



# Tecnológico de Monterrey

Inteligencia artificial avanzada para la ciencia de datos 2  
Gpo 501

## **Docentes**

Dr. Benjamín Valdés Aguirre  
Ma. Eduardo Daniel Juárez Pineda  
Dr. Ismael Solis Moreno  
Dr. José Antonio Cantoral Ceballos  
Dr. Carlos Alberto Dorantes Dosamantes

## **Integrantes**

Carlos Rodrigo Salguero Alcántara	A00833341
Diego Perdomo Salcedo	A01709150
Dafne Fernández Hernández	A01369230
José Emiliano Riosmena Castañón	A01704245
Luis Arturo Rendón Iñarritu	A01703572

Querétaro, Querétaro

<b>1.0. Introducción</b>	<b>3</b>
1.1 Propósito del documento	3
<b>2.0 Plan de entrega</b>	<b>3</b>
<b>3.0 Plan de monitoreo</b>	<b>4</b>
<b>4.0 Reportes Finales</b>	<b>4</b>
4.1 Reporte Ejecutivo	4
4.2 Reporte Técnico	5
4.3 Reporte No Técnico	5
4.4 Presentación Final	5
<b>5.0 Documentación de la Experiencia</b>	<b>6</b>
5.1 Reportes individuales	6
5.1.1 Arturo	6
5.1.2 José	8
5.1.3 Dafne	9
5.1.4 Carlos	11
5.1.5 Diego:	12
5.2 Entrevista con los involucrados	14
5.2.1 Docentes	14
5.2.2 Socio Formador	15
5.3 Analizar el proceso	15
5.3.1 Abstracto	15
5.3.2 Cosas que salieron bien	15
5.3.2.1 Retroalimentación constante	15
5.3.2.2 Pruebas de arquitectura	16
5.3.3 Errores cometidos y lecciones aprendidas	16
5.3.3.1 Clasificación inicial	16
5.3.3.2 Plan de Trabajo	16
5.3.3.3 Muchas iteraciones	17
5.4 Cómo puede mejorarse el proceso y la experiencia	18
<b>6.0 Conclusión</b>	<b>18</b>

## 1.0. Introducción

El CAETEC (Campo Agro Experimental del Tec de Monterrey) busca optimizar los procesos de monitoreo de ganado bovino mediante el uso de tecnologías avanzadas, como la visión computacional. La comodidad del ganado y la eficiencia en el manejo de las vacas tienen un impacto directo en la producción láctea.

Este proyecto implementa un modelo de detección basado en YOLOv9c para monitorear vacas en tiempo real en la sección de fila para el ordeño de leche, abordando las necesidades específicas del CAETEC y brindando soluciones prácticas y escalables. El modelo YOLOv9c fue entrenado para detectar y contar vacas en imágenes capturadas bajo diversas condiciones de iluminación. Este sistema permite:

- Optimización de los procesos operativos del establo.
- Generación de métricas en tiempo real para la toma de decisiones.

### 1.1 Propósito del documento

El propósito de este documento es consolidar la información relevante del proyecto de detección y conteo automatizado de ganado bovino. Este reporte valida el cumplimiento de los objetivos, documenta la implementación del modelo YOLOv9c y los hallazgos clave, además de proporcionar planes de implementación y monitoreo. Incluye desviaciones, lecciones aprendidas y recomendaciones para optimizar el sistema, asegurando que los usuarios finales puedan utilizar efectivamente el conocimiento obtenido. El documento sirve como referencia tanto para audiencias técnicas como operativas, garantizando que el proyecto genere valor a largo plazo.

## 2.0 Plan de entrega

El plan de entrega es una sección que contiene la documentación de los resultados de evaluación y la estrategia para entregar los resultados de minería de datos al negocio. El documento incluye una lista completa de los resultados a entregar junto con las alternativas para la entrega de cada uno y su evaluación. Para cada resultado, el documento especifica el

método de entrega a los usuarios y establece cómo será monitoreado junto con la medición de sus beneficios. En el caso de modelos entregables o resultados de software, el plan detalla el proceso de integración dentro de los sistemas de la organización, los métodos de monitoreo y medición de beneficios, así como la identificación de posibles problemas que puedan surgir durante la entrega de los resultados. A continuación, se proporciona la siguiente ruta de acceso, donde se encuentra el documento “Plan de entrega”.

<https://github.com/salgue441/caetec-cow-classification/blob/main/docs/Plan%20de%20Entrega.pdf>

### **3.0 Plan de monitoreo**

El plan de monitoreo es una guía estratégica diseñada para garantizar que el modelo implementado opere de manera óptima y cumpla con los objetivos establecidos a lo largo del tiempo. Este apartado define las estrategias y acciones necesarias para supervisar el desempeño del modelo en producción; identificar posibles desviaciones o fallos y mantener su relevancia frente a los cambios operativos o de negocio. Además, detalla los roles, responsabilidades y criterios para un buen desempeño y manejo del mismo, cumpliendo con las necesidades establecidas y maximizando su impacto en la productividad y el bienestar animal. A continuación, se proporciona la siguiente ruta de acceso, donde se encuentra el documento “Plan de Monitoreo”.

<https://github.com/salgue441/caetec-cow-classification/blob/main/docs/Plan%20de%20Monitoreo%20y%20Mantenimiento.pdf>

## **4.0 Reportes Finales**

Esta sección contiene los diferentes reportes que se van a entregar.

### **4.1 Reporte Ejecutivo**

Este reporte presenta los resultados clave y hallazgos del proyecto desarrollado para el CAETEC. El documento está diseñado para proporcionar una visión clara y concisa de cómo el modelo optimiza el monitoreo del ganado bovino, contribuyendo al bienestar animal y la eficiencia operativa. Además, se detalla cómo este sistema ayuda a identificar patrones en el comportamiento del ganado, permitiendo a los operadores implementar estrategias informadas para mejorar el flujo de producción de leche. Este informe está dirigido a los stakeholders interesados en entender el impacto del proyecto y los resultados obtenidos. A

continuación, se proporciona la siguiente ruta de acceso, donde se encuentra el documento “Reporte Ejecutivo”.

<https://github.com/salgue441/caetec-cow-classification/blob/main/docs/Reporte%20Ejecutivo.pdf>

## 4.2 Reporte Técnico

En este documento, se presentan las decisiones técnicas tomadas durante cada etapa del proyecto, las métricas clave de rendimiento del modelo (precisión, recall, tiempo de procesamiento), y los enfoques metodológicos utilizados para garantizar su efectividad en un entorno operativo. Además, se incluyen detalles sobre las herramientas empleadas, los algoritmos de minería de datos, y las estrategias de validación. A continuación, se proporciona la siguiente ruta de acceso, donde se encuentra el documento “Reporte Técnico”.

<https://github.com/salgue441/caetec-cow-classification/blob/main/docs/Reporte%20Final%20Tecnico.pdf>

## 4.3 Reporte No Técnico

El Reporte No Técnico presenta de manera clara y accesible los resultados y beneficios del modelo de detección de ganado implementado en el CAETEC para audiencias no especializadas. Resume los hallazgos principales y explica cómo el sistema mejora la productividad y el bienestar animal a través de su integración en las operaciones diarias del establo. El contenido está diseñado para que directivos y personal operativo puedan comprender fácilmente el impacto del proyecto y tomar decisiones informadas basadas en los resultados. A continuación, se proporciona la siguiente ruta de acceso, donde se encuentra el documento “Reporte No Técnico”.

<https://github.com/salgue441/caetec-cow-classification/blob/main/docs/Reporte%20Final%20No%20Tecnico.pdf>

## 4.4 Presentación Final

La presentación final contiene un subconjunto de la información contenida en los reportes, estructurada de cierta forma para que pueda ser comprendida para toda la audiencia que estará presente. A continuación, se proporciona la siguiente ruta de acceso, donde se encuentra la presentación final.

## 5.0 Documentación de la Experiencia

La documentación de la experiencia es un elemento clave para reflejar los aprendizajes, retos y éxitos alcanzados durante el desarrollo e implementación del proyecto. Este apartado tiene como objetivo recopilar y analizar las lecciones aprendidas, identificar áreas de mejora y destacar los enfoques y estrategias que resultaron más efectivos. Asimismo, incluye la retroalimentación de los involucrados, tanto del equipo técnico como operativo, para asegurar que los conocimientos adquiridos en este proyecto puedan ser aprovechados en iniciativas futuras. Esta documentación no solo fomenta una mejora continua, sino que también sienta las bases para replicar el éxito de este proyecto en contextos similares.

### 5.1 Reportes individuales

#### 5.1.1 Arturo

Fase	Descripción
Business Understanding	Trabajé en el desarrollo del plan original, metiéndome más en las políticas y en la seguridad de los datos (investigación). También trabajé en definir los objetivos y en los requerimientos. Me centré más en el análisis de las tecnologías del Socio Formados y cómo funcionaba el sistema con el que contaban, desarrollando el diagrama del sistema. Ayudé en el análisis de la situación actual del equipo principalmente en cuestión de herramientas con las que contábamos (hardware) y las tecnologías que podíamos utilizar.
Data Understanding	Me centré principalmente en el primer análisis de las imágenes proporcionadas por el socio. Fue una primera aproximación de clasificación en base a la luminosidad de las mismas y gráficos para ver la distribución de estas. Extraje la metadata de las imágenes para realizar gráficos que nos ayudaran a entender las mismas a mayor profundidad (como dije anteriormente, principalmente la luminosidad).
Data Preparation	Participé en la clasificación de las imágenes que nos dió el Socio Formador. La primera vez y la segunda debido a un problema que

	<p>tuvimos con la primera división de imágenes. Acabé varios días antes de la fecha límite para el etiquetado con el fin de ponerme a trabajar en otras áreas.</p>
Modeling	<p>En esta parte estuve trabajando bastante tiempo. Primero mudé el modelo que estábamos trabajando a PyTorch debido a varios problemas de compatibilidad usando TensorFlow. Una vez mudado todo, estuve entrenando varios modelos para ver si lograba buenos resultados en el día, sin embargo a pesar de varios intentos, mover parámetros y cambiar la arquitectura del modelo varias veces no logré mucho. Lo que sí es que durante varios días el modelo que hice fue el que mejores resultados presentaba, hasta que cambiamos a usar YOLO y este se quedó con la gloria total. Gracias a que tengo una buena laptop fui de los que más modelos entrenó con diferentes parámetros y estructuras para intentar mejorar los resultados. Nadie le hacía caso a mi amado PyTorch y al final es la biblioteca con la que nos quedamos.</p>
Evaluation	<p>Evalué el desempeño de diversos modelos que entrené antes de hacer el cambio a YOLO. Una vez que se realizó el cambio de arquitectura no me metí más al entrenamiento y evaluación del mismo, me concentré en el despliegue.</p>
Deployment	<p>Esta fue la parte donde más contribuí por mucho. Empecé desarrollando una imagen de docker la cual contuviera el modelo y todos los ajustes necesarios para funcionar nada más jalarla. Decidimos utilizar docker para poder ejecutar el modelo en cualquier computadora sin ningún problema, lo más complicado para la construcción de la imagen fue que tenía que ser todo compatible con arquitectura ARM64. Además de construir la imagen y subirla a un repositorio público para que pueda ser jalada sin problemas, construí un laboratorio igual al sistema que utiliza el cliente. En mi casa tengo una Raspberry PI igual a la del cliente, una cámara web y le instalé un sistema</p>

	<p>operativo a la computadora equivalente al que utiliza. Descargué la imagen de docker y la ejecuté corrigiendo muchas situaciones en el camino. Una vez que todo funcionaba conecté el sistema a AWS, creando una base de datos S3 y una cuenta IAM con los permisos adecuados para el trabajo. Probé la arquitectura completa una vez que todo estaba funcionando y después de ver que todo era exitoso creé el manual de despliegue con pasos detallados e imágenes guía para que el socio pueda realizar todo el despliegue en su dispositivo sin asistencia. También grabé 3 videos, uno con la instalación de docker, otro con la configuración completa de AWS y uno último como el demo completo de la presentación final. En este video tuve conflictos por un cambio del modelo por una versión mejorada, la imagen anterior no funcionaba correctamente por lo que pasé un día completo corrigiendo errores de versiones y dependencias, al final adaptando todo al nuevo modelo y subiéndolo al repositorio.</p>
--	---

### 5.1.2 José

Fase	Descripción
Business Understanding	<p>Ayudé con la redacción general del documento, a verificar que no hubieran faltas de ortografía. También estuve revisando que lo redactado fuera entendible para los lectores. Otra cosa que hice aquí fue ayudar a llenar los items del PVG, asegurando que todos los miembros del equipo pudieran entender cómo asignarse y qué requerimientos tienen los items. Logrando que se tuviera una buena gestión y seguimiento de las actividades a realizar.</p>
Data Understanding	<p>En esta fase me enfoqué en entender qué era lo que realmente quería el socio, de ese modo para saber cual es el enfoque él se buscaría lograr con el modelo. Estuve probando que los datos pudieran ser identificados, intenté ajustar los niveles de brillo y contraste y probar que otros algoritmos de IA avanzados fueran capaces de lograr lo que nosotros estábamos</p>



	planeando.
Data Preparation	Contribuí al etiquetado de las imágenes, tanto para el conjunto de bounding boxes, como el conjunto de conteo, asegurando de terminar todas las imágenes en tiempo y forma, y las subí en un formato que pudiera ser fácil de identificar, y contribuí a la definición de criterios de exclusión para ambos conjuntos.
Modeling	En esta fase, ayudé al desarrollo de algunos de los modelos construidos, particularmente yo me enfoqué en tratar de sacar adelante los modelos para el día. No obstante, no tuve buenos resultados ya que a pesar de ajustar los hiperparámetros, las aumentaciones, los modelos tenían un desempeño terrible.
Evaluation	En esta fase ayudé en la construcción de la tabla al compartir los resultados de los diferentes modelos construidos, y siendo transparente con los desempeños de estos mismos.
Deployment	En esta fase, estuve ayudando a la redacción de los documentos, revisando y corrigiendo errores de ortografía, la construcción de la presentación final, y la recopilación de resultados e imágenes para utilizar en ella. Y presentar

### 5.1.3 Dafne

Fase	Descripción
Business Understanding	<p>Durante esta fase, participé activamente en la elaboración de los objetivos y tareas en varias secciones clave del proyecto. En la comprensión de los datos, colaboré en la definición de los objetivos y en la asignación de tareas para asegurar una correcta preparación de los datos. Además, contribuyeron en la sección de Modelado, donde ayudé a definir sus respectivos objetivos y tareas. Así mismo en la sección de Evaluación.</p> <p>Posteriormente, durante las sesiones de retroalimentación con los profesores, participé en la implementación de las correcciones sugeridas, contextualizar y mejorar algunas secciones que no estaban totalmente claras. Finalmente, me encargué</p>

	<p>de completar la lista de tareas para el PVG, asegurando que los entregables estuvieran claramente definidos y alineados con los plazos establecidos.</p>
Data Understanding	<p>Durante esta fase, me enfoqué en comprender a fondo el enfoque y las necesidades del socio, lo que me permitió obtener un contexto claro y asegurarme de que estábamos alineados con sus expectativas y requerimientos. Esto fue crucial para garantizar que el proyecto cumpliera con sus objetivos específicos.</p> <p>Además, participé activamente en las correcciones del documento presentado a los profesores. En este proceso, nos indicaron la necesidad de agregar más introducciones y contexto en diversos puntos del documento, lo que ayudó a mejorar la claridad y profundidad del contenido.</p>
Data Preparation	<p>En esta sección, participé activamente en el etiquetado de ambos datasets (etiquetas y bounding boxes), asegurándome de que las imágenes estuvieran correctamente anotadas para el entrenamiento del modelo.</p> <p>Cuando identificamos que necesitábamos un mayor volumen de imágenes para mejorar el rendimiento del modelo, me dediqué nuevamente al etiquetado, ampliando el dataset con imágenes adicionales para asegurar que tuviéramos suficientes datos representativos para entrenar el modelo de manera efectiva.</p>
Modeling	<p>En esta fase, colaboré en el desarrollo del modelo que trabajaba con las imágenes de día. Intenté ajustar los hiperparámetros y las técnicas de aumento de datos para mejorar el desempeño del modelo. Sin embargo, a pesar de realizar diversas pruebas y ajustes, los resultados no fueron satisfactorios.</p>
Evaluation	<p>Durante la fase de evaluación, aunque mi participación directa fue limitada, me enfoqué en la elaboración de los documentos de validación y el documento de Políticas de Privacidad y Seguridad. Estos documentos fueron fundamentales para formalizar los acuerdos entre el equipo y el socio formador,</p>

	<p>asegurando que ambos estuvieran alineados con las capacidades y limitaciones del modelo.</p> <p>Específicamente, trabajé en garantizar que el socio formador comprendiera que el modelo puede funcionar correctamente durante la noche, siempre y cuando se disponga de una buena iluminación para obtener resultados óptimos. Además, me aseguré de que estos documentos fueran firmados tanto por el equipo como por el socio, consolidando el compromiso de todas las partes involucradas.</p>
Deployment	<p>A lo largo de esta fase, participé en la corrección y ajuste del documento de deployment. Igualmente, colaboré en la elaboración del reporte final general y en la creación del reporte no técnico, asegurándome de que ambos documentos fueran claros, completos y alineados con los objetivos del proyecto.</p>

#### 5.1.4 Carlos

Fase	Descripción
Business Understanding	<p>Durante esta fase, participé en la redacción de los objetivos de negocio y ciencia de datos, así como en la evaluación de la situación actual, los requerimientos del proyecto, la identificación de riesgos y sus propuestas de mitigaciones. También colaboré en la elaboración del plan de proyecto y apoyé al equipo en la carga de los ítems de trabajo dentro del PVG, lo que permitió tener una mejor organización y seguimiento de las actividades pendientes.</p>
Data Understanding	<p>En esta etapa, redacté el contexto del cliente y del proyecto, analicé los datos disponibles para su comprensión y determiné si el proyecto correspondía a la categoría de Big Data. Adicionalmente, definí las herramientas necesarias y diseñé el algoritmo para dividir el dataset.</p>

Data Preparation	Colaboré en el etiquetado de los dos datasets que generamos: uno para la clasificación del número de vacas y otro para YOLOv8. Además, desarrollé los scripts para dividir el dataset original de imágenes entre los dos equipos de trabajo, clasificar entre día y noche y participé en la definición de los criterios de exclusión utilizados en el proyecto.
Modeling	Contribuí al desarrollo de múltiples modelos para clasificar imágenes según el número de vacas presentes. Inicialmente, trabajé en el modelo nocturno, pero tras identificar dificultades con los resultados del modelo diurno, me enfoqué en mejorarlo. Diseñé dos modelos nocturnos (uno con ResNet50V2 y otro con DenseNet169) y cuatro modelos diurnos (uno con ResNet50V2, uno con DenseNet169, ResNet50V2 combinado con XGBoost, y un modelo incremental con DenseNet169). Documenté los resultados obtenidos, homologué las métricas y detallé el proceso en los documentos de modelado. Finalmente, desarrollé el modelo final utilizando YOLOv9c y también documenté sus resultados.
Evaluation	Fui responsable de elaborar una tabla comparativa entre los diferentes modelos y de verificar que los resultados obtenidos fueran correctos y consistentes.
Deployment	Finalicé el plan de entrega del proyecto y creé el repositorio de entrega que será compartido con el socio formador.

#### 5.1.5 Diego:

Fase	Descripción
Business Understanding	En esta fase ayude a describir el contexto y la justificación del proyecto, contribuí a la definición del objetivo de negocio y minería de datos y sus criterios de éxito con retroalimentación constante del socio formador y los docentes para verificar que son objetivos válidos. Trabaje en la lista de los profesores y expertos. También realice la parte de los supuestos de los datos y del negocio y realice un pequeño análisis de los

	<p>costos y beneficios. Yo trabaje en la sección de terminología. Considero que lo más importante que hice en esta fase fue el plan del proyecto (PVG), sin esto el equipo no hubiera sido capaz de organizarse para trabajar adecuadamente y completar las cosas que teníamos que hacer. Hice el sheets con la gestión y registro de los datos y trabajé en la política y seguridad de los datos.</p>
Data Understanding	<p>Para esta fase más que nada me enfoque en comprender el contexto del cliente y del proyecto. Verifique la calidad de los datos y ayude a definir el alcance del proyecto y forme parte de tomar la decisión sobre si el proyecto es de big data o no.</p>
Data Preparation:	<p>En esta fase trabajé en documentar las tres iteraciones que se terminaron haciendo. Trabaje en especificar las adaptaciones de CRISP-DM que se realizaron en esta fase y por qué. Contribuí en la decisión para ver cómo íbamos a clasificar el dataset. Ayude a clasificar las imágenes de las vacas en sus respectivas clases con el uso de RoboFlow y documente todo el proceso junto con los criterios que definimos en equipo para determinar que se considera una vaca. Almacene la clasificación de imágenes que hice correctamente en el drive como lo que documento en el documento. Respecto a la limpieza que hicimos se tomó una decisión y la redacte en el documento. En la segunda iteración hice todo lo anterior y lo documento. En la tercera iteración igual ayuda a documentar y a clasificar las imágenes con bounding boxes.</p>
Modeling	<p>En esta fase contribuí en varias formas. A Través de las diferentes iteraciones intente de hacer modelos que dieran buenos resultados pero no logre nada impresionante. En la primera iteración del modelado hice la mayoría de la documentación. Hice la introducción junto con el propósito del documento. Escribí el diseño de pruebas que se implementó en esta primera iteración y valide que con el</p>

	<p>diseño de pruebas implementado pudiéramos cumplir con el objetivo de minería de datos. Documente la sección que detalla el problema que queríamos resolver, técnicas de modelado que pudieran usarse, describí la que utilizamos y porque, también redacte porque no usamos una de las otras técnicas y los supuestos. Ayude en la sección de modelado a describir más a fondo la arquitectura del modelo implementado y las razones por la cual seleccionamos algunos de los parámetros u otras cosas. Ayude a describir los resultados del modelado y evaluar si cumplimos con el objetivo de minería de datos. En las otras cuatro iteraciones de modeling que se hicieron hice lo mismo que hice en esta. Además de que ayude a agregar una tabla que compara los resultados de cada modelo en las iteraciones 2-5.</p>
Evaluation	<p>Hice todo menos la sección de comparación de métricas clave y una porción de la redacción del propósito del documento.</p>
Deployment	<p>Hice el reporte ejecutivo, el reporte técnico y ayudé en el reporte final general.</p>

## 5.2 Entrevista con los involucrados

Se les hizo una pequeña entrevista con preguntas diferentes a las diferentes personas involucradas en el proyecto.

### 5.2.1 Docentes

#### ❖ ¿Qué podría mejorar de nuestra forma de trabajo?

Durante las entrevistas con los docentes sobre las áreas de mejora del proyecto, se señaló la necesidad de una mayor integración entre los miembros del equipo, así como

la importancia de mantener un ritmo de trabajo más consistente entre los diferentes miembros del equipo y mejorar la transparencia.

### 5.2.2 Socio Formador

- ❖ ¿Están satisfechos?

Esta pregunta se verá reflejada en la presentación final.

- ❖ ¿Qué pudo hacerse mejor?

El socioformador observó que en varias ocasiones faltaban miembros del equipo a las reuniones. El contacto con el cliente debe de ser con todo el equipo.

- ❖ ¿Qué apoyo adicional necesitan?

Necesitan apoyo para que les entreguemos el producto adecuadamente, lo guíemos en el proceso para andar a echar el sistema y todo lo que se tenga que instalar. Además solicitó un método de contacto en caso de alguna falla.

## 5.3 Analizar el proceso

Esta sección es para analizar el proceso y ver que se hizo bien, qué errores cometimos a lo largo del proceso, y qué aprendizajes nos llevamos.

### 5.3.1 Abstracto

Este análisis del proceso revela aspectos clave del desarrollo del proyecto de detección de ganado para el CAETEC. Se identificaron dos elementos exitosos principales: la retroalimentación constante con stakeholders y las pruebas de arquitectura en condiciones reales. Los principales desafíos incluyeron problemas en la clasificación inicial de imágenes, falta de planificación temprana y resistencia al cambio de enfoque técnico. Las lecciones aprendidas enfatizan la importancia de una planificación estructurada, coordinación efectiva del equipo y flexibilidad metodológica. Estas experiencias proporcionan una base sólida para mejorar futuros proyectos similares, destacando la necesidad de equilibrar la rigurosidad técnica con la adaptabilidad en el desarrollo.

### 5.3.2 Cosas que salieron bien

#### 5.3.2.1 Retroalimentación constante

Nos fue de gran utilidad estar solicitando revisión constante tanto de los profesores como del socioformador. Este enfoque nos permitió mantener el proyecto alineado con las expectativas y requisitos del CAETEC. Las sesiones de revisión también facilitaron ajustes oportunos en nuestra metodología y nos permitieron validar nuestras decisiones. Además, la retroalimentación constante fomentó un ambiente de mejora continua donde el equipo se

sentía cómodo, compartiendo dudas y propuestas, lo que resultó en soluciones más robustas y mejor adaptadas a las necesidades del proyecto.

#### 5.3.2.2 Pruebas de arquitectura

Se probó la arquitectura con las mismas herramientas que tiene el socio formador, lo que resultó ser una decisión acertada para garantizar la compatibilidad y funcionalidad del sistema. Al realizar las pruebas en un entorno similar al de producción, pudimos identificar y resolver problemas de compatibilidad y rendimiento antes de la implementación final. Este enfoque nos permitió validar que el modelo funcionará correctamente en las cámaras y sistemas del CAETEC, reduciendo significativamente el riesgo de problemas durante la implementación.

### 5.3.3 Errores cometidos y lecciones aprendidas

#### 5.3.3.1 Clasificación inicial

##### **Error cometido:**

Al inicio del proyecto, enfrentamos un problema con la asignación de imágenes para el etiquetado. Nuestro objetivo era dividir las imágenes entre los miembros del equipo para garantizar un flujo de trabajo eficiente y construir un dataset diverso. Sin embargo, debido a un error en la distribución, las mismas imágenes fueron asignadas a múltiples integrantes, lo que resultó en etiquetados duplicados y una falta de diversidad en el dataset. Esto no solo retrasó el proyecto, sino que también requirió un retrabajo significativo para corregir el problema.

##### **Lección aprendida:**

El error en la distribución, que resultó en etiquetados duplicados y una falta de diversidad en el dataset, destacó la importancia de construir un flujo de trabajo estructurado y utilizar herramientas que garanticen la unicidad en las asignaciones. Aunque este problema generó retrasos y un retrabajo relevante, también brindó una oportunidad para mejorar la gestión del equipo y fortalecer la coordinación y comunicación. Además, subrayó la importancia de realizar revisiones constantes para identificar y corregir errores de manera temprana.

#### 5.3.3.2 Plan de Trabajo

##### **Error cometido:**

Al iniciar las primeras fases del proyecto tuvimos muchos fallos que se pudieron haber evitado. Principalmente, uno de los problemas que tuvimos era que no teníamos claro que



había que hacer. Pasaban los días y no teníamos una dirección clara de las actividades que debíamos de cumplir para sacar el proyecto adelante. Esto ocurrió porque no definimos un plan de trabajo apto para el proyecto. Lo único que habíamos definido eran las fechas aproximadas que iba a tomarnos hacer cada fase del proceso. Al no definir un plan no teníamos definido que debía hacer cada persona en cada fase, causando un retraso más grande de lo esperado. Entonces, a pesar de que luego, si lo hicimos, el daño ya estaba hecho.

#### **Lección aprendida:**

Nos funcionó mucho adaptar un plan de valor ganado (PVG), ya que ese nos permitió monitorear los entregables y mantener un orden en quienes, cuándo y cómo lo íbamos a hacer. Al tener este plan de trabajo establecido nos permitió tener un enfoque mucho más estructurado y organizado al momento de realizar las tareas correspondientes y el poder trabajar en tiempo y forma.

#### 5.3.3.3 Muchas iteraciones

##### **Error cometido:**

Inicialmente, se trabajó con un enfoque de clasificar las imágenes manualmente en diferentes carpetas basadas en la cantidad de vacas en una imagen y realizar dos modelos, uno que funcionara para el conteo de imágenes diurnas y otro modelo para las imágenes nocturnas. Este enfoque en sí no estaba mal. El error cometido fue no cambiar el enfoque cuando era necesario.

Tomamos la decisión de probar varias arquitecturas diferentes utilizando el mismo dataset sin realmente evaluar las razones de porque ninguna funcionaba. Nos enamoramos tanto del dataset que nos tomó trabajo elaborar, que cambiar el enfoque no lo queríamos ni considerar. Al final, si cambiamos el enfoque, decidimos crear un modelo que resolviera el conteo 24/7 y utilizamos el dataset con bounding boxes el cual dio buenos resultados, pero nos tomó más tiempo de lo que debió cambiar ese enfoque

##### **Lección aprendida:**

Una de las principales lecciones aprendidas fue la importancia de identificar, actuar rápidamente y no quedarnos atorados en un mismo enfoque. Durante el desarrollo del proyecto, al trabajar con modelos separados para imágenes diurnas y nocturnas, surgieron complicaciones debido al etiquetado del dataset basado en labels, lo que afectó el rendimiento y generó retrasos. Este error destacó la necesidad de realizar evaluaciones constantes del enfoque utilizado y de tomar decisiones oportunas para mitigar impactos negativos en los tiempos de entrega. El cambio hacia un modelo único capaz de operar 24/7, junto con el uso de

un dataset con bounding boxes, demostró ser una solución más eficiente y robusta, subrayando la importancia de mantener la flexibilidad en los procesos de desarrollo.

## 5.4 Cómo puede mejorarse el proceso y la experiencia

- ❖ Dedicar más tiempo a la fase inicial de planificación
- ❖ No asumir que el equipo entiende implícitamente sus responsabilidades
- ❖ Crear documentación clara y accesible para todo el equipo
- ❖ Investigar más papers sobre cómo otras personas han resuelto problemas similares
- ❖ Realizar un análisis de viabilidad técnica más profundo antes de elegir un enfoque
- ❖ Estar dispuesto a pivotar cuando un enfoque no funciona

## 6.0 Conclusión

El presente proyecto representa un avance significativo en la aplicación de tecnologías de inteligencia artificial para la optimización de procesos ganaderos en el CAETEC. La implementación del modelo de detección basado en YOLOv9c demuestra el potencial transformador de la visión computacional en el sector agrícola, específicamente en el monitoreo y gestión del ganado bovino.

Este proyecto constituye una solución tecnológica concreta para el CAETEC, integrando innovación de vanguardia con necesidades operativas reales del sector ganadero, y evidenciando el poder de la inteligencia artificial para mejorar la eficiencia en procesos de producción láctea.