



Propuesta Integral de Transformación Digital para la Interventoría de Obras Civiles en ARM Consulting S.A.S.

**Propuesta Integral de Transformación Digital para la Interventoría de Obras Civiles en
ARM Consulting S.A.S.**

Nombres y apellidos completos de los autores

Johathan Andrés Gaviria Contreras

Juan Felipe Pérez Tamayo

Yuly Alexandra Otalora Rueda

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de:
Magister en Gerencia de Proyectos

Director (a):
Edgar Felipe Afanador Cortes

Modalidad: Virtual
Innovación educativa
“Business case”

Universidad EAN
Facultad: Ingeniería
Programa: Maestría en Gerencia de Proyectos
Bogotá, Colombia
04/Noviembre/2025

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que hicieron posible la realización de este trabajo de grado. Cada una de ellas aportó, desde su conocimiento, acompañamiento y compromiso, al desarrollo de una propuesta que representa no solo un logro académico, sino también un valioso proceso de aprendizaje colectivo, profesional y humano.

En primer lugar, agradecemos a la **Universidad EAN**, por su apoyo, orientación y acompañamiento constante a lo largo de todo el proceso. Su compromiso con la excelencia académica, la sostenibilidad y la innovación organizacional nos inspiró a estructurar un trabajo con rigor, visión y propósito, contribuyendo al fortalecimiento de nuestras competencias y a la aplicación práctica del conocimiento adquirido.

De manera especial, extendemos nuestro agradecimiento al **director del Diplomado en Innovación Organizacional, Edgar Felipe Afanador Cortés**, por su orientación, experticia y liderazgo durante el desarrollo de este trabajo. Su guía, compromiso y disposición fueron fundamentales para mantener el enfoque, la claridad metodológica y la motivación en cada etapa del proyecto.

Agradecemos también a los **directores de proyectos de ARM Consulting S.A.S. Miguel Alberto Sánchez Jiménez, Robinson Fernando Marroquín Pérez, Jhon Leandro Henao Fernández y Héctor Armando Gómez Jaimes**, quienes brindaron su tiempo y conocimiento en el proceso de entrevistas y recolección de información. Su experiencia, apertura y colaboración fueron esenciales para comprender la realidad operativa y estratégica de la organización.

Asimismo, queremos destacar y agradecer profundamente al **Gerente de Proyectos de ARM Consulting S.A.S., Johathan Andrés Gaviria Contreras**, quien hace parte fundamental del equipo y cuyo apoyo incondicional, confianza y compromiso hicieron posible este trabajo. Su disposición para proporcionarnos información, facilitar el acceso a los recursos y acompañar el proceso de construcción de la propuesta fue clave para alcanzar los objetivos planteados.

Finalmente, queremos agradecer de manera muy especial a **nuestras familias**, por su amor, paciencia y apoyo incondicional. Gracias por creer en nosotros, por acompañarnos en cada paso de este camino y por ser nuestra mayor fuente de inspiración y fortaleza. Sin su comprensión y aliento constante, este logro no habría sido posible.

A todos ustedes, gracias por su tiempo, por compartir sus conocimientos y por acompañarnos en este proceso, que más allá de un trabajo académico, se convirtió en una experiencia de crecimiento compartido, compromiso y aprendizaje continuo.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de grado tiene como propósito diseñar una propuesta integral para la recolección de reportes de avance semanal de obra en ARM Consulting S.A.S., mediante la incorporación de drones, herramientas digitales y protocolos estandarizados que optimicen la ejecución, fortalezcan la trazabilidad y aumenten la eficiencia en los procesos de interventoría.

Esta propuesta surge como respuesta a una problemática operativa evidenciada en la organización: aunque la empresa cuenta con drones, su uso ha sido mínimo debido a la ausencia de personal experto en su manejo y a la falta de integración con herramientas tecnológicas que permitan aprovechar su potencial. Actualmente, la recolección de evidencias y reportes se realiza de forma manual y presencial, lo que genera demoras, baja estandarización y limitaciones para comparar los avances entre obras.

La solución propuesta plantea la implementación de la plataforma PixPro, una herramienta digital que integra el procesamiento de imágenes capturadas por drones genera reportes automatizados y permite el análisis de datos mediante indicadores de desempeño (KPIs).

Esta integración facilitará la centralización de la información, la automatización de reportes y la disponibilidad de datos en tiempo real, fortaleciendo la toma de decisiones estratégicas y la confianza en la información entregada tanto a nivel interno como a los clientes.

La metodología de validación se basó en entrevistas con los directores de proyectos y en el análisis de brechas de los procesos actuales, permitiendo identificar oportunidades de mejora y validar la pertinencia de la propuesta frente a las necesidades operativas de la empresa. Los resultados evidencian que la digitalización de los procesos de recolección de información mejora la eficiencia, la confiabilidad de los reportes y contribuye a reducir costos operativos también permite minimizar riesgos asociados a desplazamientos y garantizar un seguimiento más preciso de las obras, incluso en zonas de difícil acceso.

Con la integración de drones y PixPro, la empresa avanza hacia un modelo de interventoría más ágil, transparente y basado en datos. El documento articula los componentes necesarios para esta transformación: procesos, roles, flujos digitales, recursos tecnológicos, prototipo conceptual e indicadores de adopción, conformando una propuesta coherente y orientada a mejorar la trazabilidad y eficiencia del proceso de interventoría.

CONTENIDO

1.	OBJETIVOS Y ALINEACIÓN ESTRATÉGICA	9
1.1.	<i>Objetivo general</i>	<i>9</i>
1.2.	<i>Objetivos específicos.....</i>	<i>9</i>
2.	CONTEXTO Y DESAFÍO DE INNOVACIÓN	10
2.1.	<i>Análisis del ecosistema de innovación del sector y de la solución propuesta</i>	<i>10</i>
2.2.	<i>Entendimiento de las necesidades del área y/o unidad de negocio (Diagnóstico interno):</i>	<i>13</i>
2.3.	<i>Mapa de empatía del cliente/usuario:</i>	<i>14</i>
3.	SOLUCIÓN INNOVADORA	16
3.1.	<i>Solución innovadora</i>	<i>16</i>
3.2.	<i>Descripción de la solución (storyboard).....</i>	<i>17</i>
3.3.	<i>Prototipo conceptual (imágenes o modelo 3D).....</i>	<i>18</i>
3.4.	<i>Propuesta de experiencia del usuario (journey map)</i>	<i>19</i>
4.	ANÁLISIS DE MERCADO, STAKEHOLDERS Y COMPETENCIA.....	21
4.1.	<i>Análisis de tendencias emergentes, competidores y tecnologías disruptivas</i>	<i>21</i>
4.2.	<i>Evaluación de stakeholder.....</i>	<i>21</i>
4.3.	<i>Metodología utilizada para la evaluación</i>	<i>22</i>
4.4.	<i>Criterios de evaluación utilizados y filtro de las audiencias de interés</i>	<i>22</i>
5.	MODELO DE NEGOCIO INNOVADOR	23
5.1.	<i>Canvas de modelo de negocio.....</i>	<i>23</i>
6.	PLAN DE IMPLEMENTACIÓN BAJO METODOLOGÍAS ÁGILES	24
6.1.	<i>Roadmap de innovación</i>	<i>24</i>
6.2.	<i>Metodología de desarrollo</i>	<i>24</i>
6.3.	<i>Equipo y recurso humano requerido</i>	<i>25</i>
7.	ANÁLISIS FINANCIERO Y DE IMPACTO.....	25
8.	IMPACTO SOCIAL Y AMBIENTAL	27
9.	GESTIÓN DE RIESGOS Y OPORTUNIDADES.....	28
10.	MÉTRICAS DE ÉXITO Y KPIS DE INNOVACIÓN.....	29
10.1	<i>OKRs (Objectives and Key Results) del proyecto.....</i>	<i>30</i>

10.2 Métricas de innovación.....	30
10.3 Plan de medición y evaluación continua	30
11. PLAN DE GESTIÓN DEL CAMBIO Y ADOPCIÓN	31
12. CULTURA DE INNOVACIÓN Y MEJORA CONTINUA	32
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	35
13.1. Conclusiones	35
13.2. Recomendaciones.....	36
14. REFERENCIAS	37

Tabla 1 Actoresclave en el sector de la interventoría para ARM Consulting SAS	12
Tabla 2Roadmap de innovación	24
Tabla 3Roles y responsabilidades del equipo de innovación	25
Tabla 4 Propuesta roles para ARM Consulting SAS	26
Tabla 5 Propuesta de roles para ARM Consulting SAS	26
Tabla 6Cronograma de actividades de comunicación	31
Tabla 7Propuesta de métricas de innovación para ARM Consulting SAS	34
Tabla 8Propuesta de plan de resistencia al cambio para ARM Consulting SAS.....	35
Tabla 9 de ponderación strategy canvas.....	41
Tabla 10Matriz ERIC.....	42
Tabla 11OKRs	43
Tabla 12Métricas de innovación.....	44
Tabla 13Plan de remediación	44
Tabla 14Soluciones emergentes.....	45
Tabla 15Plataformas con uso de drones.....	45
Tabla 16Entrevistas	46

Ilustración 1 Análisis FODA	13
Ilustración 2 Mapa de empatía del cliente/usuario	15
Ilustración 3 Storyboard – fotos drones existentes	18
Ilustración 4 Storyboard del funcionamiento de la solución	18
Ilustración 5 Prototipo conceptual Sistema dron e interfaz digital	19
Ilustración 6 Journey Map	20
Ilustración 7 Mapa del nivel de influencia de los stakeholders	22
Ilustración 8 Business model canvas	23
Ilustración 9 Análisis financiero	27
Ilustración 10 Perfil de riesgos	29
Ilustración 11 Audiencias clave	31
Ilustración 12 Mensaje clave para audiencias	31
Ilustración 13 Valores	33
Ilustración 14 Organigrama	40
Ilustración 15 Análisis 5 WHY	40
Ilustración 16 Strategy Canvas	41
Ilustración 17 Diagrama Ikigai	42

1. OBJETIVOS Y ALINEACIÓN ESTRATÉGICA

1.1. Objetivo general

Diseñar una propuesta integral de transformación digital que incorpore herramientas tecnológicas, flujos de trabajo, roles, recursos y mecanismos de seguimiento para mejorar la oportunidad, trazabilidad y eficiencia de los procesos de interventoría de obras civiles en ARM Consulting S.A.S.

1.2. Objetivos específicos

Conocer el entorno: Analizar el marco normativo, tecnológico y contractual vigente en el sector de interventoría de obras públicas y privadas, identificando oportunidades y limitaciones para la incorporación de drones y plataformas digitales en la recolección de reportes de avance semanal.

Diagnosticar el proceso de recolección de datos: Analizar el proceso actual de recolección, consolidación y presentación de reportes de obra en ARM Consulting S.A.S., con el fin de identificar brechas en eficiencia, trazabilidad y estandarización, para establecer oportunidades de mejora alineadas con las buenas prácticas de la industria.

Evaluar con las partes interesadas: Identificar las expectativas y necesidades de las partes interesadas clave (clientes, equipo técnico, interventores y entidades de control), respecto a la confiabilidad, formato y oportunidad de los reportes, para alinear la propuesta metodológica a sus requerimientos.

Proponer un plan de acción: Diseñar y validar un plan metodológico que integre drones, herramientas de captura digital y protocolos de centralización de información, estableciendo indicadores de desempeño que permitan medir el impacto en eficiencia, calidad y satisfacción del cliente.

2. CONTEXTO Y DESAFÍO DE INNOVACIÓN

2.1. Análisis del ecosistema de innovación del sector y de la solución propuesta

La interventoría de obras civiles consiste en la realización de seguimiento y control técnico, administrativo, financiero, ambiental, social, legal, seguridad y salud en el trabajo de proyectos de obras civiles y de arquitectura (edificaciones, vías, obras de protección hidráulicas, redes de servicios públicos, etc.), verificando que se ejecuten de acuerdo con las especificaciones técnicas, las obligaciones contractuales, la normatividad vigente y la calidad pactada con el contratista.

En el sector público en Colombia existen para la mayoría de los casos unos parámetros establecidos para la contratación por parte de las entidades estatales, en el caso de las interventorías se realiza a través de concursos de méritos de acuerdo con lo establecido en la Ley 80 de 1993.

Estos parámetros, están fijados mediante el uso de pliego tipo o también conocidos como documentos tipo, los cuales fueron creados por el organismo Colombia Compra Eficiente y que deben ser adoptados por las entidades públicas con el fin de garantizar la transparencia y combatir la corrupción.

En la actualidad, el ejercicio de la interventoría de obras civiles y de arquitectura en el sector público en Colombia se desarrolla de una manera tradicional, aunque con criterio técnico y algo más de eficiencia que años atrás debido al internet y los medios de comunicación. Sin embargo, en el sector privado se ha avanzado mucho más porque la innovación y las nuevas tecnologías son más apreciadas en este sector.

Esta situación refleja un patrón similar al observado en otros países en desarrollo, donde la transformación digital en la construcción depende de estrategias organizacionales orientadas a la adopción de tecnologías como el modelado de información para la construcción (BIM) y la gestión integrada de proyectos (Rinchen et al., 2024).

Aun así, en los últimos años, para el desarrollo de interventorías en entidades del Estado Colombiano se presentan algunas tendencias como lo son:

- Digitalización de procesos: Se están implementando algunas plataformas digitales para el cargue, publicidad y acceso a la información de los contratos como es la plataforma Secop II o Ariba. Estos se encuentran en constante actualización y adaptación a las necesidades que se van presentando.
- BIM (Building Information Modeling): Es una metodología que busca generar un modelo digital de la obra y permite coordinar los diferentes componentes que se deben desarrollar en el proyecto, permitiendo un control detallado de la programación y ejecución de las obras.
- Nube de datos: Herramienta que permite acceder a la información desde cualquier equipo de cómputo con acceso a internet. Esto brinda un control eficiente de documentos y desarrollo de procesos más ágiles.
- Incentivos para la sostenibilidad y el manejo ambiental: Se están otorgando incentivos en los procesos de contratación para las empresas que presenten y desarrollen planes de sostenibilidad, buen manejo y disposición final de los recursos que se empleen en el desarrollo de las funciones de interventoría.

- Monitoreo remoto: Se están empezando a emplear fotografías aéreas y drones con el fin de hacer un inspección visual y seguimiento al avance en obras.

ARM Consulting SAS tiene dentro sus objetivos estratégicos:

- Desarrollar un ejercicio económico rentable y eficiente a través de proyectos de interventoría, consultoría de obras civiles y de arquitectura.
- Mejorar la eficiencia operativa a través de la reducción de tiempo y esfuerzo requeridos para la elaboración y entrega de informes mediante el uso estratégico de tecnologías.
- Fortalecer la presencia en las regiones de Colombia donde se presente desarrollo económico y de infraestructura.
- Ofrecer a los clientes servicios avanzados e innovadores que permitan dar una mejor respuesta a las necesidades y obligaciones contractuales.
- Ampliar los servicios de interventoría a otros tipos de proyectos, como lo son suministros, planes de manejo ambiental, reforestación y/o concesiones.

Como lograr realizar un seguimiento y control más eficiente de las actividades desarrolladas en campo, sobre todo en proyectos ubicados en zonas de difícil acceso de tal manera que se puedan cumplir con las obligaciones de entrega de informes semanales en los plazos establecidos.

Con el desarrollo de un proyecto innovador para la recolección eficiente de información en campo y la elaboración oportuna de informes semanales se espera:

- Reducción de retrasos en la entrega de los informes semanales y por ende disminución de los riesgos de incumplimiento de las obligaciones contractuales.
- Reducción de costos a corto y largo plazo, por la disminución de las horas dedicadas a los informes semanales.
- Mejorar la calidad técnica de los informes con una medición más precisa, rápida y ajustada a la realidad, además de agilizar procesos como las revisiones de cobros parciales o informes ejecutivos especiales.
- Mayor reputación y confianza institucional por el desarrollo eficiente y competente de las actividades de interventoría lo que genera reconocimiento y un incremento en el número de proyectos o asesorías.

Los stakeholders son todos los que intervienen o se ven afectados por el proyecto y son importantes porque del análisis de ellos depende o no el éxito en la ejecución. También porque de ellos nacen insumos necesarios, se estipulan las reglas, se pueden generar alianzas y finalmente se les ofrecerán los servicios desarrollados. Para este sector se han determinado como actores clave los siguientes:

Tipo de Actor	Actores
Reguladores	Colombia Compra Eficiente, Cormacarena, Ministerio de trabajo, RAS2000, NSR10.
Aliados	RAMDCO S.A.S., RM Ingenieros S.A.S., Codinso S.A.S.
Competidores	A nivel regional: Ingecinco Ltda., Ingestruc Ingenieros Consultores S.A.S., Ingeval Ingeniería S.A.S., B&C Diseños y Construcciones S.A.S., CORBAN Ingenieros S.A.S. A nivel nacional: MAB Ingeniería de Valor S.A.S., JASB y Compañía S.A.S., SB Consultoría de la costa S.A.S., Restrepo y Uribe S.A.S., RM Ingeniería y Construcciones S.A.S.
Proveedores	CyD Diseños e Ingeniería S.A.S., JAD Quality S.A.S., PRO-PINILLA Rodríguez Ortiz SAS, Construcciones de Oriente S.A.S., NHSQ Laboratorios de Ingeniería S.A.S., Plotter Miller Almanza E.U., Transportes del Llano S.A.S

Tipo de Actor	Actores
Academia	Universidades que formen en BIM, Institutos formadores en la conducción de drones.
Clientes	Entidades del Estado: INVIAS, IDU, ANI, Gobernaciones, Alcaldías, Fondos Mixtos

Tabla 1 Actoresclave en el sector de la interventoría para ARM Consulting SAS (Elaboración propia, 2025).

Algunas de las tecnologías que están siendo aplicadas por su relevancia en el desarrollo de las actividades de la interventoría son las siguientes:

- BIM para el modelado digital de proyectos que permite hacer un mejor seguimiento y control en el desarrollo de las actividades de obra.
- Uso de drones y programas que a través de fotografías aéreas permitan realizar un monitoreo de los avances de obra y cumplimiento de dimensiones como áreas geográficas.
- Herramientas digitales colaborativas en la nube que permitan un mejor desempeño en la gestión documental y entregables del proyecto.

En el mercado existen algunas soluciones que están emergiendo y que pueden ser empleadas en el desarrollo de las actividades de interventoría, la más común de ellas es el uso de plataformas digitales de gestión de proyectos que permiten realizar el seguimiento a compromisos adquiridos y una mejora de la documentación, esta herramienta podría ser un buen elemento complementario para resolver la necesidad de ARM Consulting SAS, sin embargo la celeridad en la medición de las actividades en campo, que es lo que genera más esfuerzo debe ser a través de otro mecanismo que no sea necesariamente la medición tradicional. (Ver apéndice L. soluciones emergentes) se muestran cuáles son las soluciones que están emergiendo con sus fortalezas y debilidades.

Algunas de las soluciones para la medición ágil, eficiente y precisa del avance de obra en campo son a través de los drones, fotografías aéreas y análisis de los datos recolectados a través de la inteligencia artificial.

Por ello se estudiaron y analizaron diferentes plataformas que ofrecen servicios tecnológicos. Al analizar varias plataformas en cuanto a enfoque, tipo de procesamiento, nivel de aprendizaje, nivel de precisión y licenciamiento se encontró que las DroneDeploy, PrixPro y ArcGIS Drone2Map cuentan con las condiciones requeridas para desarrollar el proyecto. (Ver apéndice M plataformas con uso de drones).

Una solución innovadora que permita realizar una obtención eficiente y eficaz de la información en las obras y que permita la entrega oportuna de informes a los clientes podría:

- Cerrar las brechas en el desarrollo del proyecto integrando diferentes datos, en reportes más exactos y oportunos también permite reducir los costos y riesgos asociados a las visitas presenciales.
- Generar un valor diferencial en el mercado lo que permite una mejor integración entre contratante, contratista e interventor, además de incrementar la confianza de los clientes por la calidad de trabajo, cumplimiento y capacidad de innovación.

2.2. Entendimiento de las necesidades del área y/o unidad de negocio (Diagnóstico interno):

Tras analizar el ecosistema de innovación y las tecnologías aplicables a la interventoría, se realizó un diagnóstico interno para identificar las capacidades actuales de ARM Consulting SAS y las brechas que deben cerrarse para adoptar de forma efectiva soluciones digitales. Este diagnóstico mostró que la estructura organizacional vigente no responde completamente a los nuevos procesos basados en datos, monitoreo remoto y herramientas colaborativas, lo que limita la eficiencia y la trazabilidad de la información.

En consecuencia, la propuesta de estructura organizacional surge como un paso natural para asegurar que los nuevos procesos, herramientas y modelos de gestión puedan implementarse de manera efectiva. A continuación, se presenta la estructura sugerida para la Unidad de Interventoría, diseñada para soportar la integración tecnológica y fortalecer la trazabilidad y calidad de la información. Este diseño se fundamenta en el análisis interno de la empresa, alineado con la necesidad de modernizar los procesos de interventoría y consolidar un modelo diferencial en el mercado (ARM Consulting SAS, 2025). (Ver apéndice A. Organigrama ARM Consulting SAS).

Adicionalmente, se desarrolló el análisis FODA con el propósito de identificar los factores internos y externos que influyen en el posicionamiento estratégico de la organización. Este análisis se elaboró después del diagnóstico interno y complementa la propuesta de estructura organizacional presentada previamente, ya que permite comprender de manera más amplia las capacidades actuales de ARM Consulting SAS, las brechas operativas y los retos del entorno que la nueva estructura busca atender. El análisis FODA ofrece una visión estructurada de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas que impactan directamente la operación de la unidad de interventoría.

Para su construcción se aplicó el marco conceptual sobre los orígenes y evolución del análisis FODA documentado en la literatura académica (Puyt et al., 2023), lo que asegura rigor metodológico y alineación con prácticas contemporáneas de gestión. Los resultados obtenidos aportan insumos esenciales para validar la pertinencia de la estructura organizacional propuesta, definir prioridades estratégicas y fortalecer la competitividad de ARM Consulting SAS en el sector de interventoría.

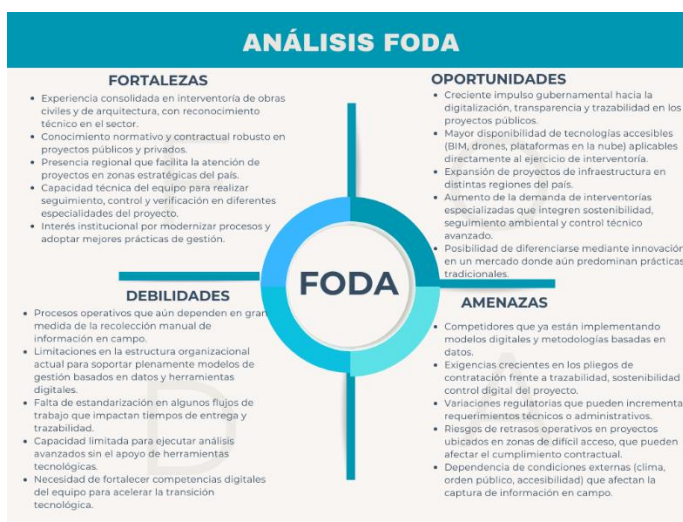


Ilustración 1 Análisis FODA

Fuente. Elaboración propia (2025)

Actualmente ARM Consulting SAS dispone de un equipo interdisciplinario conformado por ingenieros, analistas de datos y especialistas en interventoría digital, lo cual constituye una base sólida para implementar soluciones tecnológicas avanzadas. En el componente tecnológico, la empresa ya cuenta con drones adquiridos, los cuales se han utilizado en un solo proyecto; Sin embargo, no se dispone de una plataforma o herramienta digital en la nube que permita centralizar, procesar y visualizar los datos recolectados, integrando dashboards en tiempo real y reportes automatizados. Desde la perspectiva financiera, ARM Consulting SAS enfrenta costos de inversión relacionados con licencias, capacitación y mantenimiento de la infraestructura tecnológica, que deben evaluarse bajo un business case que justifique el retorno en términos de eficiencia, reducción de riesgos y valor agregado para los clientes. Según (Marzouk & Othman, 2020), la integración de plataformas digitales en proyectos de construcción mejora la toma de decisiones y la trazabilidad de los datos, pero requiere un balance entre inversión inicial y beneficios operativos.

Los procesos de recolección de datos en ARM Consulting SAS persiste una brecha operativa importante: aunque la empresa adquirió drones, estos solo han sido utilizados una vez, debido a que no se cuenta con personal experto para operarlos ni con una plataforma especializada para procesar los datos capturados. Ante esta limitación técnica y operativa, la organización tomó la decisión de almacenar los drones, manteniendo la recolección de evidencias de forma presencial a través de los inspectores de interventoría. Esto prolonga la dependencia de procedimientos manuales, limita la estandarización de la información y reduce la capacidad de automatizar y comparar datos de manera eficiente en los informes semanales.

La ausencia de una plataforma digital que procese almacene y estructure las capturas aéreas y la evidencia presencial impide activar flujos automáticos, reduciendo así el retorno esperado de la inversión en equipos. Estudios recientes sobre la adopción de tecnologías digitales en la construcción señalan que barreras como el bajo nivel de conocimiento, la falta de competencias y la carencia de estándares y protocolos retrasan la implementación efectiva de soluciones digitales (Opoku et al., 2023). En este contexto, fortalecer el aprendizaje organizacional y la cultura de innovación resulta esencial ya que el cambio tecnológico solo se consolida cuando la organización logra adaptarse y aprender de manera continua (Hael et al., 2024).

2.3. Mapa de empatía del cliente/usuario:

El mapa de empatía es una herramienta estratégica que ayuda a comprender las percepciones y necesidades de los actores en un servicio. En ARM Consulting SAS, se utilizó para identificar expectativas y tensiones en la interventoría de obras, especialmente frente al uso de drones, plataformas digitales y análisis en la nube. Los resultados evidencian una demanda por transparencia, trazabilidad y confianza en los reportes, junto con preocupaciones por la manipulación de datos, burocracia y sobrecostos. A su vez, la digitalización de procesos se presenta como una oportunidad para generar informes verificables, fortalecer la reputación y anticipar riesgos mediante indicadores tempranos. Este tipo de análisis facilita la alineación de soluciones tecnológicas con las expectativas reales de los clientes y del mercado, fortaleciendo la pertinencia en la toma de decisiones estratégicas. Investigaciones recientes evidencian que el uso del mapa de empatía permite integrar la voz del usuario de manera colaborativa y visual en el diseño de modelos de

negocio, lo que incrementa la efectividad de la propuesta de valor y reduce la brecha entre lo que la empresa ofrece y lo que el cliente necesita (Sinansari et al., 2023).

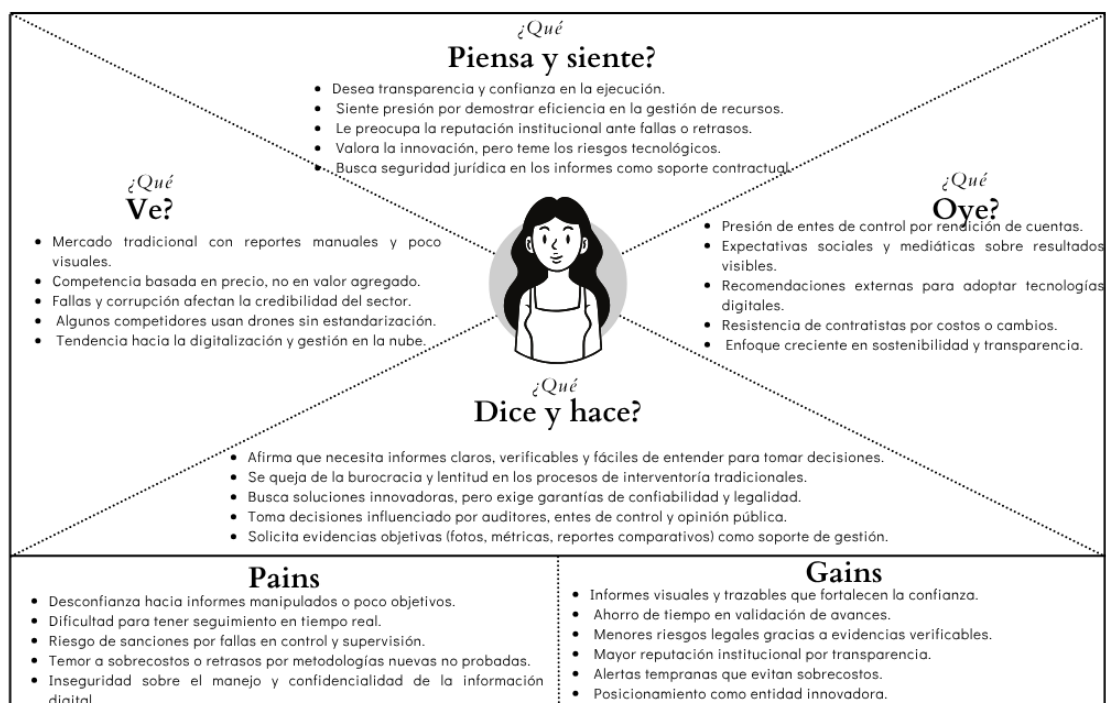


Ilustración 2 Mapa de empatía del cliente/usuario

Fuente. Elaboración propia (2025)

Adicionalmente, se realizaron entrevistas a 5 profesionales encargados de la dirección de proyectos de la firma ARM Consulting S.A.S. (Ver apéndice N entrevistas de directores de proyectos), en donde expresan las dificultades que se presentan actualmente con respecto a los informes periódicos solicitados por las entidades estatales, sobre todo en los informes semanales, esto debido a la dificultad para realizar la medición de cada una de las actividades ejecutadas en la semana y que esta información se consolide de manera oportuna para la elaboración y entrega de los informes al cliente. Los directores están 100% de acuerdo en que este es un proceso que debe mejorarse ya que requiere mucho esfuerzo y tiempo, pero además se están incumpliendo compromisos contractuales.

Definición del problema utilizando "How Might We" (HMW)

En el marco del análisis de los procesos de interventoría de ARM Consulting SAS, se identificó la necesidad de reformular el problema central con el fin de orientar adecuadamente la búsqueda de soluciones digitales que fortalezcan la eficiencia y confiabilidad en la gestión de proyectos. Para ello, se plantearon inicialmente varias preguntas orientadoras que permitieron explorar distintas perspectivas de abordaje: (1) la implementación de soluciones digitales que faciliten el acceso de los clientes a reportes y tableros de control en tiempo real; (2) la transformación de los procesos de interventoría mediante una plataforma digital para el registro diario de avances en obra; (3) la mejora en la recolección y centralización digital de los reportes de avance semanal, garantizando información confiable y oportuna para la toma de decisiones; y (4) la digitalización y centralización de los reportes de avance físico en una obra piloto, con el fin de disponer de información verificable en los comités de seguimiento.

Como resultado del ejercicio **How Might We (HMW)**, y derivado directamente del diagnóstico interno previamente desarrollado, se definió una formulación explícita del problema que permite sintetizar la necesidad central de la organización. La pregunta planteada es: **“¿Cómo podríamos mejorar la metodología de recolección de los reportes de avance semanal de las obras en ARM Consulting SAS?”**. Esta versión recoge de manera puntual el principal desafío identificado y constituye la base para estructurar una propuesta de solución que genere valor tanto para la gestión interna como para la satisfacción de los clientes.

Si bien se realizaron otros ejercicios de exploración, el más relevante fue el diagnóstico con la metodología de los 5 Whys, ya que permitió profundizar en las causas raíz que afectan la recolección, confiabilidad y oportunidad de los reportes de avance. (Ver apéndice B. Diagnóstico con la Metodología 5 Why ARM Consulting SAS). La técnica de los 5 Whys, desarrollada por Sakichi Toyoda como parte de los principios de mejora continua en Toyota, se ha consolidado como un método eficaz para identificar la raíz de los problemas mediante preguntas sucesivas que revelan causas estructurales (Au et al., 2011).

Asimismo, investigaciones recientes destacan que el uso del mapa de empatía, en combinación con metodologías de diagnóstico como los 5 Whys, contribuye a integrar la voz del usuario de forma visual y colaborativa en el diseño de modelos de negocio. Esta herramienta ayuda a fortalecer la confianza, la satisfacción del usuario y la capacidad de adaptación organizacional. (Sinansari et al., 2023)

El análisis con la metodología de los 5 Whys concluyó que el problema central no es únicamente la demora en los reportes, sino la ausencia de un sistema digital estandarizado que permita la recolección y centralización de la información en tiempo real. Por esta razón, el HMW seleccionado responde directamente a esta necesidad prioritaria, ya que aborda un desafío crítico para la organización, mantiene un equilibrio en su amplitud, resulta inspirador y accionable, está centrado en las necesidades de los usuarios internos y externos, y se alinea plenamente con los objetivos estratégicos de ARM Consulting SAS.

3. SOLUCIÓN INNOVADORA

3.1. Solución innovadora

En el sector de la construcción Tecnologías como BIM, IoT, drones, analítica avanzada, blockchain y gemelos digitales (Digital Twin) ya se utilizan para monitorear y controlar el progreso en tiempo real, reducir costos y minimizar errores. Estas tendencias no solo buscan eficiencia operativa, sino también transparencia y sostenibilidad, lo que se alinea con la necesidad global de proyectos de infraestructura más responsables (Kim et al., 2024) ;(Yu et al., 2025). Esta transición tecnológica ha sido ampliamente documentada y se reconoce que la digitalización del sector implica un cambio estructural en los procesos y la cultura organizacional (Samuelson & Stehn, 2023).

Empresas como Skanska y Ferrovial emplean drones y plataformas digitales para inspecciones rápidas y confiables, logrando reducciones en tiempos y mejoras en la seguridad laboral (Pal et al., 2023). En energía, estas tecnologías permiten monitorear líneas de transmisión minimizando riesgos para los trabajadores. En Colombia, algunas firmas de interventoría han iniciado procesos de digitalización, aunque de forma parcial y

sin integrar la captura, almacenamiento y análisis de datos en un sistema centralizado (Sharon Acevedo Tangarife, 2021).

La propuesta se centra en integrar todo el ciclo de la interventoría en un solo flujo digital. Esto implica capturar información en campo mediante drones, consolidarla en plataformas en la nube, procesarla con herramientas de analítica y finalmente presentarla en tableros de control o reportes estandarizados de fácil auditoría. Lo innovador no es únicamente el uso de la tecnología, sino su articulación estratégica para ofrecer un proceso más confiable, transparente y eficiente (Aakula et al., 2022). En coherencia con esta visión, se elaboró un diagrama Ikigai que permite identificar la convergencia entre las capacidades tecnológicas, las necesidades del mercado y el propósito organizacional de ARM Consulting SAS, evidenciando una oferta diferenciada y sostenible en el sector (ver apéndice F. Diagrama Ikigai) (Sartore et al., 2023).

A continuación, se relaciona los principales características y beneficios de la solución:

- Evidencia visual y datos objetivos recolectados con drones.
- Dashboards interactivos que permiten visualizar indicadores en tiempo real.
- Generación automática de reportes semanales estandarizados.
- Mayor transparencia, legitimidad y confianza para los clientes (Msawil et al., 2022); (Boyacioglu et al., 2025).

ARM Consulting SAS plantea una solución integral que conecta drones, nube y analítica de datos en un ecosistema único de interventoría digital. Esta integración ofrece trazabilidad completa (A.S. & Edayadiyil, 2022).

La solución está dirigida a entidades públicas y privadas que contratan los servicios de interventoría en sectores como construcción e infraestructura. Su impacto esperado se refleja en mayor eficiencia en la supervisión, reducción de incumplimientos contractuales, optimización de recursos. Además, posicionará a ARM Consulting SAS como pionera en interventoría digital en Colombia, consolidando un liderazgo que combina innovación con sostenibilidad y transparencia (Ibrahim et al., 2024).

3.2. Descripción de la solución (storyboard)

La propuesta para ARM Consulting S.A.S. se representa mediante un storyboard que ilustra, de manera secuencial, el funcionamiento de la solución tecnológica basada en el uso de drones y una plataforma digital. Esta herramienta visual permite comunicar de forma clara los procesos y la experiencia del usuario, facilitando la alineación entre los equipos técnicos y estratégicos durante el desarrollo de la innovación (Truong et al., 2006). A su vez, busca optimizar la recopilación y análisis de información, mejorando la precisión de los informes, en línea con los avances recientes que demuestran cómo las aplicaciones digitales incrementan la eficiencia y el desempeño de los proyectos constructivos (Rinchen et al., 2024).

El storyboard muestra la secuencia lógica del uso de la solución y sus principales puntos de interacción:

- Inicio: el personal técnico define la ruta del dron y los parámetros de inspección.
- Captura: el dron recopila imágenes, videos y datos georreferenciados en tiempo real.

- Procesamiento: la información se transfiere a la nube, se analiza y genera reportes e incidencias.
- Visualización: los usuarios consultan un panel con datos, alertas y métricas para decisiones ágiles.
- Retroalimentación: el sistema permite validar hallazgos, añadir observaciones y ajustar parámetros.



Ilustración 3 Storyboard – fotos drones existentes
(Elaboración propia, 2025)



Ilustración 4 Storyboard del funcionamiento de la solución
(Elaboración propia, 2025)

El storyboard permite visualizar de manera la interacción entre los distintos componentes de la solución y los roles involucrados en el proceso de inventoría. Su diseño es secuencial presentando la transición desde la planificación hasta la retroalimentación (Cok et al., 2022).

3.3. Prototipo conceptual (imágenes o modelo 3D)

El diseño del prototipo se compone de tres secciones principales:

- **Módulo de captura de datos (dron):** encargado de realizar vuelos autónomos programados para registrar imágenes, videos y mediciones del terreno.
- **Módulo de procesamiento (plataforma de análisis):** aplica algoritmos de visión computacional y aprendizaje automático para comparar el avance real frente al planificado.
- **Módulo de visualización (interfaz digital):** muestra el progreso de obra, alertas de desviación y reportes personalizados en tiempo real.

(Petrov & Hakimov, 2019) señala que la digitalización del control de obras mediante tecnologías de monitoreo eleva la calidad y velocidad de los procesos de supervisión. Además, (Omran et al., 2024) resalta que la incorporación de herramientas digitales fortalece la sostenibilidad social y la transparencia en los proyectos de construcción. El prototipo propuesto, aunque conceptual, refleja la visión de una empresa que busca modernizar sus procesos de supervisión. Su implementación futura permitirá reducir los tiempos de inspección, minimizar los riesgos operativos y consolidar una base de datos centralizada para la toma de decisiones basadas en evidencia.



*Ilustración 5 Prototipo conceptual Sistema dron e interfaz digital
(Elaboración propia, 2025)*

3.4. Propuesta de experiencia del usuario (journey map)

La experiencia del usuario frente a la solución tecnológica propuesta por ARM Consulting S.A.S. se representa mediante un journey map que ilustra el recorrido del usuario desde el descubrimiento hasta la recomendación del sistema basado en drones.



Ilustración 6 Journey Map
(Elaboración propia, 2025)

☀️ **Primera fase: Conciencia (Descubrimiento)**

- Acciones del usuario: El personal técnico y directivo. identifica la necesidad de optimizar los procesos de levantamiento topográfico y análisis de terreno.
- Puntos de contacto: Presentaciones internas y reuniones de innovación.
- Emociones: Curiosidad, expectativa y apertura al cambio.
- Oportunidades: Reforzar la comunicación sobre los beneficios integrales.

☀️ **Segunda fase: Consideración (Evaluación y decisión)**

- Acciones del usuario: Comparar opciones tecnológicas y sus ventajas.
- Puntos de contacto: Reuniones de evaluación técnica, asesoría de proveedores y pruebas piloto con el sistema de drones y PIXPRO.
- Emociones: Entusiasmo acompañado de incertidumbre.
- Oportunidades: Ampliar la capacitación previa y la documentación técnica.

☀️ **Tercera fase: Adquisición (Implementación inicial)**

- Acciones del usuario: Adquisición del software e integración con los drones.
- Puntos de contacto: Soporte técnico del proveedor e instalación.
- Emociones: Satisfacción y expectativa frente al nuevo sistema.
- Oportunidades: Simplificar el proceso de instalación y ofrecer asistencia.

☀️ **Cuarta fase: Onboarding (Configuración y aprendizaje)**

- Acciones del usuario: El equipo técnico recibe formación sobre el uso de PIXPRO y las funcionalidades de análisis geoespacial.
- Puntos de contacto: Talleres virtuales, manuales interactivos y sesiones de prueba con datos reales.
- Emociones: Curiosidad y confianza creciente.
- Oportunidades: Fortalecer el soporte post-formación y crear una comunidad interna de aprendizaje.

☀️ **Quinta fase: Retención/Fidelización (Consolidación del uso)**

- Acciones del usuario: Se optimizan flujos de trabajo y se documentan resultados exitosos de la implementación.
- Puntos de contacto: Actualizaciones del sistema, métricas de desempeño y reportes de ROI.
- Emociones: Orgullo y compromiso con la innovación.
- Oportunidades: Implementar incentivo y difusión de buenas prácticas.

☀️ **Sexta fase: Recomendación (Difusión de la experiencia)**

- Acciones del usuario: El personal comparte su experiencia positiva en reuniones, conferencias o publicaciones técnicas.

- Puntos de contacto: Canales institucionales, redes profesionales y medios corporativos.
- Emociones: Satisfacción y reconocimiento profesional.
- Oportunidades: Fomentar la creación de estudios de caso para replicar la solución en otros proyectos, fortaleciendo la cultura de innovación organizacional.

4. ANÁLISIS DE MERCADO, STAKEHOLDERS Y COMPETENCIA

4.1. Análisis de tendencias emergentes, competidores y tecnologías disruptivas

Como se mencionó en el numeral 2.1, existen tendencias emergentes, las cuales vienen generando alguna innovación en el sector, sin embargo, en el sector público estas tendencias no son tan valoradas pues suelen generar un costo inicial más alto que la metodología tradicional. ARM Consulting S.A.S., ha ejecutado 331 contratos, de los cuales el 98,8% ha sido con clientes del sector público, y sólo el 1,2% ha sido con el sector privado, lo anterior de acuerdo con el registro único de proponentes emitido por la Cámara de Comercio de Villavicencio (RUP,2025), por lo tanto, la forma de realizar interventorías en la empresa ha sido en su mayoría de la manera tradicional, sin embargo, se han implementado tecnologías, como lo son:

- Nubes de datos: Las nubes de datos han permitido el almacenamiento correcto de la información y el acceso a la misma desde cualquier parte del país. En ARM Consulting S.A.S. se cuenta con espacio en la nube en las plataformas de Google y Bluehost.
- Integración BIM: ARM Consulting S.A.S. en el año 2021 suscribió un contrato en el cual dentro de sus condiciones estableció que debía realizarse el seguimiento y control a la obra con metodología BIM. En este proyecto debido a su complejidad y magnitud fue exitoso el uso de esta metodología, sin embargo, en proyectos pequeños puede generar un costo elevado con respecto a los beneficios.

Pero también existen otras tendencias que deben ser consideradas como el monitoreo y seguimiento con drones ya que el uso de plataformas combinadas con la utilización de drones permite la captura de imágenes y videos que registran el avance de la obra. Esta metodología permite recolectar la información en menor tiempo y es aplicable a cualquier tipo de proyecto. Emplear esta tecnología en el sector público genera una ventaja sobre los competidores porque permitirá realizar las actividades de forma más eficiente, pero teniendo en cuenta las leyes vigentes para la contratación estatal en Colombia no genera una ventaja ante los clientes en los procesos de selección de contratistas.

4.2. Evaluación de stakeholder

Existen diferentes partes interesadas para esta iniciativa, los clientes (entidades del estado), los profesionales que ejercen sus funciones en la empresa, la sociedad civil beneficiaria de las obras intervenidas, los contratistas de obra e incluso los futuros trabajadores que operaran los drones. Las entidades del estado son los principales clientes de la empresa, serán usuarios directos pues recibirán información precisa, oportuna, de acuerdo con los cronogramas y en cumplimiento de las obligaciones fijadas como contratante. Los contratistas de obra a los cuales se les está realizando la interventoría, pues al acelerar los procesos de medición de las obras para los informes semanales, podrán adelantar otros procesos administrativos como cobros parciales con una mayor

celeridad. Las comunidades beneficiarias de las obras que se ejecuten, ya que la supervisión y control de las obras será efectiva.

Pero quien vería un beneficio más palpable sería la empresa y sus trabajadores, porque se reflejará en un aumento en la productividad, ahorro de tiempo, disminución de errores y una ampliación en el alcance de proyectos en otras regiones del país.

4.3. Metodología utilizada para la evaluación

Para la evaluación de los stakeholders se analizó el nivel de influencia que cada uno de ellos tiene en la ejecución, desarrollo y puesta en marcha del proyecto. Primero se realizó la identificación de cada una de las partes interesadas a través de una lista de personas, grupos u organización que puedan afectar o ser afectado por el proyecto y se empezaron a clasificar se eran internos de la empresa o externos. Una vez identificados, se realizó la evaluación de interés e influencia de cada uno de ellos a través de una matriz, en donde se evaluaron criterios como influencia en el proyecto, recursos, liderazgo en el proyecto, beneficios obtenidos, demanda del producto que se está desarrollando y ofertas de proveedores, lo cual obtuvo como resultado que la empresa y sus empleados son quien más influyen en el desarrollo del proyecto, ya que son los directamente involucrados pues el proyecto afecta directamente las funciones diarias de cada empleado y el cumplimiento de las obligaciones contractuales adquiridas por la empresa.

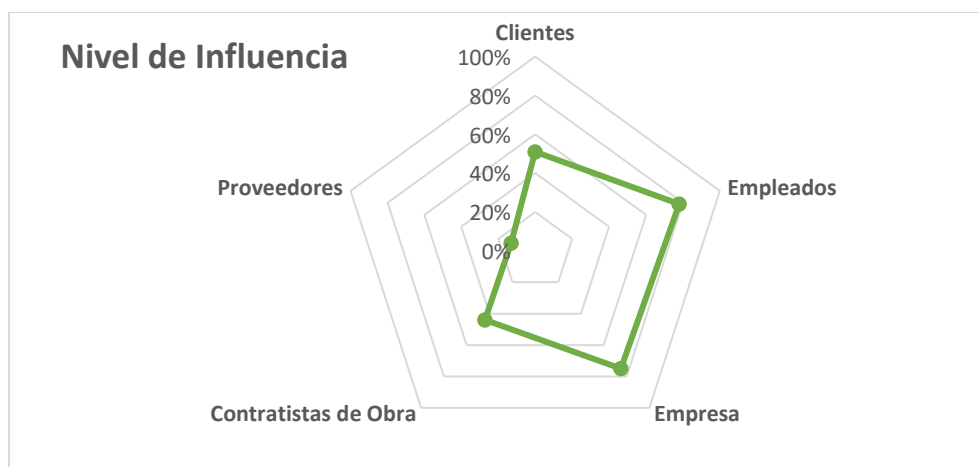


Ilustración 7 Mapa del nivel de influencia de los stakeholders
Fuente. Elaboración propia (2025)

El objetivo de realizar la evaluación de los stakeholders además de conocer ampliamente el entorno en el que se desarrollará el proyecto poder elaborar los planes de gestión, mecanismos de participación y estrategias de mitigación de conflictos.

4.4. Criterios de evaluación utilizados y filtro de las audiencias de interés

En la evaluación de los stakeholders se tuvieron en cuenta criterios los criterios: (1) Poder e influencia: que mide la capacidad del interesado en la toma de decisiones, generar cambios, imponer voluntades, quien controla los recursos, quien es indispensable y quien lidera el proyecto (2) Interés: que mide que tan preocupado o motivado está el interesado

en los resultados del proyecto, si del interesado depende el éxito del proyecto y quien se beneficia más con el proyecto.

5. MODELO DE NEGOCIO INNOVADOR

5.1. Canvas de modelo de negocio

El Business Model Canvas de ARM Consulting SAS integra la creación y entrega de valor en interventoría y consultoría de infraestructura mediante tecnologías digitales como drones, IoT y herramientas en la nube. Su objetivo es mejorar la eficiencia, transparencia y trazabilidad en los proyectos, fortaleciendo la innovación, la sostenibilidad y el talento humano, y consolidando a la empresa como referente en interventoría digital en Colombia. Según (Au et al., 2011)

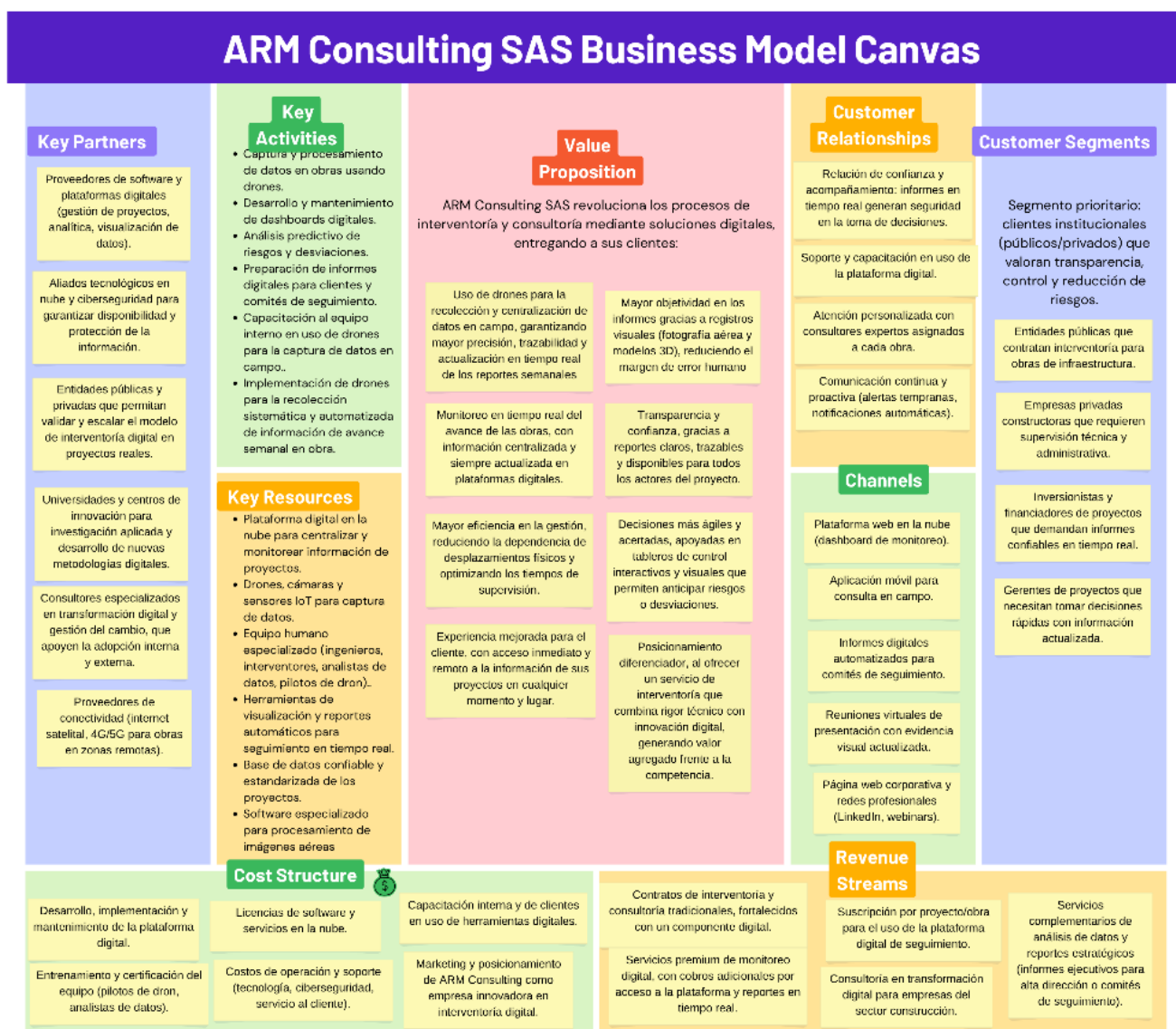


Ilustración 8 Business model canvas
Fuente. Elaboración propia (2025)

6. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN BAJO METODOLOGÍAS ÁGILES

La adopción de metodologías ágiles en proyectos de construcción ha demostrado favorecer la eficiencia, la trazabilidad de los entregables y la comunicación entre los equipos de trabajo (Boyacioglu et al., 2025); (Yang & Wang, 2025). En este contexto, el plan se estructura en tres componentes esenciales: el roadmap de innovación, la metodología de desarrollo y la definición del equipo con sus recursos necesarios.

6.1. Roadmap de innovación

El roadmap de innovación para ARM Consulting S.A.S. se desarrolla en cuatro fases progresivas que guían la adopción de la solución tecnológica. La fase de descubrimiento aborda el diagnóstico de necesidades y la definición de requerimientos funcionales. En la fase de diseño y prototipado se construye y valida el modelo inicial de la plataforma. La implementación y piloto se enfoca en la integración del sistema, la capacitación del personal y la ejecución de pruebas operativas. Finalmente, la fase de escalamiento y mejora continua consolida la adopción corporativa, promueve la innovación y asegura la sostenibilidad del sistema (Motamedimoghadam et al., 2025). De acuerdo con Developing a Strategic Roadmap for Digital Transformation (Aakula et al., 2022) y Digital Transformation in Construction a Review (Samuelson & Stehn, 2023), una hoja de ruta efectiva integra hitos tecnológicos, competencias internas, gestión del conocimiento y mecanismos de evaluación continua.

Fase	Descripción	Duración Estimada	Resultado Esperado
Descubrimiento	Diagnóstico de necesidades, análisis de procesos actuales y definición de requerimientos funcionales para la plataforma y el uso de drones.	Meses 1–2	Documento de requerimientos y mapa de usuarios internos.
Diseño y prototipado	Desarrollo del prototipo inicial de la plataforma, diseño de flujos de información y pruebas de campo controladas con drones.	Meses 3–5	Prototipo validado técnicamente.
Implementación y piloto	Integración progresiva del sistema digital, capacitación del personal y ejecución de un piloto operativo.	Meses 6–9	Informe de validación y retroalimentación de usuarios.
Escalamiento y mejora continua	Ajustes finales, adopción corporativa y evaluación mediante los indicadores definidos.	Meses 10–12	Solución implementada y operativa en toda la empresa.

Tabla 2 Roadmap de innovación (Elaboración propia, 2025).

Cada fase contempla revisiones quincenales, sesiones de retroalimentación y reuniones de retrospectiva para fomentar el aprendizaje organizacional y la mejora constante. Según (Gao et al., 2024) y (Omran et al., 2024), el éxito de la digitalización en el sector construcción depende de la capacidad de los equipos para aprender y adaptarse de forma iterativa a los cambios del entorno.

6.2. Metodología de desarrollo

La metodología propuesta se basa en iteración continua, aprendizaje validado y retroalimentación estructurada de usuarios internos y externos. Este enfoque se alinea con

modelos de gestión híbrida que integran prácticas ágiles y tradicionales para fortalecer la adaptabilidad y el control en contextos de alta complejidad (Székely et al., 2025); (Kineber et al., 2024).

Para las fases de ideación y prototipado, se plantea un ciclo de cinco etapas (entender, esbozar, decidir, prototipar y probar) orientado a asegurar que las soluciones respondan a requerimientos funcionales reales.

En la fase de implementación y escalamiento, se propone un ciclo iterativo de construir, medir y aprender, que permitirá evaluar resultados y ajustar el desarrollo con base en evidencia. La literatura destaca que la aplicación de enfoques ágiles mejora la comunicación, la transparencia y la productividad en equipos interdisciplinarios (Chathuranga et al., 2023) y (Kineber et al., 2024)

6.3. Equipo y recurso humano requerido

La implementación de la innovación requiere un equipo multidisciplinario, los roles se definen con base en las buenas prácticas identificadas por (Opoku et al., 2023); (Merlano, 2024), quienes resaltan la importancia de equipos ágiles y colaborativos para el éxito de los proyectos de transformación digital.

Rol	Responsabilidad principal	Perfil recomendado
Gerente del proyecto	Dirigir el roadmap, coordinar iteraciones y validar entregables ante la gerencia.	Profesional con experiencia en gerencia de proyectos y liderazgo ágil.
Piloto de Drones	Configurar y operar drones, procesar imágenes y verificar la calidad de los datos recolectados.	Ingeniero civil o topógrafo con certificación en operación de drones
Analista de Datos	Procesar la información recolectada, generar indicadores y validar métricas de desempeño.	Profesional en ingeniería industrial o analítica de datos.
Soporte técnico / Especialista PixPro	Formar a los usuarios en el uso de la plataforma y brindar asistencia técnica.	Consultores internos y externos especializados.
Director de Interventoría y Transformación Digital	Liderar la interventoría del proyecto y la implementación de soluciones digitales para optimizar la supervisión, la trazabilidad y la toma de decisiones	Profesional en ingeniería (civil, sistemas, industrial o afines), con posgrado en gerencia de proyectos o transformación digital
Analista de Drones	Trazo de rutas de vuelo, protocolos de uso y generación de modelos 3D	Técnico o profesional en topografía, geomática o ingeniería con certificación en operación de drones
Inspector de Obra	Pruebas en campo y validación de los datos	Técnico, tecnólogo o profesional en Ingeniería Civil o Construcción

Tabla 3 Roles y responsabilidades del equipo de innovación (Elaboración propia, 2025).

Los recursos de apoyo incluyen herramientas informáticas (MS Project y Power BI), almacenamiento en la nube con respaldo de seguridad y un plan de formación continua en competencias digitales y uso de drones. En concordancia con (Barbero et al., 2024) y (Hael et al., 2024), el fortalecimiento de las capacidades organizacionales y la promoción del aprendizaje colectivo son pilares fundamentales para consolidar una cultura de innovación sostenible.

7. ANÁLISIS FINANCIERO Y DE IMPACTO

La presente propuesta económica consolida la estimación de **costos y beneficios asociados a la implementación y ejecución de la plataforma PixPro para ARM**

Consulting S.A.S., con un horizonte de planeación de **12 meses**. El modelo financiero se estructura en dos fases principales, denominadas **Torre de Implementación y Torre de Ejecución**, que reflejan el enfoque progresivo del proyecto desde la adopción tecnológica hasta su operación plena en campo.

La Torre de Implementación contempla todas las actividades requeridas para la configuración inicial de la plataforma, la capacitación de los equipos, la integración con los procesos internos de interventoría y la validación funcional del sistema. Esta etapa tiene una duración estimada de tres meses e involucra principalmente roles estratégicos y técnicos:

Rol	Función principal
Gerente de Proyecto	Dirección general de la implementación, cronograma, relación con proveedor y stakeholders.
Director de Interventoría y Transformación Digital	Definición de estrategia digital, gestión del cambio, aprobación de modelo operativo.
Analista de Drones	Parametrización de vuelos, protocolos, pruebas piloto.
Analista de Datos	Configuración de dashboards, indicadores y plantillas en PixPro.
Soporte técnico / Especialista PixPro	Configuración del sistema, conexión con usuarios, entrenamiento.
Inspector de Obra	Pruebas funcionales y validación del uso en campo.
Piloto de Drones	Captura de imágenes para calibración del sistema.

*Tabla 4 Propuesta roles para ARM Consulting SAS
(Elaboración propia, 2025).*

Por su parte, **la Torre de Ejecución abarca la fase operativa del proyecto**, durante la cual se aplicará la herramienta en el monitoreo y control de obras reales, consolidando reportes, imágenes y análisis estadísticos en tiempo real. En esta etapa participan los equipos de:

Rol	Función principal
Gerente de Proyecto	Supervisión general del desempeño del sistema, informes al comité directivo.
Director de Interventoría y Transformación Digital	Revisión de resultados, evaluación de desempeño digital.
Director / Inspector de Obra	Validación de datos en campo, verificación de avances físicos.
Piloto de Drones	Captura periódica de imágenes (vuelos semanales o quincenales).
Analista de Drones	Procesamiento y carga de imágenes, generación de modelos 3D.
Analista de Datos	Consolidación de información, generación de reportes e indicadores.
Soporte técnico / Especialista PixPro	Mantenimiento correctivo, soporte a usuarios.

*Tabla 5 Propuesta de roles para ARM Consulting SAS
(Elaboración propia, 2025).*

Los roles mencionados anteriormente, aseguran la continuidad operativa y la generación de valor a partir de los datos recolectados. **El deal total proyectado para los 12 meses integra los costos de personal (FTE y no FTE)**, la estructura de soporte y los márgenes operativos esperados, **manteniendo una rentabilidad del 30% (GM%)**. El modelo financiero refleja una inversión distribuida entre las dos torres:

- **Torre de Implementación:** COP 136.573.160, correspondiente al 46% del total del proyecto, enfocada en la puesta en marcha.
- **Torre de Ejecución:** COP 158.847.428, equivalente al 56% del total, orientada a la operación continua y análisis de resultados.

Con una inversión total de COP 295.420.587, esta propuesta garantiza una implementación escalable, sostenible y alineada con los objetivos de transformación digital

de ARM Consulting S.A.S., optimizando la eficiencia en la interventoría y la calidad de la información entregada al cliente. (Ver apéndice G BC ARM Consulting S.A.S).

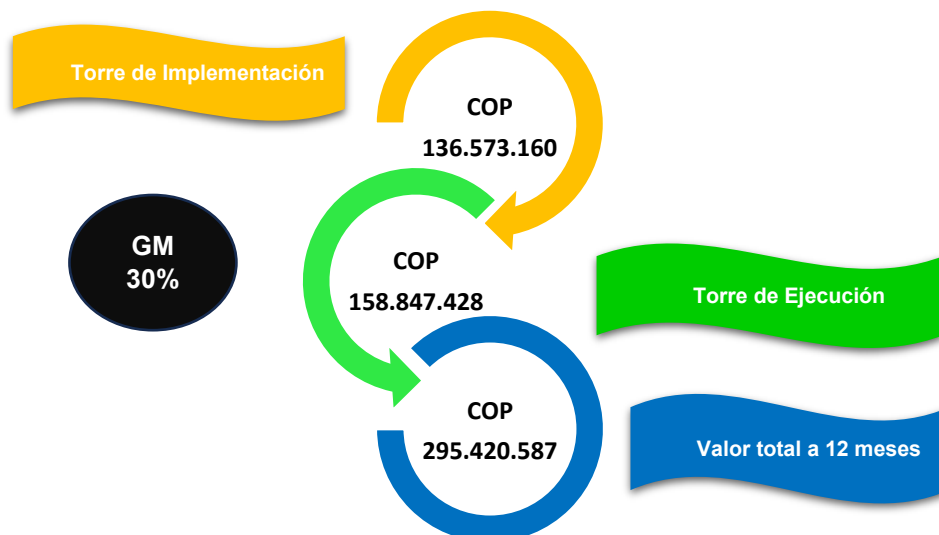


Ilustración 9 Análisis financiero
Fuente. Elaboración propia (2025)

8. IMPACTO SOCIAL Y AMBIENTAL

Los principales actores involucrados en este proceso son los clientes de la empresa, las comunidades beneficiadas, el personal de ARM Consulting SAS y los entes de control. En las entrevistas realizadas a los directores de proyectos se evidenció que la elaboración de informes de interventoría puede tardar entre uno y dos días, debido a la dependencia de la información entregada por el contratista y la ausencia de herramientas digitales que sistematicen los datos. Este hallazgo confirma la necesidad de un cambio metodológico, pues tanto los clientes como los interventores necesitan mayor agilidad, transparencia y confiabilidad en los reportes (Entrevistas ARM Consulting SAS, 2025).

Uno de los aportes más representativos es que el uso de drones y plataformas digitales abre nuevas oportunidades laborales a capacitadores especializados, técnicos en operación aérea, analistas de datos y personal de soporte, además de proveedores estratégicos vinculados a estas tecnologías (Onososen et al., 2023). La mejora en la trazabilidad puede repercutir en la calidad de vida de las comunidades involucradas, ya que de esta manera reciben obras más seguras y confiables (Boyacioglu et al., 2025).

La capacitación en innovación digital será otro beneficio relevante pues el personal interno adquirirá conocimientos nuevos y relevantes para su vida profesional. A esto se suma un impacto en la salud y bienestar laboral, porque el uso de drones reduce la exposición de los interventores a riesgos laborales relacionados con la obra (Shanti et al., 2022).

En materia ambiental, la digitalización permite una reducción significativa del consumo de papel al sustituir reportes físicos por registros en línea (Marzouk & Othman, 2020). Asimismo, la implementación de drones disminuye el número de visitas presenciales, reduciendo el uso de transporte y con ello la huella de carbono de la operación. El

aprovechamiento de datos en la nube promueve una economía circular de la información, evitando duplicidades y garantizando trazabilidad (Msawil et al., 2022). Además, el menor número de personal en zonas ambientalmente sensibles aporta a la protección de ecosistemas (Kim et al., 2024).

ODS relacionados

La propuesta se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la ONU (Naciones Unidas, 2015), en particular:

- **ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico:** empleo especializado.
- **ODS 9. Industria, innovación e infraestructura:** digitalización de procesos.
- **ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles:** Mejores obras.
- **ODS 12. Producción y consumo responsables:** reducción de insumos.
- **ODS 13. Acción por el clima:** disminución de emisiones.

Estos objetivos se ven reforzados por la literatura que subraya la necesidad de integrar sostenibilidad y digitalización en la industria de la construcción (Mellado & Lou, 2020) (Barbero et al., 2024) (Omran et al., 2024). Se establecerán indicadores como: número de empleos creados, horas de capacitación impartidas, porcentaje de reducción en el consumo de papel, reducción estimada de emisiones de CO₂, nivel de satisfacción de clientes y porcentaje de reportes con trazabilidad digital. Estos indicadores garantizarán que el impacto sea medido de forma objetiva y verificable (Barbero et al., 2024).

Adicional, el impacto se comunicará a los stakeholders mediante reportes periódicos de sostenibilidad, dashboards digitales y reuniones de socialización, integrando indicadores sociales y ambientales dentro de los informes ya exigidos por los clientes. Se considera la adopción futura de certificaciones como ISO 14001:2015 para la gestión ambiental (ISO, 2015), ISO 45001:2018 para la seguridad y salud en el trabajo (ISO, 2018). Estas iniciativas se alinean con las pretensiones de integrar marcos normativos internacionales que ayuden a garantizar prácticas sostenibles y responsables dentro del sector de la construcción (Mellado & Lou, 2020) (Barbero et al., 2024). Los principales riesgos son la resistencia al cambio del personal, la dependencia tecnológica y la percepción de altos costos iniciales. Estos se mitigan con estrategias de gestión del cambio, soporte técnico especializado y presentación de indicadores claros de retorno de inversión (Opoku et al., 2023).

9. GESTIÓN DE RIESGOS Y OPORTUNIDADES

9.1 Matriz de riesgos y estrategias de mitigación

Este ejercicio se desarrolló mediante la identificación de riesgos inherentes y aquellos presentes antes de aplicar controles, así como los residuales, es decir, los que permanecen una vez implementadas las medidas de mitigación y control.

El perfil de riesgo inherente refleja el nivel de exposición inicial del proceso frente a factores operativos, tecnológicos y humanos, asociados principalmente a la recolección de datos, el uso de drones, la integración de plataformas y la generación de informes técnicos. Por su parte, el perfil de riesgo residual evidencia la efectividad de los controles propuestos, mostrando una disminución significativa en la probabilidad e impacto de los eventos críticos.

Esta evaluación integral facilita la toma de decisiones informadas, promueve la mejora continua y asegura que los procesos de interventoría mantengan altos estándares de confiabilidad, transparencia y eficiencia en la gestión de la información para la supervisión de obras civiles. Para ver a detalle de riesgos y controles. (Ver apéndice H. Matriz de Riesgos y Controles).



Ilustración 10 Perfil de riesgos
Fuente. Elaboración propia (2025)

La implementación del modelo de interventoría digital propuesto basado en el uso de drones, el procesamiento con PixPro y la integración de análisis automatizado requiere no solo una solución tecnológica, sino también condiciones organizacionales que faciliten su adopción, sostenibilidad y apropiación dentro de ARM Consulting S.A.S.

En este sentido, las métricas de innovación, el plan de gestión del cambio y las estrategias para fortalecer la cultura de innovación se incluyen como componentes complementarios y necesarios para asegurar que el modelo digital pueda integrarse efectivamente en los procesos institucionales. Estas secciones permiten evaluar la madurez innovadora, gestionar la transición hacia nuevas formas de trabajo y consolidar un entorno propicio para la mejora continua y el uso permanente de herramientas digitales en la interventoría.

10. MÉTRICAS DE ÉXITO Y KPIS DE INNOVACIÓN

El establecimiento de métricas de éxito y KPIs de innovación permite evaluar de manera objetiva el impacto y la adopción del modelo de interventoría digital propuesto. Estos indicadores facilitan el seguimiento del nivel de uso, efectividad y sostenibilidad de las tecnologías implementadas como los drones, PixPro y los procesos automatizados dentro de ARM Consulting S.A.S. la estructura de medición diseñada para este proyecto consta de tres niveles:

- Los **OKR (Objectives and Key Results)**, que establecen la relación entre los objetivos estratégicos y los resultados medibles.
- Las **métricas de innovación**, orientadas a evaluar la adopción, aceptación y madurez digital de la organización.
- El **plan de medición y evaluación continua**, que define cómo, cuándo y quién medirá los avances de la innovación en el tiempo.

De esta manera, el sistema de evaluación propuesto se convierte en un mecanismo de control y aprendizaje, coherente con el enfoque de (Hael et al., 2024), quienes destacan que la innovación organizacional solo se consolida cuando existen prácticas sistemáticas de medición y aprendizaje institucional.

10.1 OKRs (Objectives and Key Results) del proyecto

El apéndice Objectives and Key Results (Ver apéndice I. OKRS) presenta los OKR del proyecto agrupados en cuatro ejes estratégicos: Eficiencia operativa, orientada a optimizar procesos y reducir tiempos y costos; Calidad y trazabilidad, enfocada en garantizar datos precisos y confiables para la toma de decisiones; Adopción tecnológica e innovación, que busca fomentar una cultura abierta al cambio y al aprendizaje continuo; y Sostenibilidad, dirigida a disminuir el impacto ambiental mediante la digitalización, el uso de drones y la automatización de tareas. Cada OKR cuenta con resultados clave en palabras de (Lines et al., 2015), los procesos de cambio exitosos en ingeniería y construcción dependen en gran medida de la claridad de los objetivos y de la comunicación efectiva de los resultados esperados, elementos que el modelo OKR favorece de manera directa.

10.2 Métricas de innovación

En el apéndice Métricas de innovación y adopción tecnológica (Ver apéndice J. métricas de innovación y adopción tecnológica) se detallan las métricas seleccionadas para esta evaluación, las cuales se fundamentan en indicadores ampliamente utilizados en la gestión de innovación, entre ellos:

- **Tasa de adopción tecnológica:** Mide el porcentaje de colaboradores que incorporan las herramientas digitales en su trabajo diario, evidenciando el nivel de penetración y apropiación de la innovación.
- **NPS interno (Net Promoter Score):** Evalúa el grado de satisfacción y recomendación del personal respecto al uso de la nueva plataforma, permitiendo identificar percepciones, resistencias y oportunidades de mejora.
- **Índice de satisfacción post-implementación:** Analiza la experiencia del usuario frente a la facilidad de uso, la utilidad y la eficiencia del sistema digital.
- **Nivel de madurez digital organizacional:** Mide la capacidad de ARM Consulting SAS para integrar procesos automatizados, gestionar datos en tiempo real y mantener una estructura tecnológica sostenible a largo plazo.

Tal y como señala (Hogan & Coote, 2014), el éxito de la innovación está estrechamente relacionado con la capacidad de las organizaciones para crear entornos que favorezcan la experimentación, la confianza y la colaboración, aspectos que este sistema de métricas busca monitorear y potenciar.

10.3 Plan de medición y evaluación continua

El Plan de medición y evaluación continua (Ver apéndice K. plan de medición y evaluación continua de los KPIs de innovación) define la periodicidad trimestral del seguimiento durante el primer año, con un informe consolidado al cierre de cada período para identificar tendencias y realizar ajustes. El director de Innovación y los directores de Proyecto serán responsables de recopilar, analizar y presentar los resultados a la Gerencia. Se emplearán registros del sistema digital, encuestas internas, reportes operativos e informes de avance como fuentes verificables. El análisis comparará metas y

resultados, identificando desviaciones y definiendo acciones correctivas. Los avances se comunicarán en reuniones trimestrales e informes ejecutivos integrados al sistema de gestión de calidad. El objetivo es mantener la medición más allá de la fase inicial, fortaleciendo la cultura de aprendizaje y mejora continua.

11. PLAN DE GESTIÓN DEL CAMBIO Y ADOPCIÓN

11.1 Plan de gestión del cambio y adopción

La implementación del modelo de interventoría digital requiere un proceso estructurado de gestión del cambio que asegure la adopción de las nuevas herramientas tecnológicas por parte del equipo operativo y directivo. Este plan orienta las acciones necesarias para facilitar la transición hacia métodos de trabajo digitalizados y garantizar la apropiación efectiva de las soluciones propuestas.

Audiencias clave (internas y externas)

INTERNAS	Directores de Proyectos
	Residentes e inspectores de campo
	Técnicos de equipos y de soporte de plataformas
EXTERNAS	Cientes (Entidades del Estado)
	Contratistas de Obra
	Proveedores de equipos y servicios

Ilustración 11 Audiencias clave

Fuente. Elaboración propia (2025)

Mensajes clave para cada audiencia

Directores - Residentes	<ul style="list-style-type: none"> Mas control, menos tiempo: receta de calidad
Accionistas - Gerencia	<ul style="list-style-type: none"> Eficiencia y cumplimiento
Cientes	<ul style="list-style-type: none"> Interventoría precisa e innovadora en el tiempo indicado

Ilustración 12 Mensaje clave para audiencias

Fuente. Elaboración propia (2025)

Para comunicar el proceso de transformación digital se realizará a través de correos electrónicos para todo lo referente a temas documentales, manuales y actualizaciones que puedan darse y reuniones presenciales y virtuales para capacitaciones, formación y retroalimentación. Así mismo para clientes y demás interesados se publicará en anuncios de la página web resaltando el proceso de innovación y cumplimiento de la empresa en el desarrollo de la interventoría de obras civiles.

El plan de comunicación se plantea en un término de 3 meses con un proceso de comunicación en la fase de soporte de forma continua:

Fase	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes N
Información	■	■	■	■
Formación y Adaptación	■	■	■	■
Puesta en marcha	■	■	■	■
Soporte	■	■	■	■

Tabla 6 Cronograma de actividades de comunicación

(Elaboración propia, 2025).

La comunicación del proceso general de transformación estará a cargo de la unidad de información y transformación digital y para cada uno de los proyectos estará a cargo del director de interventoría. Para evaluar la efectividad de la comunicación se tomarán 2 indicadores, el primer de interés, midiendo el nivel de participación en las reuniones y capacitaciones que se programen y el segundo de claridad, a través de encuestas sobre la claridad de los mensajes recibidos.

11.2 Retroalimentación por parte de los stakeholders

La retroalimentación es clave para fomentar la mejora continua, al permitir que las personas identifiquen errores y evalúen su desempeño. Para medir la aceptación de la solución, se analizará la tasa de adopción de la plataforma de informes mensuales y su utilidad en términos de oportunidad, cumplimiento contractual y apoyo a la toma de decisiones. Los resultados servirán para ajustar el proceso de transformación digital. Se reconoce posible resistencia al cambio: el equipo puede enfrentar una curva de aprendizaje inicial y la gerencia preocupa por la rentabilidad. Los directores de proyecto recomiendan una plataforma práctica, operativa en campo y funcional sin conexión constante a internet. Además, sugieren capacitaciones claras y estabilidad laboral para evitar reprocesos. El proyecto es técnicamente viable, pues optimiza la elaboración de informes y cuenta con los recursos necesarios. El prototipo se desarrollará con opción offline y las mejoras deberán resolverse en un plazo máximo de dos semanas por el equipo técnico.

12. CULTURA DE INNOVACIÓN Y MEJORA CONTINUA

El fortalecimiento de la cultura de innovación es un habilitador esencial para garantizar la sostenibilidad del modelo de interventoría digital. Una cultura orientada a la experimentación, el aprendizaje continuo y el uso de herramientas tecnológicas facilita que ARM Consulting S.A.S. mantenga y escale las prácticas digitalizadas introducidas por el proyecto. De acuerdo con el estudio “Organizational learning and innovation: A bibliometric analysis and future research agenda” publicado en Heliyon (Hael et al., 2024), las organizaciones que fomentan entornos de aprendizaje activo, donde el conocimiento se comparte y se traduce en acción, desarrollan una mayor capacidad para innovar de forma sostenible. En este sentido, ARM Consulting SAS puede potenciar su cultura de innovación promoviendo espacios que integren la reflexión técnica con la experimentación controlada, permitiendo que los equipos de interventoría transformen los aprendizajes del campo en soluciones efectivas, medibles y replicables.



Ilustración 13 Valores

Fuente. Elaboración propia (2025)

Para motivar que los valores anteriores se traduzcan en acciones concretas, se requieren incentivos bien diseñados. Algunas ideas adaptadas al contexto de interventoría en obras civiles:

- **Incentivos económicos**
 - Bonificaciones al equipo de interventoría que presente mejoras medibles en costos, plazos o calidad usando nuevas tecnologías (drones, monitoreo digital).
 - Premios individuales o para equipos que propongan mejoras implementables en protocolos o métodos.
 - Reconocimiento para casos exitosos de innovación (por ejemplo, “Proyecto Innovador del Mes”).
- **Incentivos no económicos**
 - Reconocimiento público (interno / con cliente) de ideas innovadoras.
 - Oportunidades de liderazgo o participación en proyectos especiales para los empleados más innovadores.
 - Capacitación especializada pagada; membresías en conferencias del sector; acceso a mentorías tecnológicas.
- **Sistema de innovación compartida / competencia interna**
 - Crear hackatones internos o retos trimestrales donde equipos propongan mejoras en procesos de reporte semanal, uso de drones, visualización de datos.
 - Pilotaje de ideas: dar presupuesto y tiempo para probar ideas en pequeña escala.
- **Incentivos a largo plazo**
 - Programas de desarrollo profesional vinculados a innovación (ej. certificaciones o especializaciones).
 - Inclusión de innovación como criterio evaluativo en promociones de carrera.

En ARM Consulting SAS, evaluar la cultura de innovación es clave para garantizar que los esfuerzos en mejora continua, tecnología y creatividad generen resultados medibles en

la interventoría de obras civiles. Las métricas deben reflejar no solo la cantidad de iniciativas, sino su impacto en la eficiencia, la colaboración y la adopción tecnológica. De acuerdo con el estudio *“Organizational culture, innovation, and performance: A test of Schein’s model”* (Hogan & Coote, 2014), los valores que apoyan la innovación tienen efectos indirectos sobre el rendimiento mediante capas intermedias como normas y comportamientos innovadores, lo que sugiere que no basta con declararlos, sino que deben manifestarse en prácticas visibles y consistentes.

Métrica	Qué mide / Cómo calcular	Frecuencia sugerida
Índice de innovación percibida	Encuestas internas al personal que midan percepción de apertura a nuevas ideas, tolerancia al error, liderazgo que apoya innovación.	Cada 6 meses
Número de ideas propuestas / implementadas	Cuántas ideas nuevas se registran, cuántas lleguen a piloto, cuántas se implementan.	Trimestral
Tiempo de ciclo para implementar novedades	Tiempo que va de la idea a la prueba piloto y luego a normalización del proceso.	Proyectos específicos
Efecto de innovación en métricas de proyecto	Datos objetivos: reducción de costos, mejoras en plazos, menor retrabajo, mejor calidad, menos discrepancias con lo planificado.	Al cierre de proyecto o hitos mayores
Nivel de colaboración / intercambio de conocimiento	Cuántos talleres de interdisciplina, cuántos equipos mixtos participan, número de sesiones de lecciones aprendidas.	Cada trimestre
Grado de resistencia al cambio	Medido por encuestas / entrevistas donde se pregunta: “¿Me siento cómodo usando nuevas herramientas?”, “¿Qué obstáculos veo?”, “¿Cuánto apoyo percibo?”, etc.	Cada 6-12 meses
Capacitación en innovación tecnológica	Horas/personas dedicadas a capacitación tecnológica (drones, procesamiento de datos, nuevas metodologías).	Anual

Tabla 7 Propuesta de métricas de innovación para ARM Consulting SAS (Elaboración propia, 2025).

ARM Consulting SAS enfrenta el reto de gestionar la resistencia al cambio ante innovaciones como el uso de drones y la digitalización de reportes. Esta resistencia, originada por desconocimiento o apego a prácticas tradicionales, exige una estrategia integral basada en comunicación clara, capacitación y reconocimiento al equipo. El artículo *“Overcoming resistance to change in engineering and construction: Change management factors for owner organizations”* (Lines et al., 2015), resalta que el éxito del cambio en organizaciones del sector depende de factores como el liderazgo visible, la participación temprana de los empleados y la existencia de planes de acompañamiento estructurados, los cuales permiten reducir la resistencia y consolidar una cultura organizacional abierta a la innovación.

Paso	Qué hacer	Responsables / Herramientas
Diagnóstico inicial	Aplicar encuesta para medir percepción de cambio: ¿qué temores tienen?, ¿qué apoyos creen necesarios? Identificar quienes son los bloqueadores claves.	Equipo de RRHH + consultoría externa / interna
Comunicación transparente	Explicar <i>por qué se va a cambiar, qué va a cambiar concretamente, cómo se les apoyará, cuándo</i> . Usar ejemplos, casos pilotos, mostrar resultados tempranos.	Alta dirección + líderes de proyecto
Participación temprana	Involucrar a operarios, interventores de campo, contratistas, analistas en las fases de diseño de los nuevos procesos, para que sientan que contribuyen. Crear pilotos con equipos representativos.	Gerentes de proyecto, líderes de innovación
Capacitación y desarrollo	Entrenamientos prácticos, talleres sobre drones, procesamiento de datos, análisis de errores, gestión del cambio. Formación de "campeones de innovación" internos que ayuden a otros.	Departamento técnico/RRHH
Reconocimiento y visibilidad	Celebrar los éxitos, mostrar ejemplos reales, reconocer públicamente los esfuerzos innovadores (incluso los fracasos que aportan aprendizaje).	Dirección + comunicaciones internas
Soporte continuo y retroalimentación	Establecer canales permanentes para sugerencias, quejas, mejoras del proceso (reuniones periódicas, buzón de innovación). Evaluar lo que falla y ajustarlo.	Líder de innovación, Gestión de proyecto

Paso	Qué hacer	Responsables / Herramientas
Medición y ajustes	Usar las métricas del punto anterior para ver avances, identificar resistencias persistentes, ajustar incentivos, roles o comunicaciones.	Comité de innovación o PMO de innovación

Tabla 8 Propuesta de plan de resistencia al cambio para ARM Consulting SAS (Elaboración propia, 2025).

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. Conclusiones

La interventoría como garante de gobernanza y sostenibilidad pública

La interventoría de obras civiles es un instrumento esencial para asegurar la calidad técnica, la transparencia administrativa y el cumplimiento normativo en los proyectos de infraestructura del país. En el marco de la Ley 80 de 1993 y los lineamientos de Colombia Compra Eficiente, esta función no solo fiscaliza el uso de los recursos públicos, sino que también fortalece la confianza institucional y la rendición de cuentas. Al incorporar dimensiones sociales, ambientales y financieras, la interventoría trasciende el control técnico para convertirse en un mecanismo de gobernanza sostenible, clave en la consolidación de una gestión pública moderna y ética.

La transformación digital como catalizador de eficiencia y trazabilidad

La adopción de drones y herramientas digitales como PixPro representa un avance decisivo hacia la modernización del ejercicio de interventoría. Estas tecnologías permiten capturar, procesar y reportar información en tiempo real, incrementando la precisión de los datos y reduciendo la dependencia de procesos manuales. Con ello, se mejora la trazabilidad de los proyectos, se optimiza la gestión documental y se facilita la transparencia frente a entidades contratantes y fiscalizadoras. En consecuencia, la digitalización se consolida como un factor de eficiencia operativa y control basado en evidencia, transformando la forma en que se concibe y ejecuta la supervisión de obras civiles.

ARM Consulting S.A.S. como referente de innovación y sostenibilidad tecnológica

La validación de la propuesta tecnológica mediante entrevistas y análisis de brechas evidencia que la iniciativa responde a necesidades reales del equipo de proyectos, mejorando tanto la productividad como la seguridad operativa. La empresa, al integrar tecnología con capacitación y gestión del cambio, demuestra una visión estratégica alineada con los principios de la Industria 4.0, impulsando una cultura organizacional orientada a la innovación y la mejora continua. Este enfoque no solo aumenta la competitividad de ARM Consulting S.A.S., sino que también la posiciona como referente nacional en interventoría digital, capaz de ofrecer soluciones sostenibles, medibles y confiables al mercado de la infraestructura.

Integración de innovación, cambio y sostenibilidad del modelo digital

La efectividad del modelo de interventoría digital propuesto no depende únicamente de las herramientas tecnológicas, sino también de la capacidad organizacional para adoptarlas y sostenerlas. Por ello, las métricas de innovación, el plan de gestión del cambio y el fortalecimiento de una cultura innovadora se establecen como habilitadores claves para garantizar la apropiación, escalabilidad y mejora continua del sistema digital dentro de ARM Consulting S.A.S. Estos elementos aseguran que la solución planteada no solo

modernice la interventoría actual, sino que permanezca vigente, sostenible y alineada con los retos futuros del sector de infraestructura.

13.2. Recomendaciones

Consolidar una cultura organizacional orientada a la transformación digital

Para garantizar la sostenibilidad del cambio tecnológico, es necesario fortalecer las competencias digitales del talento humano mediante programas de capacitación continua y certificaciones especializadas en drones, análisis de datos e interpretación de imágenes aéreas. Este proceso debe complementarse con estrategias de comunicación interna que promuevan la apropiación de las herramientas tecnológicas y reduzcan la resistencia al cambio, asegurando que la innovación se convierta en un hábito institucional y no en una medida temporal.

Implementar un sistema integral de medición y evaluación del desempeño digital

Es recomendable establecer indicadores de desempeño (KPIs) que permitan medir objetivamente la eficiencia operativa derivada del uso de PixPro y otras herramientas tecnológicas. Entre ellos pueden incluirse tiempos de respuesta, precisión en la información, reducción de costos operativos y nivel de satisfacción del cliente. Este sistema de seguimiento facilitará la toma de decisiones estratégicas y respaldará la justificación económica y técnica de la inversión en transformación digital.

Fortalecer alianzas estratégicas e innovación colaborativa

Se sugiere que ARM Consulting S.A.S. establezca alianzas con universidades, centros de investigación y empresas tecnológicas para promover el desarrollo conjunto de soluciones digitales aplicadas a la interventoría. Estas sinergias permitirán actualizar permanentemente las capacidades de la organización, fomentar la innovación abierta y asegurar la competitividad frente a las nuevas demandas del sector de infraestructura en Colombia y Latinoamérica.

14. REFERENCIAS

1. Aakula, A., Ottori, M., Manager, P., Gen Infracco, N., & Vipin Saini, G. (2022). Developing A Strategic Roadmap For Digital Transformation. In *Journal of Computational Intelligence and Robotics By The Science Brigade (Publishing) Group 28 Journal of Computational Intelligence and Robotics* (Vol. 2).
2. A.S., G., & Edayadiyil, J. B. (2022). Automated progress monitoring of construction projects using Machine learning and image processing approach. *Materials Today: Proceedings*, 65, 554–563. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.03.137>
3. Au, M., Oliveira, Y., José, J., & Ferreira, P. (2011). Business Model Generation: A handbook for visionaries, game changers and challengers. *African Journal of Business Management*, 5(7). <http://www.academicjournals.org/AJBM>
4. Barbero, I., Rezgui, Y., Beach, T., & Petri, I. (2024). Social Life Cycle Assessment in the construction sector: current work and directions for future research. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 29(10), 1827–1845. <https://doi.org/10.1007/s11367-024-02341-7>
5. Boyacioglu, S. E., Greenwood, D., Rogage, K., & Parry, A. (2025). Enhancing Forensic Analysis of Construction Project Delays Through Digital Interventions. *Buildings*, 15(14). <https://doi.org/10.3390/buildings15142391>
6. Chathuranga, S., Jayasinghe, S., Antucheviciene, J., Wickramarachchi, R., Udayanga, N., & Weerakkody, W. A. S. (2023). Practices Driving the Adoption of Agile Project Management Methodologies in the Design Stage of Building Construction Projects. *Buildings*, 13(4). <https://doi.org/10.3390/buildings13041079>
7. Cok, V., Vlah, D., & Vukašinovic, N. (2022). Storyboards as an Engineering Tool for Extraction of Functional Requirements. *Proceedings of the Design Society*, 2, 2273–2282. <https://doi.org/10.1017/pds.2022.230>
8. Gao, M. Y., Han, J., Yang, Y., Tiong, R. L. K., Zhao, C., & Han, C. (2024). BIM-Based and IoT-Driven Smart Tracking for Precast Construction Dynamic Scheduling. *Journal of Construction Engineering and Management*, 150(9). <https://doi.org/10.1061/jcemd4.coeng-14498>
9. Hael, M., Belhaj, F. A., & Zhang, H. (2024). Organizational learning and innovation: A bibliometric analysis and future research agenda. *Heliyon*, 10(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31812>
10. Hogan, S. J., & Coote, L. V. (2014). Organizational culture, innovation, and performance: A test of Schein’s model. *Journal of Business Research*, 67(8), 1609–1621. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2013.09.007>
11. Ibrahim, A., Zayed, T., & Lafhaj, Z. (2024). Enhancing Construction Performance: A Critical Review of Performance Measurement Practices at the Project Level. In *Buildings* (Vol. 14, Issue 7). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/buildings14071988>
12. ISO. (2015). *ISO 14001:2015*.
13. ISO. (2018). *ISO 45001:2018*.
14. Kim, C. W., Yoo, W. S., Seo, J., Kim, B. gun, & Lim, H. (2024). A Roadmap for Applying Digital Technology to Improve the Efficiency of Construction Supervision in Building Projects: Focusing on Korean Cases. *Buildings*, 14(1). <https://doi.org/10.3390/buildings14010075>
15. Kineber, A. F., Oke, A. E., Elshaboury, N., Abunada, Z., Elseknidy, M., Zamil, A., Alhusban, M., & Ilori, S. A. (2024). Agile project management for sustainable residential construction: A study of critical success factors. *Frontiers in Built Environment*, 10. <https://doi.org/10.3389/fbuil.2024.1442184>

16. Lines, B. C., Sullivan, K. T., Smithwick, J. B., & Mischung, J. (2015). Overcoming resistance to change in engineering and construction: Change management factors for owner organizations. *International Journal of Project Management*, 33(5), 1170–1179. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2015.01.008>
17. Marzouk, M., & Othman, A. (2020). Planning utility infrastructure requirements for smart cities using the integration between BIM and GIS. *Sustainable Cities and Society*, 57. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102120>
18. Mellado, F., & Lou, E. C. W. (2020). Building information modelling, lean and sustainability: An integration framework to promote performance improvements in the construction industry. *Sustainable Cities and Society*, 61. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102355>
19. Merlano, C. A. (2024). Digital Leadership and Transformation in Contemporary Times. *International Journal of Digital Strategy, Governance, and Business Transformation*, 13(1), 1–20. <https://doi.org/10.4018/ijdsGBT.352047>
20. Motamedimoghadam, M., Mira da Silva, M., & Amaral, M. (2025). Organizational capabilities for digital innovation: a systematic literature review. *European Journal of Innovation Management*, 28(7), 3024–3048. <https://doi.org/10.1108/EJIM-02-2024-0227>
21. Msawil, M., Greenwood, D., & Kassem, M. (2022). A Systematic evaluation of blockchain-enabled contract administration in construction projects. *Automation in Construction*, 143. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104553>
22. Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible*.
23. Omrany, H., Mehdipour, A., & Oteng, D. (2024). Digital Twin Technology and Social Sustainability: Implications for the Construction Industry. In *Sustainability (Switzerland)* (Vol. 16, Issue 19). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). <https://doi.org/10.3390/su16198663>
24. Onososen, A. O., Musonda, I., Onatayo, D., Tjebane, M. M., Saka, A. B., & Fagbenro, R. K. (2023). Impediments to Construction Site Digitalisation Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs). *Drones*, 7(1). <https://doi.org/10.3390/drones7010045>
25. Opoku, D. G. J., Perera, S., Osei-Kyei, R., Rashidi, M., Bamdad, K., & Famakinwa, T. (2023). Barriers to the Adoption of Digital Twin in the Construction Industry: A Literature Review. In *Informatics* (Vol. 10, Issue 1). MDPI. <https://doi.org/10.3390/informatics10010014>
26. Pal, A., Lin, J. J., Hsieh, S. H., & Golparvar-Fard, M. (2023). Automated vision-based construction progress monitoring in built environment through digital twin. In *Developments in the Built Environment* (Vol. 16). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.dibe.2023.100247>
27. Petrov, I., & Hakimov, A. (2019). Digital technologies in construction monitoring and construction control. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 497(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/497/1/012016>
28. Puyt, R. W., Lie, F. B., & Wilderom, C. P. M. (2023). The origins of SWOT analysis. *Long Range Planning*, 56(3). <https://doi.org/10.1016/j.lrp.2023.102304>
29. Rinchen, S., Banihashemi, S., & Alkilani, S. (2024). Driving digital transformation in construction: Strategic insights into building information modelling adoption in developing countries. *Project Leadership and Society*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.plas.2024.100138>
30. Samuelson, O., & Stehn, L. (2023). DIGITAL TRANSFORMATION IN CONSTRUCTION – A REVIEW. *Journal of Information Technology in Construction*, 28, 385–404. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2023.020>

31. Shanti, M. Z., Cho, C. S., de Soto, B. G., Byon, Y. J., Yeun, C. Y., & Kim, T. Y. (2022). Real-time monitoring of work-at-height safety hazards in construction sites using drones and deep learning. *Journal of Safety Research*, 83, 364–370. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.09.011>
32. Sharon Acevedo Tangarife. (2021). *Uso de herramientas digitales en el rol de la interventoría. Aplicaciones y aprendizajes en la empresa Sopórtica.*
33. Sinansari, P., Salsabila, S. H., Hanoum, S., Lopatka, A., & Wlodarski, W. (2023). Identify Customer Element Through Empathy Map and User Persona. *Procedia Computer Science*, 225, 4148–4156. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2023.10.411>
34. Székely, B., Késmárki-Gally, S. E., & Lakner, Z. (2025). Hybrid project management: Scoping review. In *Project Leadership and Society* (Vol. 6). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.plas.2025.100182>
35. Truong, K. N., Hayes, G. R., & Abowd, G. D. (2006). *Storyboarding*. 12–21. <https://doi.org/10.1145/1142405.1142410>
36. Yang, H., & Wang, D. (2025). Application of Lean–Agile Hybrid Methods in Complex Construction Project Management. *Buildings*, 15(13). <https://doi.org/10.3390/buildings15132349>
37. Yu, D., Tao, Q., Liu, Q., Jin, Y., Sun, Y., & Fu, P. (2025). Lifecycle management of urban renewal enabled by Internet of Things: Development, application, and challenges. In *Results in Engineering* (Vol. 27). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.105706>

Apéndice A. Organigrama ARM Consulting SAS

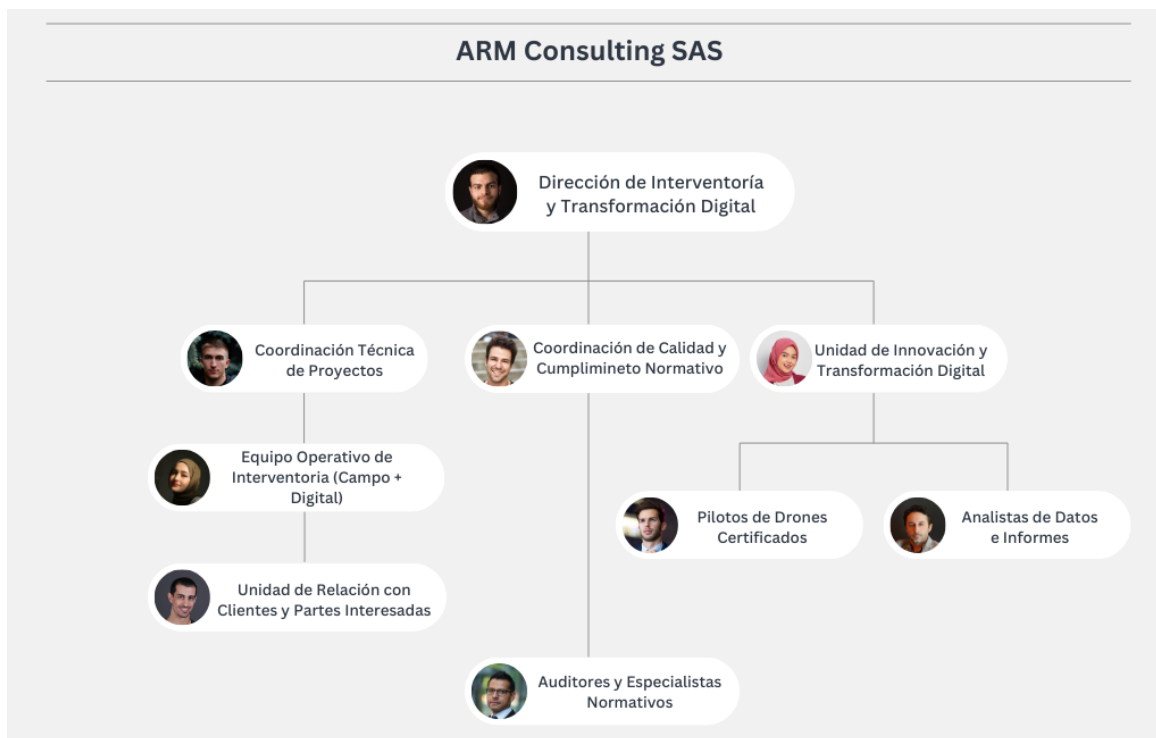


Ilustración 14 Organigrama
Fuente. Elaboración propia (2025)

Apéndice B. Diagnóstico con la Metodología 5 Why ARM Consulting SAS

Diagnóstico con la Metodología 5 Why				
1. Why? (¿Por qué no cuentan con información confiable y oportuna?)	2. Why? (¿Por qué los reportes son tardíos e inconsistentes?)	3. Why? (¿Por qué se usan canales y formatos diferentes?)	4. Why? (¿Por qué no existe un procedimiento digital estandarizado?)	5. Why? (¿Por qué se ha priorizado la validación presencial sobre lo digital?)
Porque los reportes de avance se entregan tarde, incompletos o en formatos distintos.	Porque cada obra registra la información manualmente y la envía por canales diferentes (correo, WhatsApp, Excel).	Porque no existe un procedimiento estandarizado que unifique la forma de reportar y consolidar la información.	Porque ARM Consulting ha priorizado la validación presencial como principal fuente de verificación, dejando en segundo plano la digitalización de procesos.	Porque tradicionalmente la interventoría se ha basado en visitas físicas para garantizar control, y no se había identificado antes la necesidad de contar con datos en tiempo real para decisiones estratégicas.
<p>Conclusión del diagnóstico (raíz del problema): El problema no es únicamente la demora en los reportes, sino la ausencia de un sistema digital estandarizado para la recolección y centralización de los avances semanales, lo que obliga a depender de visitas presenciales y limita la toma de decisiones oportunas.</p>				

Ilustración 15 Análisis 5 WHY
Fuente. Elaboración propia (2025)

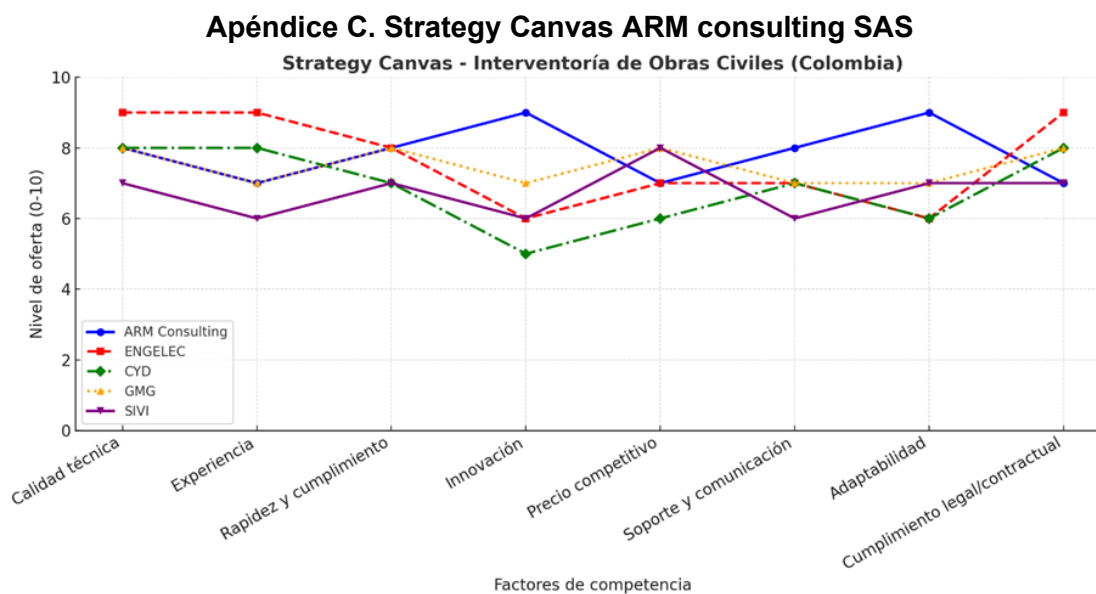


Ilustración 16 Strategy Canvas
Fuente. Elaboración propia (2025)

Apéndice D. Tabla de ponderación strategy Canvas

Factor	ARM Consulting S.A.S.	Engelec Ingeniería S.A.S.	CYD Ingeniería Ltda.	GMG Servicios de Ingeniería	SIVI Ingeniería S.A.S.
Calidad técnica	8	9	8	8	7
Experiencia	7	9	8	7	6
Rapidez y cumplimiento	8	8	7	8	7
Innovación	9	6	5	7	6
Precio competitivo	7	7	6	8	8
Soporte y comunicación	8	7	7	7	6
Adaptabilidad	9	6	6	7	7
Cumplimiento legal/contractual	8	9	8	8	7

Tabla 9 de ponderación strategy canvas
Fuente. Elaboración propia (2025)

Apéndice E. Matriz ERIC ARM consulting SAS

Eliminar	Reducir	Elevar	Crear
Procesos burocráticos excesivos en la gestión de interventoría que retrasan entregables.	Dependencia de metodologías tradicionales de supervisión (planos físicos, reportes manuales).	Uso de herramientas digitales y de innovación en interventoría (BIM, drones, IA para monitoreo).	Modelos de interventoría sostenible que integren criterios ambientales y sociales en los proyectos.
Lenguaje técnico rígido en la comunicación con clientes no especializados.	Estructuras jerárquicas rígidas que reducen la agilidad en los proyectos.	Capacidad de respuesta y adaptabilidad frente a cambios contractuales y normativos.	Servicios de consultoría preventiva (alertas tempranas de riesgos técnicos, financieros o legales).
Competencia solo en precio como factor diferenciador.	Costos asociados a reprocesos por falta de digitalización.	Reputación en cumplimiento legal y ético, reforzando transparencia en licitaciones y contratos.	Plataforma digital de interacción con clientes, con tableros en tiempo real del avance de obras.

Tabla 10 Matriz ERIC

Fuente. Elaboración propia (2025).

Apéndice F. Diagrama IKIGAI



→ Transformar la interventoría en Colombia con innovación, transparencia y tecnología digital.

Ilustración 17 Diagrama Ikigai
 Fuente. Elaboración propia (2025)

Apéndice G. BC ARM Consulting SAS

https://universidadeaneducos.sharepoint.com/:x:/r/sites/VisionariosDigitales/_layouts/15/Doc2.aspx?action=edit&sourcedoc=%7B86f2a030-145d-4514-a1be-156d0c64e3c0%7D&wdOrigin=TEAMS-WEB.teamsSdk_ns.rwc&wdExp=TEAMS-TREATMENT&wdhostclicktime=1764029431455&web=1

Apéndice H. Matriz de riesgos y controles

<https://universidadeaneducos.sharepoint.com/forms/spfxsinglesignon.aspx>

Apéndice I. OKRs (Objectives and Key Results) del proyecto de innovación en ARM Consulting SAS

Objetivo Estratégico (O)	Resultados Clave (KR)
O1. Fortalecer la eficiencia operativa en la elaboración de informes técnicos de interventoría.	KR1. Reducir en un 40 % el tiempo promedio de elaboración de informes. KR2. Aumentar la productividad del personal técnico en campo en un 20 % . KR3. Alcanzar un 100 % de cumplimiento en entregas semanales a las entidades contratantes.
O2. Mejorar la calidad y trazabilidad de la información recolectada en obra.	KR1. Disminuir en un 30 % las inconsistencias detectadas en los informes. KR2. Implementar un sistema digital de seguimiento con validación automática de datos.
O3. Promover la adopción tecnológica y la cultura de innovación en el personal de la empresa.	KR1. Lograr una tasa de adopción del 80 % del sistema digital entre los equipos de proyecto. KR2. Alcanzar un NPS interno ≥ 60 % , indicando una percepción favorable hacia la innovación. KR3. Realizar dos ciclos de capacitación durante el primer año de implementación.
O4. Integrar prácticas sostenibles en los procesos operativos.	KR1. Reducir en un 50 % el consumo de papel. KR2. Disminuir en un 30 % los desplazamientos físicos asociados a la entrega de reportes. KR3. Contribuir al cumplimiento de los ODS 9 y 12 (<i>Naciones Unidas, 2015</i>).

Tabla 11 OKRs
 Fuente. Elaboración propia (2025)

Apéndice J. Métricas de innovación y adopción tecnológica

Métrica de innovación	Descripción	Meta esperada
Tasa de adopción tecnológica	Porcentaje de colaboradores que utilizan activamente la plataforma digital y los drones para la gestión de informes.	≥ 80 % durante los primeros seis meses.
NPS interno (Net Promoter Score)	Índice que mide la disposición de los colaboradores a recomendar el uso de la innovación dentro de la empresa.	≥ 60 %.
Índice de satisfacción post-implementación	Valoración promedio de los usuarios internos sobre facilidad de uso, utilidad y eficiencia del sistema.	≥ 85 %.
Tasa de errores post-implementación	Proporción de informes que requieren corrección o reenvío tras la adopción del sistema.	≤ 5 %.
Nivel de madurez digital organizacional	Avance en la integración de procesos digitales y automatización del flujo de información.	Incremento de una categoría en el diagnóstico interno al cierre del primer año.

Tabla 12 Métricas de innovación
Fuente. Elaboración propia (2025)

Apéndice K. Plan de medición y evaluación continua de los KPIs de innovación

Elemento	Descripción
Periodicidad de medición	Se realizará un seguimiento trimestral durante el primer año de implementación, con una evaluación integral al finalizar el período.
Responsables	El director de Innovación y los directores de Proyecto serán responsables de consolidar la información y reportar los resultados al Gerente General.
Fuentes y herramientas	Registros digitales del sistema de reportes, encuestas de satisfacción internas, informes de desempeño y bitácoras de obra.
Método de análisis	Se aplicarán comparativos entre los valores meta y los resultados reales, identificando desviaciones y proponiendo acciones correctivas.
Comunicación de resultados	Los avances se presentarán en informes ejecutivos y reuniones de revisión trimestral, integrando la información al sistema de gestión de calidad de la empresa.
Retroalimentación y mejora	Los hallazgos permitirán ajustar procesos, actualizar capacitaciones y redefinir indicadores según la evolución del proyecto.

Tabla 13 Plan de remediación
Fuente. Elaboración propia (2025)

Apéndice L. Soluciones emergentes

Solución	Estado actual	Fortalezas	Debilidades
Plataformas digitales de gestión de proyectos	Se emplean para un seguimiento manual de proyectos	Mejora la coordinación y la trazabilidad documental	Puede no integrarse con otras actividades que deben desarrollarse en el proyecto
BIM	Empleado en proyectos de gran complejidad	Mejora la coordinación, minimiza errores en el diseño y planeación	Su costo es alto, requiere personal capacitado
Herramientas colaborativas en la nube	Usadas en proyectos de todo tipo	Mejora la coordinación, la trazabilidad documental y el acceso a la información por las partes interesadas	Capacidad limitada o de costo alto.
Uso de drones para monitoreo y seguimiento	Se emplean en obras e inspecciones de estructuras	Celeridad en la inspección y posibilidad de acceso a zonas remotas	Regulaciones aéreas, procesamiento de la información.

Tabla 14 Soluciones emergentes
Fuente. Elaboración propia (2025)

Apéndice M. Plataformas con uso de drones

Item	DroneDeploy	PrixPro	ArcGIS (Drone2Map)
Enfoque principal	Facilidad de Uso, automatización, colaboración	Máximo control, precisión avanzada	Integración con otros programas del Ecosistema ArcGIS
Tipo de procesamiento	Nube	Hibrido (Nube y escritorio)	Nube o Escritorio
Nivel de Aprendizaje	Bajo, muy intuitivo	Media a Alta, se debe tener conocimientos avanzados	Media a Alta, se debe conocer la plataforma ArcGIS
Nivel de Precisión	Buena. Menos control sobre parámetros de procesamiento	Alta. Control detallado sobre cada paso	Alto. Control detallado sobre cada paso
Licenciamiento	Basado en suscripción	Basado en suscripción. Planes especializados para diferentes industrias	Licenciado

Tabla 15 Plataformas con uso de drones
Fuente. Elaboración propia (2025)

Apéndice N. Entrevistas de directores de proyectos

Profesional	Enlace del video
Miguel Alberto Sánchez Jiménez <ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero en Transportes y Vías • Especialista en Gerencia de Proyectos • Director de Proyectos ARM Consulting SAS 	https://youtu.be/MIWre05-LMI
Robinson Fernando Marroquín Pérez <ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero Civil • Especialista en Ingeniería de Pavimentos • Especialista en Gerencia de Proyectos • Director de Proyectos ARM Consulting SAS 	https://youtube.com/shorts/pEXUPATmaDw?feature=share
Jhon Leandro Henao Fernández <ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero Civil • Especialista en Gerencia de Proyectos • Director de Proyectos ARM Consulting SAS 	https://youtube.com/shorts/uN1MdNikIGU?feature=share
Héctor Armando Gómez Jaimes <ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero Civil • Especialista en Gerencia de Proyectos • Director de Proyectos ARM Consulting SAS 	https://youtu.be/iEUaDBeD0s8
Jhathan Andres Gaviria Contreras <ul style="list-style-type: none"> • Ingeniero Civil • Especialista en Diseño y Construcción de Vías y Aeropistas • Especialista en Gerencia de Proyectos • Gerente y director de Proyectos ARM Consulting SAS 	https://youtu.be/spmZH5Qzb3I

Tabla 16 Entrevistas

Fuente. Elaboración propia (2025)