

Autores

Brezhnev Joya Miranda
Walter Arroyo Caicedo

| Brezhnev.joya@ecopetrol.com.co
| Walter.arroyo@ecopetrol.com.co

DS
BJM

Vicepresidencia de Ciencia, Tecnología e Innovación

Julio 2025

1 Contexto

El presente concepto, emitido desde el equipo de Arquitectura, tiene como objetivo establecer pautas y premisas técnicas claras que deben ser observadas durante las fases de explicación, selección y desarrollo de las soluciones piloto enmarcadas en los retos de innovación abierta. Estas soluciones, lideradas por los emprendedores y la jefatura de innovación, deben alinearse con los lineamientos definidos por el equipo de Arquitectura de la VTI. Es fundamental comprender que un piloto no es una solución final, sino una etapa controlada de validación técnica y funcional, donde se contrasta una hipótesis nula frente a una alternativa, hasta alcanzar evidencia suficiente que justifique su cierre formal. Solo entonces podrá considerarse su transferencia al área de Gerencia de Soluciones de Proyectos VTI para su industrialización. Esta transición implica cumplir con los criterios mínimos de entrega y aseguramiento de la solución Piloto. En este marco, se espera que las soluciones piloto contemplen desde su diseño aspectos básicos como: arquitectura modular y escalable, uso de datos no productivos, integración fuera del borde o capa de aplicación nivel 3, la no viabilidad de integrarse con sistemas productivos o repositorios de datos productivos, predominar el uso de datos espejos o dummy, cumplimiento de estándares de ciberseguridad, trazabilidad de datos, monitoreo, respaldo, recuperación ante fallos y un modelo operativo básico. Estas consideraciones son esenciales para asegurar que las soluciones desde Piloto hacia Industrialización evolucionen de forma segura, sostenible y alineada con la estrategia digital de ECOPETROL y su Grupo Empresarial. Los retos de innovación a considerar en este concepto son los siguientes:

- ¿Cómo podríamos determinar en tiempo real el diámetro de partícula de los sólidos suspendidos y/o

aceites pesados y/o hidrocarburos en agua de inyección para tomar decisiones más rápidas orientadas a mitigar el riesgo de taponamiento de los pozos?.

- ¿Cómo capturar los sólidos en suspensión y precipitados en el fluido de los ductos de transporte de agua industrial, para ser removidos del sistema disminuyendo el arrastre de sólidos y la acumulación de sedimentos?.
- ¿Cómo podríamos capturar el sulfuro de hidrógeno (H₂S) diluido en gas, durante las etapas de extracción, recolección, separación y tratamiento de hidrocarburos para proteger la integridad de los equipos y la salud de los operadores?.

También, se considera como parte del concepto de Arquitectura el documento de entrada emitido por el Arquitecto de ciberseguridad al equipo de Innovación, documento con el nombre (*Concepto Arquitectura Digital. Ciberseguridad_ Requerimientos retos innovación abierta*).

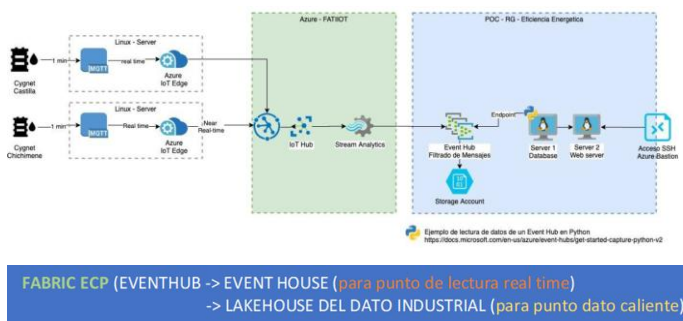
2 Concepto de Arquitectura propuesto

El **CONTRATISTA** deberá cumplir con los siguientes requisitos técnicos que debe considerar en los entregables, a continuación, se describen:

- Los informes técnicos/reportes de avance y entregables deberán presentarse en español.
- Los diagramas de arquitectura/ppts/words deben entregarse en versión editable en Draw.io o Visio.
- Un archivo digital con la creación del modelo analítico y su respectivo ajuste, el cual deberá generar los parámetros de petrofísica y geológicos que definen el Campo productor de incidencia y su concordancia con los medidos en el yacimiento.
- Un informe con curvas y tablas, en donde se muestre la predictibilidad del modelo de las curvas históricas del problema a resolver y sus acumulados.

- Presentación de las predicciones del modelo con todos los posibles escenarios de optimización generados, así como la priorización de las acciones de optimización que constituyen la frontera eficiente del área del campo analizada.
- Presentación de los planes de recomendaciones generados en forma de curva y tabla, flujo de caja asociado y predicción del escenario base e incrementales de las acciones de optimización propuestas por p.ej: pozo/arena/bomba/sistema/otros.
- También, se debe considerar e involucrar en la arquitectura los siguientes aspectos técnicos descritos en el siguiente numeral 4.1.
- **4.1 ASPECTOS TÉCNICOS** (Arquitectura)

El **CONTRATISTA** debe presentar el diagrama de la arquitectura de solución propuesta para este **Piloto** (seguir normas APA v7 con ilustración). Ejemplo: a continuación, se muestra en la siguiente imagen la arquitectura de solución propuesta para el Piloto:



XXXXXXX Nombre del Diagrama ARQ XXXXXXXX
Ilustración 1: Arquitectura propuesta para el Piloto

- El **CONTRATISTA** debe proveer una descripción de la solución con lo siguiente:
- | Nombre del Fabricante | Nombre de la Solución | Feature(s) que cubre funcionalmente | Tipo de Arquitectura ofrecida | Atributos de calidad priorizados |
|-----------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| XXXX | XXXX | XXXX | XXXX | XXXX |
- El **CONTRATISTA** puede proveer una solución tipo SaaS en el cloud de Azure (Microsoft), si la solución propuesta esta alojada en otro Cloud debe detallar la arquitectura de solución, mecanismo de integración para la ingesta de datos y justificar la eficiencia en costos, rendimiento y/o atributos de calidad técnicos que lo acompañen.
 - El **CONTRATISTA** debe utilizar desde el comienzo componentes de autenticación para usuarios **ECOPETROL** con el servicio Microsoft Entra ID

(anteriormente, Azure Active Directory) de **ECOPETROL**.

- Debe cumplir con nivel de compliance SOC 2 Tipo II y encriptación de datos en reposo, tránsito y en uso.
- Los componentes web y de intercambio de datos deben utilizar protocolos modernos y seguros de comunicación como HTTPs, TLS 1.3, MQTT, OPC UA, AMQP, entre otros.
- Para propósitos únicamente de la prueba **Piloto**, se permitirá la transferencia de datos de forma manual mediante archivos de Excel, CSV u otros a una cuenta segura de almacenamiento tipo blob alojada en el data center de **ECOPETROL** en Azure. **ECOPETROL** proveerá un token tipo SAS (shared access signature) finito. Estos archivos/documentos/json/objetos/otros serán consumidos por el **CONTRATISTA** de acuerdo con la estampa de tiempo" (timestamp) y/o "sampling" (muestreo) acordada con el equipo funcional de **ECOPETROL** en la fase de inception o sprint0, lotes o eventos de tiempo definido en el diseño, para el análisis y predicción del modelo analítico propuesto.
- Definición de probar la automatización de la ingesta del dato desde su fuente deben ser tomadas en conjunto entre **ECOPETROL** y el **CONTRATISTA**, donde el negocio y el **CONTRATISTA** en común acuerdo de esfuerzos y costos analicen las opciones para minimizar y agilizar el desarrollo en esta etapa de Piloto. El foco será la evaluación de las funcionalidades y resultados esperados de la solución descrita en los objetivos.
- Si el **Piloto** se considerara exitoso con base en las definiciones funcionales y técnicas de negocio establecidas en este documento y existiera una intención funcional de industrializar la solución, esta arquitectura quedará derogada y se deberá definir una nueva arquitectura de solución que contemple los lineamientos de Arquitectura Empresarial Objetivo de **ECOPETROL** para industrialización.
- La revisión y aseguramiento de la calidad de datos entregados a razón de límites operativos (superior, inferior), nulos, negativos, vacíos, o similares, son responsabilidad del **CONTRATISTA** el revisar y analizar que ese(os) flujos de datos posean reglas de calidad de datos, ese filtrado y limpieza de valores atípicos o anómalos es responsabilidad del **CONTRATISTA** como experto del problema que esta solucionando en su propuesta.
- El **CONTRATISTA**, si en la arquitectura de solución para el Piloto ofrece la capa de despliegue de infraestructura para ser instalada como PaaS/IaaS esta debe ser habilitada en el data center Azure de

ECOPETROL en un área de grupo de recursos controlada y/o definida para Piloto/SandBox y no en ambientes oficiales de DEV/QA o PRD para soluciones industrializadas, se deben salvaguardar los datos de entrada (input) y de salida (output) del negocio.

- El **CONTRATISTA**, si en la arquitectura de solución para el Piloto ofrece una solución SaaS (modo de licenciamiento y consumo de software como servicio) que cumpla con todas las funcionalidades requeridas/solicitadas por el negocio y cumpla con los requisitos técnicos descritos en el numeral 4.0, debe garantizar la ingesta de datos desde la capa de dominio del dato (OneLake o Blob) y mecanismo de entrega del dato que definida **ECOPETROL**, adicional, debe garantizar la devolución de los datos resultados de las corridas o archivos de salida en el dominio del dato que establezca **ECOPETROL** en su OneLake.
- La solución implementada por el proveedor debe cumplir con los requerimientos no funcionales (RNF) establecidos por **ECOPETROL**, como lo son (cantidad de usuarios conectados, concurrencia, capacidad de volumetría de datos procesada, tiempos de respuesta, entre otros).
- El **CONTRATISTA**, al finalizar la primera etapa del Piloto y entregar un producto a satisfacción del usuario funcional de negocio de **ECOPETROL** debe presentar un cuadro del esquema de Licenciamiento y Líneas de costos o ítems adicionales (cantidad de equipos, sistemas, almacenamiento, incremento unidades de procesamiento, data instrumentada real time por paquetes, volúmenes, cantidad de usuarios, usuarios universal readers, avanzados, líneas de servicio especializado de patrones de analítica y/o recomendaciones de mejora en el rendimiento/desempeño/energía/otros, y en general lo que aplique para su modelo de negocio del licenciamiento de la solución propuesta), lo anterior con el objeto de proyectar y establecer una línea base ante una posible Industrialización, sin quedar comprometido **ECOPETROL** con la ejecución de la propuesta, costos o ejecución de nuevas órdenes de **Contrato**.
- Se debe garantizar el Uso de Azure DevOps de **ECOPETROL** para aseguramiento y versionamiento del ciclo de vida de la aplicación en lo que corresponda a la documentación, flujos de datos, diccionario de datos, diagramas de arquitectura de solución en sus diferentes capas, códigos fuentes en repos GIT si aplica la propiedad intelectual a cargo de **ECOPETROL**, pipeline de arm despliegue de infraestructura si aplica por estar el despliegue en el data center de Ecopetrol, en general lo concerniente que aplique a la solución

del Piloto y documentación de arquitectura de las obligaciones del tercero (sea IaaS o SaaS).

- Se debe garantizar que la entrega de data y almacenamiento de información de la herramienta/solución de este Piloto una vez finalizado el **Contrato** con el proveedor queden debidamente asegurados en un repositorio oficial de **ECOPETROL**.
- La propuesta de arquitectura de solución se adapta a oferentes que entreguen una arquitectura tipo SaaS pero sujeta a la toma de datos desde los repositorios seguros en el Azure de **ECOPETROL** y no directamente, y también, a una propuesta de arquitectura dentro de la infraestructura de Azure **ECOPETROL**, se aprovecha el uso de Azure DevOps y Azure Active Directory para asegurar autenticación y gestión del ciclo de vida de los activos. Esto facilita una integración fluida con los sistemas existentes de **ECOPETROL** y asegura que todos los datos y operaciones críticas se realicen en entornos altamente seguros y centralizados, alineados con los estándares de ciberseguridad de la organización, foco en integración con infraestructura y seguridad corporativa.
- Dada las características de ser un Piloto, los datos entregados por **ECOPETROL** deben ser controlados y simulados, es preferible utilizar datos simulados (dummies) en lugar de datos reales (líquidos) para evaluar la metodología y el proceso analítico antes de la implementación completa. Los datos dummy permiten probar el sistema en un entorno controlado y seguro, identificando posibles problemas o mejoras sin afectar a datos reales volumétricos de **ECOPETROL** o comprometer la seguridad del activo, si llegase a ser considerado por los funcionales el uso de datos reales y/o productivos estos deberán solicitar la aprobación del dueño funcional de los datos de negocio y firmar un acuerdo de confidencialidad (anexo a este documento) entre las partes interesadas.
- El **CONTRATISTA** debe implementar controles y procedimientos para garantizar el borrado seguro de la información de **ECOPETROL**, en tanto esta ya no sea requerida para el producto o servicio prestado. El borrado seguro debe ser certificado a través de acta entregada al interventor del **Contrato** una vez finalizado el mismo.
- El resultado del Piloto NO constituye obligación alguna de industrializar la arquitectura de solución para **ECOPETROL S.A.** Este resultado, junto a otros criterios (incluyendo, pero no limitándose, al caso de negocio) podrá ser considerado durante el proceso de toma de decisiones sin obligación contractual alguna.

3 Consideraciones Generales

Las soluciones tecnológicas derivadas de retos de innovación abierta deben construirse bajo un marco técnico riguroso que permita validar hipótesis de valor sin comprometer la estabilidad del ecosistema digital de la organización. En este sentido, todo piloto debe ser concebido como una fase controlada de experimentación, donde se evalúa si la hipótesis nula (que la solución no genera valor diferencial) puede ser rechazada con evidencia suficiente a favor de una hipótesis alternativa.

Esta validación debe realizarse antes de cerrar formalmente la etapa piloto y transferir la solución al área de Gerencia de Soluciones de Proyectos VTI para su industrialización. Por tanto, es indispensable que el piloto contemple desde su diseño: lineamientos de arquitectura empresarial, segmentación de red segura, trazabilidad de datos, integración con sistemas existentes, y cumplimiento de estándares de ciberseguridad industrial. Además, debe incluir capacidades de monitoreo, respaldo, recuperación ante fallos y un modelo operativo básico. Si el Piloto cumple o supera las expectativas esperadas y se da el respectivo aval para industrialización, debe preverse un entregable básico que muestre la ruta al Emprendedor para la entrega al área operativa digital explicándose lo que debe realizarse siguiendo el proceso formal de Transición al Servicio, asegurando que la solución futura esté preparada para operar en ambientes productivos con soporte, escalabilidad y sostenibilidad.

Estas consideraciones garantizan que los pilotos no solo prueben ideas, sino que habiliten soluciones viables, alineadas con la estrategia digital de Ecopetrol y su Grupo Empresarial.

4 Conclusiones

- Los pilotos de innovación abierta deben ser concebidos como entornos controlados de validación técnica y de negocio, donde se prueba la viabilidad de una hipótesis alternativa frente a una hipótesis nula. Desde arquitectura, es fundamental establecer lineamientos claros que aseguren que cada piloto, independientemente de su naturaleza digital, física o híbrida, cumpla con criterios de seguridad integral, trazabilidad de datos, interoperabilidad y escalabilidad.
- Adicional, es fundamental que todo piloto contemple desde su fase inicial no solo la viabilidad técnica y

funcional, sino también la sostenibilidad financiera de su eventual industrialización. Muchos pilotos llegan sin claridad sobre los costos OPEX asociados al licenciamiento, servicios especializados o componentes ocultos que emergen al escalar. Por ello, se debe exigir al emprendedor una evaluación temprana de estos elementos, incluyendo modelos de costos, escenarios de escalabilidad y condiciones contractuales. Esta visión integral permite tomar decisiones informadas, evitar sobrecostos inesperados y asegurar que las soluciones propuestas puedan ser operadas de forma sostenible en ambientes productivos.

- Los pilotos exitosos no deben verse como ejercicios aislados de innovación, sino como precursores de soluciones que podrían integrarse al ecosistema digital de **ECOPETROL**. Por tanto, es responsabilidad del innovador y arquitecto asegurar que, al momento de cerrar un piloto, exista una definición clara de los requisitos técnicos, operativos y financieros para su transición al área de Gerencia de Soluciones VTI. Esto incluye la documentación de costos reales y proyectados, la validación de cumplimiento con los lineamientos de ciberseguridad, interoperabilidad, soporte y continuidad, así como la preparación para el proceso formal de entrega a Soluciones de Proyectos. Solo así se garantiza que la innovación no solo sea viable, sino también gobernable y alineada con la estrategia digital de ECOPETROL y su Grupo Empresarial.
- Este tipo de iniciativas no solo habilitan soluciones innovadoras, sino que fortalecen la práctica de Arquitectura Empresarial como disciplina estratégica dentro de Ecopetrol y el GE. La correcta ejecución de pilotos permite demostrar el valor agregado que los arquitectos de segmento, solución y empresa entregan día a día: conocimiento profundo del negocio, dominio de tecnologías digitales y capacidad de definir soluciones sostenibles. Además, estos espacios deben servir como puentes de relacionamiento con las áreas de negocio, consolidando una red de colaboración que facilite la sinergia entre arquitecturas locales y corporativas, y que asegure que cada solución construida esté alineada con los objetivos de largo plazo de ECOPETROL.

5 Anexos

- Anexo 1. Guía para Pilotos en Ecopetrol.

- Anexo 2. Template de ejemplo para Especificaciones Técnicas/Funcionales (ETF) de Pilotos en Ecopetrol.
- Anexo 3. Guía de criterios ATAM a seleccionar y aplicar.
- Anexo 4. Template de presentación de la Arquitectura.
- Anexo ARQ-01_Documento de Diseño Solucion.

6 Versiones

Versión	Fecha (dd/mm/aaaa)	Cambios
v1	25/07/2025	Estructuración del concepto de arquitectura con los mínimos viables de requisitos, recomendaciones y definiciones establecidas para los retos de innovación abierta.

7 Autores

Nombre y Apellido	Registro	Firma Digital
Brezhnev Joya Miranda	E0229352	Brezhnev Joya Miranda

DocuSigned by:

Brezhnev Joya Miranda

3210377C4068476...