

PORTAFOLIO DE LÍNEAS DE TRABAJO -
INGENIERO DE ANALÍTICA PREDICTIVA

	Nombre	Cargo	Fecha
ELABORÓ	Juan Camilo Urango	Líder de confiabilidad	29/01/2026
REVISÓ	Carolina Camacho	Líder SIG	30/01/2026
APROBÓ	Juan Camilo Urango	Líder de confiabilidad	30/01/2026

Presentación del rol y su importancia estratégica

El cargo Ingeniero de Analítica Predictiva es un rol de ingeniería aplicada que convierte datos operativos y de monitoreo de condición en decisiones y productos analíticos implementables. Su objetivo es acelerar la transición desde diagnóstico puntual hacia gestión predictiva de activos, con evidencia técnica, trazabilidad y adopción en operación y mantenimiento.

En IDC Ingeniería de Confiability, este rol es estratégico porque habilita tres capacidades críticas para un equipo de clase mundial en Industria 4.0: Gobierno de producto para el desarrollo y despliegue proyectos con terceros con una mirada de expertos en confiability, industrialización de productos IA y de analítica de datos en entornos OT y transformación del conocimiento experto de confiability en agentes y modelos escalables entre clientes, tipos de industria y de activos.

Mandato del rol

- Liderar proyectos de analítica avanzada como *Product Owner* técnico, asegurando la definición clara de valor esperado, la disponibilidad de los datos, el diseño de herramientas que respondan a las expectativas del proyecto y su correcta adopción.
- Diseñar, validar y desplegar modelos y agentes predictivos para mantenimiento y operación de maquinaria de proceso, con coherencia física y control estadístico.
- Garantizar que cada producto analítico tenga los procesos asociado correctos: Alertas, decisiones, responsables, trazabilidad y mejora continua.
- Construir activos intangibles reutilizables de ingeniería y que se mantengan apegados a las mejores prácticas de desarrollo de software y analítica de datos, como librerías, diccionarios, pipelines de datos y mecanismos de monitoreo de desempeño de modelos.

Principios de ejecución

- El valor se prioriza y se define antes del modelo. Cada desarrollo parte de una decisión operacional o de mantenimiento que persiga la generación de valor para los objetivos estratégicos propios y de nuestros aliados para los que se diseñan las soluciones.
- La calidad de datos debe asegurarse siempre y es propiamente una entrega. Sin diccionario, validación, trazabilidad y garantía de calidad de datos, no se debe continuar hacia los desarrollos.
- La explicabilidad y coherencia física como principio, antes que cualquier métrica. Si un modelo no es explicable físicamente y su información genera valor o se desvía de lo esperable desde una visión para ingeniería de confiability, no se pone en operación.

- Operabilidad y trazabilidad en OT. Toda solución incluye monitoreo, logs, control de versiones y auditorías internas que garanticen las buenas prácticas.

Gobernanza del portafolio

Las líneas de trabajo se gestionan como proyectos con enfoque PMI y apegados a las mejores prácticas de gestión y desarrollo de proyectos de Ingeniería. Cada proyecto cuenta con propósito, caso de negocio, objetivos, alcance, entregables, criterios de aceptación, plan de hitos, gestión de riesgos e indicadores. La cadencia recomendada es de sprints de dos semanas, con revisión quincenal y comité de desarrollo mensual para planeación, priorización y gestión de recursos.

Resumen del portafolio de líneas de trabajo planteadas 2026

Línea de desarrollo	Proyecto	Horizonte	Resultado esperado	Prioridad
1	Actuación como Product Owner con visión experta de confiabilidad para la implementación de Aspen Tech Mtell en ODL	Año 2026	Gestión exitosa del proyecto que lleve a agentes accionables y captura de valor con gobierno técnico en 8 BPC.	1
2	Desarrollo de herramienta de Gestión automática de almacenamiento FIFO	1 mes	Aplicativo/Agente funcional que asegure la continuidad del monitoreo sin incidentes por almacenamiento lleno.	1
3	Generación de aplicativo o Agente de OCR operativo para 01 formato	1 mes	Aplicativo/Agente funcional para la digitalización trazable y consultable de registros operativos.	2
4	Desarrollo analítico para la toma de decisiones de proceso de acuerdo con la relación vibración-proceso en desfibradora de caña.	1 Trimestre	Modelos de analítica que busquen optimizar la colocación de recursos de mantenimiento a área de preparación de caña.	3
5	Aplicativo/agente de detección de tipo de crudo con registros de vibración	1 mes	Agente de detección del tipo de batch para contexto de CBM y reducción de ruido.	2
6	Modelo de optimización energética para bomba principal de crudo	1 Semestre	Aplicativo/Agente de recomendación para la gestión operativa de acuerdo con consumo energético.	2

Línea de desarrollo 1. Product Owner para proyecto de Aspen Tech Mtell para proyecto de ODL en 8 Bombas Principales de Crudo y 6 Bombas Booster

Cliente o sponsor:	Oleoducto de los Llanos Orientales - Coordinación con AspenTech.
Horizonte de tiempo:	Año 2026 con entregables trimestrales y control quincenal
Rol líder desde IDC:	Ingeniero de Analítica Predictiva. Product Owner técnico y responsable del desempeño del proyecto.

1. Propósito

Asegurar la implementación de Aspen Mtell en 8 bombas principales de crudo y 6 bombas Booster, garantizando agentes de diagnóstico y predicción accionables, que se conviertan en herramientas para la gestión de la operación y mantenimiento; así como la captura de valor medible por reducción de costos de mantenimiento, con un control riguroso del riesgo y una mejora sostenible de la disponibilidad de estos activos críticos.

2. Caso de negocio objetivo y metodología planteada para estimación de valor obtenido

Una bomba principal de crudo (BPC) con intervalo de mantenimiento mayor cercano, en la que se pone a prueba la efectividad de los agentes, evaluando técnicamente la presencia o no de afectaciones o de degradaciones en la condición de componentes. Posteriormente, y partiendo de resultados positivos en lo anterior, la siguiente fase obedecerá a una extensión de un intervalo de mantenimiento mayor controlado sobre una bomba, con gestión y monitoreo del riesgo de manera cercana – Haciendo uso de criterio experto durante esta prueba. Se cuantificará el valor obtenido como la cantidad de unidades monetarias o en términos de volúmenes transportados durante el periodo de extensión de intervalo de los tiempos de intervención mayor.

3. Objetivos

- Liderar la gestión del proyecto desde las necesidades y expectativas de nuestro aliado ODL hacia el proveedor Aspen Tech, pero con la visión técnica y experta en Ingeniería de Confiabilidad que promovemos desde IDC.
- Gestionar las actividades en backlog priorizadas por activo y/o modos de falla objetivo que se han planteado, con el propósito de habilitar el correcto desarrollo de los agentes de predicción establecidos como meta.
- Asegurar la disponibilidad y calidad de datos de los activos que provienen del servidor de rotodinámica y demás fuentes paralelas con reportes e indicadores de calidad y disponibilidad auditables.

- Acompañar con el rol de guía, habilitador, validador y evaluador de los agentes predictivos únicamente si cumplen coherencia física, trazabilidad y accionabilidad con criterios conjuntamente definidos con líderes del proceso de Ingeniería de IDC y stakeholders claves de ODL.
- Generar reportes mensuales de desempeño y casos de valor cerrados con evidencia.

4. Alcance

Dentro del alcance:

- Integrar equipos, recursos, personas y procesos en pro de la correcta ejecución y direccionamiento del proyecto hacia las metas y expectativas establecidas.
- Definición de variables, estados operativos y criterios de ajuste de modelos.
- Revisión técnica de agentes, control de calidad de alertas y reducción de ruido.
- Gestión del backlog de agentes por activo y modo de falla.
- Gobernanza de cambios y captura de valor con criterio experto.

Fuera del alcance:

- Administración directa de infraestructura OT del cliente.
- Gestión y toma de decisiones de mantenimiento u operación de los activos como responsable principal.
- Cambios de alcance/capacidades y criterios de aceptación de los modelos y/o agentes sin aprobación del cliente.

5. Entregables

- Matriz de data readiness por activo y/o por modo de falla; además del plan de cierre de brechas para asegurar la disponibilidad y calidad de los datos.
- Reporte de desempeño de agentes y registro de los ajustes y decisiones para la optimización de su desempeño.
- Informes, presentaciones y reportes del avance y finalización del caso de negocio.
- Tablero de indicadores clave - KPIs del avance del proyecto y métricas finales de cada agente funcional.

6. Criterios de aceptación

- Para calidad de datos, se definirán umbrales mínimos aceptables para los indicadores clave de calidad; como %outliers, %Null values, # stuck sensor values, % Sentinels y otros que se definen en conjunto con el cliente y/o que hagan parte del estado del arte para la calificación de calidad de datos para bombas principales de crudo.
- Para agentes de falla, se desarrollará en conjunto con ODL, una herramienta metodológica de pruebas de desempeño de los agentes para detección de un conjunto particular de modos de falla, con evidencia y trazabilidad de los datos; así como una riguroso juicio sobre la capacidad de individualización de la falla.

7. Partes interesadas y roles

Las partes interesadas están centradas, pero no limitadas a:

- ODL Instrumentación y Control: Acceso a datos y soporte OT.
- ODL DOGA: Dueño de decisiones operativas ante alertas.
- ODL Planeación y Confiabilidad: Cierre técnico de casos y órdenes de trabajo.
- AspenTech. Configuración, construcción de agentes y soporte.
- Equipo de Ingeniería IDC. Gobierno técnico, validación y auditoría de calidad.

8. Gobernanza y cadencia

Revisión quincenal de avances con discusión sobre actividades, recursos requeridos, bloqueos en el desarrollo y socialización de resultados. Además se realiza comité mensual de priorización; y se plantearán sesiones extraordinarias para la evaluación rigurosa de los agentes con miras a su aprobación y/o requerimiento de ajustes.

9. Hitos y cronograma de alto nivel

Q1: Backlog y data readiness para activos priorizados. Primer conjunto de agentes en monitoreo controlado.

Q2: Ampliación de cobertura. Proceso de alertas completo y operativo.

Q3: Estabilización, reducción de ruido y casos de valor cerrados.

Q4: Operación sostenida, auditoría de desempeño y plan de expansión.

10. Supuestos y restricciones

Supuestos

- Se espera un apropiado acceso y capacidad de gestión de los datos históricos, sin bloqueos por permisos ni barreras de conexión de los servidores fuente.
- Se espera participación activa y engrane adecuado con equipo de desarrollo de AspenTech y los roles claves de ODL para las tareas de desarrollo y toma de decisiones dentro del proyecto.
- Se cuenta con que la asignación de recursos y responsables de parte de ODL y AspenTech será garantizada y oportuna.

Restricciones

- Dependencia de arquitectura OT y potenciales cambios en ésta, están por fuera del margen de control de IDC Ingeniería.
- Estabilidad de la transmisión y disponibilidad de los datos, se encuentran por fuera del margen de control de IDC Ingeniería.
- Podrían existir restricciones por seguridad de la información que limiten el correcto avance del proyecto hasta que se hagan las verificaciones y aprobaciones correspondientes; que incluso puede que no generen concepto positivo en pro del desarrollo de este proyecto.

11. Riesgos y respuesta

- Calidad de datos insuficiente.
Respuesta: Desarrollo de matriz de readiness y seguimiento a hallazgos para buscar la mejor cobertura de modos de falla técnicamente eficiente.
- Pérdida de confianza de los modelos/Agentes por alta presencia de ruido.
Respuesta: Utilización de estrictos criterios de evaluación de calidad y pertinencia de los datos y gobernanza de refinación de los datos claramente establecida.
- Falta de integración con mantenimiento.
Respuesta: Integración y trabajo cercano con líderes de cada especialidad para mantener respuestas oportunas con trazabilidad.
- Confusión o baja efectividad en la identificación de modos de falla.
Respuesta: Evaluación rigurosa y obligatoria de la coherencia física y revisión cruzada por parte del equipo de expertos de IDC Ingeniería.

12. Gestión de calidad y validación técnica

Evidencia de calidad de datos, coherencia física rotodinámica, trazabilidad de decisiones y operación sostenible con documentación ante cada evaluación.

13. Indicadores de seguimiento y desempeño – Preliminar, se definirán durante el proyecto

- Cobertura de agentes por activo y modo de falla.
- Porcentaje de alertas correctas sobre total.
- Tiempo promedio de adelanto (*Time ahead*) de detección hasta potencial afectación.
- Casos de valor identificados con evidencia.

14. Herramientas y tecnología

- AspenTech Mtell.
- Servidor de rotodinámica.
- Maintraq Online Server
- Historiador y fuentes OT del cliente - Datalake.
- Herramientas ofimática o de BI para tableros de KPIs y reportes mensuales.

15. Plan de comunicaciones

- Reunión/Conversación -15 minutes meeting - de seguimiento (Técnica): Semanal durante fase de entendimiento, construcción y desarrollo; luego pasará a ser quincenal en operación estable y mejora continua.
- Comité de priorización (Steering): Mensual con sponsor y líderes de Operación/Confiableidad/I&C.
- Gestión de incidentes: Canal inmediato (Whatsapp) con tiempos de respuesta que se buscará mantener por debajo de las 24 horas.
- Reporte ejecutivo: Mensual con reporte de KPIs, descripción bloqueos, riesgos, decisiones y avance en los casos de negocio.

Línea de desarrollo 2. Gestión de almacenamiento FIFO para servidor de monitoreo

Cliente o sponsor:	ODL Instrumentación y Control. IDC Ingeniería define política y pruebas.
Horizonte de tiempo:	1 Mes
Rol líder desde IDC:	Ingeniero de Analítica Predictiva. Product Owner técnico y responsable del desempeño del proyecto.

1. Propósito

Asegurar la continuidad del sistema de monitoreo de variables vibratorias y de proceso mediante una gestión automática del almacenamiento, evitando saturación de disco, pérdida de histórico y paradas del sistema por indisponibilidad de espacio.

2. Caso de negocio y valor esperado

En sistemas de monitoreo, la saturación de almacenamiento es un modo de falla operativo que genera pérdida de datos, discontinuidad de tendencias y reducción de capacidad diagnóstica. Un evento de disco lleno puede detener adquisición, degradar el desempeño del servidor y forzar intervención correctiva en condiciones de riesgo. El valor esperado se materializa como reducción de incidentes por almacenamiento, preservación controlada del histórico mínimo útil y disminución de horas hombre dedicadas a limpieza manual, bajo una política de retención formal aprobada por ODL.

3. Objetivos

- Caracterizar consumo, tasa de crecimiento y distribución de almacenamiento por rutas y tipos de archivo.
- Definir una política de retención con umbrales, histéresis, lista blanca de rutas y exclusiones explícitas.
- Implementar un motor de limpieza FIFO por lotes, con modo simulación obligatorio antes de producción.
- Habilitar auditoría completa por ejecución, alarmas por umbrales y bitácora trazable.
- Realizar pruebas de estrés y transferencia operativa al equipo de Instrumentación y Control de ODL.

4. Alcance

En alcance

- Inventario de rutas, tamaños, tasa de crecimiento y criticidad del dato.
- Definición y aprobación de política de retención y criterio FIFO por fecha de creación o modificación.

- Servicio automatizado de limpieza por lotes con validaciones previas, bitácora y alarmas.
- Pruebas de estrés controladas y procedimiento de rollback documentado.
- Handover y capacitación operativa para ejecución y supervisión por ODL Instrumentación y Control.

Fuera de alcance

- Modificaciones a la arquitectura OT del cliente o al sistema de adquisición de datos.
- Eliminación de archivos protegidos, configuraciones, licencias o evidencia requerida por auditoría.
- Cambios de política sin aprobación formal del dueño de la infraestructura.

5. Entregables

- Documento de política de retención con umbrales, histéresis, lista blanca y exclusiones.
- Aplicativo o agente FIFO con modo simulación y modo productivo, parametrizable y versionado.
- Bitácora auditável con trazabilidad de rutas, tamaño liberado, archivos eliminados y validaciones.
- Alarmas por espacio bajo umbral, falla de ejecución y crecimiento anormal del almacenamiento.
- Runbook operativo con procedimientos de verificación, operación rutinaria y rollback.

6. Criterios de aceptación

- Incidentes por disco lleno iguales a cero en operación sostenida.
- Cero eliminaciones fuera de rutas autorizadas y exclusiones verificadas antes de producción.
- Trazabilidad completa de cada ejecución mediante bitácora y evidencia reproducible.
- Espacio libre mínimo sostenido por encima del umbral acordado durante operación normal.
- Operación autónoma por ODL Instrumentación y Control luego del handover.

7. Partes interesadas y roles

- ODL Instrumentación y Control: Dueño de infraestructura, permisos, operación diaria y ejecución.
- ODL Confiabilidad y Operación: Define requerimientos mínimos de histórico útil y criticidad del dato.
- IDC Ingeniería: Diseño de política, controles, pruebas, validación y documentación.
- Proveedor del sistema de monitoreo, si aplica: Referencia de rutas críticas y restricciones del software.

8. Gobernanza y cadencia

Seguimiento técnico semanal durante el mes de implementación. Aprobación formal de la política de retención antes de habilitar el modo productivo. Revisión mensual de bitácoras durante tres meses posteriores para estabilización y ajuste controlado de parámetros.

9. Hitos y cronograma de alto nivel

- Semana 1: Inventario de almacenamiento, tasa de crecimiento y política de retención propuesta para aprobación.
- Semana 2: Implementación del motor y ejecución en modo simulación con evidencia auditável.
- Semana 3: Despliegue productivo con alarmas, bitácora y control de cambios OT.
- Semana 4: Pruebas de estrés, validación final, runbook y handover.

10. Supuestos y restricciones

Supuestos

- Disponibilidad de permisos mínimos para ejecutar el servicio en rutas autorizadas.
- Estructura de archivos con criterio temporal confiable para aplicar FIFO.
- Ventanas OT disponibles para despliegue y pruebas controladas.

Restricciones

- El dueño de infraestructura del servidor es ODL Instrumentación y Control y se gestiona con la guía de IDC.
- Todas las modificaciones se realizan bajo control de cambios OT y aprobaciones internas del cliente.
- Eliminación por lotes limitada para minimizar riesgo operativo.

11. Riesgos y respuesta

- Riesgo de eliminación accidental de archivos críticos.
Respuesta: lista blanca estricta, exclusiones explícitas, modo simulación y validación previa obligatoria.
- Riesgo de archivos en uso o bloqueados.
Respuesta: detección de locks, reintentos controlados y diferimiento con evidencia.
- Riesgo de crecimiento acelerado que supere la capacidad de limpieza.
Respuesta: monitoreo de tasa de crecimiento, alertas tempranas y ajuste de política.

12. Gestión de calidad y validación técnica

Validación en tres capas. Simulación con evidencia auditável, pruebas de estrés por lotes y auditoría en producción. La calidad se confirma por ausencia de afectación a adquisición, integridad de rutas protegidas y consistencia completa de logs.

13. Indicadores de seguimiento y desempeño

- Incidentes por disco lleno = 0.

- Porcentaje de ejecuciones con auditoría completa = 100%.
- Espacio libre mínimo sostenido: por encima del umbral acordado.
- Tiempo de atención a alarmas críticas de almacenamiento: menor a 24 horas.

14. Herramientas y tecnología

- Servicio o script parametrizable con control de versiones.
- Scheduler del servidor para ejecución automática.
- Bitácora estructurada y mecanismo de alertas acordado con ODL.

15. Plan de comunicaciones

- Reunión de seguimiento técnica: semanal durante construcción; quincenal en operación estable.
- Comité mensual con sponsor y líderes de Operación, Confiabilidad e Instrumentación y Control para ajustes de política.
- Canal único de incidentes con SLA definido para alertas críticas.
- Reporte ejecutivo mensual con KPIs, hallazgos, riesgos, decisiones y ajustes aplicados.

Línea de desarrollo 3. Generación de aplicativo o Agente de OCR operativo para 01 formato de recolección de datos

Cliente o sponsor	IDC Ingeniería; y Confiabilidad Ingenio Pichichí como primer usuario final con retroalimentación.
Horizonte	1 mes
Rol Líder IDC	Ingeniero de Analítica Predictiva. Product Owner técnico y responsable del desempeño del proyecto.

1. Propósito

Digitalizar de forma trazable registros operativos capturados en fotografías, transformándolos en datos estructurados en una base de datos consultable. En el primer mes se soporta un solo formato, con control de calidad por campo y flujo de revisión para garantizar confiabilidad del dato.

2. Caso de negocio y valor esperado

Cuando la información operativa queda en imágenes, se pierde oportunidad analítica, se incrementa el tiempo de disponibilidad del dato y se elevan los errores por transcripción. Esto limita la correlación entre condición y proceso y reduce la capacidad de cerrar casos con evidencia. El valor esperado se obtiene al convertir el registro a datos estructurados con trazabilidad a la fuente, validaciones por rangos y consistencia, y una ruta explícita de revisión para campos con baja confianza.

3. Objetivos

- Construir un conjunto de imágenes representativas para calibración y verificación del desempeño del OCR.
- Implementar extracción por plantilla y validación por campo con puntaje de confianza y registro de calidad.
- Implementar revisión humana para excepciones con bitácora de correcciones y trazabilidad a la imagen.
- Publicar los registros en base de datos con consultas y exportación para analítica de operación y confiabilidad.

4. Alcance

En alcance

- Un solo formato operativo durante el primer mes, con control de cambios del formato.
- OCR, extracción por campo, validaciones, control de calidad y trazabilidad a imagen fuente.
- Base de datos estructurada y consultas para análisis y auditoría.

- Flujo de revisión humana para campos con baja confianza y bitácora de correcciones.

Fuera de alcance

- Soporte de varios formatos diferentes en el primer mes.
- Integraciones complejas con sistemas corporativos que requieran otro proyecto.
- Automatización de decisiones operativas sin procedimiento de aprobación y control de riesgo por pérdida o indisponibilidad de información

5. Entregables

- Diccionario del formato con definición de campos, unidades, rangos y reglas de validación.
- Pipeline OCR productivo para el formato objetivo con puntaje de confianza por campo.
- Base de datos con trazabilidad a imagen, auditoría y capacidad de exportación.
- Flujo de revisión humana y bitácora de correcciones con sello de tiempo y usuario.
- Manual de captura de fotografías con criterios mínimos de calidad y procedimiento de control de cambios del formato.

6. Criterios de aceptación

- Trazabilidad completa de cada registro a la imagen fuente.
- % de campos con baja confianza o errores en la revisión registrada por encima de 5% activa la retroalimentación y ajuste del modelo.
- Latencia controlada entre captura y disponibilidad en base de datos, no puede ser superior a 1 hora.
- Operación estable del pipeline con auditoría y evidencias de ejecución – efectividad de digitalización del 98% sostenida en 2 semanas.

7. Partes interesadas y roles

- Operación: usuario final, define formato objetivo y valida reglas de negocio.
- Ingeniería IDC para definición de formatos: Soporte para despliegue, permisos y operación en infraestructura.
- Confiabilidad Pichichí: Para desarrollo de prueba con formato de ellos.
- IDC Ingeniería: Diseño del pipeline, validación, aseguramiento de calidad y documentación.

8. Gobernanza y cadencia

Seguimiento técnico semanal durante el primer mes más comité quincenal de revisión de calidad de datos y control de cambios del formato.

Reporte formal al cierre del mes con evidencia de desempeño y bitácora de operación.

9. Hitos y cronograma de alto nivel

Semana 1: Definición de formato, diccionarios, reglas de validación; y muestra inicial.

Semana 2: Construcción del dataset de verificación y primer pipeline OCR con extracción por plantilla.

Semana 3: Validación por campo, flujo de revisión humana, bitácora y persistencia en base de datos.

Semana 4: Despliegue, auditoría de desempeño, manual de captura y reporte.

10. Supuestos y restricciones

Supuestos

- El formato objetivo es estable durante el primer mes o se gestiona por control de cambios.
- Las fotografías cumplen criterios mínimos de legibilidad y encuadre definidos en el manual.
- Existe acceso a una base de datos autorizada para persistencia y consulta.

Restricciones

- El primer mes se limita a un solo formato por control de alcance y calidad.
- Cumplimiento de políticas de seguridad de la información y permisos del cliente para imágenes y almacenamiento.
- Dependencia de disponibilidad de usuarios para revisión humana de excepciones.

11. Riesgos y respuesta

- Riesgo de baja calidad de imagen que degrade exactitud.

Respuesta: lineamientos de captura, validación automática de legibilidad y rechazo controlado.

- Riesgo de cambios no controlados del formato.

Respuesta: control de cambios, versionado de plantillas y trazabilidad por versión.

- Riesgo de errores silenciosos en campos críticos.

Respuesta: reglas de consistencia, revisión humana por umbral de confianza y auditorías periódicas.

12. Gestión de calidad y validación técnica

Aseguramiento de calidad por campo con auditoría sobre muestra representativa. Validación de rangos, unidades y consistencia entre campos. Revisión humana obligatoria para campos con baja confianza y evidencias de corrección.

13. Indicadores de seguimiento y desempeño

- Exactitud por campo en muestra auditada.
- Porcentaje de campos auto extraídos sin revisión.
- Tiempo promedio entre captura y disponibilidad en base de datos.
- Porcentaje de registros rechazados por baja calidad y causas predominantes.

14. Herramientas y tecnología

- Motor OCR y extracción por plantilla con puntaje de confianza.
- Base de datos relacional o equivalente para persistencia y consultas.
- Bitácora de auditoría y tablero simple de calidad de captura.

15. Plan de comunicaciones

- Reunión técnica semanal durante construcción y despliegue.
- Revisión quincenal de calidad con Operación y Confiabilidad para ajustes de reglas.
- Reporte ejecutivo de cierre del mes con desempeño, riesgos y plan de escalamiento a nuevos formatos.

Línea de desarrollo 4. Desarrollo analítico para la toma de decisiones de proceso de acuerdo con la relación vibración-proceso en desfibradora de caña.

Cliente o sponsor	Cliente de industria azucarera. Operación, mantenimiento y confiabilidad de planta.
Horizonte	1 Trimestre
Rol Líder IDC	Ingeniero de Analítica Predictiva. Product Owner técnico y responsable del desempeño del proyecto.

1. Propósito

Desarrollar analítica aplicada para soportar decisiones de operación y mantenimiento en una desfibradora de caña, integrando variables de vibración con indicadores de proceso. El objetivo es reducir incertidumbre diagnóstica, priorizar recursos de mantenimiento y definir reglas operativas que minimicen riesgo y optimicen los indicadores del proceso de preparación de caña de un Ingenio Azucarero.

2. Caso de negocio y valor esperado

En activos de preparación de caña de un Ingenio Azucarero, la vibración responde tanto a condición mecánica como a variaciones de alimentación, carga y régimen de operación. Sin un modelo que separe efectos de proceso de degradación mecánica, se incrementan falsas alarmas, intervenciones innecesarias y se pierde oportunidad de actuar tempranamente. El valor esperado se traduce en priorización técnica de intervenciones, reducción de paros no planificados y asignación más eficiente de recursos de mantenimiento según la evidencia multivariable; de manera que las decisiones estratégicas sobre el proceso sean efectivas.

3. Objetivos

- Integrar y sincronizar series de tiempo de vibración y proceso con diccionario de variables y reglas de calidad aplicadas para la calificación sobre los datos que se generan desde los sistemas de monitoreo y sistemas de control.
- Explorar las diferentes características y .
- Cuantificar la relación vibración-proceso por régimen operativo y detectar patrones anómalos consistentes.
- Construir modelos interpretables de riesgo o condición que soporten priorización de las decisiones de mantenimiento.
- Implementar tableros de seguimiento y un procedimiento de uso operativo y de mantenimiento.

4. Alcance

En alcance

- Consolidación de dataset y diccionario de variables con evaluación de calidad y trazabilidad.
- Análisis exploratorio, segmentación por régimen operativo y pruebas estadísticas de correlación multivariada.
- Modelos multivariados con validación temporal por bloques y revisión experta de coherencia física.
- Definición de umbrales, reglas de decisión y tableros para seguimiento de condición y de proceso.

Fuera de alcance

- Instalación de nuevos sensores o modificaciones físicas del activo, salvo que se definan en proyecto separado.
- Implementación de control automático en tiempo real sin gestión de riesgo y aprobación del cliente.
- Extrapolación del modelo fuera del rango operativo observado en el dataset.

5. Entregables

- Dataset integrado y conformado con datos de vibración y proceso con diccionario, trazabilidad y reporte de calidad.
- Caracterización por estados operativos con métricas de dispersión y sensibilidad.
- Modelo multivariable de condición - riesgo con interpretación y evaluación física variables y supuestos.
- Reportes y presentaciones periódicas para presentación de resultados de analítica.
- Informe técnico de cierre con criterios de uso, limitaciones y plan de mejora continua.

6. Criterios de aceptación

- Sincronización y trazabilidad del dataset verificados y documentados con sus indicadores de calidad de data.
- Evaluación satisfactoria con calificación por encima del 90% de resultados con coherencia física y validados por revisión cruzada con expertos.
- Desempeño del modelo validado con partición temporal por bloques, sin fuga de información; a través de validación cruzada de expertos.

7. Partes interesadas y roles

- Operación de planta – Ingenio San Diego: Define regímenes, restricciones y valida aplicabilidad de recomendaciones.
- Mantenimiento de planta – Ingenio San Diego: Define criterios de intervención y valida priorización con base en evidencia.

- Confiabilidad de planta – Ingenio San Diego: Establece el gobierno técnico de condición, indicadores y cierre de casos.
- IDC Ingeniería: Realiza la integración de datos, modelado, validación y entrega de metodología y resultados.

8. Gobernanza y cadencia

Cadencia quincenal de revisión técnica durante el trimestre. Comité mensual con sponsor para priorización de hallazgos, definición de pruebas de campo y decisiones de despliegue. Revisión final de aceptación con acta de entrega.

9. Hitos y cronograma de alto nivel

- Mes 1: Integración de datos, generación del diccionario, evaluación de calidad y definición de regímenes operativos.
- Mes 2: Análisis de datos vibración-proceso, pruebas estadísticas por régimen y modelos preliminares interpretables.
- Mes 3: Validación por bloques temporales, definición de umbrales, desarrollo de correlaciones, pruebas de hipótesis sobre las conclusiones y síntesis de resultados.

10. Supuestos y restricciones

Supuestos

- Disponibilidad de variables de proceso relevantes, con la calidad y cadencias propicia para los objetivos de los análisis.
- Disponibilidad de registros de vibración con frecuencia y calidad suficiente para análisis multivariable.
- Participación clave y constantes del personal de Operación, Mantenimiento y Confiabilidad para definición de regímenes y validación de hipótesis.

Restricciones

- Riesgo de variables de proceso con baja calidad o cambios de instrumentación no documentados.
- Tiempo de validación en campo sujeto a ventanas operativas de la planta.
- Indicadores calculados o que son producto de pruebas de laboratorio; y de los cuales solo se cuenta con 2 o 3 datos al día.

11. Riesgos y respuesta

- Riesgo de desalineación temporal entre fuentes.
Respuesta: Uso riguroso de sincronización, pruebas de desfase y verificación de integridad por ventanas.
- Riesgo de confusión entre causa de proceso y falla mecánica.
Respuesta: Segmentación por régimen, revisión experta y validación cruzada con eventos conocidos.

- Riesgo de sobreajuste del modelo.

Respuesta: Validación por bloques temporales, control de complejidad y métricas de evaluación robustas.

12. Gestión de calidad y validación técnica

Control de calidad del dato con indicadores de completitud, outliers, valores pegados y consistencia. Adicionalmente, se aplica validación del modelo por bloques temporales y revisión experta de coherencia física. Y Documentación explícita de limitaciones y rango de validez.

13. Indicadores de seguimiento y desempeño

- Porcentaje de datos válidos por variable y por régimen operativo.
- Desempeño del modelo en validación por bloques, con métricas acordadas.
- Reducción de falsas alarmas frente a criterio base, cuando aplique.
- Casos cerrados con evidencia donde el modelo soportó decisión de intervención o de operación.

14. Herramientas y tecnología

- Base de datos o repositorio de series de tiempo del cliente para extracción.
- Herramienta de BI para tableros y reporte operativo.

15. Plan de comunicaciones

- Reunión técnica quincenal con Confiabilidad y Mantenimiento.
- Comité mensual con sponsor de planta para decisiones y priorización.
- Reporte mensual de avance con KPIs de datos, hallazgos y riesgos.
- Informe final con socialización.

Línea de desarrollo 5. Aplicativo/agente de detección de tipo de crudo con registros de vibración

Cliente o sponsor:	ODC: Confiabilidad, Gestión de Activos e Instrumentación y Control.
Horizonte:	1 mes
Rol Líder IDC:	Ingeniero de Analítica Predictiva. Product Owner técnico y responsable del desempeño del proyecto.

1. Propósito

Desarrollar un aplicativo o agente de clasificación para la definición del tipo de crudo o batch bombeado utilizando registros de vibración, con el fin de contextualizar el diagnóstico de condición, reducir ruido por variación de proceso y habilitar analítica avanzada para CBM de seguimiento y monitoreo en evaluaciones futuras.

2. Caso de negocio y valor esperado

Los cambios en el tipo de crudo que se trasiega en un sistema de bombeo de un oleoducto modifican las propiedades reológicas y condiciones hidráulicas que enfrentan los componentes de impulsión de las bombas dispuestas para ello, con lo cual se puede alterar la firma vibratoria de estas máquina, sin que en realidad exista degradación mecánica. En ese sentido, sin un identificador confiable de batch, se incrementa la probabilidad de falsas alarmas y se pierde capacidad de comparar condición entre periodos equivalentes. El valor esperado se obtiene al disponer de una etiqueta automática de batch para segmentación, normalización y análisis de condición, además de un mapa claro de sensores que mejor capturan la diferencia.

3. Objetivos

- Retomar el baseline multivariable por batch con pruebas estadísticas de diferencia y control de dispersión desarrollado para el caso particular de BPC 704 Vasconia.
- Verificar y escalar el entrenamiento de un modelo de clasificación con validación cruzada por bloques temporales ya desarrollado para el caso 704 y llevarlo a demás bombas de esta estación.
- Con lo anterior, generar un agente robusto y escalable con la visión de que opere como clasificador dentro de una estrategia de monitoreo y seguimiento periódico sobre la condición de bombas principales de bombeo de crudo.
- Entregar un pipeline reproducible y un procedimiento de uso para soportar CBM y analítica en línea futura.

4. Alcance

En alcance

- Desarrollo de análisis exploratorio de variables de vibración existentes y etiquetas de batch provistas por operación.
- Feature engineering y entrenamiento de modelos con control de independencia por ventanas o bloques.
- Evaluación con métricas multiclase y análisis de errores con coherencia física.
- Ranking de importancia por variable base, sensor, punto y componente.

Fuera de alcance

- Implementación de control automático en lazo cerrado sobre el proceso.
- Diagnóstico de modos de falla más allá del rango operativo observado en el dataset.
- Generalización a otras bombas sin fase de transferencia y recalibración.

5. Entregables

- Pipeline de preparación de datos, entrenamiento y validación cruzada por bloques.
- Modelo de clasificación con reporte de desempeño por clase y matriz de confusión.
- Ranking de importancia por variable, sensor, punto y componente para priorización de monitoreo.
- Reporte técnico de coherencia física, limitaciones y recomendaciones de monitoreo periódico.
- Artefacto/Agente ejecutable para predicción offline y lineamientos para integración futura en línea.

6. Criterios de aceptación

- Métricas de clasificación superiores al baseline aleatorio y evaluadas con validación por bloques.
- Ausencia de fuga de información demostrada mediante partición temporal y controles de duplicidad.
- Interpretación física consistente de los sensores destacados como discriminantes.
- Procedimiento de uso y actualización del modelo definido, incluyendo monitoreo de deriva.
- Reporte con evidencia reproducible y trazabilidad de versiones del modelo.

7. Partes interesadas y roles

- Operación: Define batch real, valida etiquetas y usa el resultado para contexto operativo.
- Confiabilidad: Define uso para reducción de ruido y segmentación de tendencias.
- Instrumentación y Control: Asegura disponibilidad de variables y consistencia de tags.
- IDC Ingeniería: Modelado, validación, explicación y guía de implementación.

8. Gobernanza y cadencia

Reunión técnica semanal durante el mes. Revisión de resultados en semana 3 con stakeholders para validar coherencia y ajustar etiquetas o reglas. Cierre con socialización ejecutiva y plan de despliegue.

9. Hitos y cronograma de alto nivel

- Semana 1: Verificación de etiquetas de batch, calidad de datos y baseline estadístico por batch.
- Semana 2: Feature engineering, entrenamiento de modelos candidatos y definición de validación por bloques.
- Semana 3: Evaluación final, análisis de errores, ranking de variables y priorización de sensores.
- Semana 4: Empaquetado del pipeline, documentación, reporte y handover.

10. Supuestos y restricciones

Supuestos

- Las etiquetas de batch son correctas y están alineadas temporalmente con los registros de vibración.
- Los registros reflejan operación representativa y no están dominados por fallas transitorias no documentadas.
- Se dispone de volumen suficiente de datos por clase para entrenamiento y validación.

Restricciones

- El desbalance entre clases puede limitar desempeño y debe gestionarse con técnicas robustas.
- El modelo solo es válido dentro del rango operativo observado, las condiciones de proceso no cambian para cada crudo en el tiempo y se mantiene la calidad de datos de la instrumentación actual.

11. Riesgos y respuesta

- Riesgo de fugas de información por correlación temporal.

Respuesta: Validación cruzada por bloques, separación por ventanas y controles de duplicidad.

- Riesgo de que el modelo aprenda ruido de medición.

Respuesta: Limpieza como estándar de preprocessamiento y evaluación de calidad y estabilidad del modelo por períodos.

12. Gestión de calidad y validación técnica

Control de calidad del dataset, verificación de independencia por bloques temporales y evaluación multiclase con métricas robustas. La interpretabilidad se asegura mediante ranking estadístico y explicación por métodos de importancia se evalúa para definir su consistentes con la física del equipo.

13. Indicadores de seguimiento y desempeño

- Balanced accuracy y macro F1 por validación cruzada.
- Estabilidad del desempeño por bloque temporal.
- Porcentaje de predicciones con alta confianza y tasa de incertidumbre.
- Reducción de falsas alarmas por segmentación adecuada de batch, cuando aplique.

14. Herramientas y tecnología

- Modelos de pruebas de hipótesis estadísticas
- Repositorios de métodos de clasificación y evaluación de la efectividad de clasificación.
- Herramientas para la creación de agentes.

15. Plan de comunicaciones

- Reunión semanal con Analítica IDC durante el mes.
- Reporte de avance semana 2 y revisión de resultados semana 3 con ODC.
- Informe final y socialización de implicaciones para CBM y monitoreo futuro.

Línea de desarrollo 6: Modelo/Agente de optimización energética para bomba principal de crudo

Cliente o sponsor	ODL. Operación, gestión energética, confiabilidad e Instrumentación y Control.
Horizonte	1 Semestre
Rol Líder IDC	Ingeniero de Analítica Predictiva. Product Owner técnico y responsable del desempeño del proyecto.

1. Propósito

Desarrollar un modelo de optimización energética para una bomba principal de crudo que recomiende condiciones operativas eficientes, minimizando consumo energético sin comprometer caudal, presión, confiabilidad y restricciones de proceso.

2. Caso de negocio y valor esperado

El consumo energético de bombeo es uno de los costos operativos dominantes en el segmento de midstream. Operar lejos del punto de mejor eficiencia incrementa el consumo de kWh por volumen bombeado y puede elevar el riesgo de cavitación, recirculación y sobre-esfuerzos mecánicos que se reflejan en vibración y desgaste. El valor esperado se cuantifica en reducción de kWh por unidad de volumen transportado, disminución de eventos operativos fuera de ventanas recomendadas y reducción del riesgo asociado a operación ineficiente.

3. Objetivos

- Definir baseline energético por régimen operativo y por tipo de crudo, con trazabilidad a variables de proceso.
- Construir un modelo que relacione condiciones de operación con consumo energético y restricciones hidráulicas.
- Establecer ventanas operativas recomendadas y un optimizador que proponga setpoints o rangos.
- Validar recomendaciones en piloto controlado con medición y verificación del ahorro.
- Integrar indicadores energéticos con indicadores de condición para gobernar decisiones de operación.

4. Alcance

En alcance

- Consolidación de variables de proceso, potencia, caudal, presión y variables de condición relevantes.

- Modelado estadístico y de optimización bajo restricciones operativas definidas por el cliente.
- Definición de recomendaciones y tablero de seguimiento con indicadores energéticos.
- Piloto controlado y plan de escalamiento a otras bombas si aplica.

Fuera de alcance

- Implementación directa de control automático en lazo cerrado sin aprobación y gestión de cambio OT.
- Intervenciones físicas del sistema, cambios de equipos o instrumentación, salvo proyecto aparte.
- Recomendaciones fuera del rango observado o sin restricción explícita de seguridad operativa.

5. Entregables

- Baseline energético por régimen operativo y por tipo de crudo, con métricas de variabilidad que mantengan el enfoque analítico.
- Modelo de consumo energético y restricciones con explicación de variables dominantes.
- Optimización con ventanas operativas recomendadas y criterios de seguridad.
- Tablero de seguimiento con kWh por volumen, dispersión y alertas de desviación.
- Reporte de piloto con medición y verificación del ahorro; además plan de despliegue.

6. Criterios de aceptación

- Ahorro energético verificado en piloto según metodología de medición y verificación acordada de acuerdo con datos disponibles.
- Evaluación experta satisfactoria de que las recomendaciones no violan restricciones de proceso, hidráulicas ni de confiabilidad.
- Modelo documentado con supuestos, rango de validez y mecanismos de actualización.
- Integración aprobada por expertos de indicadores energéticos con indicadores de condición para gestión de riesgo.

7. Partes interesadas y roles

- Operación: Define restricciones, valida recomendaciones y ejecuta piloto.
- Gestión energética: Define indicadores, metas y metodología de verificación.
- Confiability: Valida impacto en condición, cavitación y riesgo mecánico.
- Instrumentación y Control: Soporte de datos y gestión de cambio OT.
- IDC Ingeniería: Modelado, optimización, validación y entrega.

8. Gobernanza y cadencia

Comité mensual con sponsor para decisiones y control de alcance. Seguimiento quincenal técnico en fases de modelado y piloto. Control de cambios para cada ajuste de reglas o restricciones.

9. Hitos y cronograma de alto nivel

Mes 1: consolidación de datos, baseline energético y segmentación por crudo y régimen operativo.

Mes 2-3: modelado de consumo y restricciones, definición de ventanas operativas recomendadas.

Mes 4: implementación de optimizador y tablero, preparación de piloto controlado.

Mes 5-6: piloto con medición y verificación, ajustes y plan de escalamiento.

10. Supuestos y restricciones

Supuestos

- Disponibilidad de variables de proceso confiables como caudal, presión y potencia.
- Etiquetas de tipo de crudo disponibles para segmentación y control de variabilidad.
- Acceso a históricos suficientes para representar distintos regímenes operativos.

Restricciones

- Recomendaciones deben ser conservadoras ante incertidumbre y priorizar seguridad operativa.
- Limitaciones por calidad de data o problemas de calibración en instrumentación pueden restringir precisión del modelo.

11. Riesgos y respuesta

- Riesgo de etiquetado de modos de operación incorrectos y baja calidad de datos por afectaciones en instrumentación.

Respuesta: Auditoría periódica de los de dato que incluya validación de consistencia y reglas de calidad.

- Riesgo de variabilidad por tipo de crudo que sesgue el modelo.

Respuesta: Segmentación por crudo, modelos por régimen y validación por periodos.

- Riesgo de recomendación con impacto adverso en condición.

Respuesta: Restricciones explícitas, integración con métricas de vibración y revisión experta de manera periódica.

12. Gestión de calidad y validación técnica

Aseguramiento de calidad del dato, validación por periodos y verificación de coherencia física con curvas de bomba y restricciones del sistema. Medición y verificación del ahorro en piloto con metodología acordada y evidencia reproducible.

13. Indicadores de seguimiento y desempeño

- kWh por unidad de volumen transportado, por régimen operativo.
- Porcentaje de operación dentro de la ventana recomendada.
- Ahorro energético verificado en piloto.
- Indicadores de condición asociados, incluyendo tendencia de vibración y eventos de cavitación si aplica.

14. Herramientas y tecnología

- Historiador o repositorio de potencia consumida de unidades de bombeo para extracción de datos.
- Python para modelado y optimización.
- Herramienta de BI para tableros y seguimiento.

15. Plan de comunicaciones

- Reunión quincenal técnica durante modelado y piloto.
- Comité mensual con sponsor para decisiones y escalamiento.
- Reporte mensual de KPIs energéticos, hallazgos y riesgos.
- Socialización de cierre con procedimiento operativo y plan de continuidad.

CONTROL DE CAMBIO

Versión	Descripción del cambio	Fecha
1.0	Desarrollo	29/01/2026