

Plan de Despliegue

El propósito de lo que se va a entregar es apoyar la toma de decisiones en el manejo del hato lechero, específicamente en el proceso de definición del momento óptimo para el secado de las vacas Holstein, basándose en información real recopilada mediante el robot de ordeña DeLaval VMS V300. Para ello, se desarrolló un modelo predictivo entrenado con datos productivos y reproductivos de las vacas, permitiendo identificar patrones de desempeño y detectar de manera temprana caídas en la producción que puedan requerir decisiones correctivas o de manejo.

Tras la fase de Evaluación, se determinó que el modelo **XGBoost** es el candidato óptimo para implementación operativa, por su equilibrio entre rendimiento, estabilidad y bajo riesgo de sobreajuste. Random Forest queda como modelo secundario o de respaldo en caso de fallas o necesidad de validación cruzada operacional.

Los resultados clave a implementar son:

Modelo primario:

XGBoost – Clasificación del estado productivo de vacas (Fresca, Monitoreo, Previo a Secado).

- Alto desempeño en métricas de clasificación.
- Mejor estabilidad frente a datos aumentados (riesgo reducido de overfitting).
- Bajo costo computacional.
- Fácil de portar a entornos locales o en la nube.

Modelo secundario:

Random Forest.

- Excelente desempeño en métricas.
- Mayor riesgo de overfitting.

Dataset operativo final:

El sistema se desplegará usando el dataset preparado en la fase RPD, exclusivamente compuesto por:

- Registros diarios agregados de ordeño del HATO.
- Estado reproductivo reconstruido desde fichas técnicas.
- Variables productivas, reproductivas y fisiológicas depuradas.
- Sin columnas con más del 80% de nulos, sin features inestables, sin ruido operativo.

Condiciones para uso operativo inmediato:

- El modelo puede generar valor desde el día 1, incluso si los datos reales futuros aún no están disponibles.
- Requiere validación futura con nuevos datos reales, pero no impide la puesta en marcha inmediata.
- No se requieren nuevas iteraciones del pipeline.

Objetivo de el despliegue

El objetivo no es realizar un despliegue completo en la infraestructura del CAETEC, sino entregar:

- El modelo entrenado.
- El código del dashboard.
- Scripts de preparación de datos.
- Documentación detallada de:
 - Formatos de entrada (CSV).
 - Uso del modelo y del dashboard.
 - Supuestos y limitaciones.
 - Recomendaciones para un despliegue futuro.

Con esto se proporcionan **las bases necesarias** para que, en caso de que el CAETEC decida realizar una implementación completa en sus sistemas, cuente con:

- Guías claras de uso.
- Descripción de los componentes entregados.
- Lineamientos de actualización y mantenimiento.

Es decir, esta entrega deja preparado el terreno para una futura integración operativa, pero sin imponer una arquitectura específica ni realizar cambios directos en los sistemas internos del CAETEC.

Modelo entrenado

El modelo se entrega acompañado de un dashboard donde se podrá cargar datos .csv para facilitar su uso y adopción por parte del personal y operativo del CAETEC.

- **Método de entrega**

Un **repositorio en GitHub** que contiene:

- El archivo del modelo entrenado.
- Los scripts necesarios para su ejecución.
- El código del dashboard.
- Un archivo de ejemplo de CSV con el formato correcto.
- Documentación en el mismo repositorio (README) que explica paso a paso cómo:
 - Descargar el repositorio.
 - Instalar las dependencias.
 - Ejecutar el modelo y el dashboard.

- Cargar datos y leer los resultados.
- Integración en los sistemas de la organización
 - El modelo no se integra automáticamente en los sistemas internos del CAETEC.
 - En esta etapa, se entrega como:
 - Un componente listo para ejecutarse en una computadora institucional con Python.
 - Con instrucciones para que, si el CAETEC lo decide, pueda integrarse posteriormente en sus flujos internos (por ejemplo, ejecutarlo de forma regular en un equipo local o en un servidor interno).

- **Evaluación de beneficios**

Impactos esperados medidos en operación:

- **Menos días improductivos:**
 - Al tener un mejor control del ciclo de lactancia y del estado reproductivo de cada vaca, se reduce el tiempo en que un animal produce por debajo de lo esperado.
- **Mayor longevidad del hato:**
 - El modelo ayuda a mejorar el manejo de salud mediante alertas y seguimiento continuo, permitiendo que las vacas mantengan su productividad durante más años.
- **Mejor oportunidad en decisiones de manejo**
 - Porcentaje de vacas identificadas como “Previo a Secado” donde la decisión de secado se tomó en el momento recomendado por el modelo.

- **Riesgos y mitigación**

- **Variabilidad en los datos entre períodos:**
 - Esto puede generar una disminución en la precisión del modelo debido a cambios en comportamiento productivo o condiciones ambientales.
 - La estrategia de mitigación consiste en realizar un reentrenamiento periódico del modelo, acompañado de una validación continua del desempeño.
- **Errores en la generación o carga de archivos CSV:**
 - Cualquier falla en el formato o contenido de los archivos puede ocasionar predicciones incorrectas
 - La estrategia de mitigación es aceptar solo un formato de datos que se pueden subir a la plataforma

- **Requisitos para la adopción del modelo**

- **Acceso a los archivos CSV del robot DeLaval:**
 - Este requisito es indispensable, así que es importante seguir generando y proporcionando de manera continua los datos de ordeño necesarios para el funcionamiento del modelo.

- **Disponibilidad y participación de veterinarias con conocimiento del hato:**
 - La intervención de personal veterinario ha sido **confirmada**, asegurando el soporte técnico, la interpretación de resultados y la validación clínica de las recomendaciones generadas por el modelo.

Dashboard

El dashboard es una herramienta visual diseñada para facilitar la interpretación del desempeño productivo y de salud de las vacas Holstein a partir de los datos capturados por el robot de ordeño DeLaval VMS V300.

- **Descripciones**

Este permite subir archivos CSV reales del sistema y generar automáticamente:

- Análisis por vaca
- Análisis por corral
- Identificación de vacas en riesgo
- Seguimiento de lactancia

- **Método de entrega**

- El formato de entrega será por medio de una **aplicación web ejecutable** a partir del repositorio de GitHub.
- Se entregará por medio del repositorio de GitHub, siendo ejecutable internamente en un equipo del CAETEC.
- Se incluirá documentación sobre:
 - Cómo instalar dependencias.
 - Cómo iniciar la aplicación.
 - Cómo cargar los archivos **.CSV**.

- **Monitoreo**

Para hacer el monitoreo del dashboard se hará seguimiento a los siguientes indicadores:

- **Usuarios que consultan el dashboard:**
 - El nivel de adopción por parte del personal.
 - Si la herramienta se incorpora al flujo de trabajo cotidiano.
- **Alertas atendidas por veterinarias:**
 - Si las alertas generadas por el sistema son atendidas por las veterinarias, se confirma que la información visualizada contribuye directamente al cumplimiento de los objetivos de salud y productividad del hato.

- **Evaluación de beneficios**

El dashboard contribuye directamente a los beneficios definidos en el proyecto:

- **Mayor productividad, al señalar vacas con rendimiento bajo:**

- Gracias al análisis de producción láctea por vaca, número de lactancias, días en leche y otros factores de la lactancia, el sistema identifica animales con caídas productivas anormales.
- **Menos días improductivos, gracias a supervisión continua de lactancia:**
 - El seguimiento automatizado del estado reproductivo, días en leche (DEL) y eficiencia de ordeño permite al CAETEC reducir el tiempo en el que una vaca no produce lo suficiente para cubrir sus costos diarios.
- **Dietas más especializadas para las vacas**
 - Al detectar vacas en periodo de secado, es posible diseñar dietas específicas para ellas, diferenciándose de las vacas en producción, que requieren un mayor consumo energético para mantener su nivel de rendimiento.
- **Riesgos y mitigación**
 - **Falta de uso por complejidad:**
 - Si la interfaz no resulta intuitiva o no está alineada al flujo de trabajo del personal veterinario y operativo, el dashboard podría no ser utilizado de forma constante, lo que impediría que genere valor en el control de la producción y la salud del hato.
 - Mitigación:
 - Mantener un **diseño simple y visual**, priorizando indicadores clave.
 - Agregar ejemplos y casos de uso en la documentación.
 - Ofrecer una breve capacitación al inicio.
- **Requisitos para la adopción del modelo**
 - Datos del robot DeLaval accesibles para cargarlos al modelo en formato .csv
 - Personal veterinario capacitado
 - Equipo básico con navegador actualizado