



1



Integración de tecnologías de monitoreo y analítica para reducción de riesgo de exposición y mejora en el desempeño de equipo de proceso peligroso y crítico

Felipe Díaz Romero

Ing. Integral de Mantenimiento y Confiabilidad

Antonio Morales García

Ing. Confiabilidad e Integridad



2

Antecedentes



#CMCColombia2025



3

Definición del Problema Unidad Alquilación HF (Riesgo #1 Grupo Ecopetrol)

CLASE - TIPO	CANTIDAD
Equipos Rotativos	80
Reactores	2
Líneas de proceso Críticas	100
Equipos Estáticos Complejos	20

25 BOMBAS Circulan HF	65% Líneas Circulan HF	34 Monitores Automáticos protegen fuga de HF



Equipo Integrado Unidad de Alquilación HF

#CMCColombia2025



5

Definición del Problema

Unidad Alquilación HF (Riesgo #1 Grupo Ecopetrol)



**HH
EXPOSICIÓN**
Inspección
equipo
rotativo crítico



**MTBF
ROTATIVO**
Meses



**COSTOS
ESTRATEGIA
INSPECCIÓN**
INTEGRIDAD **MUSD**



**COSTOS
ESTRATEGIA
MANTENIMIENTO**
ROTATIVO **MUSD**

#CMCColombia2025

7

Riesgos e Impacto del Problema

PROBLEMAS COMBINADOS



**IMPACTO A LAS
PERSONAS**

Puede inducir
reducción de calidad de
vida del operador /
mantenedor.



**IMPACTO A LA
INTEGRIDAD DE LOS
ACTIVOS**

Puede inducir
reducción de vida útil
en los activos por
mecanismos de
corrosión.



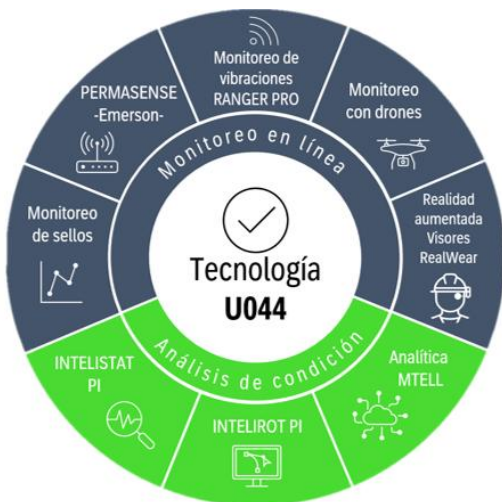
**IMPACTO A LOS COSTOS
DE LA ESTRATEGIA**

Requiere de planes de
inspección. Demandan
de alto presupuesto.

#CMCColombia2025

8

PROPUESTA DE SOLUCIÓN DESARROLLO DEL CONCEPTO SUITE INTEGRADORA



La solución se construyó con base en dos dimensiones:

- **Monitoreo en Línea y**
- **Análisis de Condición del Activo.**

#CMCColombia2025

RETOS DE LA IMPLEMENTACIÓN

01
INTEGRACIÓN DE
TÉCNOLOGÍAS
DIGITALES CON
SISTEMAS LEGACY
Interoperabilidad,
compatibilidad y
ciberseguridad

02
GESTIÓN DEL CAMBIO
ORGANIZACIONAL Y
CAPACITACIÓN
Transformación
Cultural hacia nuevas
formas de hacer las
cosas.

03
GESTIÓN DE GRANDES
VOLÚMENES DE
DATOS PARA LA TOMA
DE DECISIONES
Hardware-
Software /
Sensores

#CMCColombia2025

RETOS DE LA IMPLEMENTACIÓN (TIEMPO)



#CMCColombia2025

11

Alineación con la declaración de Cultura

Principios para lograr un proyecto en 365 días



#CMCColombia2025

12

RETOS DE LA IMPLEMENTACIÓN (ENTORNO) RESTRICCIONES EN EL PRESUPUESTO

GRUPO
ecoPETROLREFINERÍA
DE CARTAGENA

1

DIGITALIZACIÓN DE BAJO COSTO

Identificación y
priorización de
activos de alto
impacto.

Pilotos con
aliados.

2

POTENCIALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO INTERNO

Formación con
proveedores

Desarrollo
ingenierías in-
House

3

GESTIÓN Y DESARROLLO DE HERRAMIENTAS CON LICENCIAS DISPONIBLES Y USO DE HERRAMIENTAS GRATUITAS

Data de
Historiadores
Python

#CMCColombia2025

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA2^a
EDICIÓN

13

Monitoreo On-Line

#CMCColombia2025

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA2^a
EDICIÓN

14

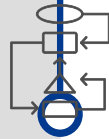
Objetivos de Diagnóstico



Prevención de Fallas y aumento de la seguridad (disminuyendo las HH exposición).



Optimización del mantenimiento y reducción de costos.



Prescripción y desarrollo de modelos.

15

RUTA IMPLEMENTACIÓN SISTEMAS DE MONITOREO



16



Monitoreo de vibración

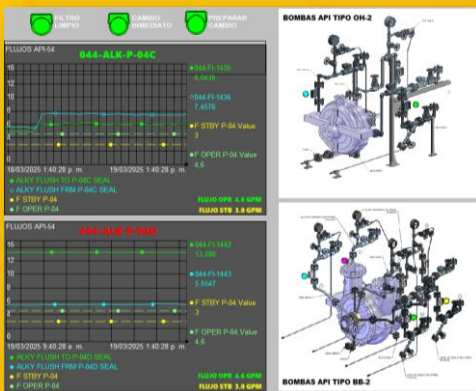
- 📍 Sensores inalámbricos con capacidad de captura de data de vibración triaxial y temperatura.
- 📍 Capacidad de integración con plataforma de gestión de condición dinámica System1®

EQUIPO ROTATIVO  CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA 2^a
EDICIÓN

17

Variables sello mecánico

- 📍 Sensores alámbricos con capacidad de captura de data de presión y flujo de líquido barrera/conexión con instrumentación de cabezal.
- 📍 Integración con DCS, PIProcessBook (Desarrollo InteliRot)



EQUIPO ROTATIVO  CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA 2^a
EDICIÓN

18

Espesores en Líneas críticas

La planta de alquiler con HF supone un gran esfuerzo en la estrategia de inspección de integridad.

- Sistema Permasense® calibrado al requerimiento específico de la Unidad.

Inspección Asistida

PFE | Departamento de
CONFIABILIDAD
Equipo Rotativo y Estático

GRUPO **ecoPETROL** | REFINERÍA
DE CARTAGENA

Inspección visual RPAS

Remotely Piloted Aircraft System

- Interfaz de video y fotografía de largo alcance (ampliación 50X)
- Autonomía de vuelo >30min.
- Versatilidad para incorporar cámara termográfica, de emisiones, sensores acústicos.

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA | 2ª
EDICIÓN

21



GRUPO **ecoPETROL** | REFINERÍA
DE CARTAGENA

Casco de realidad Aumentada (HMD)

Head-Mounted Display

- Interfaz de video y visualización con acceso de comunicaciones vía MSTEams®
- Control por voz.
- Versatilidad para interactuar con soporte global de fabricantes. (Actividades Críticas)

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA | 2ª
EDICIÓN

22

Análisis de Condición

#CMCColombia2025

23

RUTA IMPLEMENTACIÓN

Analítica Aplicada al análisis de condición

2Q

Planificación y Diseño

- Hardware
- Objetivo Ágil (Variable de decisión)
- HDMI

3Q

Integración y Pruebas

- KPI (Correlaciones)
- Validación sobre data histórica (Entrenamiento)
- Ajustes y Optimización

4Q

Monitoreo Continuo y Anticipación

- Detección validada y casos de éxito.
- Ampliación del conocimiento del mecanismo de falla.

#CMCColombia2025

24



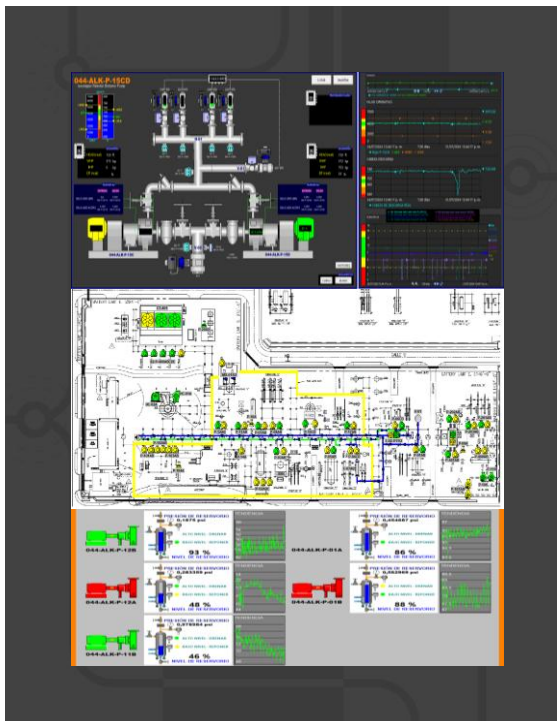
25

Solución Digital de Mantenimiento prescriptivo y predictivo

Aspen MTELL®

- Algoritmos de aprendizaje automático.
- Internet de las Cosas (IIoT)
- Compatibilidad con historiador – DCS.

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA 2ª EDICIÓN



Visualización Inteligente con uso de herramientas in-House

Ecosistema InteliRot

- Uso eficiente e innovador de los recursos disponibles en el historiador.
- Herramientas de libre uso para el desarrollo de algoritmos ágiles PYTHON.
- Integración disponible de aplicación directa al operador.

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA 2ª EDICIÓN

26

RESULTADOS SOSTENIBLES

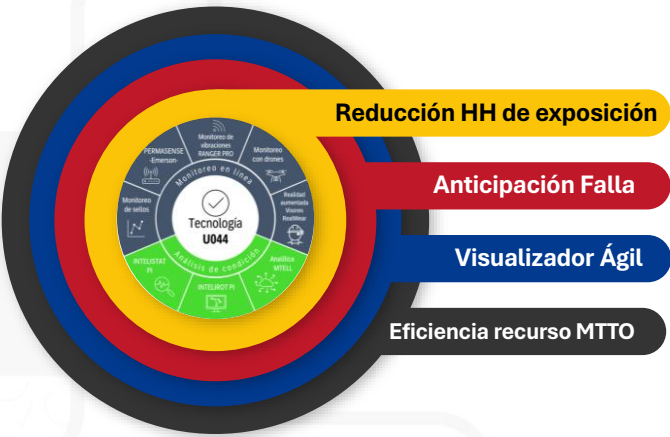
#CMCColombia2025

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA 2^a
EDICIÓN

27

VICTORIAS TEMPRANAS

Durante el proceso de implementación



GRUPO **ecoPETROL** REFINERÍA DE CARTAGENA



1200 HH
primeros 6 meses.



4 MESES
ANTICIPACIÓN
Detección ensuciamiento
intercambiador



OPERACIÓN 4.0
Ronda de campo migrada a
versión digital.



6 FALLAS
Evitadas en sellos valorados
en 450KUSD.

#CMCColombia2025

CONGRESO DE
MANTENIMIENTO
& CONFIABILIDAD
COLOMBIA 2^a
EDICIÓN

28

CASOS DE ÉXITO

Impactos sobre el Activo y la Estrategia



Seguridad de Procesos

Mejora factor de reducción de riesgo
agrega barreras Adicionales.



HSE Exposición

Reducción exposición al riesgo
Operadores / Mantenedores



Confiabilidad y Anticipación

Habilitador **Analítica** de datos
Avanzada



Captura de Eficiencias

Optimización de estrategias de
mantenimiento



Operación Estructurada

Evolución del Operador hacia el
análisis operacional.

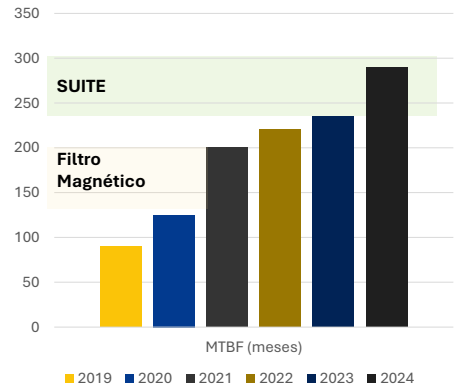


Integridad de Activos

Incorporación de **Medición en
Línea de corrosión**.



Tiempo Medio de Falla Equipo Rotativo Zona AÁida



SENDA INNOVADORA

RECONOCIMIENTOS EN LA INDUSTRIA



Pioneros

- Primera integración de tecnología referenciada en unidades de alquilación HF en LATAM.



Digital Transformation Award

- Pioneros en Colombia monitoreo Wireless a equipo rotativo.



Analítica avanzada en el Downstream

- El activo Critico de alquilación HF intercambiador E-11 fue el primer caso de éxito, anticipando una potencial falla valorada en 11MUSD.



LECCIONES APRENDIDAS

Gestión de Activos



REFINERÍA
DE CARTAGENA

Reducción de Costos Operativos



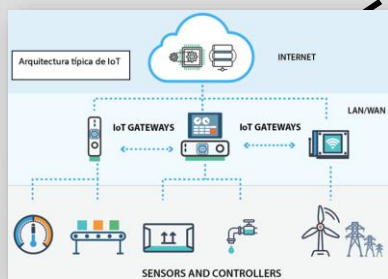
31

LECCIONES APRENDIDAS

Ciberseguridad



REFINERÍA
DE CARTAGENA



Garantizando la Seguridad de los Datos

Asegurando la Integridad sin Dependencia de la Nube

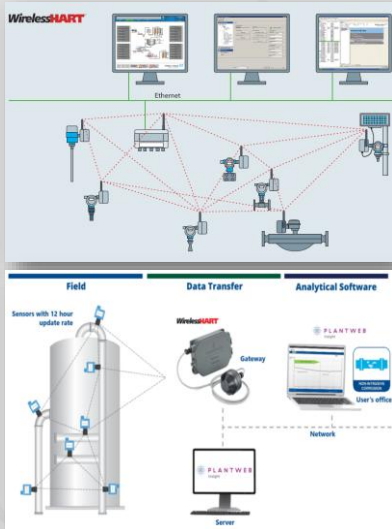
Tranquilidad de un Tratamiento de Datos Seguro y Aceptado



32

LECCIONES APRENDIDAS

Automatización y Control



Ventajas Estratégicas de las Redes Inalámbricas: Conectividad, Costos y Eficiencia en la Gestión de Activos

Estrategias Sinérgicas para la Optimización de Activos

Colaboración Estratégica con Proveedores: Clave para la Optimización de Activos en la Era de la Industria 4.0



PROXIMOS PASOS

SENDA DE TRANSFORMACIÓN 2025-2026



#CMCColombia2025





iGracias!

Felipe Díaz Romero /Antonio Morales García

felipe.diaz@ecopetrol.com.co / Antonio.Morales@ecopetrol.com.co