

# OPERATIONAL EFFICIENCY SUITE: VACA MUERTA 2026

Documentación Técnica y Manual de Usuario

**Autor:** Silvio Jonathan Rojas

**Perfil:** Analista y programador de Sistemas | Técnico Químico Industrial

## Documentación Técnica

Es una **Suite de Eficiencia Operativa** que automatiza el análisis de datos de producción y perforación para optimizar la toma de decisiones en campo.

### ¿Qué hace específicamente? (Funcionalidades)

#### 1) Analizador de Declinación Predictiva (DCA):

- **Qué hace:** Toma la producción histórica y proyecta el comportamiento del pozo a **1.000 días hacia el futuro** usando el modelo hiperbólico de Arps.
- **Para qué sirve:** Para calcular el **EUR** (Recuperación Final Estimada) y saber cuánto petróleo queda en el reservorio.

#### 2) Monitor de Límite Económico Dinámico (Qel):

- **Qué hace:** Cruza la curva de producción con el precio del Brent, las regalías y el OPEX.
- **Para qué sirve:** Determina el "Punto de Abandono". Te avisa en qué mes exacto el pozo dejará de ser rentable (EBITDA negativo).

#### 3) Calculador de Trayectoria Direccional (El "Caballo de Troya"):

- **Qué hace:** Procesa datos de *Surveys* (MD, Inclinación, Azimut) mediante el **Método de Curvatura Mínima**.
- **Para qué sirve:** Valida que la perforación siga el plan geológico y calcula el **TVD** (Profundidad Vertical Real) y la severidad de la curva (Dogleg).

#### 4) Módulo de Integridad y Química (Water Cut & Temp):

- **Qué hace:** Analiza la relación entre el aumento del corte de agua y la temperatura de fondo.
- **Para qué sirve:** Predice el incremento en el costo de tratamiento químico (emulsiones) y el riesgo de corrosión, impactando directamente en el cálculo del OPEX variable.

*"The suite provides a high-fidelity projection of well performance for up to 1,000 days, allowing proactive management of assets and optimized OpEx allocation."*

# Arquitectura y Resiliencia (Data Integrity)

Esta sección explica cómo el software maneja el flujo de información de manera robusta, evitando que se tomen decisiones basadas en datos erróneos.

- **Cloud-Native & Real-Time Synchronization:** La aplicación opera bajo una arquitectura en la nube (Streamlit), lo que garantiza alta disponibilidad y sincronización en tiempo real con los repositorios de datos de campo.
- **Protocolo de Backup y Recuperación:** El sistema incluye una validación automática de integridad en cada inicio de sesión, verificando la última copia de seguridad para prevenir la pérdida de registros históricos de producción.
- **Filtro de Resiliencia (Data Cleaning):** Implementación de algoritmos de detección de *outliers* para identificar y filtrar lecturas erróneas de sensores (ruido), asegurando que los KPIs ejecutivos reflejen la realidad operativa de la planta.
- **Interoperabilidad IT/OT:** Capacidad de integrar datos provenientes de la operación física ("el fierro") y traducirlos a código para un análisis financiero inmediato.

# Roadmap de Producción (El Futuro de la Suite)

Esta sección detalla las próximas integraciones del software, diseñadas para transformar los datos en acciones preventivas en boca de pozo.

## 1. Diagnóstico de Levantamiento Artificial (Artificial Lift Diagnostics)

El objetivo es integrar la analítica de superficie con el comportamiento de fondo para los sistemas más usados en la cuenca (AIB y ESP).

- **Análisis Dinamométrico Automatizado:** Procesamiento de cartas de carga vs. posición para detectar problemas de llenado de bomba, fallas en válvulas (viajera/fija) o interferencia de gas sin esperar a la recorrida de campo.
- **Monitoreo de Parámetros Eléctricos (ESP):** Correlación de amperaje y frecuencia para detectar el "gas lock" o el "downthrust" en etapas tempranas, protegiendo la integridad del motor de fondo.

## 2. Optimización de Inyección Química y Control de Corrosión

La gestión de fluidos es el costo variable más alto después de la energía.

- **Algoritmo de Dosificación Variable:** Ajuste automático de la tasa de inyección de de-emulsificantes y secuestrantes de H<sub>2</sub>S basado en el flujo de agua (*Water Cut*) y la temperatura de línea.
- **Predicción de Escalamiento (Scaling):** Uso de modelos de saturación mineral para predecir cuándo el pozo es propenso a formar incrustaciones calcáreas, permitiendo planificar limpiezas ácidas preventivas.

## 3. Gestión de Activos Críticos y MTBF

Implementación de KPIs de mantenimiento para la toma de decisiones sobre *Workovers*.

- **Cálculo de MTBF (Mean Time Between Failures):** Seguimiento automático del tiempo promedio entre fallas por pozo y por equipo. Esto permite identificar diseños de fondo deficientes o "Bad Actors".
- **Análisis de Costo de Ciclo de Vida (LCC):** Una herramienta para decidir si es más rentable reparar un equipo viejo o invertir en una conversión de sistema de extracción (ej. pasar de AIB a PCP según la viscosidad).

## Conclusión: Visión Integradora de la Operación

La **Operational Efficiency Suite (Proyecto Añelo 2026)** no ha sido concebida únicamente como una herramienta de cálculo, sino como un nexo crítico entre los datos de campo y la rentabilidad corporativa.

En el contexto actual de **Vaca Muerta**, donde la complejidad técnica y la volatilidad económica exigen decisiones ágiles, este software permite:

- **Reducir la Incertidumbre:** Al transformar los datos de producción y surveys en proyecciones matemáticas sólidas, minimizando el error humano en el cálculo de reservas y trayectorias.
- **Optimizar el OPEX:** Identificando proactivamente el límite económico de los activos para enfocar los recursos en los pozos de mayor rendimiento.
- **Anticipar Riesgos:** Proveyendo una base para el mantenimiento predictivo y la gestión química, evitando fallas costosas en los sistemas de levantamiento artificial.

Como Analista de Sistemas y Técnico Químico, mi enfoque principal es la **"Gestión basada en Evidencia"**. Esta suite representa el primer paso hacia una operación totalmente digitalizada donde la física del pozo y la analítica de datos trabajan en conjunto para maximizar el valor de cada barril producido.

# Manual de usuario

## 1. Requisitos de Insumo (Data Input)

Lo primero a verificar por el usuario para que la app no genere error es.

- **Formato de Archivos:** El sistema recibe archivos .csv o .xlsx. por excepción
- **Columnas Necesarias:** Haz una tablita simple.
- **Módulo Producción:** Fecha, Caudal de Crudo (bbl/d), Corte de Agua (%).
- **Módulo Surveys:** MD, Inclinación, Azimut.

## 2. Guía de Navegación (Paso a Paso)

El menú principal es el "Main", para saber el estado de un pozo en particular debe desplazarse a la sección "Vista Global"

### Paso 1: Acceso a la Consola de Control

- En el menú lateral izquierdo (Sidebar), seleccione la opción "**Vista Global**".
- La pantalla se actualizará para mostrar la **Consola de Control de Activos**, donde podrá visualizar el estado general de los 100 pozos bajo análisis.

### Paso 2: Configuración de Variables de Mercado (OPEX y Brent)

Antes de analizar el ranking, es vital ajustar los parámetros económicos en el Sidebar:

- **Precio Brent (USD/bbl):** Ajuste el slider según el valor de mercado actual.
- **OPEX Fijo Promedio:** Ingrese el costo operativo mensual estimado por pozo.
- **Costo de Tratamiento:** Defina el costo por barril de fluido para el manejo de emulsiones y agua.
- *Nota: Estos valores recalculan automáticamente el EBITDA proyectado y el punto de abandono (Qel) en tiempo real.*

### Paso 3: Análisis del Ranking de Performance

En el cuerpo central de la sección, encontrará el **Ranking de Performance por Pozo**. Aquí podrá:

- **Filtrar por Condición:** Seleccione entre "Todos", "Solo Rentables" o "Solo en Riesgo" (Zona Roja).
- **Monitorear el Margen:** Verifique la columna Margen\_BPD. Si el valor es negativo, el pozo ha cruzado su límite económico.
- **Identificar Alertas:** Los pozos marcados como "**ZONA ROJA**" requieren intervención inmediata o cierre por falta de rentabilidad.

### Paso 4: Selección de Activo para Análisis Profundo

Para obtener la proyección predictiva y técnica de un pozo específico:

- Diríjase al desplegable ubicado al pie de la tabla, bajo el título "**Análisis Profundo**".
- Seleccione el ID del pozo (ej. AN-001) que desea inspeccionar según los valores críticos observados en el ranking.
- Haga clic en el botón "**Ver Análisis Detallado**" para ser redirigido a la ficha técnica del activo.

### 3. Interpretación de Resultados (Visuals)

En esta sección visualizamos los gráficos

- La Curva Roja: "Representa el límite económico (Qel). Si la curva de producción cruza esta línea, el pozo requiere revisión inmediata".
- El Semáforo de Dogleg: "Valores en verde indican trayectoria segura; valores en rojo indican riesgo de falla mecánica en la sarta".

### 4. Resolución de Problemas (Troubleshooting)

Cosas simples que pueden pasar que impidan ver de forma correcta el funcionamiento:

"¿No se ve el gráfico?": Verifique que las fechas no tengan celdas vacías.

"¿El Qel da infinito?": Revise que el OPEX ingresado no sea cero.

## Guía de Navegación: Sección "Detalle del Pozo"

Una vez seleccionado un activo desde la Vista Global, el sistema despliega la Ficha Técnica Predictiva. Esta sección permite auditar la salud técnica y financiera del pozo a largo plazo.

### Paso 1: Análisis de la Curva de Declinación (DCA)

Observe el gráfico principal de Producción vs. Tiempo.

- **Línea de Puntos** (Histórico): Representa los datos reales cargados.
- **Curva Sólida** (Modelo Arps): Es la proyección generada por el algoritmo a 1.000 días.
- **Acción del Usuario**: Verifique el valor de EUR (Estimated Ultimate Recovery) en el cuadro de métricas lateral para conocer el volumen total recuperable del activo.

### Paso 2: Evaluación del Límite Económico (Qel)

Localice la línea horizontal roja en el gráfico de producción.

Esta línea marca el Qel (Caudal de Límite Económico) calculado según el Brent y el OPEX definidos anteriormente.

- **Interpretación**: El punto donde la curva de Arps cruza la línea roja indica la Fecha de Abandono Técnico. El software mostrará automáticamente cuántos meses de vida rentable le quedan al pozo.

### Paso 3: Auditoría de Trayectoria y Dogleg

Desplácese hacia abajo hasta el módulo de Geometría del Pozo.

- **Visualización 3D/2D**: El gráfico muestra la trayectoria real calculada por Curvatura Mínima frente al "Target" geológico.
- **Monitor de Severidad** (DLS): Revise el gráfico de Dogleg Severity.
- **Alerta**: Si el DLS supera los 3°/100ft en zonas donde hay instalada una bomba (AIB o ESP), el sistema marcará una advertencia de riesgo de falla mecánica por fatiga o fricción.

### Paso 4: Correlación Química y Operativa

Revise los indicadores de Water Cut (WC) y Temperatura.

Observe si existe una tendencia alcista en el corte de agua que esté desplazando el Qel hacia arriba (haciendo que el pozo sea menos rentable más rápido).