instalaciones e infraestructuras.

## Introducción

Esta publicación aborda las tareas realizadas en los establecimientos de producción primaria de leche (coloquialmente conocido como «tambos»), que se pueden clasificar dentro de tres categorías: las relacionadas con el ordeño, con la alimentación y con la sanidad del rodeo, que incluye el manejo reproductivo. A su vez se considera la utilización de maquinaria y el mantenimiento que requieren las distintas instalaciones.

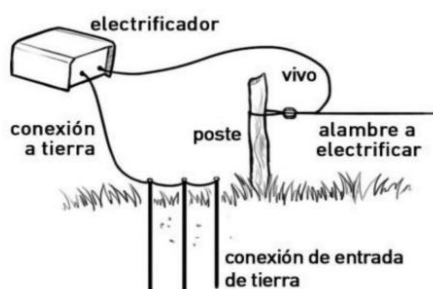
El uso racional de la energía y la eficiencia energética son temas de creciente análisis e interés para la producción primaria en general. A partir de diversos diagnósticos realizados en el país (incluyendo herramientas desarrolladas en la provincia de Santa Fe específicas, tal como la «Matriz de Eficiencia Energética Eléctrica» -MEEET- desarrollada por CAFyPEL, u otras), se ha identificado que los principales consumos energéticos directos en los tambos están asociados a la refrigeración de la leche, al calentamiento de agua y el equipo de ordeño. Adicionalmente, existen otros consumos asociados a la iluminación, sistemas de bombeo, ventilación, entre otros. Estos consumos son muy variables y dependen de las distintas características y particularidades del establecimiento en cuestión.

Las estrategias aquí desarrolladas son factibles de ser adoptadas por los productores tamberos. Algunas son de nulo o bajo costo, mientras que otras implican inversiones para incorporar nuevos equipos o reemplazar los obsoletos y/o menos eficientes. En todos los casos, las propuestas apuntan a reducir el consumo energético como consecuencia de una mejora del desempeño energético, en un contexto de aumento de tarifas eléctricas y del precio de los combustibles, rubros de primordial relevancia dentro de los costos de producción. A su vez, se refuerzan recomendaciones para el uso seguro de la energía eléctrica, dado que para garantizar el correcto desarrollo de las actividades productivas es necesario contar con una instalación eléctrica correctamente diseñada que cumpla con todas las especificaciones y requerimientos establecidos en la reglamentación vigente.

## Buenas prácticas relativas al ordeño, alimentación y bienestar animal

En esta sección se abordan buenas prácticas que inciden directamente en la mejora del desempeño energético de los tambos, y por consiguiente en su productividad.

- *Adaptar horarios de ordeño a la época del año.* En función de las posibilidades que brinde la infraestructura disponible y la factibilidad de adaptación de los horarios tanto de alimentación y rumen de los animales como de recolección y procesamiento de la leche, la organización de los horarios de ordeño en función de las condiciones climáticas estacionales redundará en una mejora de las condiciones para el trabajo del personal y el bienestar animal, aumentando la productividad y reduciendo consumos energéticos asociados. Por ejemplo, en épocas estivales, realizar ordeños lo más alejados del mediodía reducen estrés animal y los requerimientos energéticos para las medidas de acondicionamiento de las estancias y ordeño (ventilación, aspersión, entre otros), además de repercutir en mayor productividad de mano de obra. Asimismo, se recuerda que la EPESF cuenta con una tarifa horaria diferenciada para productores tamberos, con una tarifa reducida en las bandas de 02 a 06 h y de 14 a 18 h. Para más información, ver el régimen tarifario vigente.
- *Instalación adecuada de boyeros.* Una puesta a tierra deficiente acrecienta sensiblemente el consumo de estos dispositivos, por lo cual se recomienda verificar periódicamente la correcta instalación de los boyeros, evitando dichos sobreconsumos. Entre las opciones disponibles en el mercado, los boyeros solares son más eficientes que los alimentados por corriente alterna de red, dado que estos instrumentos operan con corriente continua, que es la forma de electricidad obtenida a partir de paneles solares<sup>1</sup>.



Figuras 1 y 2: Puesta a tierra (izq) y boyero solar (der)

<sup>1</sup> Extraído del «Manual del Boyero», de Tienda Peón. Enlace:  
<https://www.tiendapeon.com.ar/instalar-un-electrificador-nunca-fue-tan-facil/>

- *Bienestar animal.* El uso de sombras (en lo posible de origen natural mediante vegetación autóctona) colabora a reducir el estrés animal y la energía utilizada en ventiladores, calefactores, aspersores para refrigeración evaporativa, entre otros, para acondicionar el área de estancia u ordeño. También, el aumento de puntos con bebederos permite reducir recorridos y la competencia entre animales para acceder al agua. Todo esto impacta en la mejora del porte general de los animales, reducción de mortalidad y aumento de litros de leche producida<sup>2</sup>.
- *Implementación de guachera comunitaria.* En general las guacheras comunitarias se constituyen de recipientes que contienen el alimento líquido, con múltiples tetinas en su perímetro, dispuestas a la altura conveniente para las crías. La implementación de este tipo de dispositivos frente a los métodos tradicionales de alimentación individual permite la alimentación controlada de grupos de crías en una sola operación, reduciendo las horas hombre implementadas.



*Figura 3: Guachera comunitaria*

- *Uso de técnicas de marcación de celo.* La detección e identificación de animales en celo, a través de métodos como parches (con detectores de calor, o *heat detectors*) o pintura, permiten maximizar el número de animales preñados en el período establecido para la inseminación. Esto redundo en una mejor gestión del rodeo permitiendo agrupar tareas y estacionalizar los diferentes trabajos requeridos a lo largo de la vida de los animales, ahorrando por tanto energía y mano de obra.

<sup>2</sup> Extraído del «Manual de Buenas Prácticas Lecheras», de la Red de Buenas Prácticas Agropecuarias. Enlace:

<https://www.ocla.org.ar/contents/news/details/18589578-buenas-practicas-lecheras-guia-para-la-implementacion-en-la-produccion-de-leche-bovina>



Figuras 4 y 5: Técnicas de marcación de celo

- *Estacionalización de las actividades del tambo e implementación de régimen de descanso para el personal.* La organización estacional del rodeo mejora la gestión de inseminaciones y nacimientos al lograr una población con requerimientos similares en las diferentes épocas del año, permitiendo además sincronizar la curva de producción a la oferta forrajera y mejorando la tasa de preñez. Esta organización permite el logro de periodos de descanso de hasta cuatro semanas para el personal, lo que redundará en bienestar de la mano de obra y el consecuente aumento de la productividad.
- *Unificación de rodeos.* En general, los tambos que decidieron unificar rodeos (previendo las adaptaciones necesarias en cuanto a equipamiento y organización de tareas) reportan mayor productividad y eficiencia energética. Esto fue logrado mediante las reducciones en los tiempos de trabajo por la unificación de tareas similares, reducción en las distancias de arreo, la especialización de la mano de obra en tareas específicas, mejor aprovechamiento de los equipos y demás sinergias al agrupar tareas antes realizadas por separado.
- *Ordeño por lotes.* Ordeñar en lotes de manera tal de minimizar el tiempo de espera en la explanada del ganado; a su vez, reduce de forma notoria la cantidad de estiércol recogido en la misma.
- *Implementación de silos de autoconsumo lateral.* Tradicionalmente se alimenta al rodeo a través de la preparación de raciones diarias de alimento balanceado, para luego transportarlas a los comederos distribuidos en diferentes puntos del predio. La implementación de sistemas automáticos de dosificación, como los silos de autoconsumo lateral, permite reducir la energía utilizada en las operaciones de preparado y transporte del balanceado, así como las horas hombre implementadas, ya que requiere un armado cada quince días generalmente.





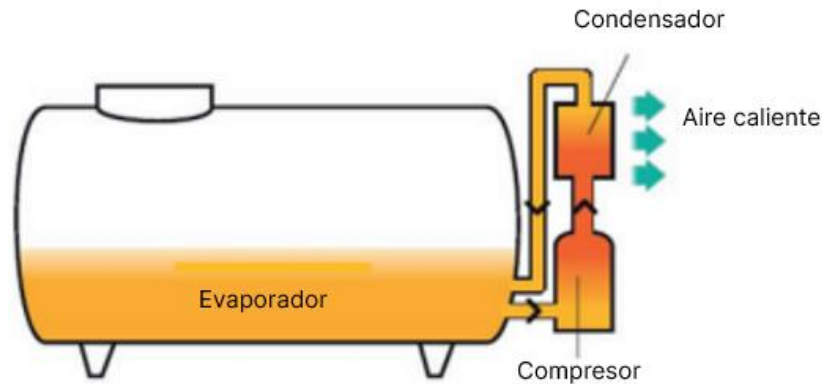
*Figuras 6 y 7: Silo de autoconsumo lateral (izq) y comedero a boca de silobolsa (der)*

- *Implementación de forraje.* La alimentación animal a base exclusivamente de alimento balanceado implica, entre otras operaciones, el transporte al predio de los balanceados, su almacenamiento y conservación, el preparado de la ración con los diferentes componentes y el transporte a los puntos de alimentación del predio, lo cual, en conjunto, representa un significativo consumo energético. El empleo de forraje sembrado en el predio, además de incorporar nutrientes únicos y necesarios para la alimentación animal, permiten ahorrar en costos de balanceado, horas hombre en la preparación y transporte de alimentos y consumos energéticos de las maquinarias empleadas. Como ventaja, además de los ahorros mencionados, la siembra de forraje permite reutilizar el contenido de energía contenido en los fluidos provenientes del barrido de corral (material orgánico de desecho) como biofertilizante.

## Refrigeración de la leche

Para conservar la calidad de la leche desde el ordeño hasta la recolección por las cisternas de la industria láctea se debe enfriar y almacenar a una temperatura suficientemente baja (entre 3°C y 4°C) y durante un tiempo limitado. Tal como se menciona en la introducción, la refrigeración de la leche es el uso más importante de los tambos y su consumo, el más significativo: tanto según los diagnósticos realizados (en el marco del «Proyecto de Eficiencia Energética en Argentina») como a partir de mediciones realizadas en tambos particulares, es responsable del 40 al 70 % del

consumo eléctrico de todo el establecimiento<sup>3</sup>. El funcionamiento básico de una unidad de refrigeración consiste en un evaporador, donde la leche cede calorías al fluido frigorífico (refrigerante), este es comprimido por el compresor y posteriormente, a través del condensador, cede la energía térmica al ambiente.



*Figura 8: Funcionamiento de un equipo refrigerador de leche utilizado en tambos*

En este punto se destaca la necesidad de garantizar la rampa de enfriamiento que inhabilita la reproducción bacteriana en la leche. Esto está vinculado al dimensionamiento de la potencia y volumen del sistema de refrigeración, que en varias ocasiones no se considera al momento de adquirir un equipo nuevo.

- *Recomendaciones para la sala de leche.* En nuestro país, la mayor parte de los tanques refrigeradores de leche (abreviados como «TR») están instalados en la sala de leche junto con los equipos de refrigeración. Se recomienda que la sala esté aislada térmicamente, particularmente el techo, para evitar incrementos importantes de temperatura en verano. En caso de que no se aproveche el aire caliente para otro uso (ver sub apartado «Tanque recuperador de calor»), es fundamental una buena ventilación que permita disminuir la temperatura dentro de esta, de manera que el equipo de frío trabaje menos forzado, reduciendo el consumo de energía, los tiempos de enfriado y aumentando su vida útil<sup>4</sup>. Según datos obtenidos por ensayos en laboratorios locales, el consumo eléctrico de un tanque refrigerador de leche tiene un aumento mayor al 40 % si la temperatura ambiente se ve incrementada<sup>5</sup> de 25 a 38°C. Se pueden instalar ventiladores o bien construir aberturas para generar una circulación y renovación permanente del aire, tal como se muestra a continuación.

<sup>3</sup> Según datos relevados por CAFyPEL en establecimientos de producción primaria de leche en la provincia de Santa Fe, en el marco de la «Matriz de Eficiencia Energética Eléctrica para Tambos».

<sup>4</sup> En realidad, siempre es fundamental contar con una buena ventilación, más allá del impacto energético.

<sup>5</sup> Según ensayos en «Laboratorio de Ensayo de Equipos vinculados con Fluidos Térmicos» (LEF) en las instalaciones de CAFyPEL.

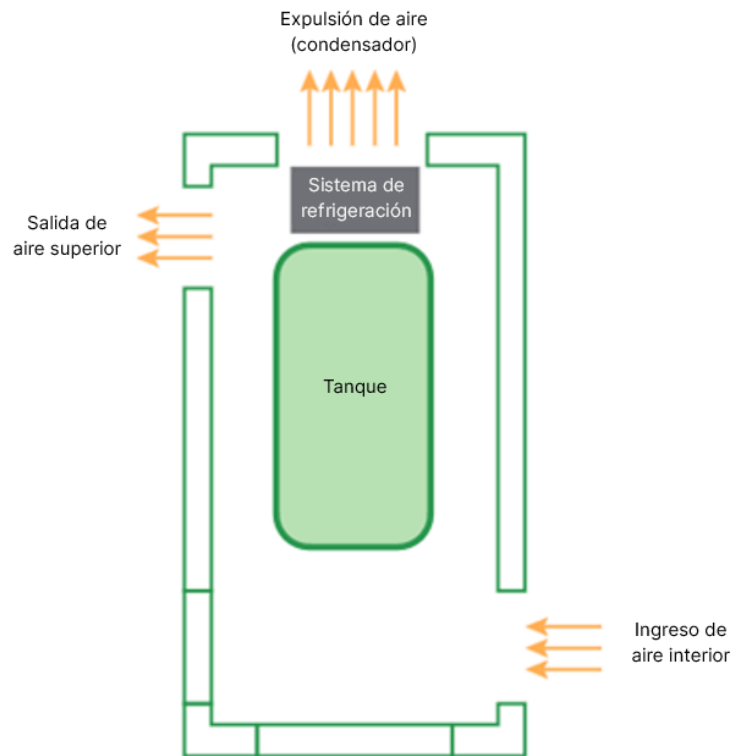
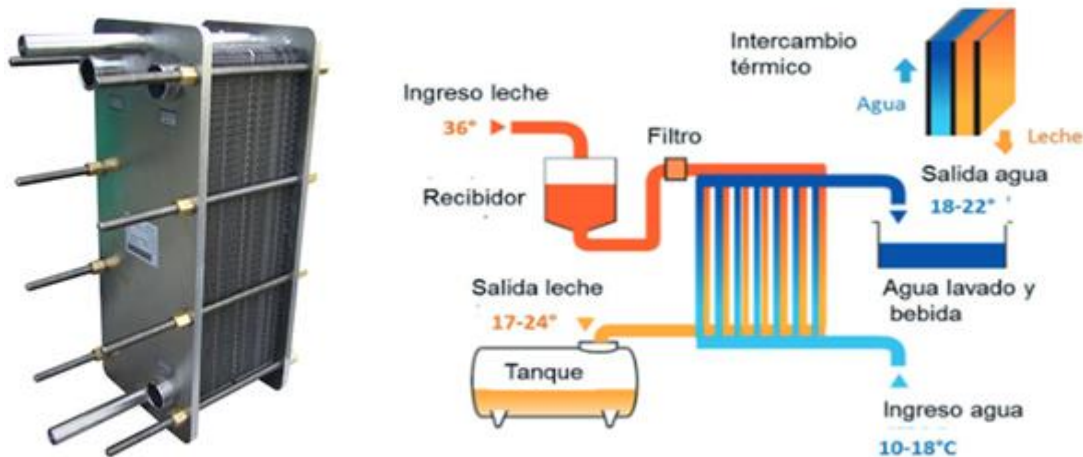


Figura 9: Esquema de ventilación para sala de frío

Otra práctica recomendable sería instalar el grupo frigorífico en una sala contigua a la tina de leche, en donde se aseguren los parámetros requeridos de ventilación previamente explicados sin influir en el aporte de una carga térmica elevada a la leche en la tina.

- *Pre-enfriamiento de la leche.* Se recomienda realizar un pre-enfriamiento de la leche mediante un intercambiador de calor, particularmente un *sistema de placas*, que es la opción que se comercializa mayormente en Argentina. El intercambiador de calor a placas está compuesto, en efecto, por numerosas placas, por entre las cuales circulan leche y agua en contracorriente. El agua más fría extrae energía de la leche, logrando una reducción de su temperatura, pasando normalmente de 36°C al rango de 17-24°C. Es de fácil instalación, ocupa relativamente poco volumen y es modulable, es decir, se pueden adicionar placas ante incrementos del volumen de leche ordeñada.





Figuras 10 y 11: Ejemplo de intercambiador de placas (izq) y esquema de funcionamiento de un sistema de placas (der)

Mediante la incorporación de este equipo se puede lograr un importante ahorro en el consumo energético del equipo de refrigeración. Como pauta general, y teniendo en cuenta ensayos en la provincia, se puede considerar que un 1°C menos en la leche genera una reducción<sup>6</sup> aproximada de entre 0.3 y 0.5 Wh/litro. Cuanto más fría esté el agua, más eficiente es el intercambio térmico<sup>7</sup>. De esta manera, los resultados indican que es posible reducir<sup>8</sup> el consumo eléctrico del equipo de refrigeración en un 35-50 %. Ahora bien, para lograr estos resultados, el mismo debe estar correctamente dimensionado según las necesidades de refrigeración concretas y puesto a punto, por lo cual se sugiere que el trabajo lo haga personal competente (un profesional del tema, por ejemplo). Trabajar con parámetros de operación adecuados, tales como la relación de caudal de leche y agua, puede mejorar significativamente el rendimiento del intercambiador.

Es importante aclarar que se requiere la utilización de filtros de leche y de un sistema de tratamiento de agua (en el caso de aguas duras y muy duras), por lo cual, estos sistemas requieren primordial atención en relación con el mantenimiento. Se debe verificar regularmente el estado de limpieza interno de las placas y, en el caso de detectarse problemas, se deberá revisar la rutina de limpieza y la instalación general. Distintos estudios muestran que la eficiencia puede reducirse en hasta un 15 % si no se

<sup>6</sup> Tomado de *Economies d'énergie dans le refroidissement du lait á la ferme. Revue Generale du Froid et du conditionnement d'air.* de Loobuyck, M. et al, Avril 2012, pag 39-44. (2012).

<sup>7</sup> En algunas situaciones puede ser conveniente estudiar la posibilidad de utilizar agua proveniente de napas más profundas, minimizando también cambios estacionales. Se considera que el circuito ideal de cañería para aprovechar el frío de captación de napa (cuya agua se encuentra entre 18°C y 20°C) es el siguiente: pozo-bomba-intercambiador-tanque o distribución, implementando tramos cortos y aislados de tuberías.

<sup>8</sup> Edens et al., 2013; Corscadden, K., 2014.

corrigen este tipo de situaciones. El destino final de la corriente de agua debe considerarse en el proyecto técnico (ver apartado «Uso racional del agua»).

También se destaca la necesidad de anteponer una válvula de tres vías con bypass en la línea de agua que ingresa al intercambiador, la cual es indispensable para redireccionar el agua de pozo que esté circulando al momento de realizar el lavado CIP (*Cleaning in Place*) de la cañería de leche. De no estar dicha válvula, se enfriará el agua de lavado, lo que reduce la eficiencia del mismo.

La eficiencia por el uso de los intercambiadores de calor a placa puede incrementarse aún más con la implementación de variadores de velocidad instalados en la bomba de leche de la ordeñadora. De este modo: i) se logra disminuir drásticamente la cantidad de arranques y paradas de la bomba (incrementando su vida útil); ii) se optimiza la relación de caudales agua-leche en el ICP (Intercambiador de Calor a Placas) para lograr reducir en mayor medida la temperatura a la cual la leche ingresa al tanque (con los beneficios que esto conlleva según se explicó en los párrafos anteriores; iii) se reduce el consumo energético de la bomba de leche y el tiempo durante el cual el tanque refrigerador de leche permanece encendido (incrementando su vida útil)<sup>9</sup>.

## Producción de agua caliente (ACS)

El tambo requiere agua caliente para lograr una eficiente sanitización de las superficies en contacto con la leche (equipo de ordeño y tanque de refrigeración). El calentamiento del agua se realiza a través de termotanques y calentadores, que pueden funcionar utilizando energía eléctrica, gas, gasoil o leña. Independientemente de la fuente, se pueden realizar acciones para mejorar el desempeño energético en este uso. En primer lugar, se indican una serie de recomendaciones generales.

- *Temperatura adecuada.* Calentar el agua hasta la temperatura indicada en las etiquetas de los productos químicos utilizados para la limpieza. Según experiencias consultadas, se utiliza más cantidad de químicos (cáusticos y ácidos) para compensar la falta de temperatura en agua<sup>10</sup> que, en muchos casos, no se mide. Si

---

<sup>9</sup> Según estudio desarrollado por CAFyPEL en establecimiento de producción primaria de leche en la provincia de Santa Fe, el consumo energético del tanque refrigerador de leche se redujo más del 20 %.

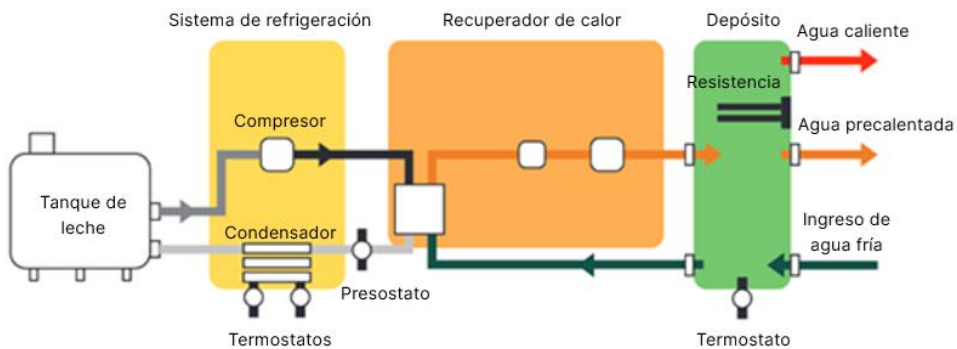
<sup>10</sup> Existen cuatro mecanismos para acelerar una reacción química: i) aumentar la temperatura; ii) aumentar la concentración de reactivos; iii) aumentar la superficie de contacto; iv) emplear un catalizador.

bien esto, por un lado, garantiza la limpieza, también acelera el desgaste y degradación del acero inoxidable de las instalaciones.

- *Mantenimiento.* Realizar un adecuado mantenimiento de las instalaciones. Esto puede suponer mejoras de entre el 10 y 15 %.
- *Estado de los aislamientos.* Revisar el estado de los aislamientos de todas las tuberías por donde sea conducida el agua caliente, o bien fluidos que estén a una temperatura muy distinta a la del ambiente (como el refrigerante en una bomba de calor).
- *Eliminación de consumos pasivos.* Dado que existen lapsos entre ordeños en que no se requiere el agua caliente, se recomienda apagarlo durante esos períodos. Esto se puede hacer de manera manual, en general designando responsables de su apagado y encendido a tiempo o bien mediante la instalación de temporizadores o *timers*, que permiten programar los encendidos/apagados.
- *Etiquetado de eficiencia energética.* La actual regulación vigente en Argentina exige a los equipos convencionales de ACS, tanto a gas como eléctricos, el cumplimiento de normas de seguridad, buen funcionamiento y eficiencia. Por lo tanto, el etiquetado de eficiencia energética es un indicador útil y simple para realizar una elección racional a la hora de adquirir un nuevo equipo o bien si se está considerando reemplazar otro.

Una vez consideradas estas medidas, se describen a continuación acciones de mayor inversión para mejorar aún más el desempeño energético.

- *Tanque recuperador de calor.* Se recomienda la instalación de un tanque recuperador de calor, el cual es un equipo que aprovecha la elevada temperatura del refrigerante a la salida del compresor y previo al ingreso de la unidad condensadora del sistema de refrigeración con el fin de precalentar agua, reduciendo significativamente los consumos de energía eléctrica en este rubro.



Figuras 12 y 13: Esquema de funcionamiento (izq) y ejemplo de tanque recuperador de calor (der)

- *Termotanques solares.* En el caso de que no sea posible instalar un tanque recuperador de calor, es recomendable estudiar la posibilidad de incorporar un colector solar que permita brindar agua caliente al tambo. Estos equipos, si bien no llegan a cubrir el 100 % de la demanda (por lo que requieren de un equipo de respaldo o auxiliar), logran un importante ahorro que puede alcanzar el 60 % y 80 % en este uso según las experiencias consultadas.
- *Bomba de calor.* En el caso que el tambo tenga un importante requerimiento de agua caliente se aconseja analizar la opción de incorporar una bomba de calor que sustituya los equipos actuales. Estos son equipos que funcionan de modo semejante a un aire acondicionado en modo frío, sólo que, en lugar de retirar calor del aire de una habitación y transferirlo a la atmósfera, realizan el proceso inverso.



Figura 14: Ejemplo de bomba de calor

## Sistemas de bombeo

En esta sección se consideran la bomba de ordeño (bomba de vacío), la bomba de leche, la bomba de lavado y vaciado del tanque refrigerador de leche, la bomba estercolera y las bombas de agua. La bomba de ordeño está asociada a los órganos de ordeño; su uso es al momento de ordeñar y durante la limpieza, todos los días del año. La bomba de lavado y vaciado del tanque refrigerador de leche se utiliza luego de la recolección de la leche, que depende de la frecuencia con que la cisterna de recolección pase por el establecimiento. En relación con el tratamiento o gestión del efluente, se utilizan las bombas estercoleras para el vaciado de pozos o lagunas, para luego poder tratar, almacenar, gestionar, o aplicar dicho efluente, según el caso. Para el abastecimiento de agua (con el fin de realizar el lavado de las instalaciones, abastecer bebederos de animales, para riego, entre otros usos) se utilizan generalmente una o más bombas de pozo sumergibles o centrífugas a nivel de terreno.

De esta manera, el consumo energético puede ser importante, en particular en los meses de mayor demanda hídrica. A continuación, se indican recomendaciones para estos equipos.

- *Mantenimiento.* Un correcto programa de mantenimiento implica el reemplazo periódico de piezas como sellos y juntas, realizar la verificación periódica del correcto funcionamiento de todas las partes móviles y mantener limpios todos los componentes, de manera de garantizar que la bomba funcione en su máxima capacidad.
- *Correcta lubricación.* Todas y cada una de las partes móviles de una bomba requieren una lubricación adecuada para funcionar de manera eficiente. Este factor es esencial para reducir la fricción entre las piezas, minimizar el desgaste y, finalmente, prolongar la vida útil del equipo.
- *Categorías de eficiencia energética.* En caso de que sea necesario realizar un reemplazo, evaluar la adquisición de bombas con motores más eficientes<sup>11</sup>. A la hora de adquirir nuevos equipos, es importante una correcta selección de los mismos, ya que, si bien las bombas hidráulicas pueden trabajar en un amplio rango de caudales y alturas, su funcionamiento óptimo está dado para su caudal y altura nominales. La eficiencia de los motores se clasifica en distintas categorías dispuestas por la Norma IEC N° 60.034, replicada en Argentina como la Norma IRAM N° 62.405, en la que se definen seis clases de eficiencia; de IE0 a IE5 (eficiencia súper premium).

---

<sup>11</sup> Cabe aclarar que instalar un motor de alta eficiencia o una bomba de alta eficiencia no garantiza disminuir el consumo energético; también es preciso asegurar que las condiciones de trabajo y de operación de ese motor sean eficientes y aseguren los resultados.



Figura 15: Etiqueta Norma IRAM N°62.405

- *Variadores de velocidad.* Dado que las bombas de vacío funcionan a una velocidad fija, se recomienda la instalación de variadores de velocidad (VSD), equipos que ajustan la velocidad de los motores eléctricos para igualar la capacidad la bomba de vacío a la a la demanda de los componentes de la máquina ordeñadora, manteniendo así el nivel de vacío estable a lo largo de todo el ordeño. A continuación, se presenta un esquema de funcionamiento con la incorporación de un VSD.

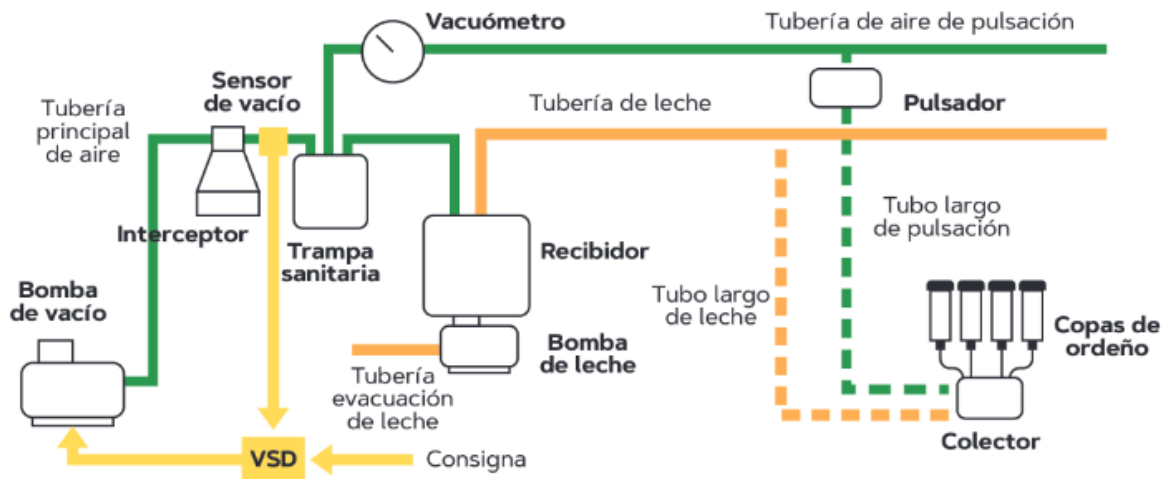


Figura 16: Esquema de funcionamiento de bomba de vacío con VSD

Existen múltiples variables que influyen en el caudal de aire necesario en una instalación de ordeño debido a: i) la rutina de ordeño; ii) el tipo de sala de ordeño (rotativa, paralela, lineal, entre otros); iii) la cantidad de operarios; iv) el tiempo que las unidades de ordeño permanecen colocadas ordeñando (mayor consumo) y el tiempo que están ociosas; v) la habilidad del personal operador en el manejo de los componentes; vi) el mantenimiento del equipamiento (pezoneras en condiciones); vii) las filtraciones de aire presentes en la máquina; viii) el sobredimensionamiento de la bomba de vacío para realizar el ordeño (habitualmente calculado para futuras ampliaciones, bajas presiones



atmosféricas y para el lavado de la maquinaria, el cual es el único momento en el que trabaja a capacidad máxima), entre las principales.

Por todo esto, la magnitud del ahorro energético que introducen los variadores de velocidad se deberá estimar de acuerdo con la medición que se realice en cada tambo en particular. A modo de referencia provincial, distintos estudios realizados en tambos demuestran que la instalación de estos equipos provoca una reducción promedio anual del 40-60 % del consumo eléctrico de los motores que accionan las bombas de vacío.

## Uso racional del agua

El agua es uno de los principales insumos en el proceso de producción de la leche, siendo el agua subterránea el recurso utilizado en la mayoría de los tambos de la provincia. Es necesario gestionarla adecuadamente para garantizar la cantidad y calidad necesaria en función de los distintos usos del establecimiento, considerando que se trata de un recurso natural a preservar y que el consumo energético para su extracción puede ser importante, en particular en los meses de mayor demanda hídrica y/o períodos de sequía.

Si bien los parámetros a cumplir para garantizar su calidad<sup>12</sup> quedan fuera del alcance de esta publicación, a continuación, se presentan distintas estrategias transversales a todas las operaciones para reducir la cantidad empleada diariamente.

- *Implementación de circuito cerrado de agua:* El retorno propone que el agua de salida del intercambiador se dirija a un tanque depósito («pulmón») o directamente hacia el tanque elevado en lugar de ser devuelta al ambiente.
- *Monitoreo del consumo:* Se recomienda instalar un caudalímetro a la salida de la perforación (o de la toma de agua), de manera de cuantificar los consumos de agua para poder realizar su correcta utilización. Su cuantificación permitirá planificar la reutilización de las corrientes, tal como se propone en los siguientes apartados.
- *Uso de agua proveniente del pre-enfriado de la leche.* El agua proveniente del pre-enfriado de la leche (agua que atraviesa el ICP) no presenta contaminación que imposibilite su posterior uso, dado que previamente debe ser adecuadamente

---

<sup>12</sup> Es tan importante la calidad del agua para consumo anual que, incluso mediante exploración de distintos lugares para extracción, se prefiere contar con este recurso por sobre el consumo de energía de bombeo que sea necesario para su transporte.

desinfectada. Considerando la importancia de este volumen, el destino puede ser el consumo animal<sup>13</sup>, aunque también puede utilizarse para limpieza. o bien para el sistema de aspersores de refrescado de animales.

- *Aprovechamiento de agua de lluvia:* Cuando el agua de lluvia se mezcla con los purines en las piletas de acumulación y/o tratamiento de efluentes del tambo, además de la pérdida de esa agua por contaminación, aumenta el riesgo de anegamientos y complicaciones a los trabajos de gestión de efluentes. Por tal motivo, se recomienda recuperar esta corriente mediante canaletas y/o infraestructura necesaria, hacia un sector específico de disposición o almacenamiento para ser utilizada luego en la limpieza de instalaciones, hidratación animal (garantizando que cumpla con la calidad necesaria) u otros usos<sup>14</sup>. El beneficio de almacenamiento de pluviales se puede cuantificar en un ahorro de 1 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de área de aporte de techos por año (sobre la base de lluvias medias anuales de 1000 mm).
- *Empleo de agua proveniente de la limpieza de ordeñadora y equipo de frío:* Una buena estrategia sería utilizar el agua del enjuague final de cada lavado en el enjuague inicial dentro de la rutina siguiente. Este volumen de agua se puede almacenar en una de las piletas de lavado o en un depósito destinado para este fin después de la salida de la ordeñadora.
- *Uso de efluentes:* El reúso de efluentes separados es posible mediante sistemas de separación de sólidos y recuperación de agua para lavado de sala de espera o líneas de alimentación. Una vez generados, puede evaluarse su valorización para uso agronómico o para generación de biogás (ver apartado «Energías renovables aplicadas al sector»). Existen alternativas de gestión de purines para la limpieza de las salas: usar en *scraper* o sistemas de arrobaderas (escurridores) que permiten «escurrir» los purines hacia un sumidero sin uso o mínima cantidad de agua; o bien mediante *flushing* (o método de inundación), el cual, mediante la recuperación posterior del recurso, puede reutilizar el agua de lavado o líneas de agua «descartada».
- *Mejoras en las prácticas de limpieza:* Se estima que realizando un barrido mediante rabastos previo a la limpieza de los pisos se puede lograr disminuir alrededor de un 50 % el consumo de agua en el lavado. A su vez, se recomienda humedecer el piso de la planchada de espera antes de que ingrese el ganado, a los efectos de minimizar la adherencia del material al piso y simplificar el lavado, disminuyendo la

---

<sup>13</sup> Se sugiere explorar la referencia bibliográfica al respecto «El Agua en el Tambo».

<sup>14</sup> Extraído de «Gestión de Purines en Tambo». Enlace:

[https://www.caprolecoba.com.ar/archivos\\_otros/GBP%20Gestion%20de%20Purines%20en%20Tambo.%20Dic2018\\_compressed.pdf](https://www.caprolecoba.com.ar/archivos_otros/GBP%20Gestion%20de%20Purines%20en%20Tambo.%20Dic2018_compressed.pdf)

cantidad de agua usada para la tarea. También se pueden incorporar equipos para reducir el consumo, tales como hidrolavadoras.

- *Mejoras en las prácticas de manejo del rodeo:* Se propone cumplir con las buenas prácticas de manejo del rodeo que tienden a minimizar las deyecciones en la planchada de espera, tales como arrear al ganado en el rodeo a paso normal, de forma de permitir las mismas en el campo y detener 5 a 10 minutos el ganado previo a la entrada al corral.

## Maquinaria agrícola

Según relevamientos realizados en tambos argentinos<sup>15</sup>, el parque de máquinas se compone principalmente por tractores, desmalezadoras, palas frontales, mixers y carros forrajeros. Las tareas básicas a desarrollar son, por un lado, el desmalezamiento y, por el otro, el mixer diseñado para cargar y distribuir el forraje picado fino o silaje con trozos para ganado bovino.

Es fundamental planificar y llevar a cabo el mantenimiento de la maquinaria y herramientas tal como especifican los fabricantes. El mantenimiento debe hacerse a lo largo de toda la vida útil de los mismos. Se listan a continuación algunos puntos principales para el mantenimiento de tractores, así como acciones tendientes a garantizar su correcto funcionamiento (evitando el sobreconsumo de combustible) y extender su vida útil:

- Mantener la limpieza del filtro del aire y del gasoil.
- Controlar y regular el circuito de combustible.
- Utilizar lubricantes y neumáticos apropiados.
- Controlar la adecuada presión de los neumáticos y el estado del terreno, dado que, si trabajan a presiones distintas a las especificadas por el fabricante, se forzarán innecesariamente a la maquinaria implicando sobreconsumos de combustible.
- Utilizar máquinas y aperos apropiados y en buen estado, correctamente regulados con el tractor.
- Seleccionar el régimen de funcionamiento del motor para que trabaje en zonas de alta eficiencia (en otras palabras, bajo consumo).
- Utilizar adecuadamente los dispositivos de control de que dispone el tractor para los diferentes tipos de trabajo.

---

<sup>15</sup> Extraído de la «Encuesta sectorial lechera - INTA Rafaela (2019)».

- Evitar realizar las operaciones agrícolas en condiciones desfavorables del suelo, el producto, el cultivo o la meteorología (Por ejemplo: el suelo húmedo demanda mayor potencia).

En el caso que se deban adquirir nuevos tractores, evaluar la posibilidad de incorporar maquinarias modernas y eficientes que consuman menos combustible.

## Iluminación

Se recomienda revisar las luminarias existentes, su uso y condiciones operativas, en particular dentro de las instalaciones de la sala de ordeño. En primer lugar, acciones simples como apagar las luces en los espacios que no estén siendo utilizadas, pueden tener un impacto relevante en el consumo eléctrico. Otra acción simple es mantener una limpieza superficial de las luminarias, lámparas y equipos (es decir, todos los dispositivos tecnológicos intervinientes).

Luego, se recomienda que en la medida en que se vayan deteriorando y/o disminuyendo su eficiencia, se programe su reemplazo por otras de tecnología LED. Estas tienen mayor vida útil y consumen mucha menos energía. Además, para la iluminación exterior se recomienda la incorporación de fotocélulas, que permiten el encendido automático de las luminarias cuando exista falta de luz natural y el apagado en caso contrario. Es importante instalar dichos sensores en lugares despejados de sombras.

## Uso seguro de energía eléctrica

Se recomienda contratar un profesional matriculado para que revise el estado de las instalaciones eléctricas y realice las adecuaciones pertinentes, en caso de ser necesarias. Se debe cumplir lo establecido en el Decreto N° 351/1979 reglamentario de la Ley Nacional N° 19.587/1972 de Higiene y Seguridad en el Trabajo. A su vez, es importante realizar un seguimiento de las facturas del servicio eléctrico. Dentro de estos requisitos, es imprescindible contar con el sistema de descarga a tierra más apropiado y verificado, conforme la resolución SRT 900/2015. En línea con lo anterior, se recuerda que es obligatorio la instalación del interruptor por corriente diferencial de fuga («disyuntor») correspondiente y adecuado a la instalación.

En el caso de contratar potencia (mayor a 50 kW), se debe tener en cuenta que los contratos de suministro de energía multan la energía reactiva recogida si el factor de potencia (FdP, generalmente también llamado  $\cos \varphi$ , aunque técnicamente puede diferir) está entre 0.7 y 0.95, mientras que se bonifica si es mayor a 0.95. Para  $\cos \varphi < 0.7$ , las distribuidoras de electricidad pueden obligar a sus usuarios a realizar la corrección. A la Fecha de la presente publicación, la EPESF bonifica o aplica multas de acuerdo con el siguiente cuadro:

BONIFICACIÓN									
COS FI	FI	TAN FI	DIF.	Rec. %	COS FI	FI	TAN FI	DIF.	Rec. %
1	0,0000	0,0000	-0,329	-33	0,8	0,6435	0,7500	0,421	42
0,99	0,1415	0,1425	-0,186	-19	0,79	0,6600	0,7761	0,447	45
0,98	0,2003	0,2031	-0,126	-13	0,78	0,6761	0,8023	0,474	47
0,97	0,2456	0,2506	-0,078	-8	0,77	0,6920	0,8286	0,500	50
0,96	0,2838	0,2917	-0,037	-4	0,76	0,7075	0,8552	0,526	53
<b>0,95</b>	<b>0,3176</b>	<b>0,3287</b>	<b>0,000</b>	<b>0</b>	0,75	0,7227	0,8819	0,553	55
0,94	0,3482	0,3630	0,034	3	0,74	0,7377	0,9089	0,580	58
0,93	0,3764	0,3952	0,067	7	0,73	0,7525	0,9362	0,608	61
0,92	0,4027	0,4260	0,097	10	0,72	0,7670	0,9639	0,635	64
0,91	0,4275	0,4556	0,127	13	0,71	0,7813	0,9918	0,663	66
0,9	0,4510	0,4843	0,156	16	0,7	0,7954	1,0202	0,692	69
0,89	0,4735	0,5123	0,184	18	0,69	0,8093	1,0490	0,720	72
0,88	0,4949	0,5397	0,211	21	0,68	0,8230	1,0783	0,750	75
0,87	0,5156	0,5667	0,238	24	0,67	0,8366	1,1080	0,779	78
0,86	0,5355	0,5934	0,265	26	0,66	0,8500	1,1383	0,810	81
0,85	0,5548	0,6197	0,291	29	0,65	0,8632	1,1691	0,840	84
0,84	0,5735	0,6459	0,317	32	0,64	0,8763	1,2006	0,872	87
0,83	0,5917	0,6720	0,343	34	0,63	0,8892	1,2327	0,904	90
0,82	0,6094	0,6980	0,369	37	0,62	0,9021	1,2655	0,937	94
0,81	0,6266	0,7240	0,395	40	0,61	0,9147	1,2990	0,970	97
0,8	0,6435	0,7500	0,421	42	0,6	0,9273	1,3333	1,005	100

MULTAS				
--------	--	--	--	--

Figura 17: Bonificaciones y penalidades según factor de potencia

Corregir el FdP trae numerosas ventajas, tales como: uso optimizado de las máquinas eléctricas; uso optimizado de las líneas eléctricas; reducción de las pérdidas; reducción de la caída de tensión. Se puede corregir mediante la instalación de un banco de capacitores.

## Revisión del lay-out del tambo

Se entiende por lay-out (o distribución en planta) de un tambo al plano o esquema del predio visto desde arriba, donde se pueda identificar el circuito definido para los animales, desde los corrales hasta su acceso a la zona de ordeño, las circulaciones y espacios de trabajo para los obreros, la disposición de los equipamientos e infraestructuras.

Es recomendable contar con el lay-out actualizado y revisarlo periódicamente en conjunto con los trabajadores y técnicos especialistas. Esto permite analizar el desempeño actual del establecimiento en cuanto a facilidad de circulación de animales, facilidad de acceso de trabajadores, puntos de ralentización del circuito, cruces de circuitos que produzcan demoras e inconvenientes, o zonas de riesgo que puedan existir, tanto para los animales como para los operarios. Una vez identificadas las oportunidades de mejora, en conjunto con todos los actores, podrá definirse las mejores adaptaciones para agilizar el trabajo, aumentar la productividad y reducir los consumos energéticos asociados.

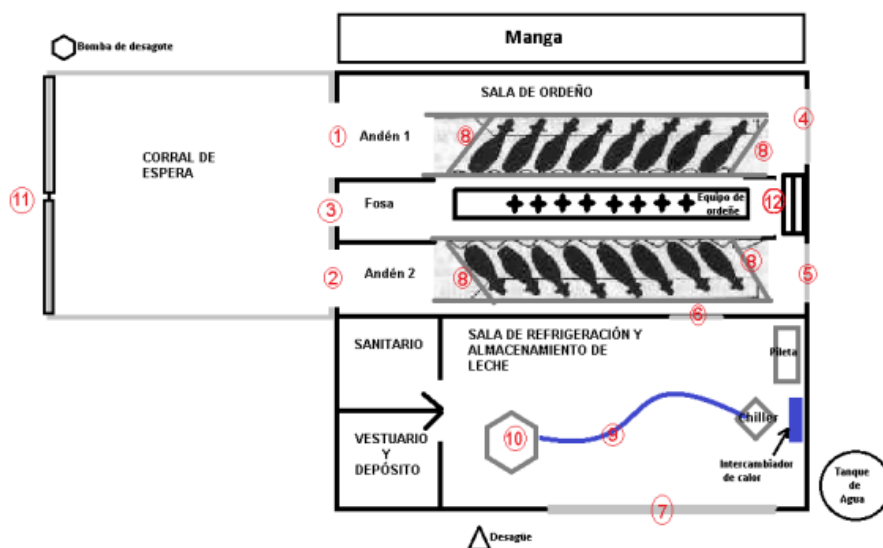


Figura 18: Ejemplo de lay-out o distribución en planta de instalación lechera



## Plan de mantenimiento preventivo

El plan de mantenimiento es transversal a todas las secciones, pero, por su importancia, se decidió abordarlo en un apartado particular. Su objetivo es aumentar la confiabilidad y la vida útil de los equipos e instalaciones.

Gran parte de las tareas que se realizan durante el mantenimiento evitan que la eficiencia de los equipos se reduzca por el propio y normal uso y desgaste. Las rutinas de limpieza, inspección, reparación, entre otras, inciden en el funcionamiento de los equipos y, en consecuencia, en el consumo de energía. Teniendo en cuenta que en el mercado existen distintos modelos de máquinas, se recomienda tener en cuenta las sugerencias del manual del fabricante o del instalador de los distintos equipos. Cabe destacar que existen algunos que precisan primordial atención como, por ejemplo, las máquinas de ordeñar, dado que tienen un uso intensivo de varias horas por día y permanente en los tambos en duras condiciones. Por ello, un correcto mantenimiento es vital para mitigar los riesgos de fallas, que luego pueden provocar distorsiones en el funcionamiento y mayor consumo energético.

## Sistema de gestión de la energía

La Norma ISO 50001 tiene como objetivo establecer, implementar, mantener y mejorar un Sistema de Gestión de Energía para la mejora continua del desempeño energético de una organización, que se evidencie en resultados medibles relacionados con usos (para qué se usa la energía), eficiencia energética (la capacidad de lograr el mismo servicio con el menor uso de recurso posible) y consumos (cantidad de energía utilizada). Para llevar adelante este proceso, es recomendable contratar a un profesional formado en la materia<sup>16</sup>.

Existen varios casos de éxito de implementación de la norma en nuestro país. Particularmente, cabe mencionar el caso de Mastellone Hnos, dado que fue la primera compañía del sector lácteo en obtener la certificación otorgada por IRAM en uno de sus complejos. Acciones de este tipo permiten no solo mejorar el desempeño energético, sino también posicionarse dentro de los más altos estándares en cuanto a certificación, siendo éste un factor competitivo clave.

---

<sup>16</sup> La provincia dicta el curso de «Formación y Actualización de Gestores Energéticos para la Industria», esta norma está contenida. Para más información, visitar: [www.santafe.gob.ar/eficienciaenergetica](http://www.santafe.gob.ar/eficienciaenergetica).

## Energías renovables aplicadas al sector

Es posible contemplar la posibilidad de incorporar energías renovables a través de termotanques solares (ver apartado «Agua caliente sanitaria (ACS)»). También el uso de la energía solar o eólica para generación de energía eléctrica supone una estrategia importante a la hora de disminuir el consumo de energía provenientes de la red, ya sea inyectando la energía generada a la red, o simplemente destinando la energía a usos como bombeo solar o boyeros eléctricos por fuera del circuito conectado a la distribuidora<sup>17</sup>.

En los casos en que el establecimiento o alguna de sus dependencias no disponga de redes de distribución de energía eléctrica, el uso de paneles conectados con bancos de baterías permitirá evitar o reducir el consumo de combustibles fósiles para los motores generadores.



*Figuras 19 y 20: Ejemplo de instalaciones solares (sistema solar térmico compacto - termotanque solar- a la izquierda y paneles fotovoltaicos a la derecha)*

A su vez, se puede planificar la recolección de la biomasa (estiércol, restos de silo, y/o residuos de producciones agroindustriales del establecimiento) para ser tratada mediante biodigestión anaeróbica (lagunas profundas cubiertas o reactores de distintas escalas), obteniendo biogás y biofertilizante (de aplicación líquida o sólida). El biogás es una mezcla de gases compuesto básicamente por metano ( $\text{CH}_4$ ) -el combustible-, dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y pequeñas cantidades de otros gases (los cuales deben ser eliminados). Para darle un uso energético, se debe enviar a un primer sistema de tratamiento para eliminar el vapor de agua y el sulfuro de hidrógeno (dependiendo de la aplicación y los equipos empleados se define el tratamiento necesario). Luego puede ser utilizado en algún proceso térmico que requiera su combustión directa (por ejemplo, en calderas) y/o en motores para generar energía

<sup>17</sup> Se recomienda revisar los programas vigentes al día de la fecha. Para más información, consultar la Ley Provincial N° 14.259/2024.

eléctrica. Además, según diversas experiencias consultadas el biofertilizante actúa como una enmienda orgánica y presenta en su composición nutricional valores importantes de nitrógeno, fósforo y otros varios elementos, siendo lo más importante, materia orgánica estable y colonias de bacterias disponibles para enmendar suelos.

Proyectos de esta índole no solo reducen la dependencia energética a los combustibles fósiles, sino que también pueden dar una solución al tratamiento y disposición final de los efluentes, y a dar mejoras sustanciales en el mantenimiento de los suelos utilizados para la producción del alimento de los animales.

Para ello, existen en el mercado distintas opciones, siendo lo más habitual desde hace unas décadas en la práctica la instalación de motores de combustión interna adaptados para funcionar con gas (basados en Ciclos Otto -nafta- o Diesel -gasoil-). En estos sistemas la combustión para producir trabajo mecánico (movimiento) se realiza dentro del motor, en contacto directo con la cabeza del pistón. Esta tecnología es precisamente la de los grupos electrógenos o generadores Diesel.

Sin embargo, una de las tecnologías más innovadoras que está tomando considerable impulso para este tipo de proyectos (y para la generación distribuida en general) son las microturbinas de gas, debido principalmente a su tamaño y flexibilidad. A diferencia de los motores anteriores (en donde la cámara de combustión se encuentra en el mismo espacio físico que los componentes rotantes), las microturbinas son motores de combustión externa. Esto es, la cámara de combustión se ubica en un espacio físico separado de las partes móviles, lo que permite revisar la necesidad de filtrado del combustible ya que los gases no están en contacto. En este sentido, requieren un acondicionamiento menor del combustible que los de combustión interna, los cuales precisan reducir considerablemente las trazas de componentes tales como el sulfuro de hidrógeno o el amoníaco, dado que estos pueden provocar daños graves como el desgaste y la corrosión en los motores.



*Figura 21 y 22: Vistas de un ejemplo ilustrativo de una microturbina de gas de 600 kW (Cortesía de Turbine Heat & Power S.A.)*

La tecnología de microturbinas, por las potencias que son capaces de desarrollar, permiten desarrollar propuestas basadas en cogeneración (aprovechar el calor residual de la combustión luego de la producción de electricidad) y hasta trigeneración (luego de producir electricidad, se aprovecha el calor con fines térmicos, pero también como fuente para hacer funcionar un circuito de refrigeración por absorción, como un chiller) partiendo de un único combustible.

Asimismo, las microturbinas pueden tener o no sistemas de recuperación (mejora conocida como «regeneración»); esto significa que pueden conectarse intercambiadores de calor de aire-gas, que usan el calor de los gases de escape de la turbina para precalentar el aire de compresión antes de que el aire ingrese a la cámara de combustión y producir así calor para otras aplicaciones, tales como calentamiento de agua.

A continuación, se presenta una propuesta de trigeneración basado en microturbinas:

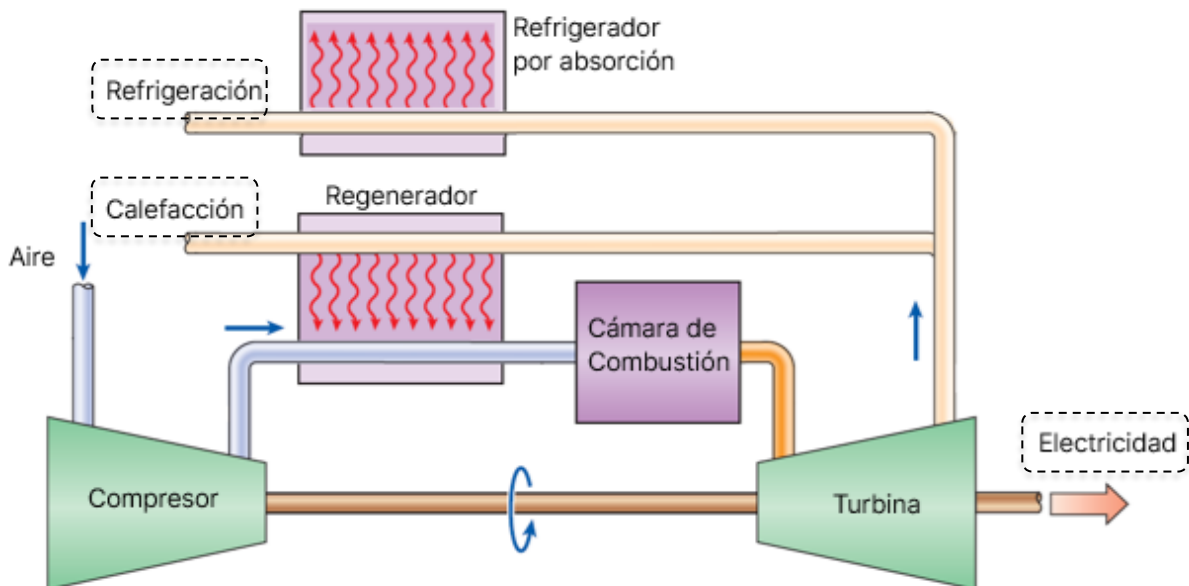


Figura 23: Sistema de trigeneración (adaptado de Cengel, Y., 2024)

Se destaca la experiencia de una industria láctea ubicada en México en la cual se instalaron dos microturbinas diseñadas para cubrir el 47 % del consumo de electricidad de la planta y el 33 % de su demanda facturable. Capturando el calor residual de las microturbinas, el sistema también genera aire caliente que pasa por dos equipos refrigeradores por absorción, que producen a su vez agua fría. Este sistema de trigeneración satisface el 97% de las necesidades de agua refrigerada de la instalación. Testimonios cercanos estiman que, con una tasa interna de retorno del 36 %, este nuevo enfoque de generación y gestión de energía generará un ahorro<sup>18</sup> de más de 82740 USD/mes.

En síntesis, tecnologías de esta índole no solo reducen la dependencia energética a los combustibles fósiles, sino que también pueden dar una solución al tratamiento y disposición final de los efluentes. Cabe aclarar que un proyecto de este tipo requiere de un análisis exhaustivo previo a su implementación, para evaluar su retorno económico y la factibilidad técnica para el caso (es decir, la posibilidad de formar al personal encargado, de controlar los parámetros de operación, de trabajar en condiciones de seguridad, de realizar un mantenimiento adecuado, entre otros), y así definir la factibilidad integral del mismo.

<sup>18</sup> Información compartida por el equipo de Turbine Heat & Power S.A.



Figura 24: Ejemplo de instalación de biodigestor

Para más recomendaciones y posibilidad de armar tu propio Reporte Energético del establecimiento, te contamos que ya está disponible la Calculadora de Ahorro y Eficiencia Energética «Sumá Eficiencia». ¡Ingresá [aquí!](#)



## Referencias y bibliografía

- «Proyecto de Eficiencia Energética en Argentina – Diagnóstico Sector Primario», 2019  
[https://eficienciaenergetica.net.ar/img\\_publicaciones/04281550\\_01-DiagnosticoSectorPrimario](https://eficienciaenergetica.net.ar/img_publicaciones/04281550_01-DiagnosticoSectorPrimario)
- «Proyecto de Eficiencia Energética en Argentina - Diagnóstico Sector Primario», 2019  
[https://eficienciaenergetica.net.ar/img\\_publicaciones/04281550\\_01-DiagnosticoSectorPrimario.pdf](https://eficienciaenergetica.net.ar/img_publicaciones/04281550_01-DiagnosticoSectorPrimario.pdf)
- «Proyecto de Eficiencia Energética en Argentina - Diagnóstico Sector Lácteos», 2019
- [https://eficienciaenergetica.net.ar/img\\_publicaciones/04281610\\_04d-InformeLacteos.pdf](https://eficienciaenergetica.net.ar/img_publicaciones/04281610_04d-InformeLacteos.pdf)
- «Documento metodológico del Balance Energético Nacional», ex Secretaría de Planeamiento Energético Estratégico, Ministerio de Energía y Minería de la Nación, 2015  
[https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion\\_del\\_mercado/publicaciones/energia\\_en\\_gral/balances\\_2016/documento-metodologico-balance-energetico-nacional-final-2015.pdf](https://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/informacion_del_mercado/publicaciones/energia_en_gral/balances_2016/documento-metodologico-balance-energetico-nacional-final-2015.pdf)
- «Guía de Eficiencia Energética para Motores Eléctricos», ex Subsecretaría de Ahorro y Eficiencia Energética de la Nación, ex Ministerio de Energía y Minería de la Nación, 2017  
[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia\\_de\\_eficiencia\\_energetica\\_para\\_motores\\_electricos.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/guia_de_eficiencia_energetica_para_motores_electricos.pdf)
- *Solar Engineering of Thermal Processes, Photovoltaics and Wind*, Duffie, J., Beckman, W., Blair, N., editorial John Wiley & Sons Inc., 5ta edición, 2020
- *Curso de Formación y Actualización de «Gestores Energéticos para la Industria»*, Secretaría de Energía, Ministerio de Desarrollo Productivo de Santa Fe, 2024  
<https://www.santafe.gob.ar/ms/eficienciaenergetica/industria-comercio/gestores-energeticos/>
- «Oportunidades de Eficiencia Energética en Tambos - Manual de buenas prácticas», Ministerio de Industria, Energía y Minería (MIEM) Uruguay, 2023
- [http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/documents/20182/56459/EE\\_ManualTambos.pdf/d97deb7f-b465-4a6d-9769-53650341ae78](http://www.eficienciaenergetica.gub.uy/documents/20182/56459/EE_ManualTambos.pdf/d97deb7f-b465-4a6d-9769-53650341ae78)
- «Alternativas para reducir el consumo de energía eléctrica en tambos», INTA Rafaela y UTN Delegación Rafaela, 2016  
<https://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/908>
- «Manual para la gestión ambiental de tambos», Ministerio de Vivienda, Ordenamiento Territorial y Medio Ambiente, Uruguay, 2016  
[https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/Manual\\_para\\_la\\_gestion\\_ambiental\\_de\\_tambos\\_-\\_WEB.pdf](https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/Manual_para_la_gestion_ambiental_de_tambos_-_WEB.pdf)

- «El agua en el tambo», INTA EEA Rafaela y Fac. De Cs. Veterinarias, UBA  
[https://www.produccion-animal.com.ar/agua\\_bebida/169-El\\_agua\\_en\\_el\\_tambo.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/agua_bebida/169-El_agua_en_el_tambo.pdf)
- «Manual de procesos - Proyecto tambo en Foco», grupo CREA  
<https://www.ocla.org.ar/contents/news/details/22424404-manual-de-procesos-del-tambo-crea>
- «Buenas prácticas lecheras - Guía para la implementación en la producción de leche bovina», grupo CREA  
<https://www.ocla.org.ar/contents/news/details/18589578-buenas-practicas-lecheras-guia-para-la-implementacion-en-la-produccion-de-leche-bovina>
- «Guía de buenas prácticas para establecimientos lecheros», INTA y Secretaría de agroindustria de la Nación, 2019  
<https://www.ocla.org.ar/contents/news/details/12599597-guia-de-buenas-practicas-para-tambos-inta-2019>
- *Thermodynamics, An Engineering Approach*, de Cengel, Y., Boles, M. y Kanoglu, M., 10ma edición, editorial McGraw Hill, 2024
- *Dairy Farm Energy Consumption*, de Upton, J. et al, Livestock Systems Department, Animal & Grassland Research and Innovation Centre, Teagasc, Irlanda, 2010
- *Improving Dairy Shed Energy Efficiency Technical Report*, de Morison, K. et al, CAENZ, Nueva Zelanda, octubre de 2007
- *Catálogo de bombas de leche Milkline*
- *Catálogo de microturbinas Turbine Heat & Power S.A.*

*Participaron en la redacción de este documento:*

*Secretaría de Energía del Ministerio Desarrollo Productivo de Santa Fe*

- *Ing. María Cecilia Mijich, Subsecretaria de Energías Renovables y Eficiencia Energética*
- *Mgtr. Ing. Marco A. Massacesi, Director Provincial de Eficiencia Energética*
- *Ing. Gretel Roldán Padinger, Equipo Técnico de la Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética*
- *Ing. Pablo Rivoira, Equipo Técnico de la Subsecretaría de Energías Renovables y Eficiencia Energética*

*Secretaría de Agricultura y Ganadería del Ministerio Desarrollo Productivo de Santa Fe*

- *Lic. Carlos De Lorenzi, Director Provincial de Lechería*

*Cámara Argentina de Fabricantes y Proveedores de Equipamientos, Insumos y Servicios para la Cadena Láctea (CAFyPEL):*

- *Mgtr. Guillermo O. Ferrero, Director Ejecutivo*
- *Ing. Mec. Marcelo A. Lenzi, Director Técnico*
- *Téc. Agustín J. Bergamasco, Asistente Técnico*
- *Ing. Gabriel Manfré, Asesor Técnico*

*Instituto Nacional de Tecnología Industrial Sede Rafaela:*

- *Ing. Mariano Cordero, Profesional Investigador*
- *BioIng. Cesar Ordano, Profesional Investigador*
- *Bioq. Marcos Allasia, Profesional Investigador*
- *Ing. Alan Zimmermann, Jefe del Departamento «Producción Sustentable y Agregado de Valor»*