

Informe de Viabilidad de Inversión en Automatización de Tambos Rotativos y/o con Robots en Argentina (Contexto 2025)

Resumen Ejecutivo

La implementación de sistemas de ordeño rotativo automatizado y/o con robots en Argentina en el contexto de 2025 presenta un panorama complejo, donde los beneficios operativos, la mejora en la calidad de vida y los incrementos productivos contrastan con desafíos económicos significativos. Si bien una evaluación tradicional del retorno de la inversión (ROI) podría sugerir plazos de recuperación superiores a los 20 años, un análisis más profundo revela que la viabilidad de estas inversiones se transforma radicalmente cuando se consideran factores estratégicos clave. La adopción de estas tecnologías representa una oportunidad transformadora, especialmente para tambos de mediana a gran escala, siempre que se cumplan requisitos específicos de infraestructura, gestión avanzada y, fundamentalmente, se aprovechen las innovadoras líneas de financiamiento disponibles en el país.

El sector lechero argentino en 2025 atraviesa un período de recuperación y crecimiento, con una mejora en la relación precio-insumo y un apoyo gubernamental creciente a la tecnificación. Sin embargo, la persistente volatilidad macroeconómica, la inflación y la fluctuación del tipo de cambio exigen una planificación financiera meticulosa. La clave para el éxito radica en un enfoque holístico que integre la tecnología con una gestión proactiva del rodeo y del personal, la inversión en infraestructura complementaria y la valorización de beneficios intangibles como el bienestar animal y la atracción de nuevas generaciones al campo. Los casos de éxito en Argentina demuestran que, si bien la tecnología es un facilitador, su manejo experto y, en ocasiones, la diversificación productiva son esenciales para la rentabilidad y resiliencia a largo plazo. La decisión de invertir debe basarse en un análisis individualizado que abarque la situación particular de cada establecimiento y sus objetivos a largo plazo.

1. Introducción: Panorama del Sector Lechero Argentino en 2025

El sector lácteo argentino se encuentra en un momento estratégico de modernización y crecimiento, impulsado por una combinación de factores de mercado y políticas de apoyo. Este contexto crea una coyuntura propicia para la evaluación de inversiones en tecnologías avanzadas de ordeño.

1.1. Contexto Actual y Crecimiento de la Producción

La lechería argentina experimenta una notable recuperación y expansión en 2025. Durante los primeros meses del año, la producción nacional de leche mostró un robusto crecimiento interanual del 11% entre enero y abril, y del 10.9% de enero a marzo, en comparación con los mismos períodos de 2024¹. Esta aceleración productiva, que en mayo de 2025 alcanzó un aumento de casi el 20% en el tambo promedio respecto al año anterior, sugiere la posibilidad de un año récord, superando los desafíos de sequías y márgenes reducidos de años previos^{1, 2}. La producción total de leche en mayo de 2025 ascendió a 897.87 millones de litros, lo que representa un incremento del 14.1% en comparación con el mismo mes del año anterior³. La producción acumulada para los primeros cinco meses de 2025 mostró un aumento del 11.7% respecto a 2024³.

En enero de 2025, las granjas lecheras argentinas produjeron 880.7 millones de litros de leche, lo que significa un aumento del 5.6% en comparación con enero de 2024⁴. Este crecimiento interanual es el más alto en cuatro años, con una tasa superior vista por última vez en enero de 2021⁴. La fuerte y sostenida expansión de la producción a principios de 2025 indica una sólida recuperación del sector, lo que genera un entorno más favorable para la inversión. Un mayor volumen de producción puede ayudar a amortizar los costos significativos de la automatización de manera más eficiente, y un sector en crecimiento es más propenso a absorber el aumento de la producción que resulta de la tecnificación.

1.2. Relación Precio-Insumo y Precios de la Leche al Productor

La dinámica positiva del sector se ve reforzada por una mejora significativa en la relación precio-insumo. En 2025, un litro de leche permite adquirir 2 kg de maíz y 1.5 kg de soja, lo que contrasta marcadamente con la situación de 2023, cuando apenas alcanzaba para 1 kg de maíz¹. Esta recomposición de los márgenes aporta previsibilidad financiera, incentivando la consideración de inversiones en tecnología, infraestructura y genética¹.

Los precios de la leche al productor también reflejan esta tendencia favorable, registrando ARS 472.87 por litro en junio de 2025^{1, 5} y un valor promedio de ARS 389.33 por litro en julio de 2024¹. Hacia fines de 2024, el precio alcanzó los USD 0.43 por litro, un valor considerado históricamente alto¹. En enero de 2025, el tambo promedio facturó USD 0.427 por litro, lo que representa un aumento del 40% respecto a enero de 2024¹. A pesar de estos aumentos, la rentabilidad promedio de los tambos fue de solo 3.8% en los últimos 12 meses, siendo los tambos de mayor escala los que muestran mejores márgenes¹. Al 24 de julio de 2025, los precios de la leche en tranquera de tambo oscilaban entre ARS 435.00 y ARS 515.00 por litro, dependiendo del volumen y la calidad³.

Sin embargo, a pesar de la mejora en la relación precio-insumo, el valor pagado por la leche cruda en enero de 2025 solo aumentó un 0.7% respecto a diciembre, quedando por debajo de la inflación general⁴. El Observatorio de la Cadena Láctea Argentina (OCLA) señaló que los precios del primer semestre de 2025, en moneda constante, son los más bajos de los últimos cinco años para esos meses⁶. Esta situación pone de manifiesto que, si bien hay una recomposición relativa, la rentabilidad sigue siendo ajustada. Por lo tanto, las ganancias de eficiencia y la reducción de costos operativos que ofrece la automatización se vuelven aún más cruciales para mantener la viabilidad y los márgenes en un entorno de costos fluctuantes.

1.3. Variables Macroeconómicas Clave: Inflación y Tipo de Cambio

El contexto macroeconómico argentino sigue siendo un factor determinante para cualquier inversión de capital. La inflación en junio de 2025 fue del 1.6% mensual, con

un acumulado anual del 39.4%^{1, 7}. La inflación esperada para el cierre de 2025, según el índice REM del Banco Central de la República Argentina (BCRA), es del 27%⁸. La volatilidad del tipo de cambio y la alta inflación complican las proyecciones de flujo de fondos y la planificación a largo plazo¹. La devaluación puede encarecer significativamente el costo de los repuestos importados, un componente crucial para los sistemas automatizados¹.

Los tipos de cambio de referencia del BCRA en julio de 2025 se situaron alrededor de los ARS 1,200-1,290 por dólar estadounidense⁹. Por ejemplo, el 28 de julio de 2025, el tipo de cambio de referencia fue de 1,287.33 ARS/USD⁹. El 29 de julio de 2025, el dólar estadounidense se cotizaba a 1250 ARS para la compra y 1300 ARS para la venta en el Banco Nación¹⁰. La persistencia de una inflación elevada y la fluctuación del tipo de cambio representan un riesgo sistémico continuo para las inversiones en bienes de capital importados, como los equipos de ordeño automatizados. Esta inestabilidad macroeconómica no solo afecta el costo inicial de la inversión, que a menudo se cotiza en dólares, sino también los costos operativos recurrentes, especialmente los repuestos que dependen de importaciones. La existencia de herramientas financieras innovadoras, como los "créditos en litros de leche", surge como una respuesta directa a este desafío, buscando mitigar el riesgo cambiario para el productor.

1.4. Políticas de Apoyo y Financiamiento Disponibles

La tecnología es un pilar fundamental para la mejora de la competitividad y la sostenibilidad de la lechería argentina¹. En este sentido, el acceso a financiamiento adecuado es un factor crítico dada la alta capitalización inicial requerida¹.

El Banco de Inversión y Comercio Exterior (BICE) ha sido pionero en ofrecer "créditos en litros de leche" con una tasa fija anual del 5% y un período de gracia de seis meses, con plazos de hasta cinco años¹. Esta modalidad innovadora mitiga el riesgo cambiario al alinear el repago con el valor del producto principal del tambo, desvinculando efectivamente la deuda de la fluctuación del tipo de cambio¹. El primer préstamo de este tipo en Villa María, Córdoba, financió USD 550,000 para tres robots¹. En 2024, se asignaron casi ARS 20,000 millones en créditos "valor producto", lo que impulsó un aumento del 20% en la instalación de sistemas rotativos y más del 30% en robots^{1, 11}. El BICE asignó ARS 12,000 millones en "Créditos en Litros de

Leche" a más de 90 productores tamberos hasta diciembre de 2024, con cuotas flexibles de hasta 60 meses ajustadas al valor SIGLeA¹². Además, el BICE ofrece una línea de valor producto en UVA con una tasa fija anual del 8%, con cuotas también denominadas en litros de leche¹¹.

El Banco Nación ofrece créditos específicos para el sector tambero (MiPyMEs registradas en SIGLeA) destinados a inversiones y bienes de capital, con montos de hasta ARS 500,000 millones y plazos de hasta 60 meses, indexados por UVAs¹. En Agroactiva 2025, el Banco Nación recibió solicitudes de crédito por USD 6,500 millones para el sector agroindustrial, superando en un 60% los registros de 2024¹³, ¹⁴. Ofreció tasas preferenciales desde el 21% en pesos y desde el 8.5% en dólares para MiPyMEs y grandes empresas¹⁴. También se ofrecieron líneas específicas para la compra de maquinaria nueva en pesos (hasta ARS 800 millones para MiPyMEs de Santa Fe con tasas bonificadas) y en dólares (hasta USD 1 millón con una TNA fija del 8.5% para MiPyMEs)¹⁵.

El apoyo gubernamental se extiende a nivel provincial, con Santa Fe, Córdoba y Entre Ríos subsidiando tasas y otorgando exenciones impositivas para inversiones en infraestructura lechera^{1, 16, 17}. El gobierno nacional, por su parte, confirmó subsidios de entre ARS 10 y ARS 15 por litro de leche para tambos, beneficiando aproximadamente al 80% de los establecimientos, aunque estos producen menos del 50% de la leche total del país¹⁸. A nivel nacional, existen incentivos fiscales para AgTech, como un bono de crédito fiscal del 50% de los gastos en investigación y desarrollo (I+D), amortización acelerada del equipamiento y devolución anticipada del IVA para bienes de capital específicos¹. Las líneas de leasing del BICE lanzadas en 2024 financian hasta el 100% de bienes de capital con plazos de hasta 4 años¹. La eliminación de las retenciones a los productos lácteos en octubre de 2023 y su posterior extensión hasta junio de 2025 ha mejorado la competitividad externa del sector^{1, 19}. La amplia gama y el volumen de apoyo financiero y político demuestran un esfuerzo coordinado para desincentivar el riesgo y promover la modernización del sector lechero, transformando inversiones que de otro modo serían prohibitivas en oportunidades viables.

1.5. Estado Actual y Proyecciones de la Adopción de Tecnología

La implementación de sistemas robotizados y automatizados, incluyendo las salas de ordeño rotativas, está marcando una nueva era en la producción lechera argentina¹. Actualmente, se estima que hay más de 400 tambos robotizados en funcionamiento en el país^{1, 2, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26}. Las proyecciones indican que este número podría superar los 1,000 para fines de 2025^{1, 2, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26}. Un 15% de los tambos ya utilizan tecnologías de ordeño automatizado¹, y más del 20% del rodeo nacional ha incorporado algún tipo de tecnología²⁷. La tecnología, desarrollada en un convenio público-privado entre el INTA y DeLaval, permite que las vacas se ordeñen voluntariamente y aporta datos detallados sobre producción, sanidad y medio ambiente¹.

La viabilidad de la inversión en automatización, como la de tambos rotativos y robots, presenta una aparente contradicción. Mientras que un análisis de retorno de inversión tradicional puede mostrar plazos de recuperación muy extensos, incluso de 23 a 29 años, lo que se considera inviable para la mayoría de los tambos¹, un examen más profundo revela que la situación es más matizada. La viabilidad no es inherente a la tecnología per se, sino que está fuertemente condicionada por el aprovechamiento de factores externos, como el financiamiento subsidiado, y la aplicación de una gestión interna superior, que incluye la optimización de la escala y la maximización de la producción¹. La rápida expansión proyectada en la adopción de tambos robotizados (de 400 a más de 1,000 para fines de 2025) es un indicador contundente de la creciente confianza y la viabilidad percibida en el mercado, a pesar de las proyecciones iniciales de ROI desfavorables. Esto sugiere que los productores están respondiendo activamente a las condiciones habilitantes, como el financiamiento y los beneficios a largo plazo, validando la transformación de la viabilidad.

Esto significa que la inversión, aunque de alto costo, puede ser altamente beneficiosa si se enmarca dentro de una estrategia integral y se capitalizan las condiciones favorables del mercado y las políticas de apoyo¹. La disponibilidad y promoción activa de mecanismos de financiamiento innovadores, como los "créditos en litros de leche" y "valor producto", son elementos cruciales que alteran fundamentalmente el perfil de riesgo de estas inversiones¹. Al vincular el repago de la deuda directamente con la unidad de producción del tambo, se desvincula la obligación financiera de la volátil fluctuación del tipo de cambio, transfiriendo el riesgo cambiario y alineando la capacidad de pago con los ingresos reales del productor¹. Este enfoque no solo

reduce la incertidumbre financiera, sino que también hace que las inversiones de capital intensivo, a menudo cotizadas en dólares, sean más atractivas y sostenibles a largo plazo en el complejo entorno económico argentino¹. La priorización de estas líneas de crédito es, por tanto, una decisión estratégica para cualquier productor que evalúe la automatización¹.

2. Sistemas de Ordeño Automatizado: Descripción y Proveedores Clave

La automatización en la lechería argentina se materializa principalmente a través de dos tipos de sistemas avanzados: los robots de ordeño individuales y los sistemas rotativos automatizados, comúnmente conocidos como "calesitas". Cada uno ofrece principios operativos y capacidades distintas, adaptándose a diferentes escalas de producción.

2.1. Fundamentos y Tipologías de los Robots de Ordeño Individual

Los robots de ordeño individuales permiten que las vacas sean ordeñadas de forma voluntaria, sin necesidad de arreo¹. Un sistema básico, compuesto por un solo robot, tiene un costo que oscila entre USD 250,000 y 350,000¹. Otras fuentes indican que el costo del equipamiento de robots de ordeño (y control sanitario) va de USD 160,000 a 200,000 por unidad para 70 vacas^{28, 29}. Este tipo de sistema es capaz de atender entre 60 y 75 vacas por robot¹. La inversión incluye el robot en sí, puertas inteligentes que dirigen el tráfico de los animales y un software de gestión integral que monitorea diversos parámetros¹.

Los principales proveedores de robots de ordeño en el mercado argentino son DeLaval y Lely¹. Sus unidades se comercializan en un rango de USD 120,000 a 150,000 por robot¹. Específicamente, DeLaval señala que una unidad de robot sola puede costar alrededor de USD 90,000, mientras que un sistema completo que incluye alimentación y sensores puede alcanzar los USD 150,000¹. Para una eficiencia óptima, se sugiere un sistema que emplee cuatro robots para un rodeo de 240 a 250

vacas¹. DeLaval ofrece su serie VMS™ (Voluntary Milking System) como una pieza clave para mejorar la productividad y longevidad de las vacas, al tiempo que reduce las horas de trabajo por litro de leche^{30, 31}. Lely, por su parte, lanzó en 2025 innovaciones como el Astronaut A5 Next para mejorar el ordeño y el seguimiento de la salud de las vacas, y el Astronaut Max para granjas más grandes, además del Lely Hub para mejorar la seguridad de los datos y la productividad de la granja³². La evolución de la tecnología hacia una mayor capacidad y una integración más profunda de datos, como se observa en los nuevos modelos de Lely, indica que los robots no solo aumentan la eficiencia del ordeño, sino que también proporcionan herramientas avanzadas para la gestión general del tambo.

2.2. Fundamentos y Tipologías de los Sistemas de Ordeño Rotativo Automatizado ("Calesitas")

Los sistemas de ordeño rotativo automatizado, o "calesitas", están diseñados para el ordeño de grandes volúmenes de vacas con un número reducido de operarios¹. Su funcionamiento se basa en una plataforma circular que gira continuamente. Las vacas ingresan de manera ordenada, se posicionan en puestos individuales y son ordeñadas a medida que la plataforma completa su rotación¹. Una vez finalizada la vuelta, las vacas abandonan la plataforma, dejando el espacio disponible para el siguiente animal¹. La automatización en estos sistemas es integral, abarcando desde la colocación automática o asistida del equipo de ordeño hasta sensores que monitorean la cantidad de leche producida, detectan anomalías y retiran las pezoneras de forma automática una vez finalizado el ordeño¹.

Para un sistema rotativo de 40 bajadas, la inversión inicial se sitúa entre USD 800,000 y 1,200,000¹. Los sistemas completos pueden superar el USD 1,000,000¹. Estos sistemas tienen una capacidad de ordeño de aproximadamente 200 vacas por hora en una configuración rotativa tradicional¹. Modelos como el Waikato One Man Rotary pueden ordeñar 150 vacas por hora, incluso en salas más pequeñas¹. GEA ofrece sus modelos DairyRotor T8600 y T8900, que son sistemas robustos y confiables diseñados para un funcionamiento 24/7 con una productividad y eficiencia sobresalientes, enfocados en un ordeño respetuoso con los animales^{33, 34}. El T8500, por ejemplo, está diseñado para ser operado por un solo ordeñador, con capacidad para hasta 600 vacas¹. El T8900 incorpora una pantalla táctil para la visualización y

control de procesos en tiempo real¹. La alta capacidad de procesamiento de las calesitas las convierte en la solución principal para explotaciones de gran envergadura. El énfasis de proveedores como GEA en la operación continua y el bienestar animal subraya que estos sistemas no solo buscan un alto rendimiento, sino también una producción constante y de calidad, lo que impacta directamente en la salud del rebaño y la calidad de la leche.

2.3. Principales Proveedores de estas Tecnologías en el Mercado Argentino

El mercado argentino cuenta con la presencia de importantes proveedores globales que ofrecen diversas soluciones adaptadas a las necesidades de los productores:

- **DeLaval:** Es un líder en robots de ordeño y cuenta con una red consolidada en Argentina¹. Ofrece una gama de salas rotativas, como las series E300, E100, E500 y la PR3100HD, destacada por su alto rendimiento y rápido retorno de la inversión¹. DeLaval también integra robots de sellado, como el TSR, para automatizar las tareas de pre y post-dipping, mejorando la salud de la ubre y reduciendo la necesidad de mano de obra¹. Sus diseños priorizan un flujo suave de vacas y el confort del operario¹. La empresa cuenta con soporte técnico en Argentina³⁵.
- **GEA:** Ofrece sistemas rotativos y robots (DairyRobot R9500, DairyProQ)^{33, 34}. Sus modelos DairyRotor T8500 y T8900 son sistemas robustos y confiables, ideales para explotaciones con pastoreo. El T8500, por ejemplo, está diseñado para ser operado por un solo ordeñador, con capacidad para hasta 600 vacas¹. Estos sistemas se caracterizan por su bajo mantenimiento, larga vida útil, automatización en la plataforma y capacidades de monitoreo en tiempo real¹. El T8900 incorpora una pantalla táctil para la visualización y control de procesos en tiempo real¹.
- **Waikato Milking Systems (representada por Weizur):** Ofrece soluciones rotativas, incluyendo la "One Man Rotary" que puede ordeñar 150 vacas por hora¹. En 2023-2024, Weizur instaló una plataforma rotativa Orbit de 80 puestos para el tambo La Querencia, con una inversión cercana a USD 1 millón para la sala de ordeño y edificios¹. Waikato se enfoca en reducir los costos laborales y aumentar la productividad a través de tecnologías automatizadas, mejorando la salud animal y la calidad de la leche^{36, 37, 38}.

- **Fullwood JOZ (representada por Rodeg):** Reconocida por haber lanzado el primer ordeño rotativo en 1969. Su modelo R2evolution es una versión actualizada que combina innovación con comodidad y facilidad de uso para las vacas¹. Ofrece sistemas mixtos¹. Fullwood JOZ proporciona soluciones de ordeño robótico (como el M²erlin) y convencional, destacando la operación silenciosa, la eficiencia energética y las herramientas de gestión inteligente de la granja^{39, 40, 41, 42}. También ofrece soporte posventa y repuestos^{40, 41}.
- **Lely:** Ofrece robots Astronaut (A5 Next, Max) y software de gestión de granjas (Horizon)^{43, 44}. La empresa enfatiza la flexibilidad, el bienestar animal y el soporte posventa, incluyendo asistencia técnica y disponibilidad de repuestos en stock⁴⁴. Cuenta con Lely Centers en Argentina⁴³.

La presencia de estos importantes proveedores globales en el mercado argentino y su enfoque en "soluciones integrales", "software de gestión" y "monitoreo en tiempo real" indica que la inversión en automatización va más allá de la adquisición de una máquina de ordeño. Se trata de la adopción de un ecosistema de gestión de datos que permite la optimización de procesos más allá del ordeño. Esto implica que la maximización de los beneficios y el retorno de la inversión se logran al integrar y utilizar plenamente estas capacidades complementarias.

3. Análisis Detallado de Costos

La implementación de sistemas de ordeño automatizado en Argentina implica un compromiso financiero sustancial, que se desglosa en costos de inversión inicial y gastos operativos recurrentes. Una comprensión detallada de estos componentes es fundamental para una planificación financiera sólida.

3.1. Costos de Inversión Inicial

La inversión de capital para adquirir e instalar estos sistemas es considerable y abarca varios elementos clave:

- **Adquisición de Equipos de Ordeño:**

- **Robots de Ordeño Individual:** Un sistema básico con un robot tiene un costo que va de USD 250,000 a 350,000¹. Los robots de proveedores como DeLaval y Lely se comercializan entre USD 120,000 y 150,000 por unidad, aunque una unidad sola de DeLaval puede costar alrededor de USD 90,000¹. Un sistema completo con alimentación y sensores puede llegar a USD 150,000 por robot¹. Para un sistema óptimo de 4 robots que atienden 240-250 vacas, la inversión en equipos e infraestructura puede superar los USD 700,000¹. Algunas estimaciones sugieren que el costo del equipamiento de robots de ordeño (y control sanitario) puede oscilar entre USD 160,000 y 200,000 por unidad para 70 vacas^{28, 29}.
- **Sistemas Rotativos Automatizados:** Un sistema rotativo de 40 bajadas cuesta entre USD 800,000 y 1,200,000, y los sistemas completos superan el USD 1,000,000¹. Proyectos recientes, como la instalación de una plataforma Waikato Orbit de 80 puestos para el tambo La Querencia, se financiaron con aproximadamente USD 1 millón para la sala de ordeño y edificios¹. El modelo GEA Waikato One Man Rotary, diseñado para tambos pequeños (150 vacas/hora), se estima en USD 450,000 a 550,000¹. Históricamente, Cresud invirtió USD 1.3 millones en una calesita de 80 puestos en 2005¹. Para 2024-2025, una calesita automatizada de 50-60 puestos con capacidad para 1,000 vacas se estima en USD 1.0 a 1.2 millones solo en equipos¹.
- **Costos de Infraestructura Complementaria:** La inversión no se limita al equipo de ordeño, sino que requiere una infraestructura robusta. El gamiento (cercado o corrales) se estima entre USD 100,000 y 200,000¹. Los sistemas de alimentación automatizada, como un mixer automatizado para PMR, pueden costar entre USD 50,000 y 100,000 (con mixers automatizados específicos en el rango de USD 80,000-120,000)¹. La sala de máquinas y equipos auxiliares se estima entre USD 30,000 y 50,000¹. Las obras civiles y adaptaciones, que incluyen galpones, fosos, corrales de espera y salas de leche, varían entre USD 80,000 y 150,000¹. Los costos de construcción para galpones de hormigón armado o metálicos en mayo de 2025 se situaban entre ARS 660,000 y 670,000 por metro cuadrado¹. Los corrales de espera requieren una superficie mínima de 1.60 m² por vaca y sombra adecuada a una altura de al menos 3.5 metros para el confort animal¹. La sala de leche debe cumplir con estrictas condiciones de higiene, con fácil acceso para los camiones cisterna y una conexión visual con la sala de ordeño¹. Los costos totales del proyecto para sistemas rotativos (obra civil, corrales, equipos de frío, sala de máquinas) pueden elevar la inversión a USD 1.5 a 2.0 millones¹.
- **Costos de Instalación y Sistemas Auxiliares:** La instalación y el montaje

pueden costar entre USD 50,000 y 100,000¹. Es crucial integrar sistemas complementarios como los sistemas de gestión de rebaño (ej. GEA CowScout o DeLaval DelPro), sistemas de alimentación de precisión y tecnologías de monitoreo de salud (como collares de actividad y salud, USD 100-150 por vaca, y software de gestión integral, USD 10,000-20,000 anuales)¹. La construcción de una nueva sala en una ubicación separada, en lugar de remodelar una existente, puede ser una estrategia más eficiente a largo plazo para evitar interrupciones en el ordeño diario¹.

- **Capacitación Inicial del Personal:** Un programa inicial de capacitación se estima entre USD 5,000 y 10,000¹, o entre USD 5,000 y 15,000¹.

La inversión en un sistema de ordeño automatizado va más allá del costo de la máquina principal; incluye una serie de componentes de infraestructura y sistemas auxiliares que son esenciales para su funcionamiento óptimo y la entrega de todos sus beneficios. Estos elementos, como los corrales de espera, los sistemas de alimentación automatizada y el software de gestión, son indispensables para asegurar el flujo adecuado de animales, la nutrición precisa y la recopilación de datos, que son pilares de la eficiencia prometida por la automatización. Subestimar o considerar opcionales estos "costos ocultos de integración" puede comprometer seriamente el rendimiento del sistema y, en consecuencia, el retorno de la inversión. La inversión debe entenderse como la adquisición de un ecosistema tecnológico completo, no solo de un equipo aislado.

La eficiencia de costos de la automatización está intrínsecamente ligada a la escala del tambo. Los robots individuales son más rentables para rodeos pequeños, pero a medida que el tamaño del rodeo crece, el costo total de múltiples robots comienza a acercarse al de los sistemas rotativos más pequeños. Las calesitas rotativas, por su parte, están diseñadas para rodeos muy grandes (más de 400-500 vacas), donde su alta capacidad de procesamiento justifica la inversión multimillonaria¹. La experiencia de Fortezza S.A.¹, que optó por un sistema paralelo rápido en lugar de una calesita para un rodeo mediano, ilustra que para ciertos tamaños, una alternativa más económica puede ser más conveniente. Esto subraya que la elección entre robots y calesitas, y el dimensionamiento específico de la calesita, es una decisión estratégica crítica que debe basarse en el tamaño actual y proyectado del rodeo. Invertir en un sistema sobredimensionado para un tambo pequeño o subdimensionado para uno en crecimiento generará ineficiencias significativas y afectará negativamente la viabilidad financiera.

A continuación, se presenta una estimación de los costos iniciales típicos para un tambo rotativo automatizado y robots, basada en los datos disponibles:

Tabla 3.1: Estimación de Costos Iniciales Típicos para un Tambo Rotativo Automatizado y Robots (USD/ARS)

Concepto	Rango de Costo (USD)	Rango de Costo (ARS) (aprox.)	Notas
Robots de Ordeño Individual			
Sistema básico (1 robot)	250,000 - 350,000	250,000,000 - 350,000,000	Incluye robot, puertas inteligentes, software. ¹
Robot solo (DeLaval/Lely)	90,000 - 150,000	90,000,000 - 150,000,000	Varía según proveedor y accesorios. ¹
Sistema óptimo (4 robots, 240-250 vacas)	>700,000	>700,000,000	Incluye equipos e infraestructura. ¹
Sistemas Rotativos Automatizados			
Rotativo 40 bajadas	800,000 - 1,200,000	800,000,000 - 1,200,000,000	Capacidad: 200 vacas/hora. ¹
Calesita 50-60 puestos (1,000 vacas)	1,000,000 - 1,200,000	1,000,000,000 - 1,200,000,000	Estimado para equipo. ¹
Infraestructura Complementaria y Auxiliares			

Gamiento	100,000 - 200,000	100,000,000 - 200,000,000	Corrales, cercados. ¹
Sistemas de alimentación automatizada	50,000 - 100,000	50,000,000 - 100,000,000	Mixer automatizado: USD 80,000 - 120,000. ¹
Sala de máquinas y equipos auxiliares	30,000 - 50,000	30,000,000 - 50,000,000	. ¹
Obras civiles y adaptaciones	80,000 - 150,000	80,000,000 - 150,000,000	Galpones, fosos, pisos. Costo m ² : ARS 660,000-670,000. ¹
Corrales de espera (1.6 m ² /vaca, sombra >3.5m)	Incluido en Obra Civil	Incluido en Obra Civil	. ¹
Tanque de frío automatizado (>10,000 L)	Incluido en Equipos/Auxiliares	Incluido en Equipos/Auxiliares	. ¹
Sistema de vacío de alta capacidad (>4,000 L/min)	Incluido en Equipos/Auxiliares	Incluido en Equipos/Auxiliares	. ¹
Sistemas de gestión de rebaño (software, collares)	30,000 - 80,000	30,000,000 - 80,000,000	Collares: USD 100-150/vaca. Software: USD 10,000-20,000 anuales. ¹
Instalación y montaje	50,000 - 100,000	50,000,000 - 100,000,000	Varía según complejidad. ¹
Capacitación Inicial del Personal	5,000 - 15,000	5,000,000 - 15,000,000	. ¹

Total Estimado del Proyecto (Rotativo Completo)	1,500,000 - 2,000,000	1,500,000,000 - 2,000,000,000	Incluye equipo, obra civil, auxiliares. ¹
Total Estimado del Proyecto (Robotizado Multi-unidad)	>700,000 - 1,495,000	>700,000,000 - 1,495,000,000	Basado en 4 robots y su infraestructura. ¹

Nota: La conversión a ARS se realiza a una tasa de referencia de 1 USD = 1000 ARS para fines ilustrativos, ya que las inversiones en bienes de capital importados suelen estar dolarizadas o atadas a valores de mercado. Los valores reales pueden variar significativamente y no incluyen fletes internacionales ni impuestos aduaneros, que pueden variar.¹

3.2. Costos Operativos Recurrentes Anuales

Los costos operativos recurrentes también experimentan una transformación con la automatización, requiriendo una gestión cuidadosa para asegurar la rentabilidad a largo plazo.

- Mantenimiento y Repuestos:** Este es un componente crítico. Para robots, se estima entre 8-12% del valor de inversión anual¹. Para sistemas rotativos, entre 6-10% del valor de inversión anual¹, o 3-5% del valor del equipo anualmente según proveedores¹. Los contratos de servicio técnico pueden costar entre USD 15,000 y 25,000 anuales por robot¹. Los sistemas modernos están diseñados para ser robustos y de bajo mantenimiento, con algunas garantías extendidas (ej. GEA T8800 con 5 años de garantía en plataforma/rodillos en Norteamérica)¹. Sin embargo, el caso de Morteros, el primer tambo robótico de Argentina, ilustra un riesgo significativo: el mantenimiento y los repuestos llegaron a consumir alrededor del 35% de su facturación, más un 7-8% en honorarios profesionales, lo que fue determinante para su cierre¹. Este ejemplo subraya que, si bien las estimaciones generales de mantenimiento son manejables, la falta de servicio técnico local especializado, las dificultades en la importación de repuestos o las

fallas mayores imprevistas pueden inflar estos costos a niveles insostenibles. Esto enfatiza la necesidad de que los productores no solo presupuesten el mantenimiento, sino que también aseguren un respaldo técnico robusto del proveedor local y la disponibilidad garantizada de repuestos.

- **Consumo Energético y de Agua:**

- **Energía:** El consumo eléctrico es un factor relevante. Un robot de ordeño consume entre 40-60 kWh/día por unidad¹. Un sistema rotativo consume entre 100-200 kWh/día, según capacidad¹. El tambo robotizado del INTA Rafaela registró un consumo de 0.32 kWh por ordeño y 89.1 kWh por cada 1,000 litros de leche producida en enero de 2025¹. En febrero de 2025, la eficiencia energética fue de 0.34-0.42 kWh por ordeño y 89-120 kWh por 1,000 litros¹. El costo energético estimado es de ARS 2-4 millones anuales por sistema¹. El costo de la electricidad para sectores productivos (categoría N1) en Argentina se ubica entre ARS 56,019 y 59,298 por MWh, con un aumento del 1.6% a partir de enero de 2025¹. Los equipos de refrigeración (50-60%) y de ordeño (15-30%) son los mayores consumidores¹. El uso de variadores de frecuencia puede reducir el consumo de la bomba de vacío en un 40-60%¹. La instalación de paneles solares puede reducir los costos energéticos en un 30-40%¹. El tambo robotizado del INTA Rafaela registró una eficiencia de 82.7 kWh/1000L en noviembre de 2024³. El análisis del consumo energético revela que, aunque los sistemas automatizados tienen una demanda eléctrica considerable, existe un potencial significativo para la mitigación de costos y la mejora de la sostenibilidad. La implementación de variadores de frecuencia, paneles solares y sistemas de recuperación de calor son estrategias financieras cruciales para reducir los gastos operativos a largo plazo.
- **Agua:** El tambo del INTA Rafaela reportó un consumo total de agua de 375.3 m³ al mes, con 7.0 litros por ordeño para el robot (incluyendo lavados) y 113.2 litros por vaca por día para bebida¹. El robot usó 7.9 litros de agua por ordeño para limpieza¹. La producción robotizada utiliza 6.9 m³ de agua por cada 1,000 litros de leche¹. Es posible lograr una reducción de hasta el 50% en el consumo de agua para lavado mediante la humidificación de pisos antes del ingreso del ganado¹. La reutilización inteligente del agua de enjuague puede reducir el consumo hasta en un 30% en sistemas como el GEA T8900^{1, 33}. La recuperación de agua de lluvia puede alcanzar el 40-57% del agua utilizada para limpieza¹.

- **Insumos de Limpieza y Desinfección:** La higiene es crítica. Los precios de los

insumos varían, por ejemplo, un vinagre de limpieza concentrado puede costar desde ARS 12,500 por 5 litros hasta ARS 485,100 por 200 litros¹. Se utilizan detergentes alcalinos y ácidos, con agua a 75°C para una limpieza efectiva¹.

- **Mano de Obra y Capacitación Continua:** La automatización transforma los roles laborales. Se estima una reducción del personal directo del 60% en la sala de ordeño¹. En tambos medianos, de 3 a 1.5 operarios; en tambos grandes, de 6 a 2-3 operarios¹. Con ordeño robotizado, un trabajador puede manejar 130-140 vacas, frente a 35 en convencional¹. El ahorro anual estimado en mano de obra es de ARS 9.6 a 28.8 millones según la escala¹. Aunque los salarios para el personal especializado son más altos ¹, los costos salariales para tamberos-medieros pueden oscilar entre el 8% y el 20% de la producción¹. La capacitación continua es vital, con un costo anual estimado de USD 2,000 a 3,000 por operario ¹, o un presupuesto anual del 1-2% del costo del equipo¹. El personal debe desarrollar habilidades en electrónica, manejo de PC y gestión de datos¹.
- **Otros Gastos:** Se requiere internet de buena calidad para la transmisión de datos y asistencia remota¹. Es indispensable contar con un generador o UPS para cortes de electricidad y un estabilizador de tensión¹. La alimentación debe atraer a las vacas al robot, utilizando una mezcla parcialmente mezclada (PMR), y la calidad de la ración es clave para evitar caídas productivas¹. Sequías o aumentos del precio del maíz pueden reducir la rentabilidad¹. Las empresas suelen ofrecer garantías de 1-2 años ¹, y algunos productores contratan seguros de averías y responsabilidad civil (1% del valor del equipo anual)¹.

Tabla 3.2: Desglose de Costos Operativos Mensuales/Anuales (USD/ARS)

Concepto	Unidad	Costo Promedio (2024-2025)
Energía Eléctrica		
Consumo Robot	40-60 kWh/día/unidad ¹	Costo estimado: ARS 2-4 millones anuales/sistema. ¹
Consumo Rotativo	100-200 kWh/día ¹	26 kWh/vaca/año (plataforma), 516 kWh/vaca/año (total intensivo). ¹
Costo por MWh	ARS 56,019 - 59,298 ¹	Aumento 1.6% en Ene 2025. ¹

Eficiencia INTA Rafaela	82.7 kWh/1000L (Nov 2024) ¹	
Consumo de Agua		
Total INTA Rafaela	375.3 m ³ /mes ¹	Incluye bebida y lavados.
Robot (limpieza)	7.0 - 7.9 L/ordeño ¹	Potencial de reducción del 50% en lavados. ¹
Por producción	6.9 m ³ /1000L (robot) ¹	Reutilización de agua de enjuague puede reducir 30%. ¹
Insumos de Limpieza y Desinfección		
Precios (ej. vinagre)	ARS 12,500 (5L) a ARS 485,100 (200L) ¹	Varía según volumen y tipo de productos.
Mantenimiento Preventivo y Correctivo		
Robots	8-12% del valor de inversión anual ¹	Incluye repuestos y servicios técnicos.
Rotativos	3-10% del valor de inversión anual ¹	Varía según proveedor y uso.
Contratos de servicio técnico	USD 15,000 - 25,000 anuales/robot ¹	
Mano de Obra y Capacitación Continua		
Ahorro anual estimado	ARS 9.6 - 28.8 millones ¹	Por reducción de personal directo (60%). ¹
Salarios personal especializado	Variable ¹	Depende de convenio y especialización.
Capacitación continua	USD 2,000 - 3,000 anuales ¹	Presupuesto anual: 1-2% del costo de equipo. ¹

4. Beneficios y Proyección del Retorno de la Inversión (ROI)

La inversión en sistemas de ordeño automatizado ofrece una serie de beneficios tangibles que impactan directamente en la rentabilidad y sostenibilidad del tambo, más allá de la mera reducción de costos.

4.1. Incremento de la Productividad y Eficiencia

La automatización conduce a un aumento significativo en la producción y eficiencia operativa:

- **Aumento de Litros por Vaca/Día y por Hectárea:** Los sistemas automatizados facilitan un mayor número de ordeños diarios por vaca, lo que se traduce en un incremento de la producción individual del 8-15% por vaca¹. En el tambo robotizado del INTA Rafaela, se observan 10 litros adicionales por vaca por día¹, alcanzando 36 litros/vaca/día frente a un promedio nacional de 25 litros^{1, 33}. La frecuencia de ordeño aumenta a 2.4-2.8 ordeños/día, en comparación con los 2.0 tradicionales^{1, 39}. El tambo La Margarita en Córdoba reporta 39 litros diarios por vaca en el sector con robots, frente a 36-37 litros en la sala convencional¹. El sistema robótico del INTA produce 26,000-28,000 litros/ha/año, casi el triple del promedio nacional¹. En sistemas rotativos, un tambo con una calesita de 60 puestos puede producir aproximadamente 40,000 litros/día para más de 1,000 vacas (caso Rivoiro SRL)¹.
- **Mayor Frecuencia de Ordeño y Optimización del Tiempo de Ordeño Total:** El proceso de ordeño se vuelve más rápido y continuo, reduciendo significativamente el tiempo de espera entre vacas y optimizando el tiempo total de ordeño¹. Una calesita de 60 puestos puede ordeñar aproximadamente 250 vacas por hora con solo tres personas¹. Un tambo que implementó una "calesita" logró ordeñar 1,000 vacas en un tercio del tiempo que le tomaba antes¹. El Waikato One Man Rotary puede ordeñar 150 vacas por hora¹.
- **Eficiencia de Conversión Alimentaria:** Se observa una mejora en la eficiencia de conversión de 1.3-1.5 kg de leche por kg de materia seca, frente a un promedio nacional de 0.8-1.0¹.

Los aumentos consistentes en la productividad (litros por vaca por día, frecuencia de ordeño, litros por hectárea y eficiencia de conversión alimentaria) observados en diversos sistemas y casos de estudio, como el INTA Rafaela y La Margarita, demuestran un beneficio cuantificable y significativo de la automatización. Esta mejora no es solo un incremento marginal, sino un cambio fundamental en la eficiencia de la producción, lo que impacta directamente en los ingresos del tambo.

4.2. Eficiencia Operacional y Reducción de Costos Laborales

La automatización no solo aumenta la producción, sino que también optimiza la operación y reduce los costos asociados a la mano de obra:

- **Reducción de la Dependencia de Mano de Obra en Tareas Repetitivas y Mejora en la Gestión del Tiempo del Personal:** Los sistemas avanzados con automatización inteligente permiten que un solo operador supervise la rutina de ordeño para un gran número de vacas. Por ejemplo, el GEA T8500 puede ser operado por un solo ordeñador para 600 vacas¹. Esto libera al personal para dedicarse a otras tareas de mayor valor agregado dentro de la explotación, como la gestión de la nutrición individualizada de las vacas, la inseminación, el tratamiento de animales enfermos y el movimiento estratégico de los rodeos¹. Los operarios trabajan desde una posición fija, lo que reduce el desgaste físico y mejora la concentración¹. Los tiempos muertos se minimizan y el ritmo de trabajo se mantiene constante¹. La capacidad de monitoreo remoto ofrece mayor flexibilidad y contribuye a una mejor calidad de vida para los trabajadores¹.
- **Menor Costo Laboral por Litro Producido:** Con mayor productividad y menos personal en la sala de ordeño, los litros ordeñados por empleado aumentan. Un informe CREA señala que un sistema rotativo permite multiplicar el indicador litros/empleado; por ejemplo, 50 litros/vaca/día implican 5,000 litros de leche por empleado¹.
- **Mayor Control del Proceso:** Los sensores y sistemas modernos proporcionan monitoreo en tiempo real de la salud de cada vaca y la calidad de la leche, permitiendo la detección inmediata de problemas¹.

La transformación de los roles laborales, pasando de la reducción de personal a la reasignación de tareas de mayor valor, es una mejora clave en la eficiencia operativa. Al optimizar el capital humano, la automatización contribuye a una mejor gestión

general de la granja y, potencialmente, a una mayor calidad de los productos, lo que se traduce en beneficios indirectos pero significativos para la rentabilidad.

4.3. Mejora en la Calidad de la Leche y Sanidad Animal

Los sistemas automatizados contribuyen significativamente a la calidad de la leche y al bienestar del rodeo:

- **Reducción de Mastitis, Células Somáticas (SCC) y Recuento Bacteriano Total (TBC):** La automatización de procesos como el pre y post-dipping¹, la autolimpieza de las unidades de ordeño¹, y la implementación de una rutina de ordeño consistente¹ disminuyen la exposición a patógenos, reduciendo significativamente el riesgo de mastitis clínica y subclínica¹. Se documenta una reducción de células somáticas de hasta el 30%¹. En el tambo El Lahual, se espera mejorar la calidad de leche y reducir descartes gracias al control de pulsadores y el predipping automático¹. El tambo del INTA Rafaela reportó un bajo porcentaje de descarte de leche (99% vendida) debido a la excelente salud de sus animales¹.
- **Monitoreo en Tiempo Real y Bienestar Animal:** El ordeño voluntario reduce el estrés animal¹. Los sistemas permiten la detección temprana de problemas sanitarios¹ y mejoran los indicadores reproductivos¹. Los collares monitorean celo y rumia¹. El diseño de estos sistemas prioriza el confort de las vacas, minimizando el estrés durante el ordeño y proporcionando un ambiente controlado (climatización, camas cómodas)¹.

La conexión directa entre la automatización y la mejora en los indicadores de salud animal, como la reducción de mastitis y el recuento de células somáticas, se traduce en beneficios económicos tangibles. Esto incluye menos leche descartada, menores costos veterinarios y la posibilidad de acceder a primas por calidad de leche. Además, el mayor bienestar animal satisface una creciente demanda de los consumidores por productos éticamente producidos, lo que puede abrir nuevos segmentos de mercado.

4.4. Proyección del ROI y Período de Recupero

La inversión en sistemas rotativos automatizados puede generar un retorno significativo, aunque el análisis de viabilidad tradicional muestra una complejidad que requiere una evaluación matizada.

- **Análisis de Viabilidad Económica y Tiempo de Recuperación (Payback Period):** Un análisis inicial, con parámetros económicos actuales, sugiere que los tiempos de recuperación para tambos pequeños (50 vacas), medianos (150 vacas), grandes (400 vacas) y muy grandes (800 vacas) son de 25, 28, 23 y 26-29 años respectivamente, calificándolos como "NO VIABLE" sin financiamiento subsidiado¹.

Sin embargo, modelos financieros más detallados presentan escenarios más optimistas. Para robots, un escenario conservador proyecta un plazo de recupero de ~9.7 años, mientras que un escenario optimista lo reduce a ~2.1 años¹. Para sistemas rotativos, un análisis simple para un tambo de 1,000 vacas con una inversión de USD 1.5 millones proyecta una recuperación en ~3 años¹. Un estudio de caso más optimista para sistemas rotativos proyectó un período de recupero de 1.15 años y una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 94%¹. Aunque un dato aislado menciona un recupero de 4 meses, este valor es atípico y debe ser analizado con extrema cautela¹. En general, se estima un período de recupero entre 1.15 y 3 años para sistemas rotativos automatizados bajo condiciones favorables¹. Es importante destacar que, en condiciones de crisis, los plazos de recuperación para los sistemas de ordeño robótico pueden acelerarse de 5-7 años a 18-24 meses⁴⁵.

- **Modelos Financieros Simplificados (Escenarios Conservador y Optimista) con TIR y VAN:**

- Para un tambo mediano (150 vacas, 2 robots) ¹: Inversión inicial de USD 800,000. Beneficios anuales estimados de ARS 21.8 millones (ahorro MO + aumento producción) y costos adicionales de ARS 8.5 millones (mantenimiento, energía, seguros), resultando en un flujo neto de ARS 13.3 millones anuales. El payback sin financiamiento subsidiado sería de 62.5 años¹.
- Análisis de Sensibilidad ¹: Un aumento del 50% en el precio de la leche o en la producción por vaca extendería el payback a más de 27 años. Una reducción del 50% en el costo de inversión también resultaría en un payback de 31.2 años. Sin embargo, con financiamiento del 5% y un subsidio del 50%, el payback se reduce a 15.6 años (considerado marginal). Una combinación optimista de factores podría llevarlo a 8.2 años (viable)¹.
- Para 4 robots y 250 vacas ¹:

- Escenario Conservador: Producción adicional de +3 L/día por vaca. Margen adicional anual de USD 72,000. Plazo de recupero de ~9.7 años¹.
- Escenario Optimista: Producción adicional de +10 L/día por vaca. Margen adicional anual de USD 340,000. Plazo de recupero de ~2.1 años¹.
- Para un tambo de 1,000 vacas con calesita de 60 puestos (USD 1.5M inversión) ¹: Flujo neto operativo estimado en ARS 582 millones anuales (USD 0.58 millones), recuperando la inversión en ~3 años. Un escenario optimista con 35 L/vaca/día reduce el payback a 2-3 años¹.
- **Factores Críticos para Viabilidad:** Financiamiento subsidiado con tasas preferenciales (5% vs mercado 40-60%)¹, aumento sostenido del margen leche-costo¹, valorización de beneficios intangibles como la calidad de vida, precisión y trazabilidad¹, la escala, la mejora en la producción y una gestión eficiente son determinantes¹, estabilidad del precio de la leche, disponibilidad de financiamiento y eficiencia del productor en el control de costos¹, buenas prácticas de gestión y adaptación humana¹.

La marcada diferencia entre los plazos de retorno de inversión de 23-29 años en un análisis tradicional y los 1.15-10 años en escenarios más optimistas, o incluso 18-24 meses en condiciones de crisis, no es una contradicción en los datos, sino una poderosa ilustración del impacto transformador de factores externos y la gestión interna. El escenario "no viable" probablemente no considera una gestión óptima, incrementos significativos de producción o, crucialmente, el impacto del financiamiento subsidiado. Los escenarios más favorables demuestran que la viabilidad se alcanza cuando los productores cumplen con requisitos de escala específicos, adoptan una gestión integral y aprovechan líneas de financiamiento innovadoras como los "créditos en litros de leche". Esto transforma la inversión de una propuesta arriesgada a una oportunidad de alto potencial, pero solo para aquellos que alinean estratégicamente la escala, la tecnología y el financiamiento. La decisión no es si la tecnología es viable, sino para quién y bajo qué condiciones.

Además de las métricas financieras directas, la evaluación de la inversión debe considerar los beneficios no monetarios que aportan los sistemas automatizados. La mejora en la "calidad de vida" de los productores y trabajadores, la "precisión" en el manejo del rodeo, la "trazabilidad" de la producción ¹, la "flexibilidad" operativa y la capacidad de "atraer a nuevas generaciones" al tambo ¹, así como el "bienestar animal" ¹, son factores que, aunque difíciles de cuantificar en un cálculo de ROI tradicional, contribuyen a la sostenibilidad a largo plazo, la retención de personal, el valor de marca y, potencialmente, el acceso a mercados premium. Estos beneficios

intangibles representan un valor estratégico que fortalece la resiliencia del tambo en un mercado competitivo y en evolución.

A continuación, se presentan proyecciones de indicadores de productividad y eficiencia, así como una estimación del ROI:

Tabla 4.1: Proyección de Indicadores de Productividad y Eficiencia Post-Implementación

Concepto	Unidad	Valor Actual (Estimado)	Valor Proyectado (Post-Implementación)
Vacas Ordeñadas por Hora	Vacas/hora	80-120 (sistemas tradicionales) ¹	150-250 (rotativos) ¹
Ordeños por Vaca por Día	Ordeños/vaca/día	2 (tradicional) ¹	2.5-2.8 (automatizado) ¹
Litros por Vaca por Día (aumento)	%	0%	10-25% de aumento ¹
Reducción de Tiempo de Ordeño Total	%	0%	30-60% ¹
Reducción de Células Somáticas (SCC)	%	Variable	10-30% (ej. de 263,000 a <200,000 cel/ml) ¹
Reducción de Recuento Bacteriano Total (TBC)	%	Variable	10-20% (ej. de 12,000 a <10,000 bac/ml) ¹
Porcentaje de Leche Descartada	%	1-5%	<1% (ej. 0.72% en INTA Rafaela) ¹
Horas de Mano de Obra por Litro Producido	Horas/L	Mayor	Menor (mayor productividad por operario) ¹

Tabla 4.2: Estimación del ROI y Período de Recupero de la Inversión (General)

Concepto	Unidad	Valor Proyectado	Notas
Inversión Inicial Total	USD	785,000 - 1,495,000	Ver Tabla 3.1. ¹
Aumento Anual de Ingresos por Leche	USD/año	15% - 25% del ingreso actual	Por mayor volumen y/o mejor calidad de leche. ¹
Ahorros Anuales en Costos Operativos	USD/año	5% - 15% de costos operativos	Principalmente por eficiencia energética, agua y optimización laboral. ¹
Flujo de Caja Neto Anual	USD/año	Variable	Depende de los ingresos y costos específicos de cada tambo. ¹
Período de Recupero de la Inversión (Payback Period)	Años	1.15 - 3 años	Basado en estudios de rentabilidad. ¹ El valor de 4 meses es un caso atípico. ¹
Tasa Interna de Retorno (TIR)	%	30% - 94%	El 94% es un valor alto, que refleja un escenario de alta eficiencia y crecimiento. ¹
Valor Actual Neto (VAN)	USD	Positivo	Indica rentabilidad del proyecto a largo plazo. ¹

Nota: Las proyecciones son estimaciones y deben ser ajustadas a la realidad de cada tambo, considerando su escala, manejo actual, precios de mercado y condiciones de financiamiento.¹

Tabla 4.3: Modelo Financiero Integrado (Flujo de Fondos a 5 años - Ejemplo Rotativo)

Año	Litros producidos (×10 ⁶)	Ingresos (ARS millones)	Costos operativos (ARS millones)	Cuotas crédito (ARS millones)	Flujo de caja (ARS millones)	Comentarios
0	-	-	-	-	-1650	Inversión inicial; 70% financiado. ¹
1	10.9	5160	4580	0	580	Primer año sin pago de crédito. ¹
2	10.9	5570	5040	160	370	Pago anual de crédito; aumento de costos. ¹
3	11.7	6040	5550	160	330	Aumenta producción; flujo positivo. ¹
4	11.7	6520	6110	160	250	Último año de cuota; mejora de margen. ¹
5	11.7	7040	6720	160	160	Crédito finalizado, flujos estabilizados. ¹

Payback: se recupera la inversión a mediados del año 4. La tasa interna de retorno (TIR) estimada es 15-18% anual, superior a la tasa del crédito. Un escenario pesimista (precio de leche +3%, costos +12%) extendería el payback a más de 5 años. En cambio, un escenario optimista (producción 35 L/vaca) reduce el período a 2-3 años.¹

5. Requerimientos Técnicos y Operativos para la Implementación

La implementación exitosa de un sistema de ordeño automatizado exige una serie de requisitos técnicos y operativos que van más allá de la mera adquisición de equipos, abarcando infraestructura, manejo del rodeo, capacitación del personal y sistemas complementarios.

5.1. Infraestructura y Adaptación del Establecimiento

- **Tamaño de Rodeo Óptimo y Escala Mínima para Justificar la Inversión:** Para los sistemas rotativos, la viabilidad económica se alcanza principalmente en tambos de gran escala, con sentido económico a partir de 400-500 vacas en ordeño¹. La inversión se justifica para establecimientos con más de 500 vacas de alto rendimiento¹. Algunos sistemas, como los de DeLaval o BouMatic, están diseñados para manejar rodeos de 200 a 2,000 vacas o incluso de 1,200 a más de 4,000 vacas¹. Para robots, se requiere un mínimo de 50-60 vacas para la eficiencia, con un óptimo de 65-70 vacas por unidad¹. Un sistema óptimo de 4 robots para 240-250 vacas es lo recomendado¹. En general, la inversión no se justifica para tambos con menos de 100 vacas sin planes de expansión¹. El subdimensionamiento de la calesita, como en el caso de Grupo Chiavassa (40 puestos para 644 vacas, cuando "debería haber sido de 80"), puede llevar a una obsolescencia temprana¹. Esto resalta que la elección de la tecnología es una decisión estratégica directamente ligada a la escala actual y proyectada de la granja. Un dimensionamiento incorrecto puede resultar en ineficiencias y comprometer la viabilidad financiera a largo plazo.
- **Diseño de Corrales de Espera y Flujo de Vacas:** Se requieren corrales de espera techados para 1.5 veces la capacidad de ordeño¹. El corral de espera debe tener una superficie mínima de 1.60 m² por vaca y sombra adecuada a una altura de al menos 3.5 metros para garantizar el confort animal¹. Para los robots, son necesarias puertas inteligentes y corredores de tráfico¹. El diseño de la plataforma y el sistema de arreo deben asegurar un flujo continuo y sin estrés de los animales, con entradas y salidas rápidas y sin obstáculos¹. El tiempo de

permanencia de las vacas en el corral de encierro no debe exceder los 90 minutos, siendo idealmente de 60 minutos por sesión de ordeño para minimizar el estrés¹.

- **Sala de Ordeño y Sistemas de Arreo:** Para sistemas rotativos, se necesita una sala rotativa con fosa central ¹, un sistema de vacío de alta capacidad (>4,000 L/min) ¹ y un tanque de frío automatizado (>10,000 litros)¹. La sala de ordeño debe estar dimensionada según el número de vacas y cumplir con las normas IRAM¹. Para evitar interrupciones en el ordeño diario durante las obras, a menudo se prefiere construir la nueva sala en una ubicación separada del tambo existente¹.

5.2. Manejo del Rodeo y Adaptación de las Vacas

La adaptación del rodeo al nuevo sistema es un factor crítico:

- **Estrategias para el Flujo de Vacas y Habitación al Sistema:** El ordeño voluntario reduce el estrés¹. Las vacas se adaptan rápidamente al sistema rotativo, asociando el ordeño con el confort y el alimento, generalmente en pocos días¹. Un manejo tranquilo, evitando ruidos fuertes y presiones agresivas, es fundamental durante el proceso de habituación¹. En tambos pastoriles con sistemas rotativos, el desafío clave es asegurar un tráfico voluntario óptimo de los animales hacia la sala de ordeño para evitar la acumulación en los corrales de espera y el tiempo ocioso del equipo¹. Las estrategias incluyen incentivar el ordeño voluntario mediante la asociación con el alimento¹.
- **Manejo de Vacas "Lentas":** Un 5-10% de las vacas pueden no adaptarse al ordeño voluntario¹. Los sistemas están diseñados para permitir que las vacas que no terminan el ordeño en una vuelta puedan completar una segunda¹. Sin embargo, es necesario implementar estrategias específicas para aquellas vacas que no se dirigen al ordeño por sí solas, como el arreo manual a corrales específicos¹.
- **Condiciones Sanitarias Previas del Rodeo:** Es indispensable que el rodeo tenga un recuento de células somáticas inferior a 400,000 cel/ml, una incidencia de mastitis clínica inferior al 5% y de cojeras inferior al 10%¹. Se requiere un programa sanitario completo y actualizado¹.

El énfasis en la adaptación de las vacas y el manejo de animales "lentos" revela que el

éxito de la automatización no es puramente técnico, sino que requiere una comprensión profunda del comportamiento animal y un compromiso con la gestión proactiva e individualizada. Esta interacción entre el ser humano y el animal es un factor crítico no tecnológico que puede impactar significativamente la eficiencia del sistema y la calidad de la leche.

5.3. Capacitación y Perfil del Personal

La capacitación del personal es un factor determinante para el éxito de la implementación:

- **Necesidades de Formación Técnica y Operativa:** La capacitación es crucial para el éxito, beneficiando a productores, trabajadores y vacas¹. El personal debe ser entrenado en una rutina de ordeño consistente, que incluye la preparación adecuada de los pezones, la correcta colocación de las pezoneras y la desinfección post-ordeño¹. Un programa inicial de capacitación se estima entre USD 5,000 y 10,000¹, con capacitación continua de USD 2,000 a 3,000 anuales¹. La Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca ofrece un curso online gratuito de Buenas Prácticas Lecheras, que aborda temas como ordeño, higiene, sanidad animal, ambiente, bienestar animal y condiciones de trabajo^{46, 47}. Además, la Universidad Nacional del Litoral (UNL) ofrece una Diplomatura Universitaria en Manejo de Tambo Bovino, con modalidad virtual y duración de cinco meses, que busca promover la formación de recursos humanos en el sector^{48, 49}.
- **Cambios en los Roles Laborales y Profesionalización:** La adopción de sistemas automatizados implica una transformación en los roles laborales. Se requiere un gerente con conocimientos en electrónica, manejo de PC y experiencia en tambos de gran escala¹. Los operarios deben desarrollar habilidades para gestionar el gran volumen de datos que genera el sistema y convertirlos en información útil para la toma de decisiones¹. Esto implica una reorientación hacia el monitoreo en tiempo real, análisis de alertas y bienestar animal¹. La implementación de turnos de 8 horas y la posibilidad de monitoreo remoto cambian la dinámica de trabajo, haciéndola potencialmente más atractiva para las nuevas generaciones¹. Se observa una reducción de puestos de baja calificación y un aumento de empleos técnicos especializados¹. El personal se

reassigna a tareas de mayor valor agregado, como la gestión de la nutrición individualizada de las vacas, la inseminación, el tratamiento de animales enfermos y el movimiento estratégico de los rodeos¹.

La transformación de los roles laborales y la necesidad de una capacitación continua y especializada son esenciales para el desarrollo del capital humano en el sector lechero. El caso de Morteros, que fracasó en parte por la falta de personal especializado, subraya que la inversión en la adaptación humana y la formación de habilidades es tan crítica como la inversión en la tecnología misma. Esto también contribuye a abordar la escasez de mano de obra rural, al hacer de la lechería una carrera más atractiva y profesional para las nuevas generaciones.

5.4. Sistemas Complementarios

La integración de sistemas complementarios es vital para maximizar los beneficios:

- **Alimentación Automatizada:** Los sistemas robotizados requieren alimentación PMR (parcialmente mezclada) más concentrados en el robot¹. Un mixer automatizado para PMR cuesta entre USD 80,000 y 120,000¹. La nutrición debe ser personalizada para cada vaca, ajustando la ración de alimento balanceado según su nivel de producción y etapa de lactancia¹. Los robots pueden dispensar el alimento durante el ordeño, optimizando la ingesta y la eficiencia alimenticia¹. Muchos tambos con calesita integran comederos automáticos o mezcladoras autopropulsadas (TMR) para asegurar raciones uniformes¹.
- **Monitoreo y Control de Salud:** El uso de collares de actividad y salud (USD 100-150 por vaca)¹ y software de gestión integral (USD 10,000-20,000 anuales)¹ es crucial. La integración de sistemas de gestión de rebaño como DeLaval DelPro o GEA CowScout es fundamental para monitorear la salud, reproducción y producción individual de cada vaca¹. Los sistemas de identificación RFID también son importantes¹.
- **Infraestructura Energética y de Conectividad:** Existe una dependencia de la conectividad eléctrica e internet¹. Es imprescindible contar con un generador o UPS para cortes de electricidad y un estabilizador de tensión¹. Los sistemas fotovoltaicos pueden reducir los costos energéticos¹. Es necesario un backup de sistemas críticos y un plan de contingencia para fallas mayores¹.

La necesidad de integrar una amplia gama de sistemas complementarios subraya que la automatización no es una solución aislada, sino un ecosistema tecnológico integral. El valor y el retorno de la inversión del sistema de ordeño principal se maximizan solo cuando estos sistemas complementarios se utilizan plenamente para la toma de decisiones basada en datos, asegurando la operación continua y una gestión precisa.

6. Impacto Ambiental y Social

La implementación de sistemas de ordeño automatizado no solo conlleva implicaciones económicas y operativas, sino que también genera un impacto significativo en la sostenibilidad ambiental y el tejido social de las comunidades rurales.

6.1. Gestión de Recursos y Huella Ambiental

Los sistemas automatizados están diseñados con un fuerte enfoque en la eficiencia de recursos:

- **Eficiencia en el Uso de Agua y Electricidad:** El consumo eléctrico es considerable: los robots consumen entre 40-60 kWh/día¹, y los sistemas rotativos entre 100-200 kWh/día¹. El tambo robotizado del INTA Rafaela registró una eficiencia de 82.7 kWh por cada 1,000 litros de leche producida^{1, 3}. La optimización de los sistemas de enfriamiento de la leche puede reducir el consumo eléctrico entre un 35% y 50%¹. En cuanto al agua, el INTA Rafaela ha implementado la recuperación de agua para el lavado de pisos¹. La reutilización inteligente del agua de enjuague puede reducir el consumo hasta en un 30% en sistemas como el GEA T8900^{1, 33}. El agua proveniente de la placa de refrescado puede bombearse a un tanque elevado y reutilizarse para el consumo de los animales o la limpieza de los pisos, permitiendo reciclar aproximadamente 60 litros de agua por vaca por día¹.
- **Manejo de Efluentes, Generación de Biofertilizantes y Biodigestores:** Un manejo adecuado de los efluentes (fracciones líquidas y sólidas) es crucial para minimizar la transferencia de nutrientes y el impacto ambiental negativo¹. Los

efluentes generados en el ordeño (entre 14 y 24 litros por vaca por día) pueden tratarse mediante decantadores y lagunas, y los sólidos resultantes pueden distribuirse en el campo como biofertilizantes, reduciendo la dependencia de fertilizantes químicos^{1, 50, 51}. Los robots facilitan la separación de sólidos orgánicos para fertilizar cultivos¹, y las salas rotativas permiten una salida ordenada de estiércol¹. La integración con biodigestores, como en el caso de Adecoagro o el Proyecto Arenaza del Grupo Duhau, permite producir energía eléctrica y biofertilizantes a partir de los efluentes¹. Argentina aún no cuenta con una normativa clara para el uso agronómico y la venta del digerido de biodigestores, aunque el Ministerio de Ambiente impulsa su desarrollo para producir energías limpias y fertilizantes naturales^{52, 53}. Las regulaciones provinciales existen, pero pueden no especificar valores para los efluentes de tambo o su uso agronómico^{54, 55}.

- **Estimación de la Huella de Carbono:** La ganadería contribuye con el 30% de las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Argentina¹. La huella de carbono de la leche cruda a la salida del tambo se ha estimado entre 0.64 y 0.89 kg CO₂eq/L, valores considerados bajos en comparación con la bibliografía internacional^{1, 56, 57}. Los tambos intensivos presentan una menor huella por litro producido¹, y las mejoras en la eficiencia de recursos con la automatización pueden reducir la huella de carbono en un 20-30%¹.

Los beneficios ambientales detallados, como la eficiencia en el uso de recursos, la gestión de efluentes y la baja huella de carbono, posicionan a los tambos automatizados como líderes en agricultura sostenible. Esto va más allá del simple cumplimiento normativo; crea una ventaja competitiva en un mercado global que valora cada vez más la producción responsable. La oportunidad de acceder a mercados premium y alinearse con futuras regulaciones ambientales puede transformar un costo potencial en un generador de valor. Sin embargo, la falta de una regulación clara para los biofertilizantes representa una oportunidad perdida para monetizar plenamente este subproducto.

6.2. Bienestar Animal

Los sistemas rotativos automatizados están diseñados con un fuerte énfasis en maximizar el confort de las vacas:

- **Ordeño Voluntario, Reducción de Estrés, Detección Temprana de Problemas y Mejora de Indicadores Reproductivos:** El ordeño voluntario reduce el estrés animal¹. Estos sistemas permiten a los animales decidir cuándo desean comer, beber, relajarse o ser ordeñados¹. La tecnología permite la detección temprana de problemas sanitarios¹ y mejora los indicadores reproductivos¹. Los collares monitorean celo y rumia¹. La reducción de la incidencia de mastitis y la mejora de la higiene son beneficios directos para la salud de la ubre¹.
- **Ambiente Controlado:** Elementos como el diseño del brazo híbrido y el concepto I-Flow de Lely, junto con un ambiente de ordeño silencioso, contribuyen a reducir el estrés durante el proceso¹. Se proporciona un ambiente controlado con climatización y camas cómodas¹.

El enfoque en el bienestar animal no es solo una cuestión ética, sino que también tiene un impacto directo en la productividad y la calidad de la leche. Vacas más sanas y menos estresadas producen más y mejor leche, lo que se traduce en una mayor rentabilidad. Además, esto alinea la producción con las crecientes demandas de los consumidores por alimentos producidos de manera ética, lo que puede abrir la puerta a segmentos de mercado de mayor valor.

6.3. Impacto Social y Laboral

La automatización transforma las condiciones laborales y tiene un impacto en el empleo rural:

- **Transformación de las Condiciones de Trabajo y Reducción del Trabajo Físico Pesado:** La implementación de una sala rotativa transforma el entorno laboral, haciéndolo más cómodo y eficiente para los operarios¹. Se reduce el trabajo físico pesado¹. Al trabajar desde una posición fija, se reduce el desgaste físico y se mejora la concentración¹. El trabajo manual repetitivo es reemplazado por la supervisión y gestión de la tecnología¹.
- **Atracción de Nuevas Generaciones al Tambo y Profesionalización del Rol:** La modernización y automatización de las tareas, junto con la posibilidad de operación remota y gestión de datos, hacen que la actividad tampera sea más atractiva para las nuevas generaciones de operarios y productores^{1, 39, 58}. Esto puede ser un factor clave para revertir la tendencia de abandono de la actividad

rural por falta de mano de obra^{1, 59, 60}. Implica una reducción de puestos de baja calificación y un aumento de empleos técnicos especializados^{1, 39}. El personal se reasigna a tareas de mayor valor agregado, como la gestión de la nutrición individualizada de las vacas, la inseminación, el tratamiento de animales enfermos y el movimiento estratégico de los rodeos¹. Esto implica una profesionalización del rol del tambero, que ahora requiere habilidades técnicas avanzadas y capacidad de análisis de datos¹.

- **Flexibilidad Horaria y Menor Dependencia de Personal:** El ordeño automatizado 24/7 ofrece flexibilidad horaria¹. Se reduce la dependencia de la disponibilidad de personal¹. La implementación de turnos de 8 horas y la posibilidad de monitoreo remoto contribuyen a una mejor calidad de vida¹. Sin embargo, la tecnología puede excluir a pequeños productores sin acceso a crédito, acentuando la concentración en el sector¹.

La automatización ofrece una solución prometedora a la escasez de mano de obra rural, un desafío persistente en el sector. Al transformar los roles laborales hacia tareas más técnicas y profesionales y al mejorar la calidad de vida de los trabajadores, la lechería se vuelve más atractiva para las nuevas generaciones. Esta modernización no solo facilita la retención de talento, sino que también puede revertir la tendencia de abandono de la actividad rural, lo que es crucial para la continuidad y resiliencia de las explotaciones a largo plazo.

7. Casos de Éxito y Lecciones Aprendidas en Argentina

La experiencia de tambos pioneros en Argentina proporciona valiosas lecciones sobre la implementación y operación de sistemas de ordeño automatizado, revelando tanto los éxitos como los desafíos comunes.

7.1. Experiencias de Tambos Referentes (Robots)

- **Santa María Ataliva S.A. (Santa Fe):** Este tambo pastoril incorporó tres robots Lely Astronaut A5. Su director, Gustavo Barra, destacó la mejora en producción, nutrición, reproducción y bienestar animal, así como la liberación de tiempo para

otras actividades. Lely brinda asesoramiento y software para la gestión¹.

- **Tambo La Margarita / Montechiari Agroindustria (Córdoba):** En este megatambo, 460 vacas son ordeñadas con robots en *free-stall*, produciendo 39 litros por día, frente a 36-37 litros en la sala convencional. La empresa combina *compost barn*, ventilación, raciones TMR, monitoreo con collares y gestión de efluentes, y procesa parte de su producción en su quesería, demostrando cómo la integración vertical puede mejorar la rentabilidad¹.
- **Tambo Quesería “Don Cristóbal I” (Entre Ríos):** Las hermanas Ormaechea instalaron un robot a fines de 2024, mejorando la eficiencia y el bienestar animal. Complementaron la inversión con paneles solares, reduciendo 30-40% los costos energéticos y garantizando suministro¹. Su caso demuestra que la robotización puede adaptarse a tambos medianos (30 vacas) cuando se integra con quesería y venta directa¹.
- **Proyecto Arenaza (Buenos Aires):** El Grupo Duhau construye el tambo robotizado más grande del mundo, con 96 robots para 6,000 vacas y una producción esperada de 45 L/vaca/día. Incluye gestión circular de efluentes y biogás¹.

Los casos de éxito con robots demuestran que la implementación exitosa a menudo implica una integración con estrategias de gestión más amplias y la diversificación de la producción. Esto sugiere que el robot es un componente dentro de un modelo de negocio optimizado y, a menudo, verticalmente integrado, lo que maximiza sus beneficios y mejora la resiliencia general de la granja.

7.2. Experiencias de Tambos Referentes (Rotativos)

- **INTA Rafaela - Proyecto Pionero:** Este tambo experimental ha logrado una productividad de 36 litros/vaca/día (vs. 25 promedio) y una eficiencia de conversión de 1.3-1.5 kg leche/kg MS¹. Opera con 1 operario para 65 vacas y se ubica en el top 5 mundial de tambos más productivos en su categoría, comercializando el 98% de la leche^{1, 33}. En 5 años, ha mostrado un crecimiento del 105% en producción con un aumento del 54% en mano de obra, lo que resalta la transformación de roles laborales¹. Es un proyecto de articulación público-privada con DeLaval desde 2014³³.
- **Grupo Chiavassa (Santa Fe):** En 2010, instaló un rotativo interno de 40 bajadas,

con capacidad para 200 vacas/hora y 3 ordeños diarios, buscando alcanzar 1,200 vacas y 40,000 litros/día¹. En 2024, tenía 1,803 vacas produciendo 67,138 L/día, aunque el fundador reconoció que la calesita "debería haber sido de 80" porque quedó subdimensionada en diez años¹. Su modelo productivo es integral, combinando galpones con cama de compost, collares de rumia, pasturas, agricultura y producción porcina¹.

- **Tambo Girauo (San Carlos, Córdoba):** Invertió ARS 1,000 millones en una nueva calesita (40 puestos, importada de Nueva Zelanda) para duplicar su rodeo de 660 a 1,500 vacas y aumentar la capacidad de ordeño de 150 a 250 vacas por hora. Certificó sus buenas prácticas (IRAM 14400) y la inversión fue financiada con créditos BICE y Banco Nación, incorporando robots para pre y post-dipping¹.
- **Familia Bocco (Presidente Roca, Santa Fe):** Logró una transición de sistema en solo 1.5 días con 3 robots DeLaval V300, lo que les brindó turnos rotativos y una mejor calidad de vida familiar. Las vacas se adaptaron en pocos días¹.
- **Cresud (La Pampa):** En 2005, invirtió USD 1.3 millones en una calesita de 80 puestos, ordeñando 500 vacas/hora y produciendo 20,000 L/día¹.
- **Fortezza – Cuatro Ceibos (Córdoba):** En 2024, optó por un equipo rápido de 30 bajadas en lugar de una calesita, argumentando que esta última era mucho más cara y que un modelo de 40 puestos sería obsoleto para 1,000 vacas en 2 años. El proyecto completo costó USD 1.5 millones, financiado 25-30%¹.

Las diversas experiencias con sistemas rotativos resaltan la importancia de dimensionar correctamente el sistema para el crecimiento actual y proyectado del rodeo. El caso de Grupo Chiavassa, donde la calesita quedó subdimensionada, sirve como advertencia. Las historias de éxito demuestran que se pueden lograr altos niveles de productividad con una gestión adecuada y un financiamiento estratégico. La decisión de Fortezza de optar por un sistema paralelo rápido en lugar de una calesita sugiere que existen soluciones automatizadas alternativas que pueden ser más adecuadas para ciertos tamaños de rodeo, lo que enfatiza la necesidad de un enfoque personalizado en lugar de una solución única.

7.3. Desafíos Comunes y Estrategias de Superación

- **Tráfico Voluntario de Vacas:** Un desafío recurrente en tambos pastoriles es asegurar que las vacas se dirijan voluntariamente al sistema de ordeño, evitando

la acumulación en los corrales de espera y el tiempo ocioso del equipo¹. La estrategia incluye incentivar el ordeño con alimento y, cuando sea necesario, el arreo manual de las vacas más reacias¹.

- **Adaptación Nutricional:** La transición a sistemas automatizados requiere una alimentación personalizada para cada vaca, ajustando la ración de alimento balanceado y la PMR en función de su producción y etapa de lactancia¹.
- **Gestión de Datos:** Los sistemas generan un gran volumen de datos. Un desafío es que los operarios deben ser capaces de gestionar y analizar esta información para transformarla en decisiones útiles para el manejo del rodeo¹.
- **Curva de Aprendizaje y Resistencia al Cambio:** La tecnología no funciona de forma autónoma; requiere una curva de aprendizaje y una predisposición a la innovación por parte del personal y la gerencia¹. La adaptación constante es clave¹.
- **Financiamiento:** A pesar de la disponibilidad de líneas de crédito, el alto costo inicial sigue siendo un desafío considerable en el complejo contexto económico argentino¹. Las innovadoras líneas de crédito en "litros de leche" han sido una respuesta efectiva para mitigar este riesgo¹.
- **Caso de Cierre - Morteros (Córdoba):** El primer tambo robótico de Argentina cerró debido a altos costos operativos. El mantenimiento y los repuestos llegaron a consumir alrededor del 35% de su facturación, sumado a un 7-8% en honorarios profesionales, un consumo energético elevado y la falta de personal especializado¹. Este tambo regresó a un sistema convencional¹. Este caso es una lección crucial: incluso con tecnología avanzada, una gestión operativa deficiente, una presupuestación inadecuada para los costos recurrentes y la falta de mano de obra calificada pueden llevar al fracaso. Esto subraya que la inversión inicial es solo una parte de la ecuación; la operación sostenible requiere una planificación meticulosa de los costos continuos, un soporte técnico local robusto y una capacitación constante del personal.

7.4. La Importancia de la Diversificación Productiva para la Resiliencia

Los casos de éxito en Argentina demuestran que la diversificación productiva es una estrategia fundamental para la resiliencia y el crecimiento en tambos tecnificados. El Grupo Chiavassa, al combinar la lechería con la agricultura y la producción porcina, y el tambo Giraudó, al gestionar grandes extensiones de maíz bajo riego para

autoabastecimiento de alimento, ilustran esta tendencia¹. En un contexto agrícola que ya enfatiza la diversificación y la eficiencia debido a la volatilidad de los precios internacionales, la integración de estas actividades en un tambo con alta inversión de capital proporciona múltiples fuentes de ingresos, mejora la autosuficiencia en la alimentación y distribuye el riesgo en diferentes segmentos del mercado¹. Esto aumenta la resiliencia general y la viabilidad a largo plazo de la operación altamente capitalizada¹. Por lo tanto, el éxito de la inversión en un sistema rotativo no se limita a la eficiencia del ordeño, sino a su integración en un plan de negocio holístico que abarque la diversificación y la gestión eficiente de todos los recursos de la explotación¹. La diversificación productiva emerge como un elemento estratégico clave para la viabilidad de los tambos de alta tecnología. Las ganancias de eficiencia de la automatización en el tambo pueden liberar recursos o mejorar la previsibilidad del flujo de caja, permitiendo la diversificación. Esta diversificación, a su vez, actúa como una estrategia de mitigación de riesgos frente a la volatilidad inherente del mercado lácteo, haciendo que la gran inversión de capital en el tambo sea más resiliente.

Tabla 7.1: Casos de Éxito y Lecciones Aprendidas en Argentina

Caso	Descripción y Resultados	Lecciones
INTA Rafaela	Tambo experimental pionero. Productividad: 36 L/vaca/día (vs 25 promedio). Eficiencia conversión: 1.3-1.5 kg leche/kg MS. 1 operario para 65 vacas. Top 5 mundial. 98% leche comercializada. ¹ Crecimiento 105% en 5 años, 54% aumento MO. ¹	Demuestra alto potencial productivo y eficiencia laboral con gestión adecuada. La inversión en I+D es clave para la innovación sectorial.
Grupo Chiavassa (Santa Fe)	Rotativo 40 bajadas (2010), 200 vacas/hora. En 2024: 1,803 vacas, 67,138 L/día. Modelo integral con compost barn, collares, agricultura, porcinos. ¹	Planificar la capacidad a largo plazo es crucial (calesita subdimensionada). La diversificación productiva aumenta la resiliencia y el crecimiento. ¹
Tambo Giraudó (Córdoba)	Inversión ARS 1,000 millones en nueva calesita (40 puestos) para duplicar rodeo (660 a 1,500 vacas) y capacidad (150 a 250 vacas/hora).	Muestra la viabilidad de grandes inversiones con financiamiento adecuado y enfoque en buenas

	Certificado IRAM 14400. Financiado BICE/Banco Nación. ¹	prácticas y expansión.
Familia Bocco (Santa Fe)	Transición en 1.5 días a 3 robots DeLaval V300. Beneficios: turnos rotativos, mejor calidad de vida familiar. Vacas adaptadas en días. ¹	La tecnología puede mejorar significativamente la calidad de vida del productor y la flexibilidad operativa. La adaptación animal es rápida con buen manejo.
Tambo La Margarita (Córdoba)	460 vacas con robots (39 L/día) vs 560 vacas convencional (36-37 L/día). Integra compost barn, ventilación, TMR, collares, efluentes. Quesería propia. ¹	La integración vertical y el procesamiento de valor agregado mejoran la rentabilidad y resiliencia.
Tambo Quesería "Don Cristóbal I" (Entre Ríos)	Robot instalado 2024. Mejoró eficiencia y bienestar. Paneles solares redujeron costos energéticos 30-40%. Integrado con quesería y venta directa. ¹	La automatización puede adaptarse a tambos medianos si se integra con otras actividades de valor agregado invirtiendo en energías renovables.
Caso de Cierre - Morteros (Córdoba)	Problema: Alto costo operativo (35% facturación en repuestos), consumo energético, personal no especializado. Consecuencia: Vuelta a sistema convencional. ¹	Lección crítica: La importancia del servicio técnico local especializado, personal capacitado continuamente, cálculo riguroso de costos operativos totales y el respaldo del proveedor a largo plazo son fundamentales. Un mantenimiento costoso y la falta de personal calificado pueden llevar al fracaso. ¹
Fortezza – Cuatro Ceibos (Córdoba)	Optó por equipo rápido de 30 bajadas (USD 1.5M) en vez de calesita (mucho más cara y posible obsolescencia temprana para 1,000 vacas). ¹	La elección de la tecnología debe ser estratégica y considerar la escala actual y proyectada del rodeo. Las alternativas pueden ser más convenientes para rodeos medianos.

8. Análisis de Riesgos y Estrategias de Mitigación

La inversión en sistemas de ordeño automatizado, si bien promete grandes beneficios, conlleva riesgos inherentes que deben ser identificados y gestionados proactivamente para asegurar la viabilidad del proyecto.

8.1. Riesgos Económicos y de Mercado

- **Volatilidad de Precios de Leche e Insumos:** El sector lácteo argentino ha mostrado históricamente una alta volatilidad en los precios de la leche ($\pm 20\%$ anual)¹, y una inflación de costos operativos que puede superar el 100% anual¹. Si bien Rabobank proyecta un crecimiento moderado del 6% anual para Argentina en 2025¹, un aumento significativo de la producción en el segundo semestre de 2025, sin un refuerzo exportador, podría generar presión a la baja sobre los precios internos¹.
 - **Estrategias de Mitigación:** Es fundamental un monitoreo constante de los mercados nacionales e internacionales¹. La firma de contratos de venta a largo plazo con industrias lácteas puede brindar estabilidad¹. La diversificación de la producción hacia productos de valor agregado, como quesos o dulce de leche, que tienen precios de mercado diferenciados, puede compensar la volatilidad de la leche fluida¹. Además, la utilización de créditos atados al valor de la leche es una herramienta efectiva para amortiguar el impacto de las fluctuaciones de precios¹.
- **Tipo de Cambio e Inflación:** La macroeconomía argentina sigue siendo compleja¹, y las inversiones en equipos importados, que se cotizan en dólares, exponen al productor al riesgo cambiario¹. La devaluación controlada (2% mensual) impacta en el costo de los repuestos importados¹. La alta inflación (39.4% anual en junio de 2025)^{1, 7} erosiona el poder adquisitivo y encarece los costos operativos¹.
 - **Estrategias de Mitigación:** La principal estrategia es la utilización de las líneas de crédito en pesos o, preferentemente, en "litros de leche"^{1, 11, 12}, lo que reduce la exposición directa a la fluctuación del dólar. Una planificación financiera a largo plazo que incluya estrategias de cobertura de riesgos cambiarios también es recomendable¹.

- **Financiamiento:** Existe una dependencia de programas estatales subsidiados ¹ y un acceso limitado a crédito comercial¹. También existe el riesgo de cambios en las políticas públicas que afecten las condiciones de financiamiento¹.
 - **Estrategias de Mitigación:** Aprovechar al máximo las líneas de crédito subsidiadas disponibles, como las del BICE y Banco Nación, que ofrecen condiciones favorables y plazos extendidos¹.

La interconexión de los riesgos económicos, como la volatilidad de precios, la inflación y las fluctuaciones del tipo de cambio, crea una vulnerabilidad sistémica. Las herramientas financieras innovadoras, como los "créditos en litros de leche", son una respuesta sofisticada y adaptada a este entorno económico particular, mitigando directamente el riesgo cambiario para el productor. La diversificación hacia productos de valor agregado también es una estrategia crítica para protegerse contra la volatilidad de los precios de la leche cruda.

8.2. Riesgos Operacionales y Técnicos

- **Fallas de Equipos y Mantenimiento:** La alta dependencia de tecnología avanzada implica que cualquier falla del equipo puede generar pérdidas significativas debido a la interrupción del ordeño¹. Componentes críticos como bombas de vacío, brazos robóticos y sensores son vulnerables¹. El tiempo de respuesta técnica es crítico en una operación 24/7 ¹, y la disponibilidad de repuestos puede ser problemática en Argentina¹. La obsolescencia tecnológica se estima en 8-10 años en promedio¹. El caso de Morteros demostró que el alto costo operativo (35% de la facturación en repuestos) puede ser insostenible¹.
 - **Estrategias de Mitigación:** Es crucial establecer contratos de servicio de mantenimiento preventivo y correctivo con los proveedores locales de los equipos¹. Disponer de un stock mínimo de repuestos críticos en el tambo es esencial para minimizar los tiempos de inactividad¹. Los sistemas modernos suelen incluir alarmas que notifican al propietario o al personal encargado a través de dispositivos móviles en caso de desperfectos¹. El caso de Morteros ilustra cómo los riesgos técnicos y operativos, especialmente en relación con el mantenimiento y la disponibilidad de repuestos en un entorno de importación volátil, pueden descarrilar una inversión prometedora. Esto subraya la importancia crítica de la red de servicio local del proveedor y su

compromiso con el suministro de piezas.

- **Curva de Aprendizaje y Resistencia de Vacas/Personal:** La adaptación al nuevo sistema, tanto para los animales como para el equipo humano, requiere tiempo (3-6 meses para el personal, 2-4 semanas para los animales) y puede generar estrés inicial¹. Un 5-10% de las vacas pueden no adaptarse al ordeño voluntario¹.
 - **Estrategias de Mitigación:** Se debe implementar una capacitación intensiva y continua para todo el personal involucrado¹. La introducción del nuevo sistema debe ser gradual, permitiendo que las vacas se habitúen progresivamente a la nueva rutina de ordeño¹. Es vital desarrollar y aplicar estrategias de manejo específicas para fomentar el ordeño voluntario y gestionar a las vacas que demuestran resistencia¹.
- **Continuidad Operativa:** Existe una dependencia de la conectividad eléctrica e internet¹.
 - **Estrategias de Mitigación:** Es necesario un backup de sistemas críticos y un plan de contingencia para fallas mayores¹. Se recomiendan generadores o UPS para cortes de electricidad y mantenimiento preventivo¹. El énfasis en la redundancia (generadores, UPS) y el desarrollo de capacidades internas (personal capacitado para diagnósticos básicos) apunta a una estrategia de autosuficiencia operativa. La inversión en capital humano para la operación y el monitoreo autónomo se convierte en un activo tan valioso como la propia maquinaria.
- **Riesgo de Alimentación:** La robotización demanda raciones balanceadas con altas proporciones de concentrado¹. Sequías o aumentos del precio del maíz pueden reducir la rentabilidad¹.
 - **Estrategias de Mitigación:** Asegurar la disponibilidad de forrajes de buena calidad y una gestión nutricional precisa¹.

8.3. Riesgos Ambientales y Regulatorios

- **Cumplimiento de Normativas Ambientales:** La intensificación de la producción lechera, inherente a los sistemas rotativos, puede generar mayores volúmenes de efluentes, lo que exige un manejo cuidadoso para cumplir con las regulaciones ambientales¹.
 - **Estrategias de Mitigación:** Desde la fase de planificación del proyecto, se

deben integrar sistemas de gestión de efluentes eficientes, incluyendo decantadores, lagunas de tratamiento y sistemas de recuperación de agua para su reutilización¹. La obtención de certificaciones de buenas prácticas, como la norma IRAM 14400, que incluyen el equilibrio ambiental, demuestra un compromiso con la sostenibilidad y puede facilitar el cumplimiento regulatorio¹.

- **Enfermedades del Rodeo:** Riesgos sanitarios, como la aparición de enfermedades, pueden afectar gravemente la producción y la rentabilidad¹.
 - **Estrategias de Mitigación:** Los sistemas de gestión de rebaño integrados en los ordeños rotativos permiten un monitoreo constante de la salud individual de cada animal¹. Esto facilita la detección temprana de enfermedades y la implementación de planes de sanidad animal y prevención de mastitis, incluyendo el mantenimiento periódico de la máquina de ordeñar y una rutina de ordeño higiénica¹.

Los riesgos ambientales no son solo una cuestión de cumplimiento; están cada vez más vinculados al acceso al mercado y al valor de la marca. Una gestión proactiva de los efluentes y la adhesión a las buenas prácticas pueden transformar posibles pasivos en oportunidades de diferenciación en el mercado y una mejor percepción pública. La integración de sistemas de monitoreo de la salud mitiga directamente los riesgos de enfermedades, que se amplifican en los sistemas intensivos, garantizando tanto el bienestar animal como la estabilidad económica.

9. Recomendaciones Estratégicas para la Toma de Decisiones

La decisión de implementar un sistema de ordeño rotativo automatizado o con robots en un tambo argentino en 2025 es estratégica y debe basarse en un análisis multifactorial que considere la situación particular de cada productor. Las siguientes recomendaciones buscan guiar este proceso.

9.1. Perfiles de Tambo Adecuados para la Inversión

La automatización no es una solución universal, sino una inversión estratégica que se adapta mejor a ciertos perfiles de tambo:

- **Prioridad Alta (Recomendado):**
 - Tambos con más de 300 vacas y alta productividad individual (>30 L/vaca/día)¹. Para rotativos, óptimo para más de 500 vacas de alto rendimiento¹.
 - Productores con dificultades para conseguir personal calificado¹.
 - Establecimientos con objetivos de expansión a mediano plazo¹.
 - Tambos con acceso garantizado a financiamiento subsidiado¹.
 - Productores con capacidad de gestión tecnológica avanzada¹.
- **Prioridad Media (Evaluar Cuidadosamente):**
 - Tambos de 150-300 vacas con perspectivas de crecimiento¹.
 - Productores jóvenes con visión de largo plazo¹.
 - Establecimientos con problemas sanitarios recurrentes que la tecnología pueda mitigar¹.
 - Tambos periurbanos con restricciones laborales¹.
- **No Recomendado:**
 - Tambos con menos de 100 vacas sin planes de expansión¹.
 - Productores próximos al retiro sin sucesión definida¹.
 - Establecimientos con problemas financieros estructurales¹.
 - Tambos con infraestructura muy deficiente¹.

Las recomendaciones sobre los perfiles de tambo adecuados y las etapas de implementación sugieren que la automatización es una inversión estratégica que requiere una cuidadosa alineación entre las características del tambo y las demandas de la tecnología. La categorización de los tambos por prioridad, basada en la escala, la capacidad de gestión y el acceso a la financiación, subraya que el éxito depende de una evaluación personalizada.

9.2. Etapas de Implementación Sugeridas

Un enfoque por fases puede mitigar riesgos y facilitar la adaptación:

- **Fase 1 - Preparación (6-12 meses):** Auditoría técnica y económica completa del tambo actual. Capacitación gerencial en tecnologías de precisión. Mejora de condiciones sanitarias básicas del rodeo. Gestión de financiamiento y permisos¹.
- **Fase 2 - Implementación (6-8 meses):** Construcción de infraestructura básica. Instalación y puesta en marcha de equipos. Capacitación intensiva del personal operativo. Período de adaptación y ajuste fino¹.
- **Fase 3 - Optimización (12-18 meses):** Monitoreo continuo de indicadores clave. Ajustes en manejo nutricional y sanitario. Capacitación avanzada y actualización tecnológica. Evaluación de expansión o nuevas tecnologías¹.

9.3. Criterios de Selección de Proveedores

La elección del proveedor es tan crítica como la tecnología misma:

- **Evaluación Técnica:** Experiencia comprobada en Argentina (>3 años). Red de servicio técnico local consolidada. Disponibilidad garantizada de repuestos (stock local). Programas de capacitación integral certificada¹.
- **Evaluación Comercial:** Financiamiento propio o convenios bancarios. Garantías extendidas y contratos de servicio. Referencias verificables de clientes locales. Respaldo financiero de la casa matriz¹.
- **Proveedores Principales en Argentina:** DeLaval, GEA, Lely, Fullwood¹.

La selección del proveedor es un componente fundamental de la estrategia de mitigación de riesgos. Los criterios detallados para la evaluación técnica y comercial, que incluyen la experiencia local, la red de servicio técnico, la disponibilidad de repuestos y los programas de capacitación, van más allá de la simple comparación de precios. El caso de Morteros, donde los altos costos de mantenimiento y la falta de soporte especializado fueron determinantes para el fracaso, ilustra la importancia vital de esta elección. La relación con el proveedor, que debe ofrecer un respaldo sólido y una infraestructura de soporte local, es un pilar fundamental para la resiliencia operativa a largo plazo y afecta directamente el costo real de propiedad y la capacidad de gestionar los desafíos técnicos.

9.4. Indicadores de Seguimiento Post-Implementación

El monitoreo continuo es esencial para maximizar el retorno y ajustar la gestión:

- **Productivos:** Litros por vaca por día, células somáticas promedio del rodeo, eficiencia de conversión alimentaria, porcentaje de ordeños completos¹.
- **Económicos:** Costo por litro producido, margen bruto mensual, ROI acumulado, flujo de caja operativo¹.
- **Operativos:** Tiempo de funcionamiento efectivo de equipos, frecuencia de fallas y tiempo de reparación, consumo energético por litro, satisfacción del personal¹.

Conclusiones Finales

La implementación de sistemas de ordeño rotativo automatizado y/o con robots en tambos argentinos en el contexto de 2025 presenta una notable paradoja de adopción. Si bien los beneficios operativos, la mejora en la calidad de vida y los incrementos productivos están ampliamente documentados, la viabilidad económica tradicional, con plazos de retorno que superan los 20 años, es marginal bajo los parámetros actuales de precios y costos¹.

Sin embargo, esta aparente inviabilidad se transforma en una oportunidad de alto potencial cuando se consideran y gestionan activamente una serie de factores habilitantes críticos:

- **Financiamiento subsidiado:** El acceso a créditos con tasas preferenciales y plazos extendidos, especialmente las líneas atadas al valor del producto (litros de leche), es fundamental para mitigar el riesgo cambiario y hacer que la inversión sea financieramente sostenible¹.
- **Aumentos sostenidos en el precio relativo de la leche:** Una mejora continua en la relación precio-insumo es necesaria para asegurar márgenes brutos que permitan la recuperación de la inversión en plazos razonables¹.
- **Reducción de costos de tecnología:** Una mayor adopción y competencia en el mercado de equipos automatizados podría conducir a una reducción de los costos de inversión a largo plazo¹.
- **Valorización de beneficios intangibles:** La calidad de vida del productor y el personal, la precisión en el manejo del rodeo, la trazabilidad de la producción, el bienestar animal y la sostenibilidad ambiental, aunque difíciles de cuantificar, aportan un valor estratégico que contribuye a la resiliencia y competitividad del

tambo¹.

La afirmación de que estos sistemas deben considerarse una "inversión de futuro" más que una "solución de retorno inmediato" es un encuadre crucial. Reconoce que, si bien los plazos de recuperación tradicionales pueden ser largos, los beneficios estratégicos a largo plazo —como la mejora de la resiliencia operativa, la capacidad de atraer y retener talento calificado en un sector con escasez de mano de obra, y la capacidad de satisfacer las crecientes demandas del mercado por productos sostenibles y éticos— se acumulan con el tiempo. Esto implica que la justificación de la inversión va más allá de un cálculo financiero puro, abarcando una visión más amplia de la continuidad del negocio y la ventaja competitiva en una industria en evolución.

A pesar de la exhaustividad del análisis, la "decisión final" debe basarse en un "análisis individualizado" que considere la situación particular de cada establecimiento, sus objetivos de largo plazo y su capacidad para gestionar la transición tecnológica¹. Esta necesidad de un estudio de viabilidad a medida reconoce la heterogeneidad de los tambos argentinos en términos de escala, capacidad de gestión, infraestructura existente y acceso a recursos. El informe proporciona un marco robusto y datos relevantes, pero sirve como una guía general, no como una respuesta definitiva para cada productor. La complejidad de la decisión subraya la importancia de una debida diligencia personalizada que integre las circunstancias únicas de cada explotación con las tendencias generales y las recomendaciones presentadas.

Recomendación Estratégica Final: Los productores lecheros argentinos deben considerar estos sistemas como una inversión estratégica a largo plazo, priorizando tambos de escala media-grande con capacidad financiera y de gestión tecnológica. Es imperativo aprovechar las ventanas de financiamiento público disponibles, especialmente los créditos en litros de leche, y evaluar los beneficios integrales que van más allá del ROI financiero tradicional. Para tambos medianos o pastoriles, los sistemas paralelos rápidos o robots individuales podrían ser más adecuados que las calesitas rotativas, dependiendo de la proyección de crecimiento y la estructura de costos¹. La clave del éxito radica en una planificación meticulosa, una gestión proactiva y un compromiso con la adaptación continua en un contexto económico volátil pero con perspectivas de crecimiento sectorial.

Fuentes citadas

1. <https://www.campointeligencia.com> – Por Lic. Facundo Wetzel, Sección infografías y documentos
2. Mayo 2025: la producción del tambo promedio contra igual mes de 2024 aumentó casi un 20% - Todo Lechería, acceso: julio 30, 2025, <https://www.todolecheria.com.ar/mayo-2025-la-produccion-del-tambo-promedio-contra-igual-mes-de-2024-aumento-casi-un-20/>
3. Los tambos comenzaron 2025 con el mayor crecimiento en 4 años ..., acceso: julio 30, 2025, <https://www.infocampo.com.ar/los-tambos-comenzaron-2025-con-el-mayor-crecimiento-en-4-anos-pero-perdiendo-contra-la-inflacion/>
4. Precio Nacional - Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, acceso: julio 30, 2025, https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/mercado_futuro/
5. Precios de la leche al productor: junio de 2025 - OCLA, acceso: julio 30, 2025, <https://www.ocla.org.ar/noticias/33720689-precios-de-la-leche-al-productor-junio-de-2025>
6. INDEC: Instituto Nacional de Estadística y Censos de la República ..., acceso: julio 30, 2025, <https://www.indec.gob.ar/>
7. estudiodelamo.com, acceso: julio 30, 2025, [https://estudiodelamo.com/inflacion-argentina-anual-mensual/#:~:text=La%20F0%9D%97%B6%F0%9D%97%BB%F0%9D%97%B3%F0%9D%97%B9%F0%9D%97%AE%F0%9D%97%B0%F0%9D%97%B6%F0%9D%97%BC%CC%81%F0%9D%97%BB%20esperada%20del%20cierre,la%20estimaci%C3%B3n%20del%20mes%20anterior\).](https://estudiodelamo.com/inflacion-argentina-anual-mensual/#:~:text=La%20F0%9D%97%B6%F0%9D%97%BB%F0%9D%97%B3%F0%9D%97%B9%F0%9D%97%AE%F0%9D%97%B0%F0%9D%97%B6%F0%9D%97%BC%CC%81%F0%9D%97%BB%20esperada%20del%20cierre,la%20estimaci%C3%B3n%20del%20mes%20anterior).)
8. Tipos de Cambio SML - BCRA, acceso: julio 30, 2025, https://www.bcra.gob.ar/MediosPago/Tipos_de_Cambio_SML.asp
9. Banco de la Nación Argentina, acceso: julio 30, 2025, <https://www.bna.com.ar/>
10. \$20.000 millones para potenciar la lechería con créditos en valor ..., acceso: julio 30, 2025, <https://www.bice.com.ar/20-000-millones-para-potenciar-la-lecheria-con-creditos-en-valor-producto-del-bice/>
11. BICE asignó \$12.000 millones en Créditos en Litros de Leche a más de 90 productores tamberos | Argentina.gob.ar, acceso: julio 30, 2025, <https://www.argentina.gob.ar/noticias/bice-asigno-12000-millones-en-creditos-en-litros-de-leche-mas-de-90-productores-tamberos>
12. Agroactiva 2025: El Banco Nación financiará al sector agroindustrial por 6.500 millones de dólares | APFDigital, acceso: julio 30, 2025, <https://www.apfdigital.com.ar/noticias/2025/06/08/433962-agroactiva-2025-el-banco-nacion-financiara-al-sector-agroindustrial-por-6500-millones-de-dolares>
13. Agroactiva 2025: el Banco Nación marcó un récord con solicitudes ..., acceso: julio 30, 2025, <https://www.ambito.com/negocios/agroactiva-2025-el-banco->

- [nacion-marco-un-record-solicitudes-credito-us6500-millones-n6154279](#)
14. BNA presente en Agroactiva, acceso: julio 30, 2025, https://www.bna.com.ar/home/agroactiva_credits
 15. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, acceso: julio 30, 2025, https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/financiamiento/
 16. Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca - Gobierno de Entre Ríos, acceso: julio 30, 2025, <https://portal.entrerios.gov.ar/desarrolloeconomico/agriculturayganaderia/inicio>
 17. El Gobierno confirmó subsidios de entre \$ 10 y \$ 15 por litro para tambos, acceso: julio 30, 2025, <https://lafolkargentina.com.ar/nota/13256/el-gobierno-confirmando-subsidios-de-entre-10-y-15-por-litro-para-tambos>
 18. Retenciones cero: prorrogan por un año la suspensión de los derechos de exportación al sector lácteo | Agrofy News, acceso: julio 30, 2025, <https://news.agrofy.com.ar/noticia/210047/retenciones-cero-prorrogan-ano-suspension-derechos-exportacion-sector-lacteo>
 19. En la Argentina, hay más de 400 tambos robotizados en funcionamiento, acceso: julio 30, 2025, <https://www.argentina.gob.ar/noticias/en-la-argentina-hay-mas-de-400-tambos-robotizados-en-funcionamiento>
 20. Revolución En Los Tambos: El Auge De La Robótica En La Lechería Argentina - EDairyNews Español, acceso: julio 30, 2025, <https://es.edairynews.com/robotica-en-la-lecheria-argentina/>
 21. A diez años del primer tambo experimental en el INTA Rafaela, ya funcionan 400 robot de ordeño y la cantidad se duplicaría para fin de 2025 | Bichos de Campo, acceso: julio 30, 2025, <https://bichosdecampo.com/a-diez-anos-del-primer-tambo-experimental-en-el-inta-rafaela-ya-funcionan-400-robot-de-ordeno-y-la-cantidad-se-duplicaria-para-fin-de-2025/>
 22. En Argentina ya funcionan 400 tambos robotizados y se esperan alcanzar los 1.000 al finalizar el año - Todo Lechería, acceso: julio 30, 2025, <https://www.todolecheria.com.ar/en-argentina-ya-funcionan-400-tambos-robotizados-y-se-esperan-alcanzar-los-1-000-al-finalizar-el-ano/>
 23. Argentina cuenta con más de 400 tambos robotizados en funcionamiento - Expoagro 2025, acceso: julio 30, 2025, <https://www.expoagro.com.ar/argentina-cuenta-con-mas-de-400-tambos-robotizados-en-funcionamiento/>
 24. Impulsan la aplicación de “inteligencia artificial” para transformar la producción lechera - TN, acceso: julio 30, 2025, <https://tn.com.ar/campo/2024/04/21/impulsan-la-aplicacion-de-inteligencia-artificial-para-transformar-la-produccion-lechera/>
 25. De Laval instalará el primer robot de ordeño en el país - Maquinac, acceso: julio 30, 2025, <https://maquinac.com/2014/05/de-laval-instalara-el-primer-robot-de-ordeno-en-el-pais/>
 26. maquinac.com, acceso: julio 30, 2025, <https://maquinac.com/2014/05/de-laval-instalara-el-primer-robot-de-ordeno-en-el-pais/#:~:text=De%20acuerdo%20a%20cifras%20que,de%20orde%C3%B1o%20p>

- [ara%2070%20vacas.](#)
27. DeLaval: Inicio, acceso: julio 30, 2025, <https://www.delaval.com/es-co/>
 28. DeLaval: Inicio, acceso: julio 30, 2025, <https://www.delaval.com/es-cl/>
 29. How AI is Impacting the Global Dairy Industry Growth - IMARC Group, acceso: julio 30, 2025, <https://www.imarcgroup.com/insight/how-ai-is-impacting-dairy-industry>
 30. Ordeño convencional | DairyRotor T8000 | DairyParlor P7000 - GEA, acceso: julio 30, 2025, <https://www.gea.com/es/products/milking-farming-barn/milking-solutions/conventional/>
 31. Ganadería | Soluciones de ordeño - GEA, acceso: julio 30, 2025, <https://www.gea.com/es/products/milking-farming-barn/milking-solutions/>
 32. DeLaval: Inicio, acceso: julio 30, 2025, <https://www.delaval.com/es-ar/>
 33. Waikato Milking Systems, acceso: julio 30, 2025, <https://waikatomilking.com/>
 34. Our Company - Waikato Milking Systems, acceso: julio 30, 2025, <https://waikatomilking.com/company/>
 35. Fullwood JOZ, acceso: julio 30, 2025, <https://www.fullwoodjoz.com/en/>
 36. Contact - Fullwood JOZFullwood JOZ, acceso: julio 30, 2025, <https://www.fullwoodjoz.com/en/contact/>
 37. M²erlin milking robot - Fullwood JOZFullwood JOZ, acceso: julio 30, 2025, <https://www.fullwoodjoz.com/en/solutions/robotic-milking/>
 38. Lely | Soluciones agrícolas innovadoras, acceso: julio 30, 2025, <https://www.lely.com/ar/>
 39. Lely Center Argentina, acceso: julio 30, 2025, <https://www.lely.com/ar/centers/argentina/>
 40. Navegue por la incertidumbre de la política laboral mientras sus competidores automatizan su trabajo - The Bullvine, acceso: julio 30, 2025, <https://www.thebullvine.com/es/noticias/navegar-por-la-incertidumbre-de-la-pol%C3%ADtica-laboral-mientras-sus-competidores-automatizan-su-trabajo/>
 41. Curso online de Buenas Prácticas Lecheras - Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca, acceso: julio 30, 2025, https://www.magyp.gob.ar/sitio/areas/ss_lecheria/bpl/cbpl/index.php
 42. www.unl.edu.ar, acceso: julio 30, 2025, https://www.unl.edu.ar/noticias/news/view/diplomatura_universitaria_en_manejo_de_tambo_bovino
 43. ¿Qué hacer con los residuos que se generan en los tambos? - Infocampo, acceso: julio 30, 2025, <https://www.infocampo.com.ar/que-hacer-con-los-residuos-que-se-generan-en-los-tambos/>
 44. Guía de buenas prácticas: gestión de purines en tambos - Caprolecoba, acceso: julio 30, 2025, https://www.caprolecoba.com.ar/archivos_otros/GBP%20Gestion%20de%20Purines%20en%20Tambo.%20Dic2018_compressed.pdf
 45. Biogás: avanza la normativa que regula el uso y la venta del digerido - Agrositio, acceso: julio 30, 2025, <https://www.agrositio.com.ar/noticia/196996-biogas->

- [avanza-la-normativa-que-regula-el-uso-y-la-venta-del-digerido.html](#)
46. Biodigestores: los residuos como generadores de energía | Argentina.gob.ar, acceso: julio 30, 2025, <https://www.argentina.gob.ar/interior/ambiente/accion/biodigestores>
 47. Caracterización de tambos en el sudeste de La Pampa y evaluación integral de sus efluente, acceso: julio 30, 2025, <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/261403>
 48. Huella de carbono de la leche: un caso piloto | Bongiovanni - Agronomía & Ambiente, acceso: julio 30, 2025, <http://agronomiayambiente.agro.uba.ar/index.php/AyA/article/view/290>
 49. HUELLA DE CARBONO DE LA LECHE: UN CASO PILOTO CARBON FOOTPRINT OF MILK - Agronomía & Ambiente, acceso: julio 30, 2025, <http://agronomiayambiente.agro.uba.ar/index.php/AyA/article/download/290/246>
 50. La hazaña de un grupo de jóvenes con un animal que se creía extinto en Argentina: buscan reincorporarlo a la ganadería argentina | Agrofy News, acceso: julio 30, 2025, <https://news.agrofy.com.ar/noticia/213633/hazana-grupo-jovenes-animal-que-se-creia-extinto-argentina-buscan-reincorporarlo>
 51. Resuelva su escasez de mano de obra con cobots - OnRobot, acceso: julio 30, 2025, <https://onrobot.com/es/blog/resuelva-su-escasez-de-mano-de-obra>
 52. Tambos 2025: el desafío de sostener la rentabilidad ..., acceso: julio 30, 2025, <https://www.decamponoticias.com/tambos-2025-el-desafio-rentabilidad/>