

Gestión de Riesgo en Pozos No Convencionales

Juan Pedro Rossi – Gabriel Patrino:

SINTEC S.A.

Gustavo Marcelo Rivera – Duilio Benaroya: YPF S.A.



Introducción

Identificación, clasificación, evaluación y gestión de amenazas que comprometen la integridad de elementos de barreras de pozos no convencionales, en distintas fases del ciclo de vida.

Énfasis exclusivo en amenazas clave, considerando su riesgo individual y aporte en el riesgo global.
Cuantificación y ajuste del riesgo en grado acorde con la complejidad e importancia del sistema bajo estudio.

Formulación de planes basados en riesgo específicamente diseñados para cada una de las amenazas gravitantes.

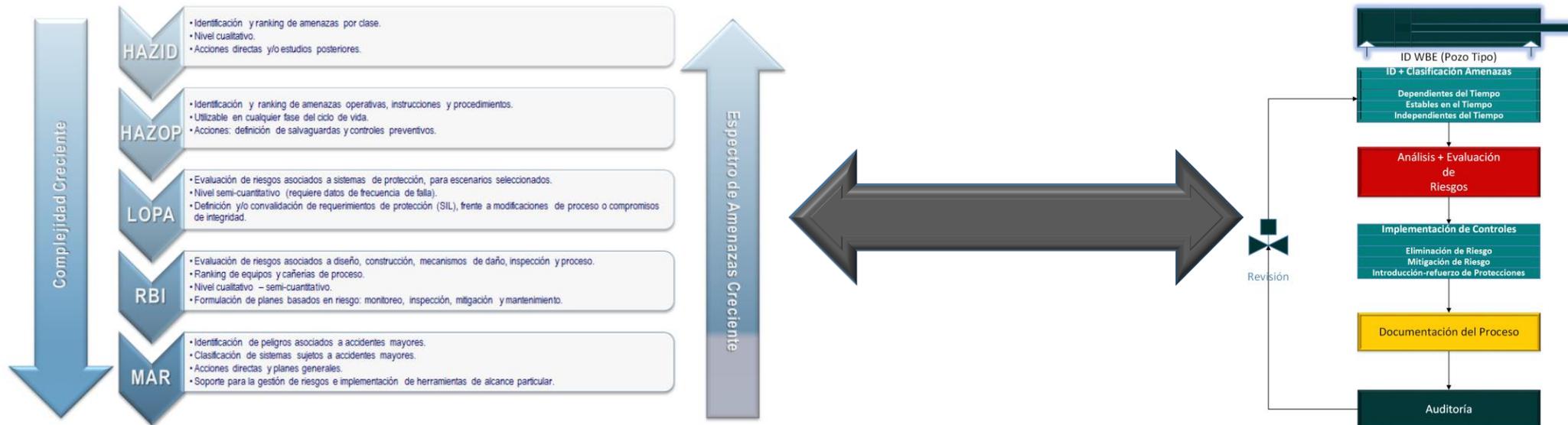
Dependientes del tiempo (mecanismos de daño).

Independientes del tiempo (su ocurrencia no puede predecirse).

Estables en el tiempo (asociadas a defectos-anomalías de perforación, montaje, ensayo e intervención).

Alcance

- HAZID: de carácter transversal y multidisciplinario, con la participación de especialistas en distintas áreas (taller).
- Ranking: como soporte para planes de gran envergadura (análisis particular, inspección, monitoreo de alta frecuencia y mitigación).
- QRA: aplicable exclusivamente a pozos clave, incluyendo la incidencia de MDD y protecciones.

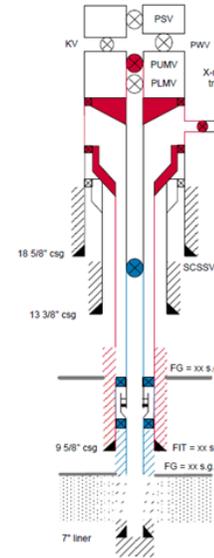


HAZID: Seccionamiento y Amenazas

- Aproximación de norma (derecha-arriba).
- Típicos de montaje (derecha-abajo).

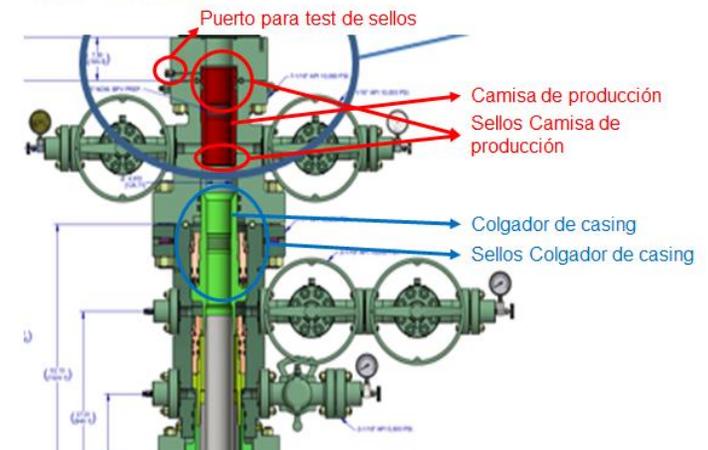
Las amenazas consideradas incluyen (abajo):

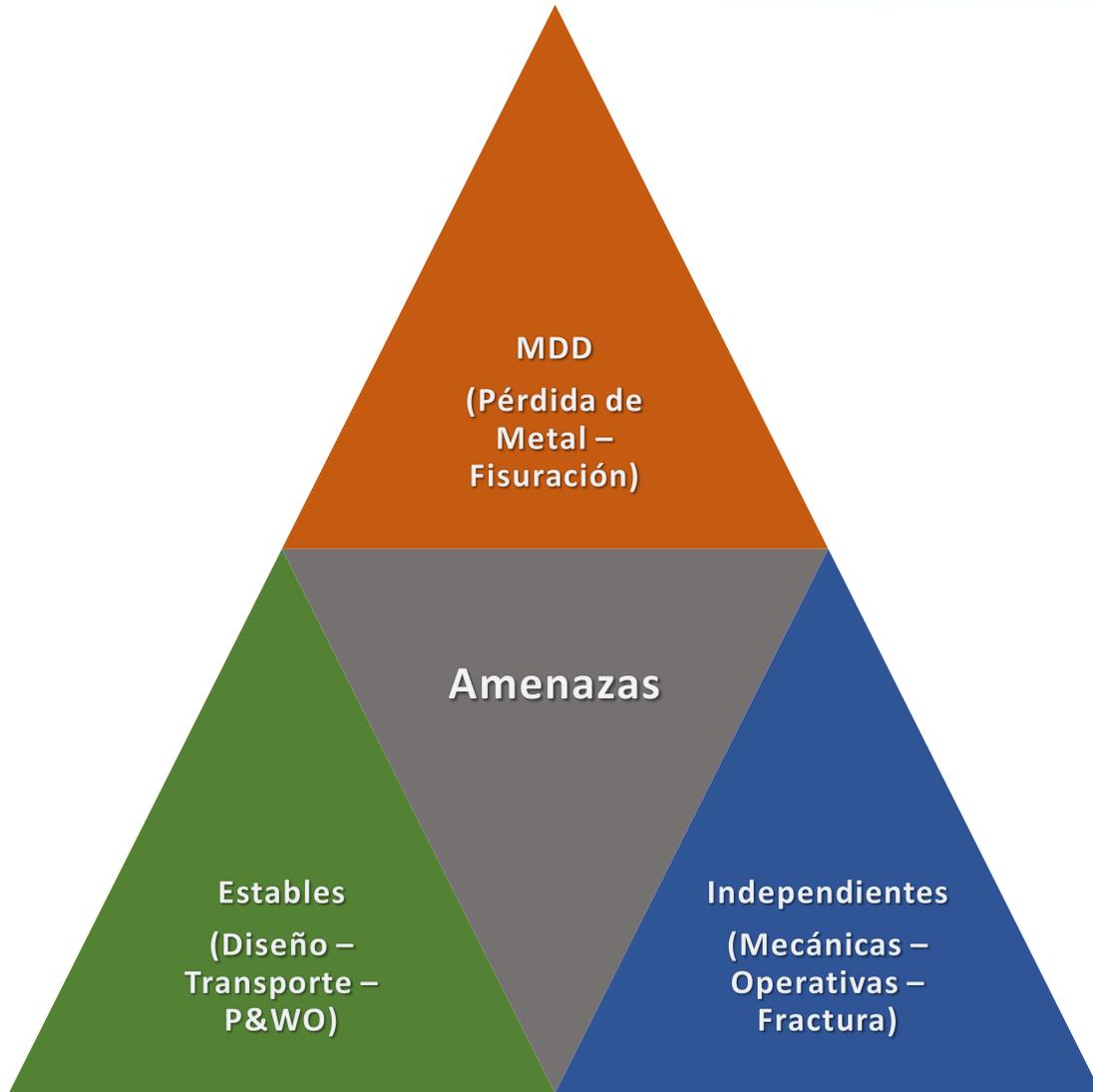
| Dependientes del Tiempo | Independientes del Tiempo | Estables en el Tiempo |
|--|---|---|
| Erosión y Erosión-Corrosión: <ul style="list-style-type: none"> • Componentes de armadura. • Tubulares de producción. | Daño Mecánico: <ul style="list-style-type: none"> • Interferencia. • Movimiento Equipos Pesados. | Diseño: <ul style="list-style-type: none"> • Camisas de fractura. • Cintas calefactoras. • Estructuras de soporte. • Bodegas. |
| Corrosión Interna: <ul style="list-style-type: none"> • Microbiológica. • Ácida. | Daño Estructural: <ul style="list-style-type: none"> • Sobrecarga. • Vibraciones. | Montaje-construcción: <ul style="list-style-type: none"> • Tapones-packers. • Plateas - bodegas. • Ajuste (torque). • Ensayos (hermeticidad - resistencia - torque - END). |
| Fisuración: <ul style="list-style-type: none"> • Fatiga y CFC. • SSC. • Fragilización. | Naturales: <ul style="list-style-type: none"> • Inundación. • Descargas atmosféricas. | Materiales: <ul style="list-style-type: none"> • Sellos-prisioneros. • Camisas. • Packers. • Válvulas. |
| | Operación: <ul style="list-style-type: none"> • Falla de control-accionamiento. • Proceso. | Almacenaje-transporte-mantenimiento: <ul style="list-style-type: none"> • Válvulas. • Sellos metálicos y no metálicos. |



| EBP Primarios | EBP Secundarios |
|---|---------------------------------------|
| Cemento Liner 7" | Cemento Casing 9 5/8" |
| Liner 7" | Casing 9 5/8" |
| Colgador del Packer en Liner 7" | Colgador del Casing 9 5/8" con Sello |
| Casing 9 5/8" entre Colgador Packer 7" y Packer de Producción | Válvula de Acceso al Anular (Cabezal) |
| Packer de Producción | Válvulas del Árbol de Producción |
| Tubular de Producción | |
| Válvula de Seguridad Sub-superficie | |

CABEZAL CAMERON



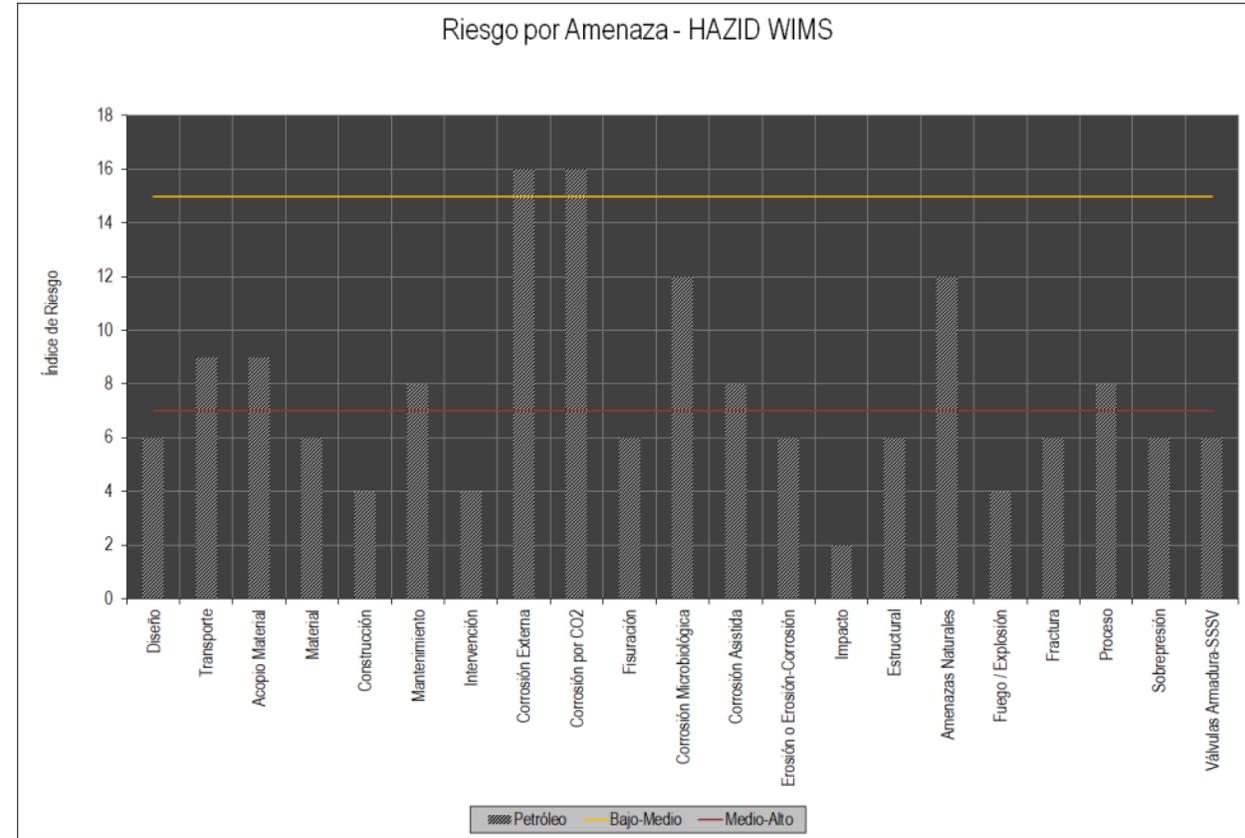
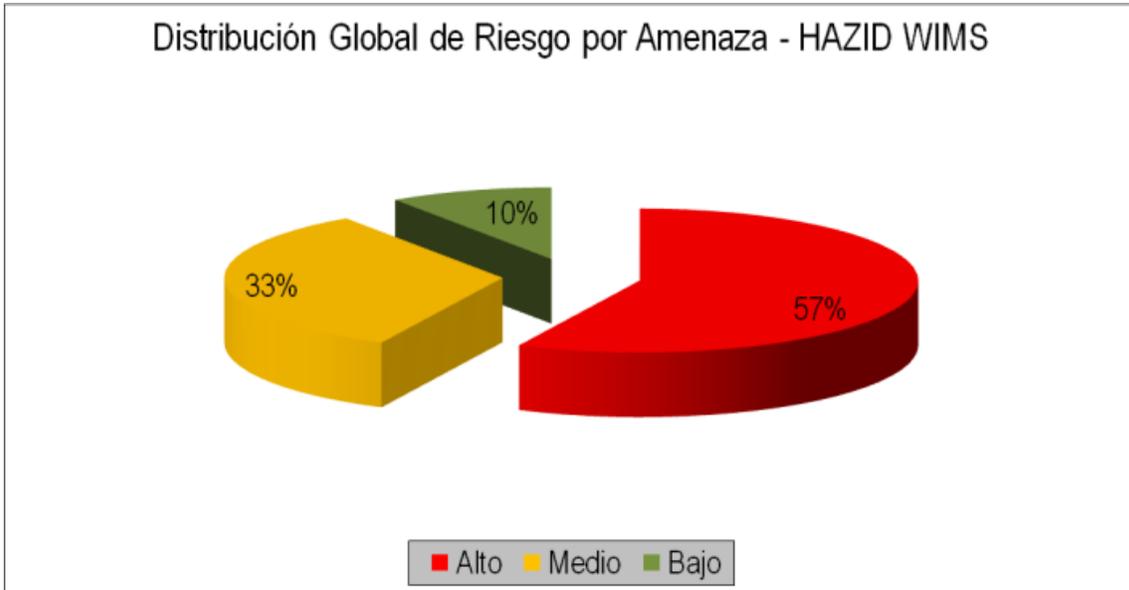


Matriz HAZID WIMS

| | | | | | | |
|------------|------------|------------|--|-------------------------|--|-----------------|
| Frecuencia | Muy Alta 1 | | | | | |
| | Alta 2 | | Mantenimiento-Corrosión Asistida-Proceso | Diseño-Material-Erosión | Construcción-Intervención-Interferencia | |
| | Media 3 | | | Transporte-Acopia | Sobrecarga (Cabezal)-Fisuración (Tubulares)-Protecciones | Impacto |
| | Baja 4 | | Corrosión Externa-CO2 | MIC-Naturales | Fisuración (Operación) | Fuego-Explosión |
| | Muy Baja 5 | | | | | |
| | Muy Baja 6 | | | | | |
| | | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | | Menor | Moderada | Seria | Muy Seria | Catastrófica |
| | | Intensidad | | | | |

HAZID: Distribución de Riesgo

- Estadística promedio de riesgo (abajo).
- Distribución de riesgo por amenaza (derecha).





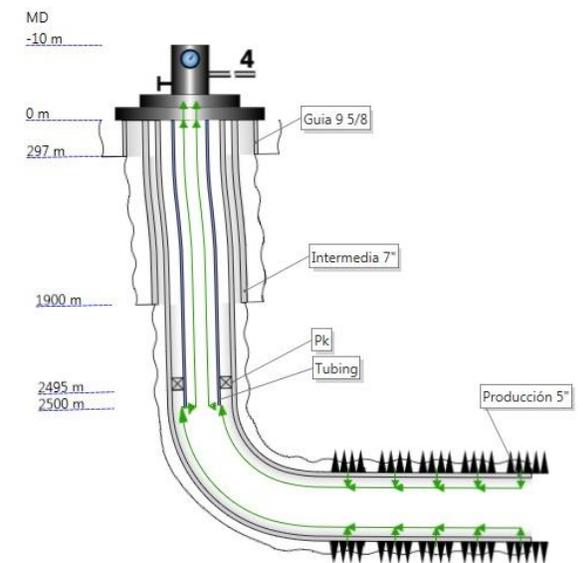
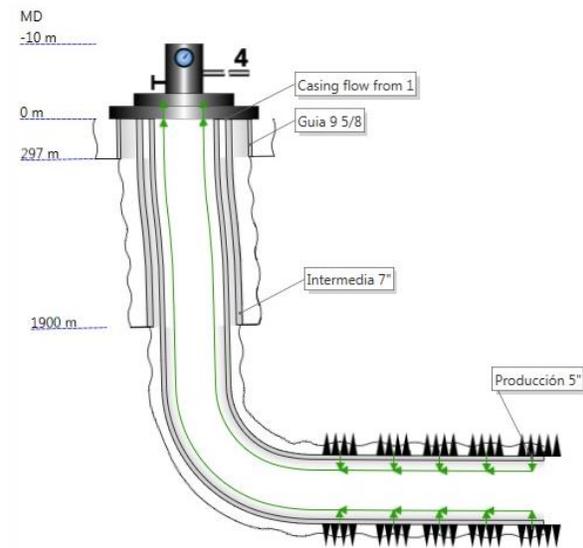
Ranking: Contexto y Registros

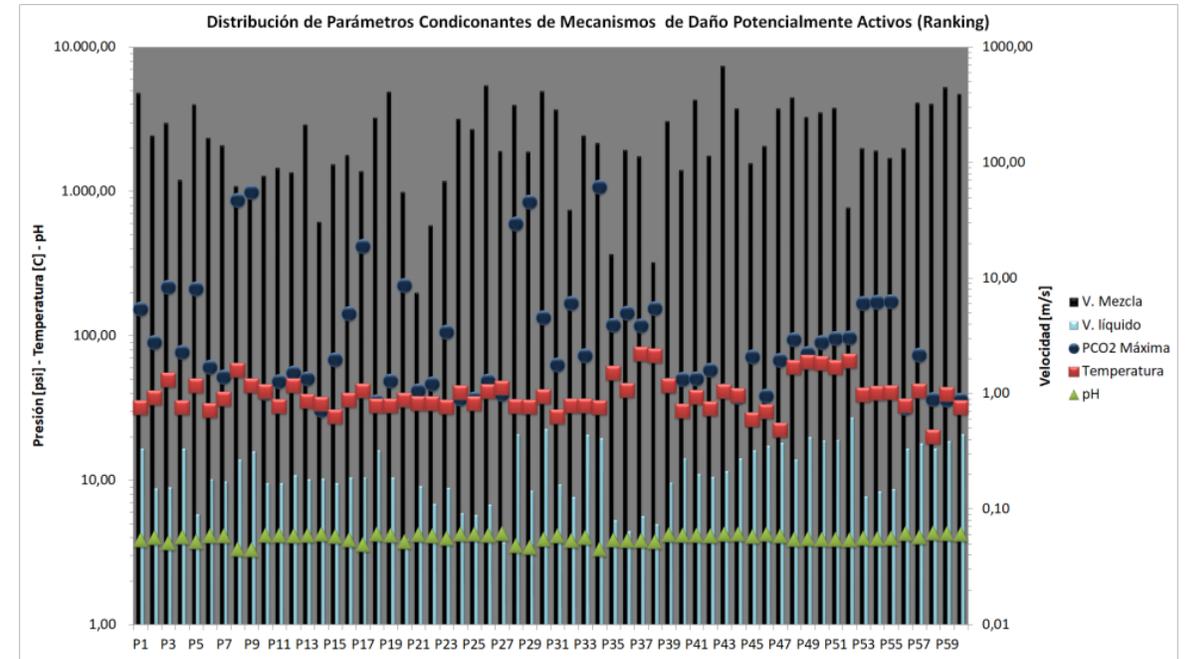
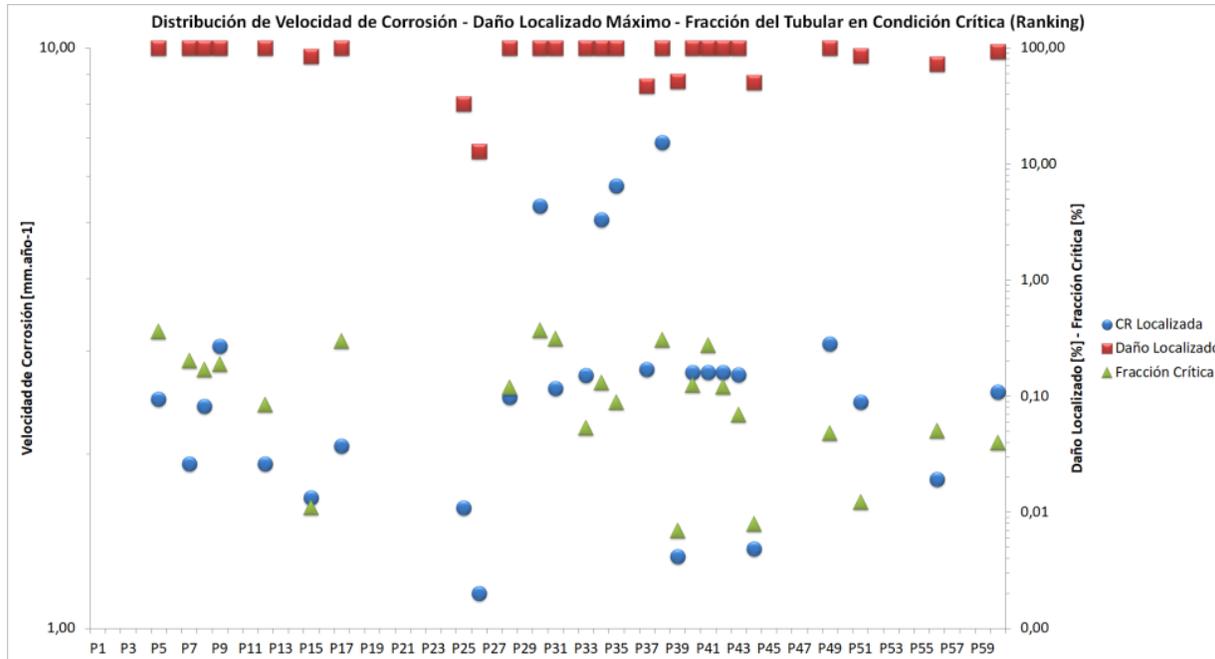
Sistema vasto y disperso → Objetivos principales:

1. Ranking: probabilidad gobernada por MDD y consecuencia con foco en el negocio.
2. ID Pozos críticos: para análisis individual (FFS-VR) y planes específicos (inspección, intervención, BIF).
3. Plan global: soporte principal en inspección-monitoreo-mitigación-restitución.

La información disponible para construcción del ranking incluye:

- P&WO.
- Ingeniería de Producción.
- Operaciones.
- Integridad - Corrosión.





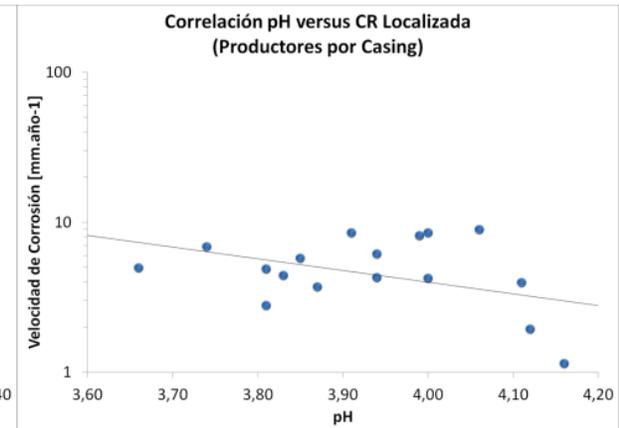
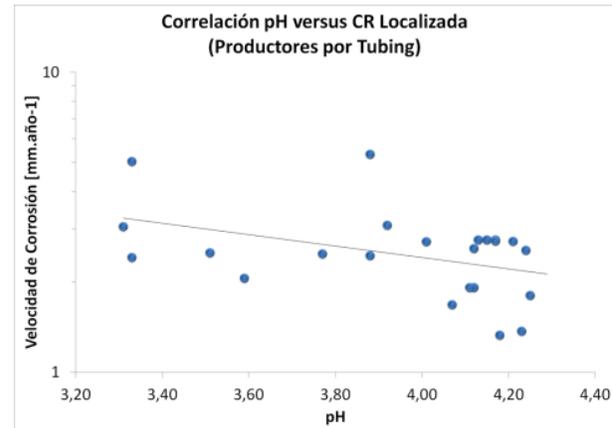
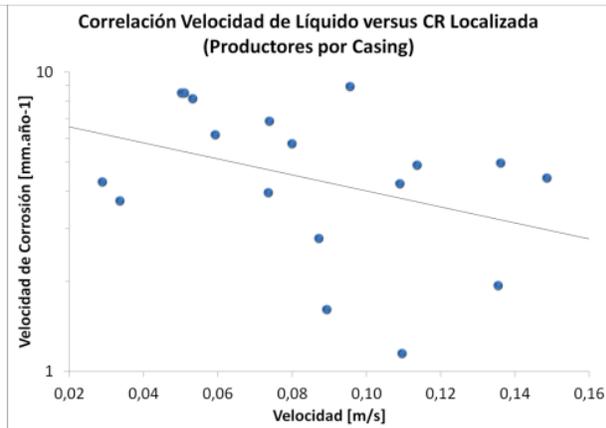
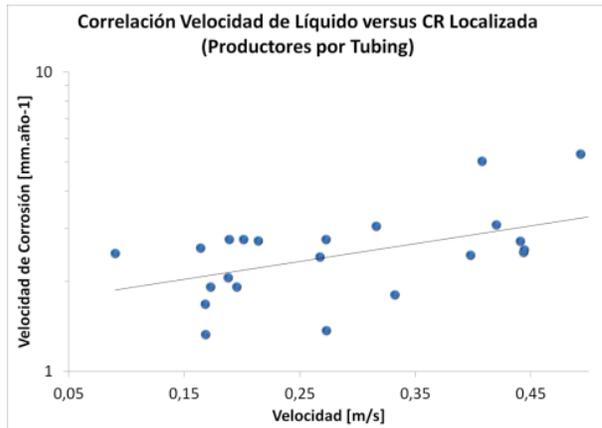
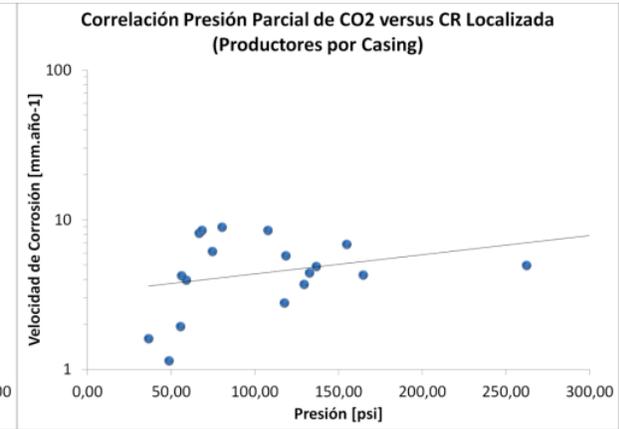
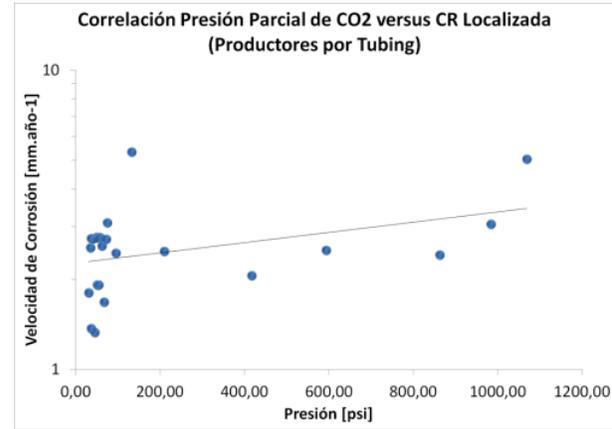
Ranking: Mecanismos de Daño

1. Corrosión carbónica (presión parcial de CO_2 , temperatura, pH calculado y velocidad de líquido).
2. Erosión-corrosión (parámetros de mezcla y sólidos).
3. Tasa de pérdida de metal y daño localizado.
4. P&WO – Operaciones: FFS.

Ranking: Matriz de Correlación Paramétrica

Objetivo: reducción de variables incidentes a parámetros clave.

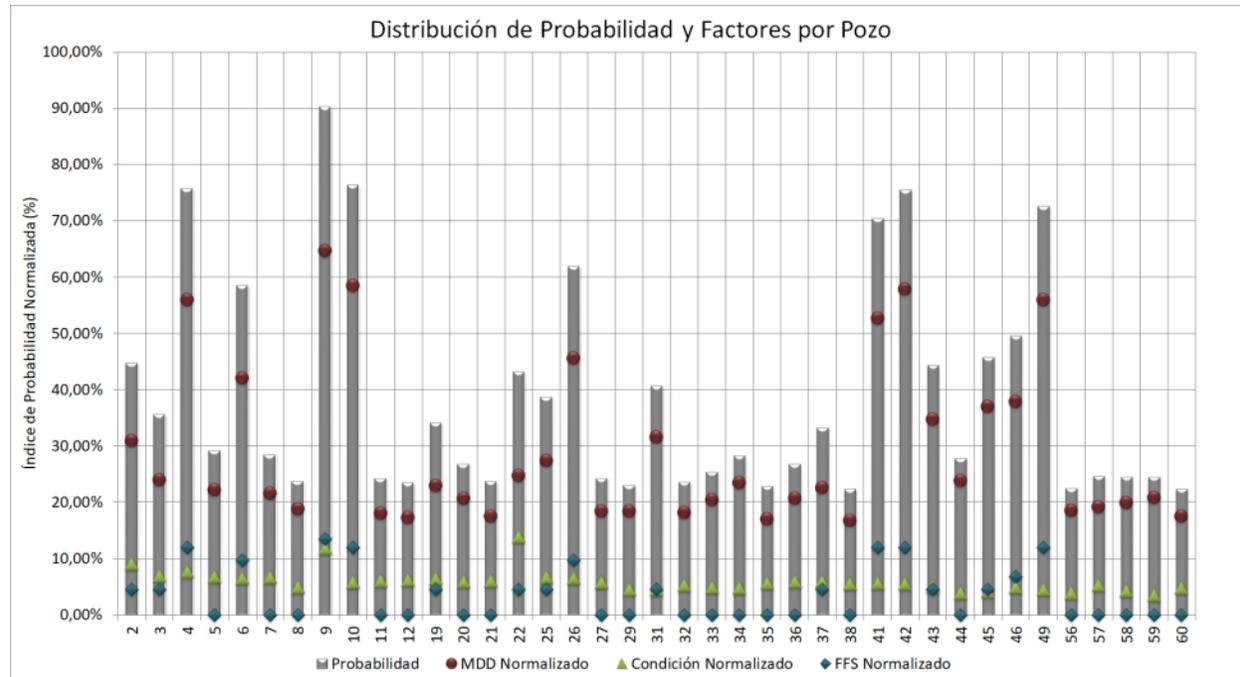
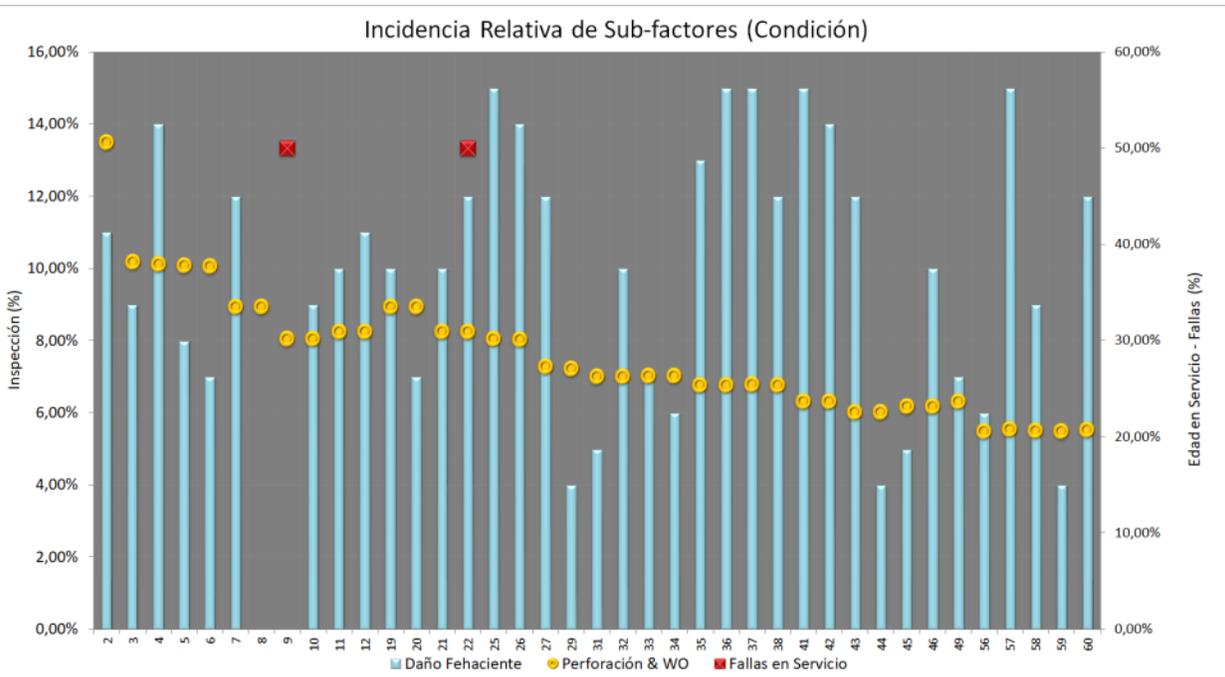
1. Pozos con doble barrera → velocidad de líquido y pH.
2. Pozos con simple barrera → pH y presión parcial de CO₂.





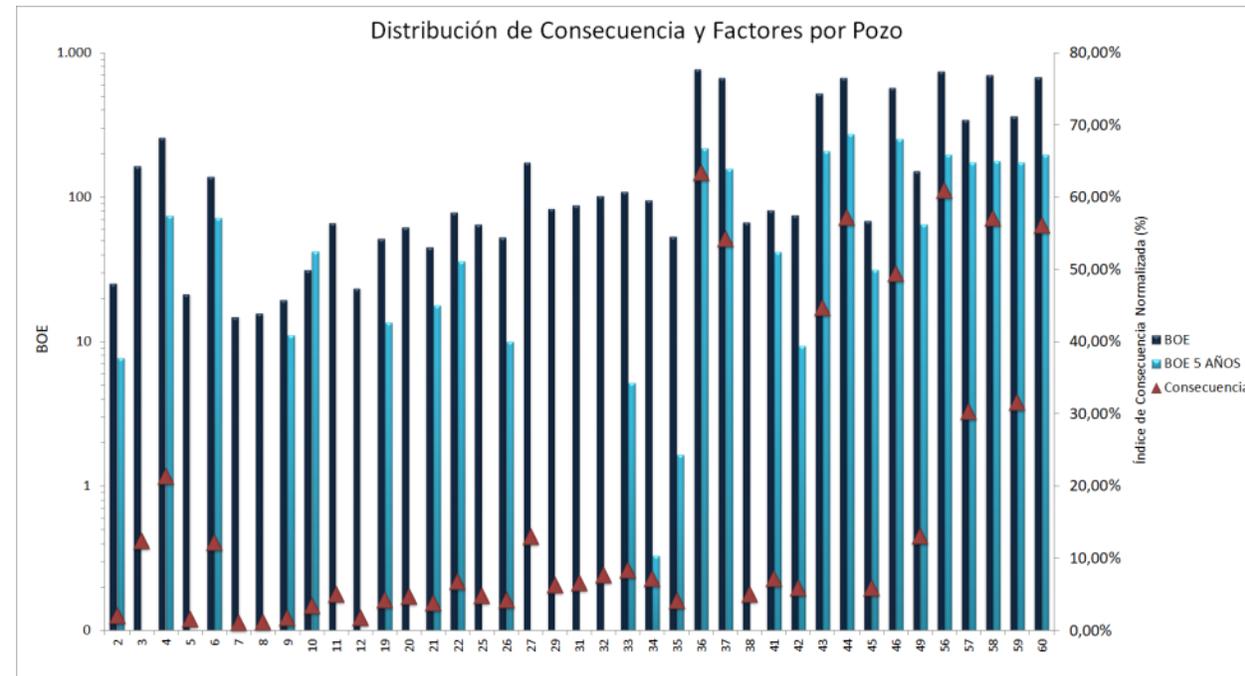
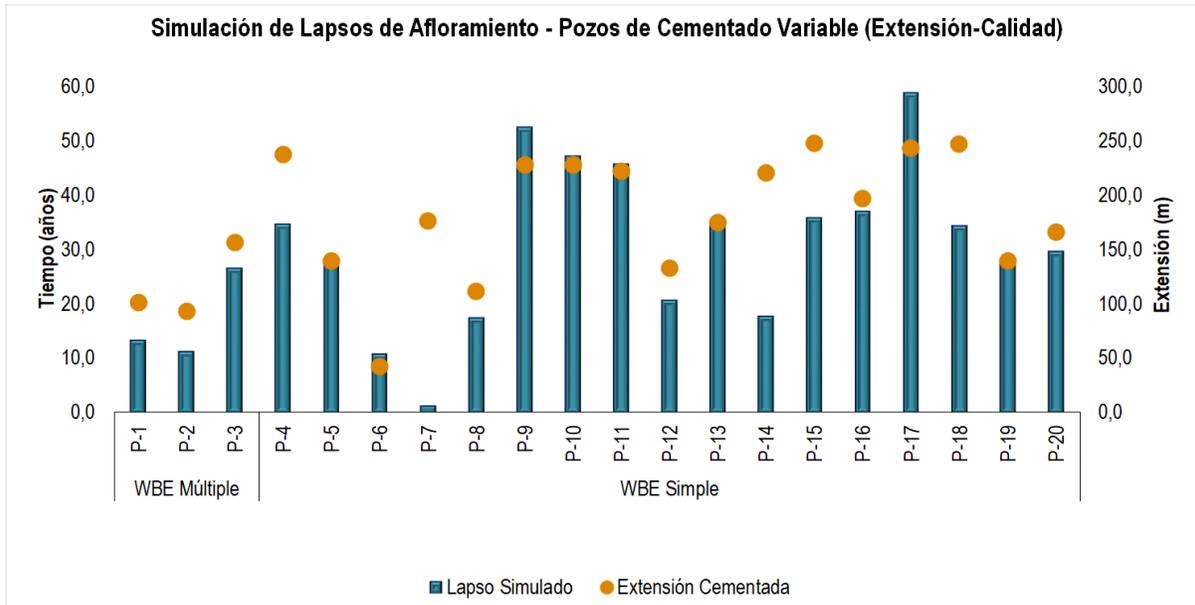
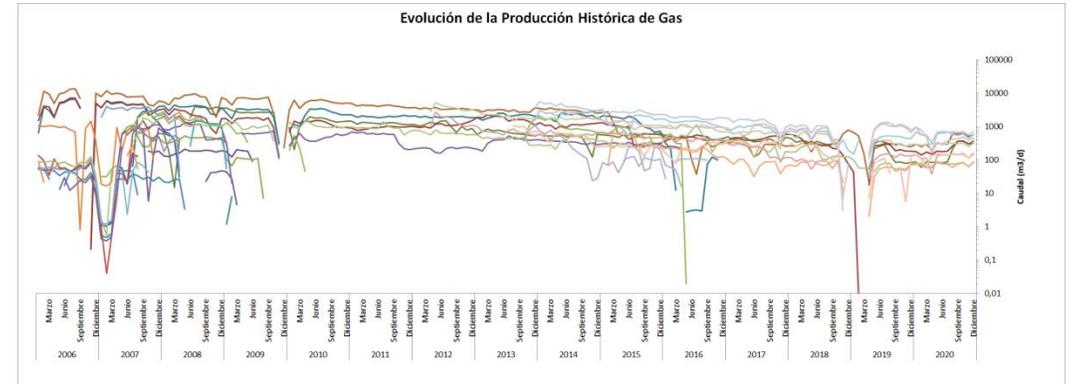
Ranking: Probabilidad de Falla (Normalizada)

1. MDD → Tasa de pérdida de metal.
2. FFS → Falla mecánica.
3. Condición → Inspección-Ensayo.



Ranking: Consecuencia de Falla

- Impacto en el negocio → Producción actual y acumulada (arriba-derecha) + pronósticos disponibles (abajo-derecha).
- Impacto ambiental → Escenarios de contaminación (abajo).

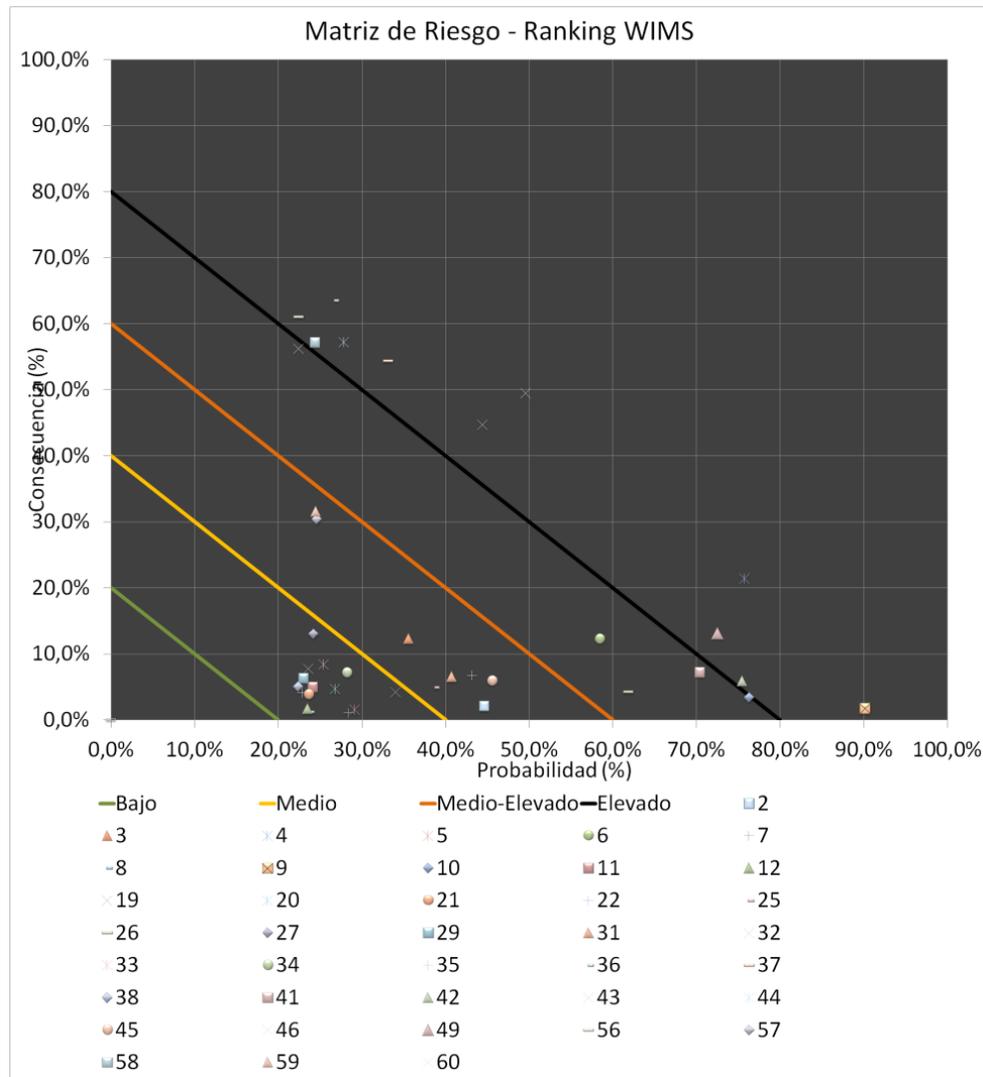


Ranking: Riesgo de Falla (Normalizado)

Matriz BS (derecha) → Clasificación + Asignación de Recursos:

- 21 pozos potencialmente críticos (13 sin doble barrera).
- 14 pozos potencialmente sub-críticos (8 sin doble barrera).

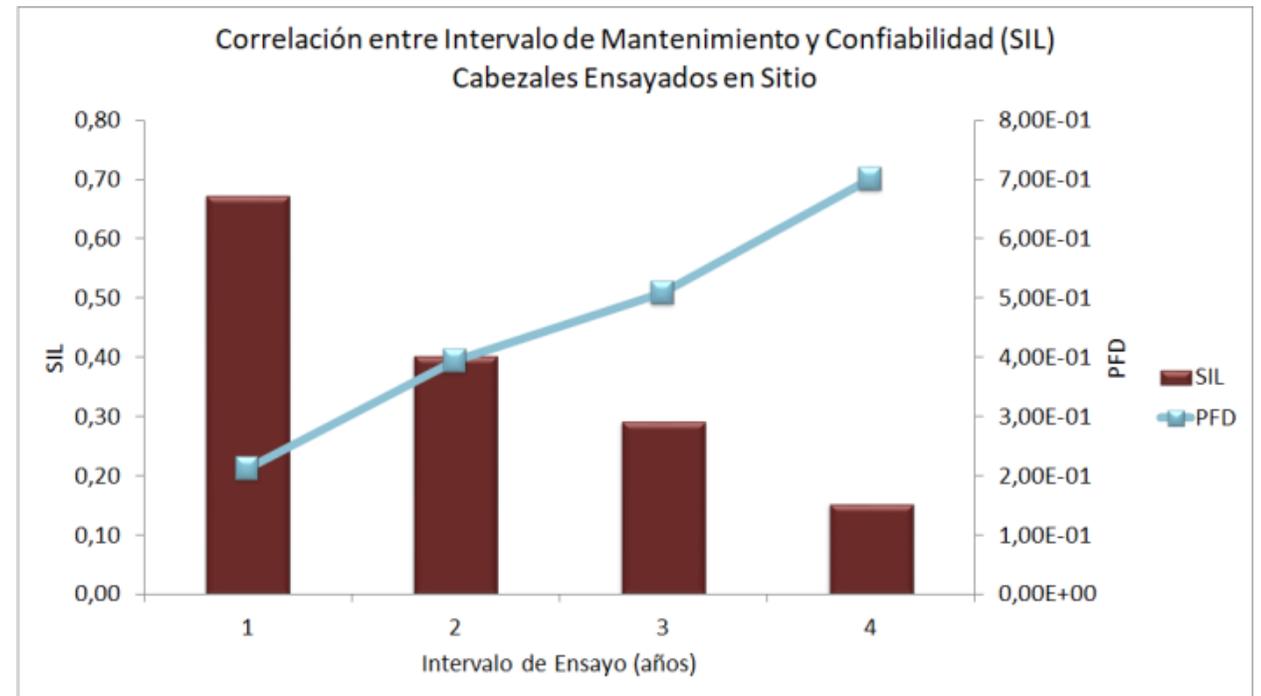
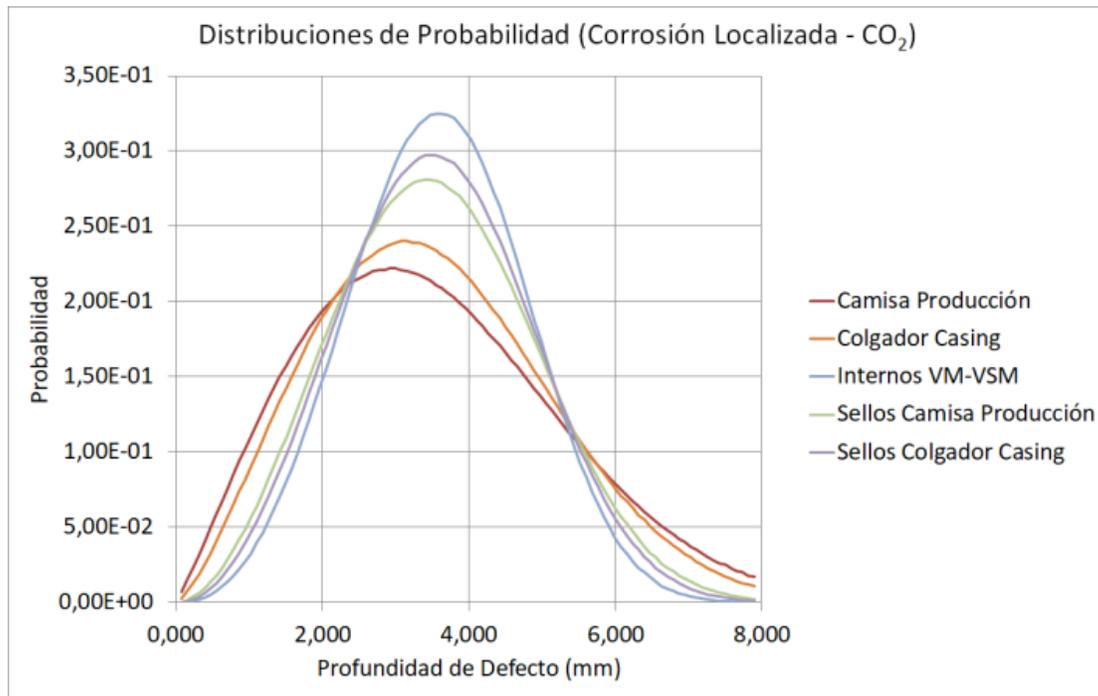
- Pozos ↑ Consecuencia → Habilita acciones de alto impacto económico.
- Pozos ↑ Probabilidad → Habilita consideración de abandono.





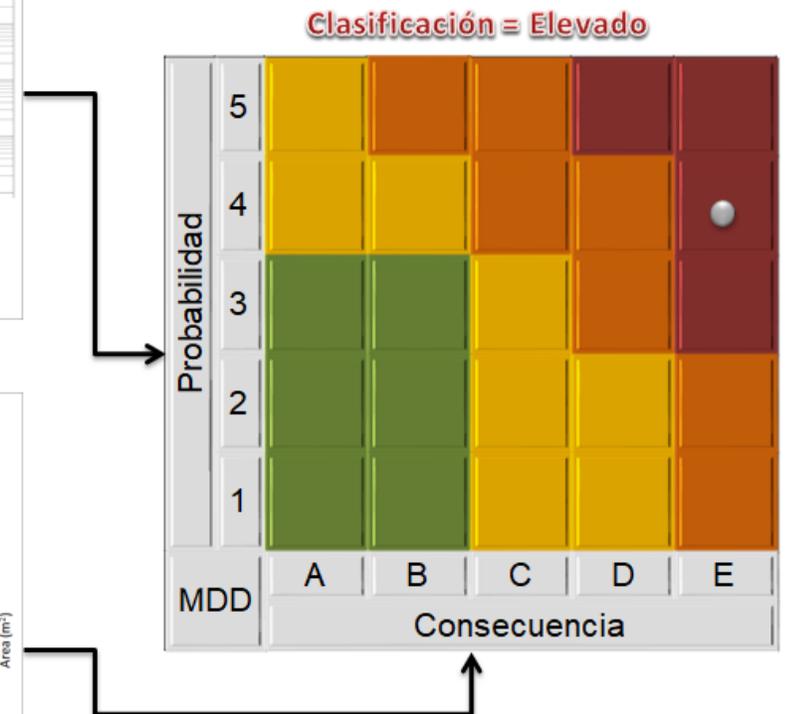
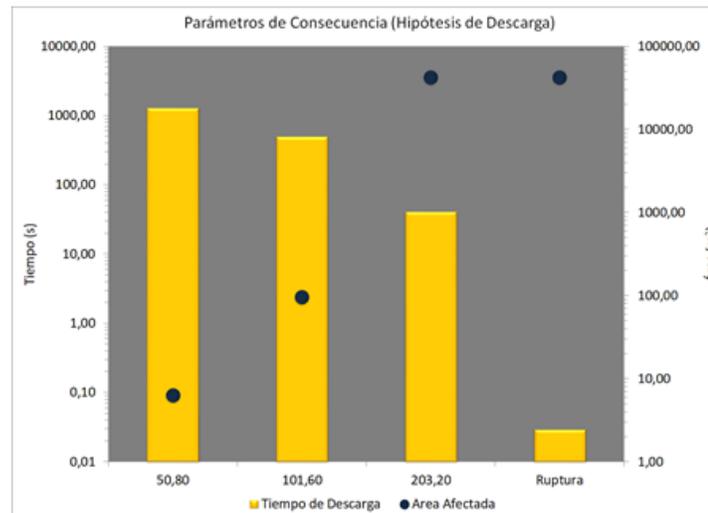
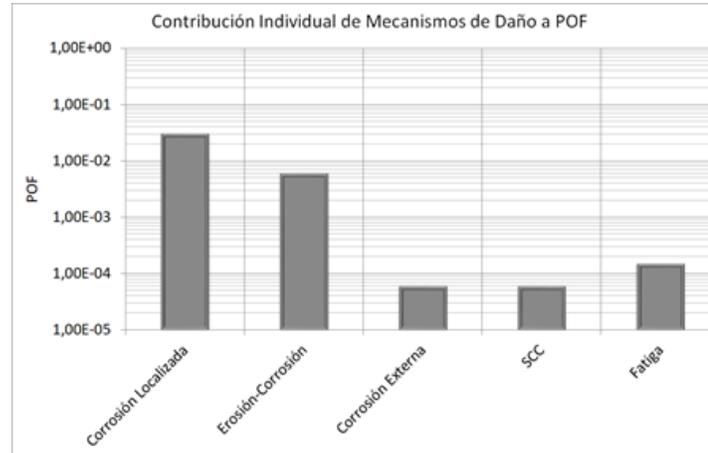
Cuantitativo: Alcance – Mecanismos de Daño - Protecciones

1. Alcance → Cabezales → **Compromiso en Confiabilidad + Funcionalidad** → LOPA: Probabilidad bajo Demanda y Consecuencia bajo Inoperancia.
2. MDD → Aproximación Estadística → **Soporte en Inspección (abajo-izquierda).**
3. Protecciones → $PFD = f(\text{Confiabilidad})$ → $\text{Confiabilidad} = f(\text{Mantenimiento})$. Parámetro Característico de Vida → Ensayos Pozos en Servicio (abajo-derecha).



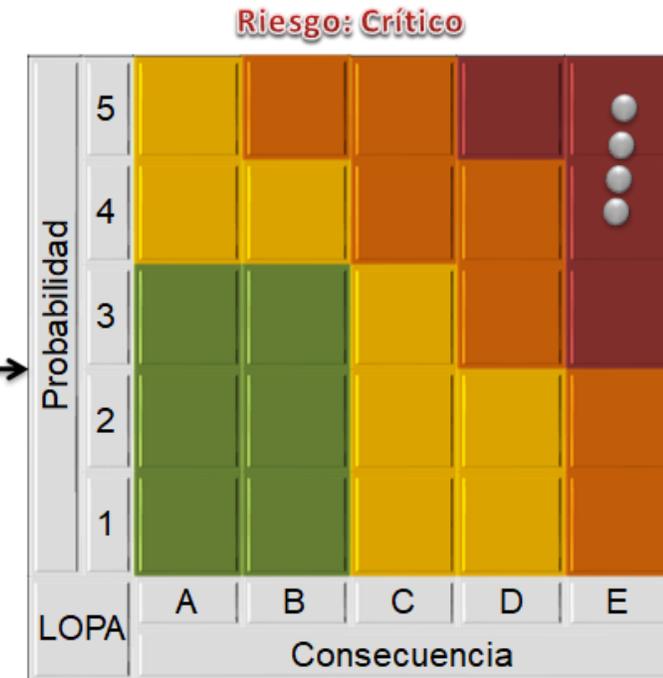
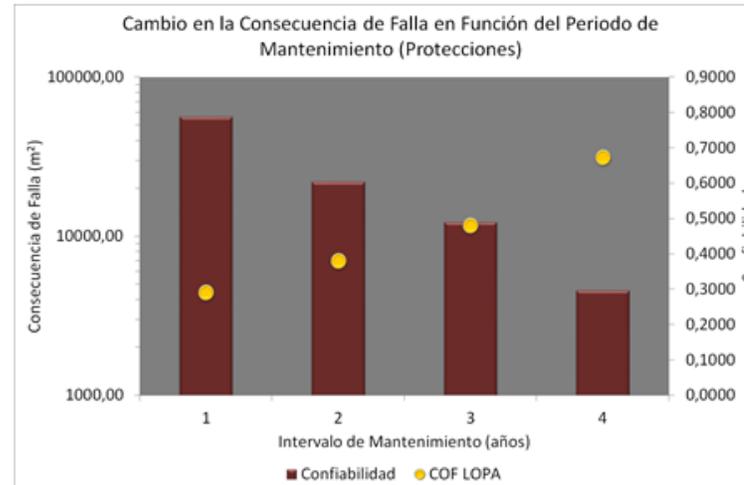
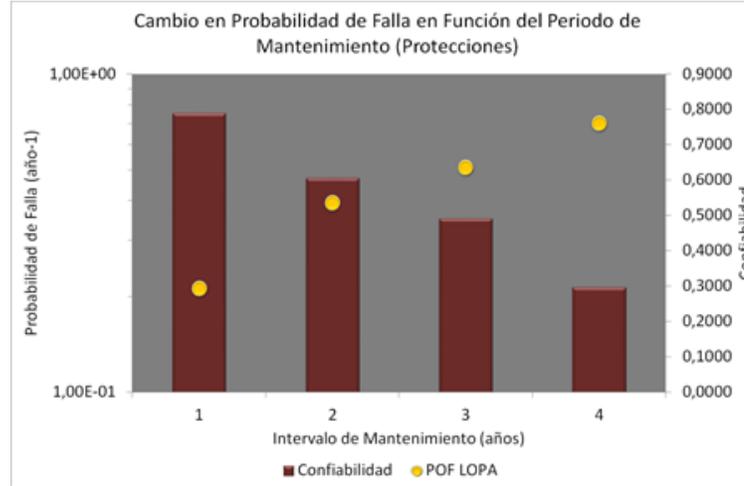
Cuantitativo: Incidencia de MDD en Riesgo de Falla

1. Probabilidad Elevada → Corrosión Localizada + Erosión-corrosión) → Daño Severo en Válvulas.
2. Consecuencia Elevada → Descarga Descontrolada en Superficie.
3. Riesgo MDD → Riesgo Elevado en Cabezales.



Cuantitativo: Análisis y Evaluación de Riesgo

1. Probabilidad $\rightarrow P = f(\text{MDD}, \text{LOPA}) > P = f(\text{MDD})$
 \rightarrow Frecuencia de Mantenimiento > 1 año (daño severo en válvulas).
2. Consecuencia \rightarrow Modificadores Condicionales (daños colaterales sobre instalaciones y personas).
3. Riesgo \rightarrow Evolución Negativa \rightarrow Función de Reducción en Confiabilidad de Protecciones.



Planes Basados en Riesgo

- HAZID: programa de mitigación que combina acciones directas (inspección-intervención-) y evaluaciones particularizadas.
- Ranking:
 - Restitución Preventiva EBP (Reparación-Reemplazo-BIF) = $F(\text{FFS}, \text{VR})$.
 - Abandono \leftarrow Riesgo = $F(\text{POF})$.
 - Análisis Pormenorizado = $\text{MDD} + \text{FFS} + \text{VR} \leftarrow$ Riesgo Elevado.
 - ILI \leftarrow Riesgo Medio Elevado (no incluye restitución EBP).
 - Monitoreo \rightarrow Alcance General.
 - Tratamiento \leftarrow Plan Muestreo Pozos Críticos.
- QRA \rightarrow Mantenimiento + Selección de Materiales (válvulas y sellos).

| Amenaza | Iniciador | Nivel de Riesgo | Observaciones Particulares | Medida de Mitigación | Frecuencia | Responsable |
|-----------------------------|---------------------------------|-----------------|---|--|------------|--|
| Mantenimiento | Trabajo Incompleto - Defectuoso | MEDIO | Dificultades para asegurar rutinas de mantenimiento de VM-VSM. | Revisión mancomunada de las rutinas estándar y de procedimientos de intervención. | Trienal | Mantenimiento-Producción |
| | Frecuencia Inadecuada | MEDIO | Falta definición de frecuencias e instantes de mantenimiento. | Definición mancomunada (técnica y operativa). | Trienal | Mantenimiento-Producción |
| Erosión o Erosión-Corrosión | Fractura | ALTO | Riesgo crítico en superficie por condiciones del proceso de fractura. | Revisión y aseguramiento: materiales y diseño de WBE (cabezales). | Trienal | P&WO - Integridad |
| | Producción | MEDIO | Con potencialidad no determinada a la fecha en pozos productores no convencionales de petróleo. | Análisis de registros operativos sobre pozos (producción por CSG), para evaluar tendencia y susceptibilidad. | Anual | Integridad |
| Impacto | Interferencia | ALTO | Amenaza con proyección crítica en el corto plazo por desarrollo del yacimiento. | Evaluación de susceptibilidad, monitoreo de presión y análisis de impacto (escenarios probables). | Única | Reservorio - Ingeniería de Producción - Integridad |
| Estructural | Sobrecarga (Soporte Cabezal) | ALTO | Por operación de equipos pesados (snubing). | Revisión crítica de condiciones básicas de diseño y construcción. | Única | Ingeniería |
| | Efecto Dinámico (Fractura) | ALTO | Por combinación de efectos dinámicos y cíclicos. | ID escenarios probables y análisis de impacto. | Anual | P&WO-Integridad |

Conclusiones

HAZID → Versátil y eficiente (escaso conocimiento y/o antecedentes). Aporta distintas visiones y competencias (carácter multidisciplinario). Requiere facilitador/es experimentado/s (evitar omisión de amenazas críticas).

Ranking → Clave para la gestión macro → Foco en condicionantes + Visualización completa de un yacimiento + Tablero de control modificable (revisión y verificación del impacto de planes basados en riesgo).

LOPA → Integración de riesgo (MDD + Protecciones). Uso en pozos relevantes para la operación (requiere de conocimientos en confiabilidad y estadística).

Corolario General → La cuantificación de riesgo en pozos NOC es similar a la de otras instalaciones. Su eficacia para la gestión surge del conocimiento sobre de las particularidades de EBP (WIMS).

Muchas Gracias

Juan Pedro Rossi – Gabriel Patrino:

SINTEC S.A.

Gustavo Marcelo Rivera – Duilio Benaroya: YPF S.A.