

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 H2S 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".
- **Ánalisis 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).