



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

GESTIÓN DE PROYECTOS: ESTRATEGIA PARA MITIGAR INTERFERENCIAS CONSTRUCTIVAS Y OPTIMIZAR EL EQUILIBRIO ENTRE COSTOS Y PLAZOS

RAÚL FERNANDO LUNA GÓMEZ

PROFESORES GUÍA: HÉCTOR VALDÉS GONZÁLEZ, PhD
OSVALDO BENAVENTE ZAMORANO, MIIS

PROYECTO DE GRADO PRESENTADO A LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA
UNIVERSIDAD DEL DESARROLLO PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE
MAGÍSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS

CONCEPCIÓN – CHILE
2025



Universidad del Desarrollo
Facultad de Ingeniería

GESTIÓN DE PROYECTOS: ESTRATEGIA PARA MITIGAR INTERFERENCIAS CONSTRUCTIVAS Y OPTIMIZAR EL EQUILIBRIO ENTRE COSTOS Y PLAZOS

POR: RAÚL FERNANDO LUNA GÓMEZ

Proyecto de Grado presentado a la Comisión integrada por los profesores:

PROFESORES GUIA: Héctor Valdés-González, PhD y Osvaldo Benavente Zamorano, MIIS

PROFESOR INTEGRANTE 1: Lorenzo Reyes-Bozo, PhD

PROFESOR INTEGRANTE 2: José Luis Salazar N, PhD

Para completar las exigencias del Grado de Magíster en Ingeniería Industrial y de Sistemas

Mayo, 2025

Concepción, Chile

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Por medio de la presente, declaro que el trabajo titulado GESTIÓN DE PROYECTOS: ESTRATEGIA PARA MITIGAR INTERFERENCIAS CONSTRUCTIVAS Y OPTIMIZAR EL EQUILIBRIO ENTRE COSTOS Y PLAZOS, que presento a la Universidad del Desarrollo de Chile, es de mi autoría y no ha sido publicado previamente, ni está siendo considerado para publicación bajo otra filiación. En igual sentido, declaro que el trabajo de tesis y su contenido, son originales y que todos los datos y referencias a trabajos ya publicados con anterioridad han sido debidamente identificados, referenciados o citados en el documento, y que estas citas han sido incluidas en las referencias bibliográficas. Afirmando, asimismo, que los materiales presentados no se encuentran protegidos por derechos de autor; y en caso de que así lo estuvieran, me hago responsable de cualquier litigio o reclamo relacionado con la violación de derechos de propiedad intelectual, exonerando de toda responsabilidad a la Universidad del Desarrollo de Chile.

Finalmente, me comprometo a no someter este trabajo (o parte de este), a consideración en ninguna revista o congreso para publicación sin contar con la aprobación y haber pasado el debido proceso de revisión en Universidad del Desarrollo. En caso de que un artículo sea aprobado para su publicación, autorizo a la Universidad del Desarrollo a incluir dicho artículo en sus revistas, y a reproducirlo, editarlo, distribuirlo, exhibirlo y comunicarlo en el país y en el extranjero, por medios impresos, electrónicos, Internet o cualquier otro medio, para propósitos científicos y sin fines de lucro.



RAÚL FERNANDO LUNA GÓMEZ

Firma

Dedicado a mi esposa, con su amor, confianza y apoyo me ha impulsado a cumplir mis sueños y anhelos, manteniendo su fe en mi trabajo e impulsando mi desarrollo personal.

A mis hijos, mi luz y mi fuerza día a día en esta carrera de vida.

A Dios, que sigue abriendo puertas...

AGRADECIMIENTOS

Mis sinceros agradecimiento a cada uno de los profesores y personal administrativo del magister en ingeniería industrial y de sistemas, quien con su profesionalismo y dedicación, me brindaron las herramientas adecuadas para el cabal cumplimiento del programa, aportando los recursos, atención, puntualidad y cordialidad en este bonito desafío profesional y laboral.

A mis compañeros, que con sus aportes, consejos y dedicación en el desarrollo de las labores encomendadas, permitieron lograr los objetivos compartidos en este camino.

Al director del programa, Héctor Valdés González (PhD), por su valiosa orientación, acertados consejos y su compromiso académico, que fueron pilares fundamentales para alcanzar mi meta académica propuesta.

Un especial agradecimiento a todos los colegas, profesionales y amigos que, con generosidad y un genuino interés, compartieron sus conocimientos, su experiencia en el desarrollo de proyectos y sus variados puntos de vista ante cada interrogante planteada. Cada consejo, cada idea y cada palabra de aliento fueron un impulso en los momentos claves y, sin duda, hicieron posible que esta investigación llegara a buen término.

A Osvaldo, quien con su guía, revisiones y aportes dieron forma a esta investigación.

Finalmente a mi familia, que son mi timón para navegar en la ruta de vida que Dios me ha trazado, con ellos y su apoyo, cualquier meta es alcanzable.

GESTIÓN DE PROYECTOS: ESTRATEGIA PARA MITIGAR INTERFERENCIAS CONSTRUCTIVAS Y OPTIMIZAR EL EQUILIBRIO ENTRE COSTOS Y PLAZOS

RAÚL FERNANDO LUNA GÓMEZ

Bajo la supervisión de los Profesor Héctor Valdés González, PhD, y Osvaldo Benavente Zamorano, MIIS, en la Universidad del Desarrollo de Chile

Resumen

Las interferencias constructivas en proyectos de construcción representan un desafío significativo, generando sobrecostos y retrasos. Estas pueden ser de índole física, técnica o administrativa, afectando la eficiencia general de los proyectos. La gestión efectiva de estas interferencias es clave para optimizar costos y plazos, lo que motiva la necesidad de estrategias avanzadas en la planificación y control de procesos constructivos. El objetivo de este estudio fue proponer un modelo estandarizado de gestión de interferencias constructivas, basado en el uso de BIM (Building Information Modeling), integración multidisciplinaria y optimización de recursos, para minimizar desviaciones presupuestarias y mejorar la toma de decisiones en la industria de la construcción. Se aplicó un enfoque metodológico mixto: en la fase cualitativa, se realizó un análisis de contenido temático de entrevistas semiestructuradas a 9 directivos de empresas energéticas chilenas. La fase cuantitativa incluyó una encuesta estructurada aplicada a 61 profesionales del sector energético con un análisis estadístico descriptivo, evaluando factores críticos como interferencias técnicas, normativas y la adopción de tecnologías como BIM. El estudio identifica las principales causas de sobrecostos destacando que las interferencias técnicas y regulatorias representan aproximadamente el 90% de las causas de sobrecostos y retrasos. El modelo propuesto prioriza dichas interferencias mediante acciones de mitigación temprana mediante la coordinación interdisciplinaria, el uso de tecnología BIM y la gestión activa de stakeholders, configurándose como una innovación respecto de los enfoques tradicionales de gestión de proyectos reportados en la literatura. En conclusión, una gestión proactiva e integrada de interferencias constructivas es clave para reducir costos y plazos. El modelo fomenta la colaboración interdisciplinaria, el uso de tecnología avanzada y estrategias de formación, aunque centrado en proyectos de infraestructura energética, el

modelo presenta características transferibles a otros sectores industriales complejos, fortaleciendo la eficiencia y sostenibilidad en la gestión de proyectos de construcción. Las limitaciones presentes del estudio abordan la falta de validación empírica, abriendo la posibilidad de aplicar en investigaciones de campo futuras.

Palabras clave: Coordinación interdisciplinaria; innovación; BIM; gestión de stakeholders; toma decisiones en construcción.

HIGHLIGHTS

GESTIÓN DE PROYECTOS: ESTRATEGIA PARA MITIGAR INTERFERENCIAS CONSTRUCTIVAS Y OPTIMIZAR EL EQUILIBRIO ENTRE COSTOS Y PLAZOS

RAÚL FERNANDO LUNA GÓMEZ

- Presenta modelo de gestión que prioriza interferencias según impacto en proyecto
- Utiliza enfoque mixto con entrevistas semiestructuradas y encuestas estructuradas
- Incluye 9 entrevistas y 61 encuestas a profesionales del sector energético
- Identifica causas técnicas, normativas y de coordinación como origen de sobre costos
- Optimiza decisiones y eficiencia con BIM, equipos integrados y gestión colaborativa

ÍNDICE GENERAL

Tabla de contenido

1	INTRODUCCIÓN	9
1.1	BRECHAS EN LA GESTIÓN DE INTERFERENCIAS EN PROYECTOS ENERGÉTICOS.....	10
1.2	BREVE DISCUSIÓN DE LA LITERATURA	10
1.3	CONTRIBUCIÓN DEL TRABAJO	17
1.4	OBJETIVO GENERAL	17
1.4.1	<i>Objetivos específicos</i>	18
1.5	PROPUESTA METODOLÓGICA	18
1.6	ORGANIZACIÓN Y PRESENTACIÓN DE ESTE TRABAJO	22
2	INFORMACIÓN Y RESULTADOS.....	24
2.1	PROCEDIMIENTO DE RECOGIDA Y ANÁLISIS DE DATOS.....	24
2.2	PROCESO DE RECOGIDA DE INFORMACIÓN	29
2.3	LOS DATOS RECOGIDOS:	29
2.4	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS DATOS	30
2.5	HALLAZGOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	38
2.6	MODELO ESTANDARIZADO DE GESTIÓN DE INTERFERENCIAS CONSTRUCTIVAS PROPUESTO.....	45
3	ARTÍCULO	49
4	CONCLUSIONES GENERALES.....	70
4.1	PROPUESTA PARA TRABAJOS FUTUROS.....	71
5	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	73
6	ANEXO: REPORTE DE PLAGIO.....	79

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 <i>CATEGORIZACIÓN DE CUESTIONARIO</i>	29
TABLA 2 <i>CAUSAS DE INTERFERENCIAS CONSTRUCTIVAS CATEGORIZADAS POR TIPO E IMPACTO REPORTADO</i>	38

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 <i>GRÁFICO DE IMPACTO DE LAS INTERFERENCIAS TÉCNICAS Y DE DISEÑO</i>	36
FIGURA 2 <i>FACTORES EXTERNOS Y REGULATORIOS</i>	37
FIGURA 3 <i>PERCEPCIÓN DE LA GESTIÓN DE CAPACITACIONES AL PERSONAL</i>	37
FIGURA 4 <i>FACTORES QUE INFLUYEN EL A GESTIÓN DE INTERFERENCIAS CONTRACTIVAS</i>	39
FIGURA 5 <i>FACTORES CRÍTICOS CON MAYOR IMPACTO</i>	40
FIGURA 6 <i>INCORPORACIÓN DE BIM EN PROYECTOS</i>	42
FIGURA 7 <i>INDICADORES DE RESISTENCIA A LA IMPLEMENTACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS</i>	44
FIGURA 8 <i>MODELO CONCEPTUAL PROPUESTO</i>	46

1 INTRODUCCIÓN

En la industria de la construcción, uno de los desafíos más recurrentes y críticos es la presencia de interferencias constructivas, las cuales generan desviaciones significativas en los costos y plazos de ejecución de los proyectos. Estas interferencias, que pueden ser de carácter técnicos, físicos o administrativas, suelen manifestarse por una deficiente coordinación entre disciplinas, definiciones de ingeniería incompletas o deficientes, demoras en la gestión de permisos regulatorios o por una toma de decisiones inadecuada o tardía. Cuando se abordan de forma reactiva, estas situaciones implican reprocesos, aumentos de costos y extensiones de plazo que afectan directamente la eficiencia operativa y comprometen la rentabilidad del proyecto.

Particularmente en el sector energético chileno, caracterizado por su alta complejidad y diversidad de actores, estas interferencias representan un desafío constante. Las exigencias contractuales de los proyectos bajo esquemas como E.P.C. (Engineering, Procurement and Construction), sumadas a los plazos acotados y las condiciones normativas, hacen imprescindible contar con estrategias de gestión que permitan anticipar, identificar y mitigar este tipo de situaciones desde las etapas tempranas de los proyectos.

En este contexto, la incorporación de herramientas tecnológicas como el Building Information Modeling (BIM) adquiere un rol estratégico. BIM permite la visualización anticipada y colaborativa del diseño, facilita la coordinación interdisciplinaria y habilita la detección temprana de interferencias antes del inicio de la construcción. Además, la conformación de equipos multidisciplinarios, la capacitación técnica en procesos actuales y la gestión activa de stakeholders se posicionan como elementos clave para mejorar la toma de decisiones, reducir incertidumbres y optimizar recursos.

Un modelo estandarizado de gestión de interferencias constructivas que integra tecnología, metodologías colaborativas y criterios de priorización puede ser una solución efectiva para abordar las situaciones complejas presentes en el rubro de la construcción. Mediante un enfoque metodológico mixto, que considera entrevistas a directivos del sector y encuestas a profesionales de proyectos energéticos, se identifican las causas más relevantes de interferencias, se evalúa su impacto y se proponen mecanismos para su resolución eficiente.

El principal aporte de este estudio es ofrecer una herramienta práctica y replicable para mejorar la gestión de proyectos en el sector de la construcción. Se busca promover una cultura organizacional enfocada en la eficiencia, la sostenibilidad y la mejora continua, con especial énfasis en la toma de decisiones tempranas e informadas que permitan mitigar desviaciones de plazo y costo. De este modo, se contribuye a fortalecer la capacidad de respuesta ante los desafíos actuales de la industria y a avanzar hacia una ejecución de proyectos más integrada, coordinada y efectiva.

1.1 Brechas en la gestión de interferencias en proyectos energéticos

Dado esta realidad, es posible efectuar el siguiente cuestionamiento de contexto: ¿Cuáles son las principales interferencias constructivas que impactan significativamente en los costos y plazos de ejecución en proyectos de la industria de la construcción, y cómo se pueden priorizar para su resolución eficiente?

En efecto, la construcción de proyectos del rubro energético presenta sobrecostos principalmente por interferencias constructivas que actualmente no integra una metodología clave para abordar la toma de decisiones de forma temprana, evitando el aumento de plazos de ejecución que impactan en los costos del desarrollo normal de proyecto. Esta carencia plantea desafíos significativos en términos de eficiencia, calidad y cumplimiento de plazos, lo que resalta la urgencia de implementar estrategias para mejorar el control y la gestión de estos proyectos de construcción para el rubro eléctrico nacional.

1.2 Breve discusión de la literatura

En la gestión de proyectos de construcción, es esencial prever el resultado final para estimar con precisión los estados y avances de las actividades. Identificar posibles desviaciones en el progreso debido a interferencias entre etapas constructivas o entre diversas disciplinas involucradas es crucial para asegurar el éxito del proyecto.

La toma de decisiones es un proceso crítico del cual depende la empresa para desarrollar sus actividades, recayendo en una persona preparada de forma conveniente para superar obstáculos del medio y percepciones subjetivas que le pueden llevar a inclinarse de manera errónea por una alternativa en detrimento de otra mejor.

Como señalan Landazury-Villalba et al. (2018), la experiencia del decisor representa un alto grado de subjetividad y debe considerarse un factor esencial al evaluar opciones, ya que una toma de decisión sin información suficiente o de baja calidad puede generar reprocesos y sobrecostos. Bajo este concepto, Shah et al., (2023) destacan que se debe entender y dimensionar los tiempos para la toma de decisiones, las cuales impactarán directamente en los costos asociados al proceso, pero a su vez, si dicha toma es apresurada o con información insuficiente o de baja calidad, puede incrementar los costos directos por reprocesos u objetivos no logrados. Es fundamental que la gerencia de proyecto tenga las competencias necesarias para el éxito del proyecto. Las habilidades, conocimientos y capacidades permiten la toma de decisiones efectivas y eficaces impactando positivamente al desarrollo de las actividades. (Ochoa Pacheco et al., 2023)

En la evaluación de la problemática que plantea una interferencia constructiva se pueden distinguir etapas secuenciales. Inicialmente, se realiza una identificación precisa del punto de convergencia o conflicto entre etapas que se interfieren. Nasar & Muñoz (2006) enfatizan la importancia de contar con personal idóneo y experimentado capaz de reconocer los procesos adecuados para una toma de decisiones eficaz. Posteriormente, se debe efectuar una rigurosa evaluación de costos. La determinación de los costos del proyecto se parametriza al inicio, estableciendo bases comparativas para detectar interferencias que impacten plazos y presupuesto. Kepner & Tregoe (1970) proponen una toma de decisiones sistemática, fijando objetivos claros expresados en cifras concretas. Proyectar adecuadamente cada partida constructiva con costos actualizados permite fundamentar la detección temprana de interferencias de alto impacto. Del mismo modo, frente a la toma de decisiones existe el riesgo de decisiones erróneas que conlleven reprocesos, extensiones de plazo y sobrecostos. Una toma de decisiones que incorpora evaluación de riesgos reduce significativamente la posibilidad de pérdidas operacionales, daños o costos imprevistos (Almaguer & Pérez, 2012). Estudios recientes confirman proyectos de gran escala en energía, minería y oil & gas suelen enfrentar interferencias constructivas y problemas de coordinación interdisciplinaria, el 83% de los proyectos mineros mayores recientes presentó sobrecostos superiores al 40% y retrasos del 20-30%, y en megaproyectos los desvíos promedio han alcanzado aumentos del 79% en costo y prolongaron en un 52% los plazos de ejecución (McKinsey & Company, 2020).

Gestión de proyectos: teoría y definiciones

La gestión de proyectos se orienta a un proceso multidisciplinario que implica la planificación, organización y gestión de recursos para alcanzar los objetivos específicos de un proyecto dentro de un tiempo y costo definidos. Entre las teorías más destacadas se encuentran:

Teoría de las Restricciones: Introducida por Eliyahu Goldratt, se enfoca en identificar y gestionar las restricciones que limitan el rendimiento de un proyecto. Se basa en la premisa de que cada sistema tiene al menos una restricción que limita su rendimiento y, por lo tanto, debe ser gestionada adecuadamente para mejorar la eficiencia general del proyecto (Goldratt, 1997).

Teoría de la Gestión del Valor Ganado: es una metodología que integra el alcance del proyecto, el costo y la programación para evaluar el desempeño del proyecto y predecir futuras tendencias. Es útil para controlar y gestionar proyectos complejos (Fleming & Koppelman, 2010).

Metodologías Ágiles: Es un conjunto de técnicas aplicadas en ciclos de trabajo cortos para optimizar la entrega de proyectos y mejorar la eficiencia. Estas metodologías, como Scrum y Kanban, permiten la entrega continua de resultados, mejorando la colaboración y satisfacción del cliente. Son especialmente útiles en proyectos de alta complejidad y con cambios constantes, proporcionando flexibilidad y mejor control de presupuesto y riesgos (Zendesk, 2023).

Definiciones Claves

Proyecto: Un proyecto hace referencia a la planificación o concreción de un conjunto de acciones para alcanzar un fin determinado. Los proyectos pueden clasificarse según su financiación, contenido, complejidad y finalidad, y todos buscan dar respuesta a una necesidad específica. (OBS Business School, s.f.).

Gestión de Proyectos: La gestión de proyectos implica la aplicación de métodos y prácticas específicas para administrar, diseñar y orientar los esfuerzos de un proyecto desde su inicio hasta su finalización. Esto incluye etapas clave como la planificación, ejecución y seguimiento del proyecto (Redactor Rock Content, 2019).

Planificación del Proyecto: La planificación de un proyecto implica definir los objetivos, establecer un cronograma y asignar los recursos necesarios para alcanzar esos objetivos.

Según la Universidad Internacional de La Rioja (s.f.) señala que esta etapa es crucial para asegurar que el proyecto se mantenga en el camino correcto y se completen todas las tareas a tiempo y dentro del presupuesto.

Control del Proyecto: El control del proyecto implica monitorear y medir el progreso del proyecto en relación con el plan establecido, identificando desviaciones y tomando acciones correctivas cuando sea necesario. Esto asegura que el proyecto se mantenga en el camino correcto (Meredith & Mantel, 2012).

Interferencias constructivas

Son aquellos conflictos que surgen cuando diferentes elementos de un diseño se superponen o interfieren entre sí de manera no planificada. Estas interferencias pueden ocurrir entre estructuras civiles, sistemas mecánicos, instalaciones eléctricas y otros componentes del proyecto. La detección y resolución de estas interferencias son cruciales para evitar retrasos, sobrecostos y problemas de calidad en la construcción. (Santoro, 2023)

Evaluación de costos

La determinación de los costos, establecidos para cada proyecto, es parametrizado al inicio del desarrollo del proyecto. Kepner & Tregoe (1970) sugieren que la toma de decisiones se desarrolla en un proceso sistemático de pasos en que se fijan unos objetivos claros que se expresan en cifras concretas. Razón por la cual proyectar adecuadamente cada partida de las etapas constructivas, con costos actualizados al momento de ejecución, permitirá realizar la base comparativa para el levantamiento de interferencias que impacten en plazos y sobrecostos.

Impacto de la toma de decisiones en los tiempos de ejecución

Los directivos que a menudo confunden problemas, causas y decisiones sin distinguir completamente qué necesita corrección, qué originó el problema y qué acciones tomar para resolverlo. (Kepner & Tregoe, 1970). Identificar las prioridades, estableciendo una metodología adecuada, ordenada y consecuente ha permitido que la toma de decisiones sea parametrizada en importancia y tiempo de acción, lo cual mejora la oportunidad para la toma de decisiones, evitando improvisaciones.

Evaluación de riesgos

Frente a la toma de decisiones, existe el riesgo de equivocarse la acción o la vía de solución, que incurra en reprocesos, extensiones de plazos y sobrecostos asociados directamente a la

solución. Una toma de decisión que tenga en cuenta la evaluación de los riesgos a la hora de tomar la decisión disminuye considerablemente o elimina el riesgo de pérdida de un resultado operacional, daños a la propiedad, beneficios laborales y otros riesgos (Almaguer & Pérez, 2012).

Integración de ingeniería multidisciplinaria

La resolución de interferencias constructivas requiere un enfoque multidisciplinario, involucrando a todos los actores relevantes del proyecto. Integrar equipos de distintas especialidades (civil, eléctrica, mecánica, etc.) desde etapas tempranas permite anticipar incertidumbres y establecer estrategias de diseño coordinadas. Esta integración permite que la decisión del equipo directivo determine las acciones a implementar con antecedentes suficientemente correctos para una adecuada ejecución. Anticipar incertidumbres en las etapas tempranas del proyecto, permite establecer estrategias de diseño. Meng et al., (2022) destacan que la optimización de diseño multidisciplinario bajo incertidumbre mejora la toma de decisiones, ya que considera variaciones y fiabilidad desde fases iniciales. Esta integración no solo optimiza costos, sino que mejora la cohesión del equipo y la eficacia en la ejecución del proyecto. Anticipar posibles conflictos entre disciplinas (por ejemplo, un ducto eléctrico que interfiera con una viga estructural) mediante revisiones interdisciplinarias permite que el equipo directivo cuente con información completa para decidir soluciones adecuadas.

Innovación

La falta de innovación o de consideración de tecnologías emergentes puede incidir en sobrecostos. Flyvbjerg et al. (2003) encontraron que una de las principales causas de excesos de costos en megaproyectos es la falta de realismo en las estimaciones iniciales, subestimando riesgos y complejidades tecnológicas. En concordancia, Cordova et al. (2022) subrayan que muchos grandes proyectos incorporan elementos de innovación tecnológica con alto riesgo que no son considerados adecuadamente en las estimaciones de costo iniciales. Esto puede traducirse en aumentos de costos significativos no previstos. Por tanto, es importante que durante la fase de evaluación del proyecto se contemple la posibilidad de nuevas tecnologías o materiales y se incorporen márgenes de contingencia para innovación. La disposición a la innovación del equipo debe ir acompañada de un riguroso análisis costo-beneficio y benchmarking de proyectos similares, evitando sesgos de optimismo en los presupuestos.

Desarrollo e implementación de diseño BIM

El BIM (Building Information Modeling) se ha ido implementando como una herramienta en la gestión moderna de proyectos de construcción. Este modelo implica la creación digital de un proyecto que integra las características físicas y funcionales, sirviendo como base para visualizar interferencias constructivas, en fases tempranas, utilizándolo como metodología de apoyo en la toma de decisiones, permitiendo adelantar la detección de problemas que dificultarán la correcta ejecución del proyecto impactando en los plazos y costos asociados. En la industria de la construcción, la implementación de BIM muestra resultados prometedores. Según Gómez-Valdés et al. (2023), el uso de BIM permite mejorar la planificación, reducir imprevistos y disminuir significativamente los sobrecostos asociados a interferencias en obra. Gracias a la detección temprana de conflictos y a la mejora en la coordinación entre equipos multidisciplinarios, se minimizan errores de diseño y retrabajos, optimizando así los resultados en proyectos de alta complejidad.

Componentes del BIM

Modelado 3D: siendo la base para el uso de modelos tridimensionales que representan de manera precisa los elementos físicos y las características del edificio.

Información Asociada: Cada componente del modelo 3D lleva información detallada, como materiales, costos, tiempos de ejecución, especificaciones técnicas y mantenimiento (Faraji et al., 2022).

Colaboración: esta metodología facilita la colaboración entre arquitectos, ingenieros, constructores y propietarios a través de un modelo compartido y coordinado (Olatunji et al., 2021).

Beneficios del BIM

Casos reales demuestran la magnitud del impacto de BIM en la eficiencia de los proyectos de construcción. Según Das et al. (2025), la implementación de BIM en proyectos de gran escala permite reducir los plazos de ejecución en un promedio del 20% y disminuir los costos en aproximadamente un 15%, gracias a una mejor coordinación interdisciplinaria y una detección temprana de conflictos. Además, se reporta una reducción del 30% en errores de diseño y del 25% en las solicitudes de información, optimizando la comunicación entre las partes interesadas y facilitando una toma de decisiones más informada a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Estos hallazgos refuerzan el valor estratégico de BIM como herramienta

de gestión proactiva en proyectos de alta complejidad, permitiendo entregas más rápidas, reducción de imprevistos y una mejora sustancial en el control de costos.

Los beneficios de la metodología BIM destaca:

Reducción de Errores: La implementación de BIM en proyectos de construcción permite la detección temprana de interferencias y conflictos antes de la fase de construcción, lo que contribuye a reducir significativamente errores y cambios costosos durante la ejecución del proyecto. Un estudio de Eastman et al. (2011) destaca que el uso de BIM facilita la identificación de conflictos entre diferentes disciplinas, mejorando la coordinación y reduciendo la necesidad de retrabajos.

Mejora de la Planificación: Zhilyaev et al., (2022) señala que BIM facilita la planificación detallada y precisa de proyectos, incluyendo la secuencia de construcción y la logística.

Optimización de Costos: A través del análisis de costos integrados en el modelo, BIM permite la optimización financiera del proyecto (ElSahly et al., 2023).

Sostenibilidad: El uso de BIM facilita el análisis del rendimiento energético y la planificación de la sostenibilidad, permitiendo diseños más ecológicos y eficientes. En un artículo de BuildBIM, la metodología impulsa la eficiencia energética en la construcción sostenible al integrar herramientas de modelado y metodologías avanzadas (BuildBIM, 2024).

Aplicaciones del BIM

Diseño y Visualización: la modelación permite a los diseñadores y arquitectos visualizar el proyecto en 3D, facilitando la comunicación de ideas y la toma de decisiones (Olatunji et al., 2021).

Coordinación de Proyectos: Mediante la integración de diferentes disciplinas (estructural, mecánica, eléctrica, etc.), BIM asegura que todos los componentes del proyecto estén coordinados, reduciendo conflictos y retrabajos (Zhilyaev et al., 2022).

Finalmente, y habiendo revisado las principales contribuciones que aportan o han aportado a la línea de trabajo de este proyecto, es posible indicar que una oportunidad de desarrollo se encuentra en el hecho que no existe, para el caso de la industria de la construcción en el sector energético chileno, información suficiente o certeza, respecto de las interferencias constructivas que generan mayor impacto en costos y plazos, ni sobre cómo priorizarlas para una gestión eficiente. Lo que autoriza la siguiente como contribución para este proyecto de grado.

1.3 Contribución del trabajo

Habiendo recorrido las bases teóricas fundamentales para este estudio, cabe mencionar que la principal motivación para realizarlo ha sido reducir los sobrecostos incurridos por decisiones tardías o inadecuadas frente a interferencias constructivas que afectan los plazos de los proyectos. Se propone entonces un modelo estandarizado para la gestión de interferencias constructivas en proyectos de construcción, integrando tecnologías avanzadas, como el modelado BIM y optimización de recursos mediante la integración multidisciplinaria en la toma de decisiones. Este enfoque destaca por ser combinar métodos cualitativos, mediante entrevistas a directivos, con análisis cuantitativos obtenidas en encuestas a stakeholders. La investigación no solo identifica las principales causas de interferencias constructivas, sino que también prioriza su resolución temprana mediante un enfoque multidisciplinario y adaptativo, algo poco abordado en estudios previos en el contexto chileno. En este sentido la principal contribución de este estudio es la propuesta de un modelo práctico que integra tecnologías actuales como metodología BIM con estrategias de gestión avanzada, diseñado para minimizar desviaciones presupuestarias y optimizar plazos en proyectos de construcción. Este modelo aporta una guía concreta para la toma de decisiones tempranas y efectivas, fomentando la coordinación entre disciplinas y promoviendo el liderazgo colaborativo, elementos claves en proyectos complejos. Además, establece un marco replicable que puede ser adoptado por empresas de sectores similares, fomentando la capacitación continua y la innovación tecnológica en un ámbito industrial donde los retrasos y sobrecostos son comunes. Esto fortalece la sostenibilidad y eficiencia operativa en el sector.

De acuerdo a lo mencionado anteriormente, este trabajo considera los siguientes como objetivo general y objetivos específicos para este trabajo de tesis.

1.4 Objetivo general

Proponer un modelo estandarizado de gestión para la mitigación de interferencias constructivas en proyectos del sector construcción, orientado a la optimización del equilibrio entre costos y plazos de ejecución. A través de este enfoque, se busca reducir las desviaciones en los plazos y minimizar los costos asociados, optimizando la eficiencia general en la gestión de proyectos.

1.4.1 Objetivos específicos

- Caracterizar las principales interferencias constructivas presentes en proyectos del sector energético chileno, clasificándolas según su origen e impacto en costos y plazos.
- Evaluar los factores críticos que afectan la gestión de interferencias, considerando la incorporación de tecnologías como BIM, el trabajo interdisciplinario y la toma de decisiones desde etapas tempranas.
- Desarrollar un modelo estandarizado de gestión de interferencias constructivas que integre herramientas tecnológicas, metodologías colaborativas y criterios de priorización aplicables a proyectos de construcción complejos.

1.5 Propuesta metodológica

Paradigma y diseño: La investigación se centró en un enfoque mixto, analizando casos específicos en profundidad para evitar generalizaciones. Este enfoque permite describir los procesos que los directivos utilizan para tomar decisiones en la resolución de interferencias constructivas. La investigación fue de tipo descriptivo y considera un diseño no experimental, lo que significa que no se manipularán las variables, sino que se observarán empíricamente en su proceso y cómo afectan la operación diaria. La temporalidad estuvo enfocada en la última década de proyectos constructivos relacionados con la expansión del sistema energético del país. Este enfoque metodológico ha demostrado ser efectivo en la mejora de la gestión de proyectos constructivos, como señalan Aiyetan & Das (2022) en su estudio sobre la gestión de megaproyectos en Sudáfrica, y Alizadehsalehi & Hadavi (2023) en su investigación sobre la integración de Lean, BIM y realidad extendida en la gestión de proyectos.

Población sobre la que se efectuó el estudio: El estudio recopila información mediante entrevistas semiestructuradas aplicadas por conveniencia a 9 ejecutivos y profesionales provenientes de empresas contratistas bajo modalidad E.P.C. (Engineering, Procurement, and Construction), autoridades y empresas mandantes. Los entrevistados poseen, en promedio, una experiencia de 9 años en sus respectivos cargos, con una mediana de 8 años y un rango que varía desde un mínimo de 4 años hasta un máximo de 17 años. La distribución según cargos muestra que el 56% se desempeña como jefes de área o departamento, el 11% como administradores de contratos, otro 11% corresponde a ingenieros especialistas, y el

22% restante son directores o gerentes vinculados a la construcción de proyectos. Además, 3 de los 9 entrevistados cuentan con un postítulo en áreas relacionadas con construcción o administración. Complementariamente, la fase cuantitativa involucró una encuesta estructurada aplicada a 61 profesionales del sector energético, específicamente involucrados en la gestión y ejecución de proyectos constructivos.

Entorno: Empresas nacionales e internacionales de desarrollo de proyectos E.P.C. (Engineering, Procurement and Construction) para el coordinador eléctrico nacional, estas son organizaciones dedicadas al sector energético, con presencia en Chile.

Instrumentos: La fase cualitativa consistió en entrevistas semiestructuradas realizadas de forma presencial y telemática, utilizando un esquema de preguntas abiertas basado en un cuestionario previamente definido que permitía la discusión libre con el entrevistado. Las preguntas buscaban entender cuáles son las variables críticas que impactan la toma de decisiones. El instrumento cualitativo constó de 11 preguntas abiertas, organizadas de la siguiente manera:

Etapas 1: identificación de la problemática de proyecto

- 1) ¿Cuáles han sido sus mayores problemas sobre costos en el desarrollo de sus proyectos?
- 2) ¿Qué entiende por interferencia constructiva?
- 3) ¿Cómo desarrolla un plan de acción frente a una interferencia?
- 4) En la práctica, ¿Cuáles son los factores a considerar para implementar una solución?
- 5) ¿Desde que perspectiva aborda la solución, involucra a su línea de mando, ingeniería u otro departamento? ¿Por qué?
- 6) ¿Cómo determina el plazo para la toma de decisiones?

Etapas 2: Aproximación de toma de decisiones

- 7) En tu opinión, ¿Cuáles son las áreas de la empresa donde se debiera enfocar la búsqueda de respuesta para la solución? ¿Por qué?
- 8) ¿Cómo integra las distintas disciplinas en la solución propuesta?
- 9) ¿Qué factores encuentra fundamentales para evitar interferencia en el desarrollo de la ingeniería inicial, pre-ejecución o desarrollo del proyecto?

Etapas 3: abordando una estrategia para toma de decisiones

- 10) Si yo le propusiera un modelo de gestión basado en el desarrollo de diseño BIM en la etapa de ingeniería de proyectos que, con base en la experiencia pasada sobre

proyectos de construcción, permitan un mejor desempeño en la toma de decisiones para enfrentar una interferencia en el desarrollo de sus actividades. ¿Qué opina usted de dicha propuesta?

11)¿Cómo se están abordando los desafíos relacionados con la gestión del cambio y la capacitación de los empleados?

El instrumento cualitativo fue validado previamente mediante entrevistas piloto, lo que permitió verificar la claridad, comprensión y coherencia interna de las preguntas antes de su aplicación definitiva.

Para abordar los objetivos del estudio y profundizar en los hallazgos cualitativos previos, se diseñó una encuesta estructurada como instrumento cuantitativo. Este cuestionario estuvo dirigido a actores clave involucrados en el desarrollo de proyectos del sector energético, específicamente profesionales con experiencia en gestión y ejecución de proyectos. La encuesta tuvo como propósito evaluar factores críticos que influyen en la gestión de interferencias constructivas, proporcionando una base objetiva para analizar y validar las áreas de mejora identificadas.

El diseño de la encuesta incluyó una escala Likert de 1 a 5, donde 1 representa un nivel “Muy bajo” y 5 “Muy alto”. Esto permitió medir la percepción de los encuestados respecto al impacto de diversos factores técnicos, regulatorios y organizativos. Las preguntas fueron formuladas para capturar datos relacionados con los aspectos más relevantes del manejo de interferencias constructivas, incluyendo:

1. Impacto de las interferencias técnicas y de diseño:
¿Cómo calificaría el impacto de las indefiniciones en la ingeniería básica y de detalle en los costos y plazos de los proyectos?
2. Efectividad de las estrategias para mitigar interferencias técnicas:
¿Qué tan efectivas considera las revisiones interdisciplinarias frecuentes para reducir errores en la etapa de diseño?
3. Impacto de los factores externos y regulatorios:
¿Qué nivel de influencia tienen los retrasos en permisos y trámites regulatorios en el desempeño del proyecto?
4. Percepción sobre la capacitación del personal:

¿Cómo valora la capacitación técnica actual del personal en relación con su capacidad para gestionar interferencias constructivas?

5. Nivel de coordinación entre disciplinas:

¿Cómo evaluaría la efectividad de la comunicación y coordinación entre áreas (diseño, ingeniería, ejecución) para abordar interferencias constructivas?

6. Adopción de tecnologías avanzadas como BIM:

¿Qué tan útil considera la implementación de BIM para la detección temprana y resolución de interferencias constructivas?

7. Resistencia al cambio tecnológico:

¿Qué tan significativa considera la resistencia al cambio tecnológico como barrera para la implementación de herramientas avanzadas como BIM?

El instrumento cuantitativo fue revisado por el profesor guía de la investigación, quien verificó su pertinencia respecto de los objetivos del estudio. Posteriormente, fue validado en contexto, al ser aplicado de manera directa a distintos actores relevantes del sector energético (mandantes, autoridades, ingenieros proyectistas y constructores), permitiendo comprobar su aplicabilidad y comprensión general.

La encuesta se aplicó a un grupo de profesionales seleccionados estratégicamente, garantizando la representatividad de los datos en el contexto del sector energético. Las respuestas obtenidas proporcionaron una visión cuantitativa de los factores que afectan la gestión de interferencias constructivas y complementaron el análisis cualitativo previo, permitiendo identificar patrones y tendencias significativas.

Los datos recopilados sirvieron como insumos clave para proponer un modelo conceptual integrador, orientado a mejorar la eficiencia operativa, optimizar costos y fortalecer la coordinación interdisciplinaria en proyectos complejos del sector.

Plan de análisis de los datos:

En base a la información recolectada de los proyectos finalizados, se definieron categorías de costos previstos versus reales de ejecución.

En el análisis cualitativo, se aplicó una categorización temática de tipo inductiva, organizada en matrices que agrupan las respuestas por ejes como origen de interferencias, criterios de decisión, estrategias de mitigación y percepción del rol del BIM. Este proceso se estructuró

en base al documento de caracterización y permitió establecer frecuencias y patrones interpretativos entre los entrevistados.

En cuanto al análisis cuantitativo, se trabajó sobre una tabla de Excel con los resultados de la encuesta estructurada, calculando frecuencias absolutas, porcentajes, promedios aritméticos y desviaciones estándar, para identificar tendencias en la percepción sobre los factores técnicos, normativos y organizativos que afectan las interferencias constructivas. Esta triangulación facilitó la integración entre los hallazgos cualitativos y cuantitativos, permitiendo una interpretación robusta y contrastada de los resultados. Luego se analizaron los datos con el propósito de entender, que factores consideran como críticos que afecten el desempeño de la toma de decisiones. Finalmente, se identificaron las principales brechas reveladas en las entrevistas y las oportunidades de mejora, contrastándolas con los resultados obtenidos en proyectos concluidos.

Ética: El objetivo del estudio fue informado de forma anticipada y detallada a todos los participantes, asegurando la confidencialidad de la información recolectada. La participación fue completamente voluntaria, garantizando el anonimato de las respuestas. Todas las contribuciones de los participantes se obtuvieron sin influencias externas y bajo un mismo formato de consulta, resguardando la imparcialidad del proceso.

1.6 Organización y presentación de este trabajo

Este trabajo de grado posee cuatro capítulos principales y se organiza como sigue:

Capítulo 1: Presenta el marco conceptual del proyecto, contextualizándolo, proponiendo objetivos y discutiendo desde la literatura la pertinencia del foco de la investigación, su contribución, y presentando a su vez un marco metodológico para su desarrollo e implementación.

Capítulo 2: Asociado a recogida de información, modelos y datos. También explicita resultados.

Capítulo 3: El proyecto de grado, se presenta en formato resumido en un artículo académico que se estructura de la siguiente manera:

1. Título
2. Resumen
3. Introducción

4. Metodología
5. Resultados
 - a. Análisis de datos
 - b. Hallazgos y discusión de resultados
 - c. Modelo estandarizado de gestión de interferencias constructivas propuesto
6. Conclusiones
7. Referencias

Capítulo 4: Finalmente las conclusiones generales derivadas de este trabajo, y una dirección para la investigación futura, la cual considera aquellas preguntas no contestadas durante el desarrollo de este trabajo, se presentan en este capítulo.

Referencias generales

2 INFORMACIÓN Y RESULTADOS

Para abordar este trabajo de investigación se ha optado por una aproximación mixta, que permite considerar la siguiente estructura para la presentación de la información y sus análisis:

2.1 Procedimiento de recogida y análisis de datos

Esta investigación aborda la problemática de las interferencias constructivas que afectan la eficiencia, los costos y los plazos en proyectos del sector energético chileno. Por tal motivo, durante el año 2024 se llevaron a cabo entrevistas semiestructuradas y encuestas estructuradas, con la finalidad de recopilar información relevante para su posterior análisis. En particular, se solicitó a los participantes identificar los tipos de interferencias más frecuentes, sus impactos en el desarrollo de los proyectos y su experiencia con herramientas como BIM, así como con los procesos de toma de decisiones frente a dichas situaciones.

El método utilizado en este estudio es de carácter aplicado, exploratorio y propositivo, ya que busca comprender un fenómeno real desde múltiples perspectivas y, a partir de ese análisis, proponer un modelo que contribuya a mejorar la gestión de interferencias constructivas en proyectos analizados en la investigación.

Fechas en que se recogieron los datos:

La recolección de datos cualitativos, realizada mediante entrevistas semiestructuradas, se llevó a cabo entre el 28 de agosto de 2024 y el 2 de noviembre de 2024.

La aplicación de las encuestas estructuradas, correspondiente a los datos cuantitativos, fue realizada entre el 12 de diciembre de 2024 y el 18 de diciembre de 2024.

Coherencia con lo planificado:

El proceso de recolección de datos cualitativos se desarrolló de manera coherente con la planificación inicial. En una etapa previa de validación de la pauta, se realizaron pilotos que permitieron evaluar la claridad, pertinencia y secuencia de las preguntas, realizando los ajustes necesarios antes de su aplicación definitiva. Posteriormente, la

pauta ajustada fue compartida con todos los participantes antes de su ejecución, favoreciendo la transparencia y claridad de los temas a tratar durante las entrevistas semiestructuradas.

Fortalezas y debilidades del proceso:

Fortalezas:

- La aplicación de un enfoque mixto permitió comprender las interferencias constructivas desde una perspectiva amplia como profunda, integrando la experiencia de actores clave con datos que reflejan tendencias actuales del sector.
- La validación de la pauta de entrevistas mediante pilotos fortaleció la claridad, secuencia y pertinencia de las preguntas aplicadas.
- Las entrevistas semiestructuradas a directivos del rubro aportó una visión estratégica y operativa sobre los desafíos reales en la gestión de interferencias.
- La participación de distintos perfiles en la encuesta (mandantes, constructores y autoridades) aportó diversidad de enfoque sobre los impactos de las interferencias, enriqueciendo el análisis y fortaleciendo la pertinencia del modelo propuesto.

Las debilidades propias de la investigación de contexto se circunscriben a:

- La indisponibilidad de algunos directivos y profesionales redujo el número de entrevistas posibles, limitando la representatividad del componente cualitativo.
- La aplicación de la encuesta se realizó en un periodo acotado, lo que restringió el alcance potencial en la recopilación de respuestas.
- Las interferencias analizadas se basaron exclusivamente en la experiencia declarada por los entrevistados, sin contar con una expresión financiera concreta del impacto en los proyectos.
- Algunas respuestas de la encuesta fueron de carácter general, lo que dificultó un análisis más detallado en indicadores específicos vinculados al uso de BIM

Población y muestras

Además de lo planteado en el marco metodológico, en la sección de población sobre la que se efectuó el estudio, donde se identifica la muestra, se hace notar que estuvo

compuesta por profesionales del sector energético chileno, tanto desde roles directivos como operativos. Para la obtención de información cualitativa, se consideraron entrevistas semiestructuradas a directivos con experiencia en toma de decisiones estratégicas. En el componente cuantitativo, se aplicó una encuesta estructurada a distintos actores del proceso constructivo, entre ellos mandantes, constructores y representantes de organismos reguladores. La combinación de ambos grupos permitió reunir una perspectiva amplia y relevante para el análisis de las interferencias constructivas y sus implicancias en costos y plazos.

Instrumento.

Como se indicó anteriormente, para recoger información sobre el fenómeno de las interferencias constructivas en proyectos del sector energético chileno, se utilizaron dos instrumentos principales: una pauta de entrevistas semiestructuradas y una encuesta estructurada. La pauta cualitativa, compuesta por once preguntas abiertas, organizadas en tres etapas, de la misma forma que se muestra en la tabla siguiente.

1. ¿Cuáles han sido sus mayores problemas sobre costos en el desarrollo de sus proyectos?
2. ¿Qué entiende por interferencia constructiva?
3. ¿Cómo desarrolla un plan de acción frente a una interferencia?
4. En la práctica, ¿Cuáles son los factores a considerar para implementar una solución?
5. ¿Desde que perspectiva aborda la solución, involucra a su línea de mando, ingeniería u otro departamento? ¿Por qué?
6. ¿Cómo determina el plazo para la toma de decisiones?
7. En tu opinión, ¿Cuáles son las áreas de la empresa donde se debiera enfocar la búsqueda de respuesta para la solución? ¿Por qué?
8. ¿Cómo integra las distintas disciplinas en la solución propuesta?
9. ¿Qué factores encuentra fundamental para evitar interferencia en el desarrollo de la ingeniería inicial, pre-ejecución o desarrollo del proyecto?

10. Si yo le propusiera un modelo de gestión basado en el desarrollo de diseño BIM en la etapa de ingeniería de proyectos que, con base en la experiencia pasada sobre proyectos de construcción, permitan un mejor desempeño en la toma de decisiones para enfrentar una interferencia en el desarrollo de sus actividades. ¿Qué opina usted de dicha propuesta?
11. ¿Cómo se están abordando los desafíos relacionados con la gestión del cambio y la capacitación de los empleados?

Este cuestionario se aplicó como elemento de consulta durante las entrevistas personales realizadas, previo consentimiento informado. A partir de dichas instancias se provoca un espacio de conversación en relación con las experiencias prácticas, percepciones estratégicas y mecanismos utilizados por los entrevistados para gestionar las interferencias constructivas en sus respectivos proyectos.

Por su parte, la encuesta estructurada fue diseñada con el propósito de obtener información cuantitativa respecto a factores técnicos, organizativos y regulatorios que influyen en la aparición y gestión de interferencias constructivas. La encuesta constó de siete preguntas con escala Likert de 1 a 5, donde 1 representa “Muy bajo” y 5 “Muy alto”, y estuvo orientada a capturar la percepción de los participantes en relación con los aspectos más relevantes del fenómeno, tal como se presenta a continuación:

1. ¿Cómo calificaría el impacto de las indefiniciones en la ingeniería básica y de detalle en los costos y plazos de los proyectos?
2. ¿Qué tan efectivas considera las revisiones interdisciplinarias frecuentes para reducir errores en la etapa de diseño?
3. ¿Qué nivel de influencia tienen los retrasos en permisos y trámites regulatorios en el desempeño del proyecto?
4. ¿Cómo valora la capacitación técnica actual del personal en relación con su capacidad para gestionar interferencias constructivas?
5. ¿Cómo evaluaría la efectividad de la comunicación y coordinación entre áreas (diseño, ingeniería, ejecución) para abordar interferencias constructivas?

6. ¿Qué tan útil considera la implementación de BIM para la detección temprana y resolución de interferencias constructivas?
7. ¿Qué tan significativa considera la resistencia al cambio tecnológico como barrera para la implementación de herramientas avanzadas como BIM?

Los resultados permitieron complementar los hallazgos cualitativos, aportando evidencia empírica relevante para la gestión de interferencias constructivas.

2.2 Proceso de recogida de información

Para la recolección de información de este estudio se utilizaron dos instrumentos principales: una pauta de entrevistas semiestructuradas y una encuesta estructurada. Las entrevistas fueron aplicadas a directivos con experiencia en proyectos del sector energético, mediante encuentros presenciales o virtuales, según disponibilidad, y sus respuestas fueron registradas para su posterior análisis cualitativo. Posteriormente, se aplicó una encuesta en formato digital a profesionales vinculados al proceso constructivo, incluyendo mandantes, constructores y representantes de organismos reguladores, utilizando los datos para el análisis cuantitativo. Ambos instrumentos permitieron recopilar información relevante para abordar los objetivos de la investigación.

2.3 Los datos recogidos:

La agrupación de resultados por categorías claves, agrupando la información para su posterior análisis queda dada por la siguiente tabla.

Tabla 1

Categorización de cuestionario

Ítems	Categoría
1. ¿Cuáles han sido sus mayores sobre costos en el desarrollo de sus proyectos?	Problemas de Ingeniería y Definiciones Técnicas
	Factores Externos y Regulatorios
	Gestión de Personal y Experiencia
2. ¿Qué entiende por interferencia constructiva?	Problemas Técnicos y de Ingeniería
	Factores Externos y Condiciones del Entorno
	Impacto en la Programación y Costos
3. ¿Cómo desarrolla un plan de acción frente a una interferencia?	Identificación y Evaluación Rápida
	Participación y Coordinación
	Flexibilidad y Adaptación

4. <i>En la práctica, ¿Cuáles son los factores a considerar para implementar una solución?</i>	Impacto en el Proyecto (Costo, Tiempo, Alcance)
	Coordinación y Comunicación Multidisciplinaria
	Gestión de Riesgos
5. <i>¿Desde que perspectiva aborda la solución, involucra a su línea de mando, ingeniería u otro departamento? ¿Por qué?</i>	Enfoque Multidisciplinario
	Importancia de la Línea de Mando
	Trabajo en Equipo y Colaboración
6. <i>¿Cómo determina el plazo para la toma de decisiones?</i>	Dependencia del Cronograma y Ruta Crítica
	Evaluaciones Rápidas e Inmediatas
	Gestión de Expectativas y Escenarios
7. <i>En tu opinión, ¿Cuáles son las áreas de la empresa donde se debiera enfocar la búsqueda de respuesta para la solución? ¿Por qué?</i>	Ingeniería y Terreno
	Gestión de Proyectos y Adquisiciones
	Enfoque Sistémico y Especialistas
8. <i>¿Cómo integra las distintas disciplinas en la solución propuesta?</i>	Liderazgo y Coordinación
	Reuniones y Comunicación
	Uso de Lecciones Aprendidas
9. <i>¿Qué factores encuentra fundamental para evitar interferencia en el desarrollo de la ingeniería inicial, pre-ejecución o desarrollo del proyecto?</i>	Conocimiento del Proyecto y Entorno
	Comunicación y Coordinación
	Definición del Alcance y Planificación
10. <i>Si yo le propusiera un modelo de gestión basado en el desarrollo de diseño BIM en la etapa de ingeniería de proyectos que, con base en la experiencia pasada sobre proyectos de construcción, permitan un mejor desempeño en la toma de decisiones para enfrentar una interferencia en el desarrollo de sus actividades. ¿Qué opina usted de dicha propuesta?</i>	Aceptación y Utilidad del Modelo
	Limitaciones y Condiciones
11. <i>¿Cómo se están abordando los desafíos relacionados con la gestión del cambio y la capacitación de los empleados?</i>	Implementación Básica y Reactiva
	Iniciativas de Capacitación
	Énfasis en Trabajo en Equipo

Fuente: Elaboración propia

2.4 Análisis e interpretación de los datos

En el desarrollo de proyectos de construcción, la gestión eficaz de interferencias constructivas y la mitigación de sobrecostos representan desafíos significativos que impactan en el éxito general de las obras. A continuación, se presentan los resultados organizados en categorías clave emergentes del análisis de las entrevistas y encuestas

realizadas. Estas categorías incluyen problemas de ingeniería y definiciones técnicas, factores externos y regulatorios, gestión del personal y experiencia, así como estrategias de planificación y toma de decisiones. Además, se abordan sobre las percepciones sobre la implementación de modelos de gestión (como BIM) para optimizar el desempeño de los proyectos. Este apartado ofrece una visión integral de las dificultades y soluciones identificadas por los expertos, sirviendo de base para discutir mejoras y enfoques innovadores en la gestión de proyectos constructivos.

El análisis de las entrevistas semiestructuradas realizadas a nueve profesionales del sector de la construcción permitió identificar y clasificar las principales problemáticas y estrategias relacionadas con la gestión de interferencias constructivas y sobrecostos en proyectos. Los hallazgos se organizaron en tres etapas: (1) Identificación de la problemática del proyecto, (2) Aproximación a la toma de decisiones, y (3) Abordaje de un modelo para la toma de decisiones.

Etapas 1: Identificación de la Problemática de Proyecto

Un 66.7% (6 de 9) de los entrevistados destacaron los problemas de ingeniería y las definiciones técnicas insuficientes como la causa más repetitiva de sobrecostos. Señalaron errores de ingeniería, cambios imprevistos y falta de definiciones claras en las etapas de ingeniería básica y de detalle. Por ejemplo, un entrevistado señaló: *“Indefiniciones en ingeniería y por interferencias constructivas no detectadas en la época de ingeniería básica y de detalle”* (entrevistado 1). Otro participante expresó la importancia de contar con una ingeniería de detalle bien definida: *“Es importante que los proyectos vengan con una ingeniería de detalle lo más definida posible, porque en caso contrario te genera imprecisión a la hora de la cuantificación de los elementos”* (entrevistado 2). Además, el 22.2% (2 de 9) indicaron que factores externos y regulatorios (especialmente demoras en permisos y autorizaciones ambientales) contribuyen a los sobrecostos. Un entrevistado explicó: *“La demora en la obtención de permisos y resolución de calificación ambiental... impacta tanto en el desarrollo de la obra como en la materialización del proyecto”* (entrevistado 5). Por otro lado, el 11.1% (1 de 9) destacó la falta de experiencia y capacitación del personal como la causa de errores que conduce a problemas en la ejecución: *“Muchas veces hay personas que no saben leer los*

planos... cometen errores que afectan el proceso de término o inicio de otras etapas” (entrevistado 4).

La comprensión de las interferencias constructivas se analizó a través de la percepción de los entrevistados, donde un 44.4% las asoció con problemas técnicos y de ingeniería, como situaciones no anticipadas que afectan la ejecución en el terreno. Un ejemplo citado fue: *“Es un hallazgo o una situación de terreno que no te permite la ejecución del proyecto tal como fue concebido en la etapa de ingeniería”* (entrevistado 1). Otro 33.3% identificó factores externos, como los retrasos provocados por stakeholders o condiciones climáticas adversas, mientras que un 22.2% destacó el impacto en la programación y los costos del proyecto.

Para desarrollar planes de acción frente a las interferencias, el 33.3% de los participantes destacó la importancia de la identificación y evaluación rápida de las situaciones, considerando los costos y tiempos involucrados. Un entrevistado explicó: *“Lo primero es la evaluación rápida de saber cuánto cuesta, cuánto tiempo me toma solucionarlo y qué impacto tiene”* (entrevistado 7). Además, un 44.4% subrayó la necesidad de la participación y coordinación entre las diferentes áreas del proyecto, mientras que un 22.2% mencionó la flexibilidad y adaptación para ajustar las actividades según las circunstancias.

Los factores que se consideran para implementar soluciones fueron analizados en términos de su impacto en el proyecto. Un 44.4% de los encuestados señaló el costo, tiempo y alcance como los elementos más relevantes, seguidos por la coordinación y comunicación multidisciplinaria (33.3%) y la gestión de riesgos (22.2%). Un entrevistado puntualizó: *“Ver el impacto que tiene en el alcance del proyecto considerando el tiempo y costo... si puede afectar a un tercero, si al dueño del activo afecta la solución o no”* (entrevistado 1).

En cuanto a la perspectiva para abordar las soluciones, el 44.4% de los profesionales optó por un enfoque multidisciplinario que involucre a diversas áreas, mientras que un 33.3% enfatizó la importancia de la línea de mando. Un 22.2% adicional consideró esencial el trabajo en equipo y la colaboración para gestionar las soluciones de manera eficaz. La determinación de plazos para la toma de decisiones se basó principalmente en la dependencia del cronograma y la ruta crítica, destacada por un 44.4% de los encuestados. *“El plazo siempre te lo va a dar la ruta crítica, que la tienes que manejar desde el principio del proyecto”*

(entrevistado 8). Un 33.3% insistió en la necesidad de decisiones rápidas para minimizar los costos, mientras que un 22.2% habló de la gestión de expectativas y escenarios.

Etapa 2: Aproximación de Toma de Decisiones

En esta etapa, el análisis se centró en cómo los profesionales gestionan la toma de decisiones y la integración de distintas disciplinas para abordar interferencias de manera eficiente.

Primero, se exploraron las áreas dentro de la empresa en las que se debe enfocar la búsqueda de soluciones. Un 44.4% de los entrevistados identificó las áreas de ingeniería y terreno como los puntos clave para abordar interferencias de manera efectiva. *“Una relación con la gente operativa de ejecución de terreno como con la gente de ingeniería, eso debe ser abordado por ambas partes”* (entrevistado 1). Este enfoque enfatiza la necesidad de una interacción fluida entre quienes diseñan y quienes ejecutan, para asegurar que los problemas puedan resolverse directamente en el terreno. Para el 33.3% de los encuestados destaca la gestión de proyectos y adquisiciones, subrayando que estas áreas son esenciales para asegurar que los recursos y suministros estén disponibles de manera oportuna y eficiente. Un 22.2% propuso un enfoque sistémico, sugiriendo que la resolución de problemas requiere un entendimiento integral que involucre especialistas y considere todas las áreas del proyecto.

La integración de disciplinas fue otro factor importante, donde un 44.4% afirmó que el liderazgo y la coordinación son esenciales para facilitar una colaboración eficaz entre diferentes áreas. *“Siempre debe haber un coordinador de proyecto que va viendo todas las disciplinas, que va tomando reuniones semanales para ver estas interferencias”* (entrevistado 6). Se destaca la necesidad de un líder o coordinador que orqueste los esfuerzos de las distintas disciplinas, asegurando que todas las partes estén alineadas y trabajen hacia un objetivo común. Un 33,3% mencionó la importancia de la comunicación efectiva mediante reuniones periódicas que permitan a los equipos mantener una visión compartida del progreso y de las posibles interferencias: *“Las comunicaciones y control documental es una tarea relevante en todo esto, porque tiene que conversar con todas las áreas y establecer compromisos para la entrega de las otras áreas”* (entrevistado 3). Finalmente 2 de los 9 (22.2%) entrevistados enfatizaron el uso de lecciones aprendidas para mejorar la gestión de

interferencias y evitar errores repetidos. Según este grupo, la experiencia de proyectos previos debe compartirse y utilizarse como un recurso valioso para soluciones futuras.

Por último, los factores fundamentales para evitar interferencias en el desarrollo de la ingeniería inicial y la pre-ejecución fueron analizados desde diferentes perspectivas. Un 44.4% de los entrevistados consideró que el conocimiento profundo del proyecto y del entorno es crucial. *“Todo parte de un conocimiento del entorno donde se va a desarrollar el proyecto mediante el levantamiento inicial de terreno”* (entrevistado 1). Este énfasis en la preparación previa y la recopilación de datos precisos es esencial para minimizar riesgos y prever posibles problemas. Otro 33.3% resaltó la comunicación y coordinación efectiva, señalando que la comunicación clara y temprana entre equipos puede prevenir la mayoría de las interferencias. Un 22.2% subrayó la importancia de una definición clara del alcance y planificación adecuada, destacando que las actividades y responsabilidades deben estar claramente delineadas desde el inicio para evitar ambigüedades y sobrecostos.

En conjunto, los hallazgos de esta etapa enfatizan la importancia de un enfoque holístico y coordinado para la toma de decisiones. La combinación de un liderazgo sólido, la comunicación fluida y un entendimiento profundo del proyecto son esenciales para la gestión eficaz de interferencias. Además, la necesidad de documentar y aprender de las experiencias pasadas subraya la relevancia de la mejora continua en la ejecución de proyectos de construcción. Este análisis muestra cómo una planificación y gestión adecuadas pueden reducir significativamente los riesgos asociados con las interferencias constructivas.

Etapas 3: Abordando un Modelo para la Toma de Decisiones

En la última etapa del análisis se exploró la viabilidad y percepción de implementar un modelo de gestión basado en BIM, así como los desafíos relacionados con la gestión del cambio y la capacitación en la industria. Para el 77.8% de los entrevistados mostró una actitud positiva hacia la adopción de un modelo de gestión basado en BIM. Este grupo destacó que BIM ofrece una ventaja significativa al permitir la visualización de impactos potenciales y la detección temprana de interferencias antes de la ejecución del proyecto. Un entrevistado afirmó: *“Me facilitaría identificar en una etapa temprana cuáles van a ser las interferencias o potenciales conflictos que se pueden tener en terreno”* (entrevistado 5). Los participantes

resaltaron que una herramienta como BIM puede facilitar la coordinación entre disciplinas, mejorar la precisión de la ingeniería de detalle, y proporcionar una base sólida para la toma de decisiones informadas, especialmente en proyectos complejos con múltiples actores involucrados. Otro entrevistado señaló que el uso de BIM no solo optimiza la planificación y ejecución, sino que también mejora la colaboración entre las diferentes partes, ya que todos trabajan con un modelo unificado que reduce errores y reprocesos.

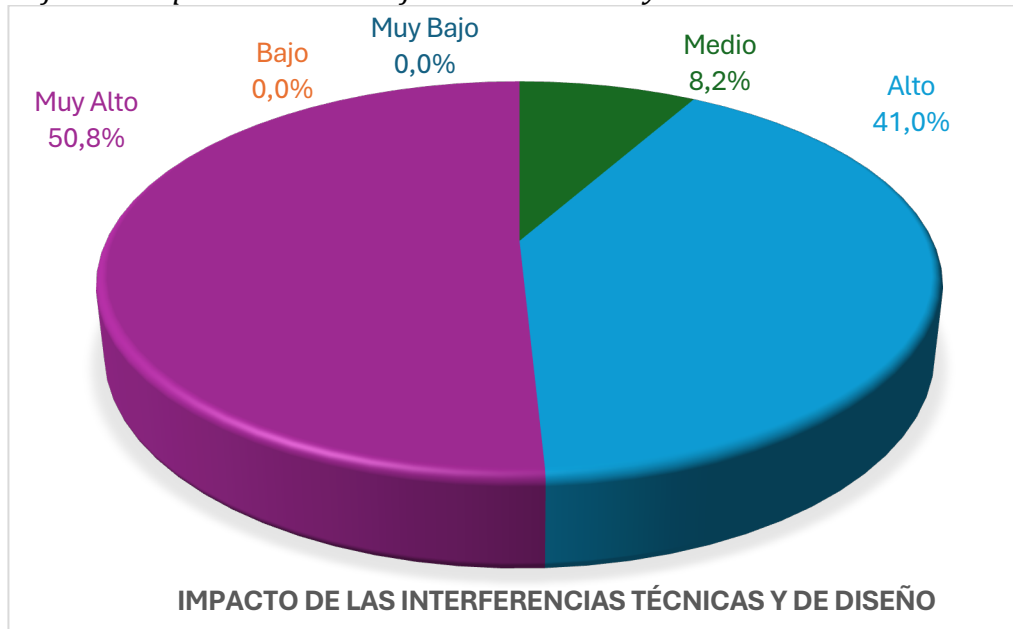
Sin embargo, un 22.2% de los encuestados expresó sus reservas, mencionando que el modelo debe ser adaptable a las particularidades de cada proyecto que la realidad de la construcción a menudo difiere del ideal representado en los modelos virtuales. *“Hay un modelo que es el ideal, pero hay un modelo que es el real, en cuanto al desarrollo de los proyectos, y eso difiere”* (entrevistado 8). Además, algunos profesionales destacaron que BIM, por sí solo, no es suficiente y que se requiere una integración con todas las áreas involucradas, incluyendo la logística, la gestión de recursos humanos y el seguimiento ambiental. La preocupación por la brecha entre la teoría y la práctica sugiere la necesidad de un enfoque estratégico para la adopción de BIM, considerando la capacitación continua y la alineación de las herramientas con los procesos existentes.

El análisis también abordó cómo las empresas están gestionando el cambio organizacional y la capacitación de los empleados. Cuatro de nueve entrevistados (44.4%) describieron los esfuerzos actuales como básicos y reactivos, reflejando una cultura organizacional que tiende a responder a los problemas en lugar de prevenirlos. *“No se ha dado la fuerza necesaria para estos conceptos, los dejamos de lado porque siempre estamos pensando en la producción”* (entrevistado 2). Este enfoque reactivo a menudo resulta en una implementación incompleta de nuevas tecnologías y metodologías, lo que limita los beneficios que podrían obtenerse de una gestión más proactiva. Cuando se reconoce que existen iniciativas de capacitación, alcanzando el 33,3% de las organizaciones que representan los entrevistados, pero de igual forma señalaron que la resistencia al cambio es un obstáculo significativo. *“Sí, acá constantemente estamos desarrollando capacitación, pero se nota que ciertos cambios el trabajador está reacio a implementar cosas nuevas, manteniendo el enfoque tradicional”* (entrevistado 5). Este grupo enfatizó la necesidad de fomentar una cultura de aprendizaje y adaptación, donde los empleados estén dispuestos a optar por nuevas herramientas y

procesos. Un 22.2% de los entrevistados destacó que el trabajo en equipo se está promoviendo activamente como una forma de mejorar la gestión del cambio y facilitar la integración de nuevos enfoques. “En cuanto a la capacitación de empleados, se está dando mucho énfasis en trabajo en equipo” (entrevistado 7).

Figura 1

Gráfico de Impacto de las interferencias técnicas y de diseño



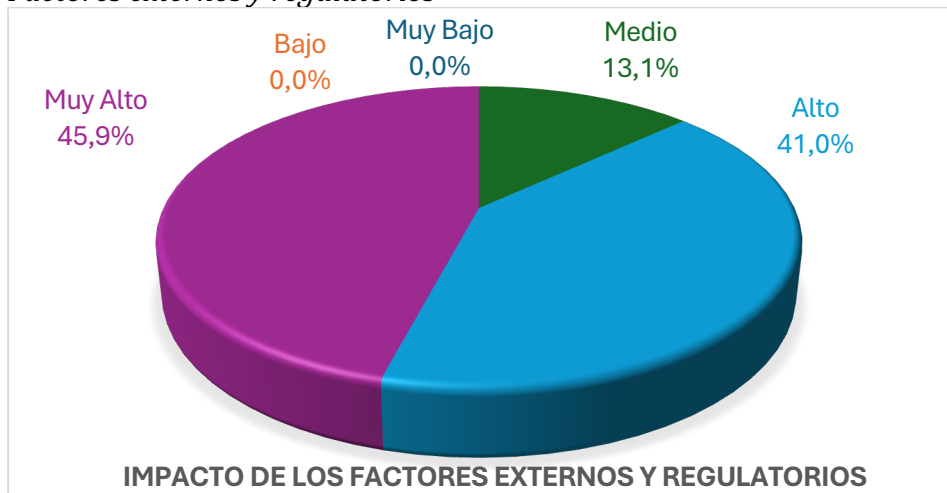
Fuente: Elaboración propia

La encuesta aplicada permitió obtener una visión cuantitativa de los factores críticos en la gestión de interferencias constructivas en proyectos del sector energético (ver figura 1). Los resultados reflejan que las interferencias técnicas y de diseño tienen un impacto significativo, con un 50,8% de los encuestados calificándolas como de “Muy Alto” impacto y un 41,0% como “Alto”, destacando la relevancia de abordar estos problemas desde etapas tempranas del proyecto.

Asimismo, los factores externos y regulatorios se posicionan como un desafío clave, con un 45,9% de respuestas en “Muy Alto” y un 41,0% en “Alto”, evidenciando la necesidad de implementar una gestión proactiva de stakeholders para mitigar estos retrasos (ver figura 2).

Figura 2

Factores externos y regulatorios

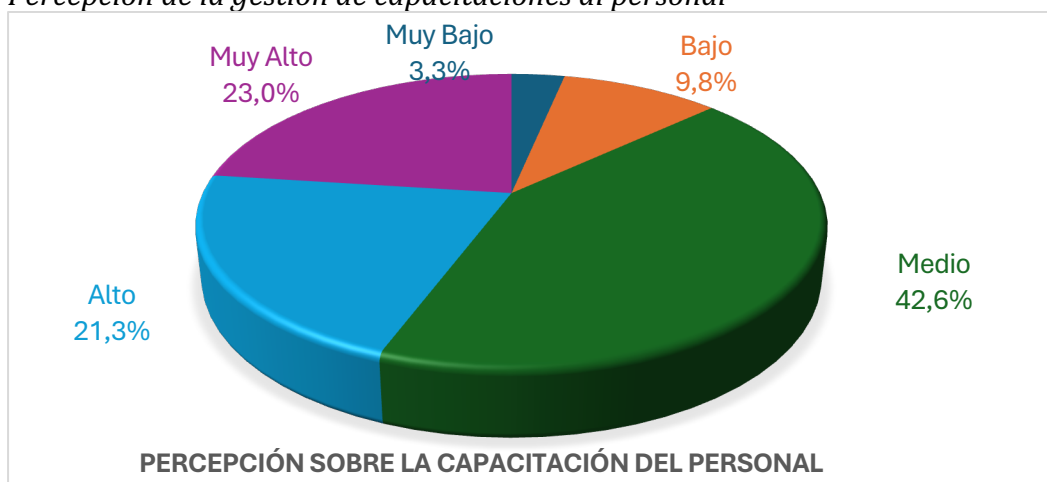


Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la percepción sobre la capacitación técnica del personal (ver figura 3) muestra que el 42,6% de los encuestados la evalúan como “Media”, mientras que solo un 21,3% la consideran “Alta” y un 23,0% “Muy Alta”, lo que subraya la urgencia de fortalecer las habilidades técnicas y el manejo de tecnologías avanzadas. En cuanto a la adopción de BIM, el 37,7% de los participantes lo calificaron como “Muy Alto” y el 44,3% como “Alto”, destacando su relevancia como herramienta estratégica para la gestión de interferencias. Sin embargo, la resistencia al cambio tecnológico sigue siendo un desafío, con un 23,0% de respuestas en “Muy Alto” y un 44,3% en “Alto” (figura 7).

Figura 3

Percepción de la gestión de capacitaciones al personal



Fuente: Elaboración propia

Con base en el análisis cualitativo y cuantitativo realizado, se sintetizan las principales causas de interferencias constructivas agrupadas por categoría, conforme a la siguiente tabla:

Tabla 2

Causas de interferencias constructivas categorizadas por tipo e impacto reportado

Categoría	Causa de Interferencia	Impacto (%)	Fuente
<i>Técnica</i>	Definiciones técnicas insuficientes y errores de ingeniería	66,7%	Entrevistas (6 de 9)
<i>Técnica</i>	Indefiniciones en ingeniería básica y de detalle	50,8%	Encuesta
<i>Técnica</i>	Falta de coordinación entre disciplinas	44,4%	Entrevistas (4 de 9)
<i>Organizacional</i>	Demoras en permisos y trámites regulatorios	45,9%	Encuesta
<i>Organizacional</i>	Resistencia al cambio en adopción de tecnologías como BIM	67,3%	Encuesta
<i>Organizacional</i>	Falta de liderazgo y planificación temprana	22,2%	Entrevistas (2 de 9)
<i>Humana</i>	Falta de experiencia en el personal	11,1%	Entrevistas (1 de 9)
<i>Humana</i>	Débil cultura de capacitación y adaptación	42,6%	Encuesta

Fuente: Elaboración propia

2.5 Hallazgos y discusión de resultados

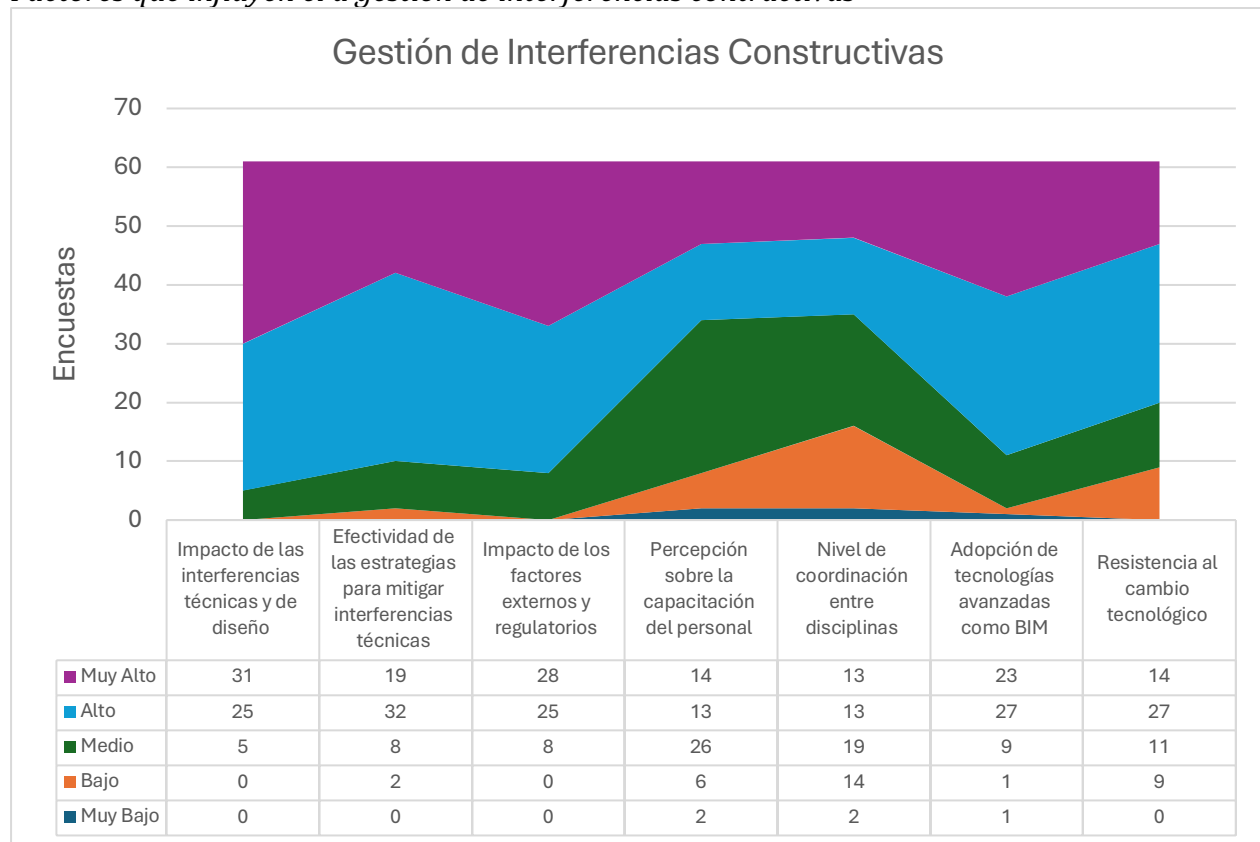
Etapas 1: En esta primera etapa se identificaron las principales causas de sobrecostos en proyectos de ingeniería. Uno de los hallazgos más destacados fue la frecuencia con la que se mencionaron los problemas relacionados con la ingeniería. Un 66.7% de los participantes señalaron que las deficiencias en las definiciones técnicas y los errores en la ingeniería básica son causas primordiales de sobrecostos y retrasos. Además, un 22.2% indicó que los factores externos y regulatorios, como los retrasos en permisos, también afectan el presupuesto y el cronograma de los proyectos, mientras que un 11.1% mencionó la falta de experiencia y capacitación del personal como una causa relevante.

Etapas 2: Los resultados de esta etapa mostraron que el 55.6% de los entrevistados considera que la identificación y evaluación rápida de las interferencias es un factor crucial en la toma de decisiones. Un 44.4% destacó la importancia de la participación multidisciplinaria para

encontrar soluciones efectivas. Se evidencia que una coordinación eficiente entre áreas, como ingeniería y la relación con el propietario del proyecto, mejora la gestión ante desafíos e imprevistos.

Etapa 3: En la tercera etapa, el 77.8% de los entrevistados consideró que la implementación de un modelo basado en BIM contribuiría significativamente a la toma de decisiones, especialmente al identificar interferencias tempranas.

Figura 4
Factores que influyen en la gestión de interferencias contractivas



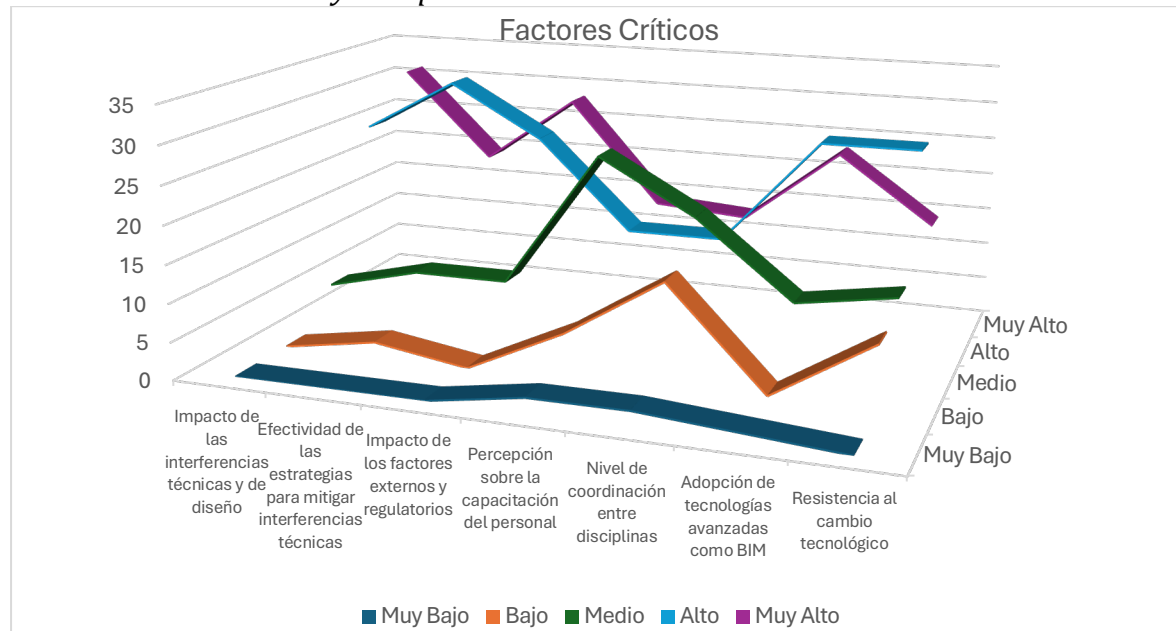
Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, también se identificó la necesidad de mejorar la gestión del cambio y la capacitación, con un 44.4% indicando que su organización aún se encuentra en etapas iniciales o reactivas en estos aspectos. En general, las empresas deben abordar varios desafíos para asegurar una implementación efectiva. La necesidad de una gestión del cambio estructurada y de programas de capacitación robustos es evidente, en línea con las observaciones de Macías et al. (2024), quienes destacaron que la planificación estratégica

desempeña un papel fundamental en la facilitación de la adaptación organizacional y en la implementación efectiva de cambios dentro de las empresas. Las organizaciones deben adoptar un enfoque más proactivo y estratégico para preparar a sus empleados, no solo en el uso de nuevas tecnologías, sino también en el desarrollo de habilidades blandas que promuevan la adaptabilidad y la colaboración, como lo destacan Lara Martínez & Ríos Zúñiga (2024), quienes enfatizan la importancia de gestionar el talento de manera integral para fomentar la innovación y la competitividad empresarial. La creación de un entorno donde la innovación tecnológica y el trabajo en equipo sean la norma, en lugar de la excepción.

Los resultados de la encuesta reflejan desafíos significativos en los proyectos del sector energético, especialmente en relación con las interferencias técnicas y de diseño. La percepción de un impacto “Muy Alto” por parte del 50.8% de los participantes y “Alto” por el 41.0% sugiere deficiencias en las prácticas actuales de planificación y coordinación interdisciplinaria. Este hallazgo destaca la necesidad de enfoques que optimicen la integración temprana y la colaboración efectiva entre equipos.

Figura 5
Factores críticos con mayor impacto



Fuente: Elaboración propia

La implementación de metodologías como la ingeniería concurrente podría ser una solución efectiva para abordar estas problemáticas. Este enfoque promueve el desarrollo simultáneo

y colaborativo de productos y procesos, lo que permite identificar y resolver conflictos técnicos de forma temprana, mejorando la calidad, reduciendo tiempos y disminuyendo los costos totales del proyecto (Juárez Varón et al., 2014). Además, estudios recientes indican que la ingeniería concurrente fomenta una interacción más eficiente entre las disciplinas involucradas, reduciendo la probabilidad de errores en etapas críticas del desarrollo (Lean Componentes, 2021). Por otra parte, la percepción sobre la capacitación del personal (ver gráfico 3) muestra resultados moderados, con un 42.6% evaluándola como “Media” y solo un 21.3% como “Alta”, lo que resalta la necesidad de actualizar las estrategias de formación. Esta deficiencia limita la capacidad del equipo para adaptarse a tecnologías avanzadas como BIM y refleja una cultura organizacional que aún no prioriza la capacitación continua como un pilar estratégico. EUDE Business School (2024) analiza los desafíos en la adopción de BIM, señalando que uno de los mayores desafíos en la adopción es la falta de habilidades y conocimientos técnicos, lo que subraya la importancia de invertir en programas de formación especializada para maximizar el potencial de esta herramienta.

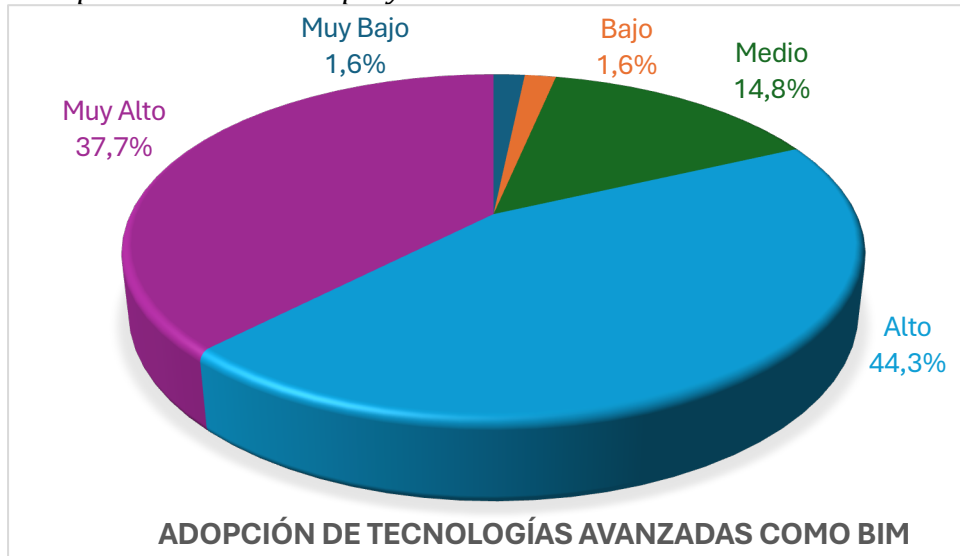
Aunque BIM es percibido como una herramienta útil, con un 37.7% de los encuestados calificándolo como de “Muy Alto” impacto y un 44.3% como “Alto”, la resistencia al cambio tecnológico, reflejada en un 23.0% como “Muy Alto” y un 44.3% como “Alto”, sugiere que los esfuerzos por introducir innovación no han sido acompañados de programas efectivos de gestión del cambio.

La resistencia organizacional sigue siendo un obstáculo significativo en la implementación de BIM, lo que requiere no solo formación técnica, sino también un enfoque integral de gestión del cambio. Como señala EUDE Business School (2024), la preparación del personal para adoptar nuevas tecnologías debe combinar habilidades técnicas con el desarrollo de competencias blandas que fomenten la adaptabilidad y el trabajo colaborativo. Este punto es crucial, ya que, sin una aceptación amplia y una implementación integral, el potencial de BIM para optimizar procesos sigue siendo como una herramienta básica, desaprovechando todo su potencial. La adopción de nuevas metodologías no solo debe enfocarse en su capacidad técnica, sino también en la creación de un entorno organizacional que valore la innovación y la mejora continua. De acuerdo con las tendencias actuales, superar estos desafíos mediante la inversión en formación continua y estrategias de cambio cultural puede permitir a las

empresas aprovechar plenamente los beneficios como BIM u otras metodologías aplicables en términos de planificación, coordinación y reducción de interferencias en proyectos de ingeniería.

Figura 6

Incorporación de BIM en proyectos



Fuente: Elaboración propia

Estos resultados no solo refuerzan la relevancia de los objetivos de la investigación, sino que también abren líneas de acción claras. Por un lado, la necesidad de reforzar la coordinación interdisciplinaria y, por otro, la urgencia de alinear estrategias tecnológicas y regulatorias con un enfoque más proactivo y estructurado. En última instancia, los hallazgos proponen un desafío a las prácticas actuales de gestión de proyectos, demandando un cambio hacia un modelo más colaborativo, tecnológicamente integrado y orientado a la mejora continua

Contrastando estos hallazgos con la literatura, es posible identificar las siguientes brechas y sugerir los siguientes planes de acción:

Problemas en ingeniería y definiciones técnicas: La literatura sugiere que la falta de claridad en las etapas tempranas del diseño es una causa común de sobrecostos y retrasos en proyectos de ingeniería. Un estudio reciente realizado por Rudeli et al. (2018) respalda esta afirmación, identificando que los problemas presentes durante la ejecución, mano de obra, aspectos financieros y de diseño son los principales causantes de retrasos en proyectos de

construcción. Para reducir estas deficiencias, optimizar el proceso de revisión en la etapa de ingeniería básica y de detalle se sugiere: emplear revisiones interdisciplinarias más frecuentes, alineadas con prácticas de ingeniería concurrente, para la reducción de los errores y mejora de la definición técnica desde el inicio.

Factores externos y regulatorios: La demora en permisos y autorizaciones regulatorias es identificada por diversos estudios como una causa significativa de riesgos en proyectos, lo que coincide con las observaciones de Santafe (2024), quien detalla que estos aspectos son críticos en la ejecución y gestión eficaz de proyectos, especialmente en sectores complejos. La literatura señala la importancia de la gestión temprana de stakeholders y la anticipación de trámites regulatorios para mitigar estas demoras, Por ejemplo, Florkin (2024) enfatiza que identificar y mapear a las partes interesadas desde las etapas iniciales es esencial para alinear sus expectativas con los objetivos del proyecto, lo que contribuye a minimizar retrasos y obstáculos durante su ejecución. Para abordar esta brecha, es necesario implementar estrategias de gestión de stakeholders desde etapas tempranas del proyecto, involucrando a autoridades locales para reducir los tiempos de aprobación.

Falta de capacitación del personal: La falta de experiencia y capacitación del personal también contribuye a los problemas de sobrecostos. Según estudios sobre desarrollo de capacidades en proyectos, la formación continua y los programas de certificación son fundamentales para mejorar el desempeño y reducir costos adicionales. Por ejemplo, Díaz Leyva & Marrero Fornaris (2021) analizaron el impacto de la capacitación en las organizaciones actuales, destacando que una formación adecuada del personal es esencial para mejorar la eficiencia y minimizar los sobrecostos en proyectos. Se recomienda crear un plan de formación continua, orientado al fortalecimiento de las habilidades técnicas y de lectura de planos para evitar errores durante la ejecución de proyectos.

Identificación y evaluación rápida de interferencias: La rápida identificación de interferencias está alineada con el enfoque Lean en gestión de proyectos, que busca minimizar desperdicios y evitar pérdidas de tiempo. Según un estudio de Alzate (2017), la integración de herramientas Lean y BIM en la fase de planificación permite detectar y ajustar interferencias entre elementos, reduciendo así gastos por imprevistos y mejorando la eficiencia en la ejecución de proyectos de construcción. Para abordar esta necesidad, se

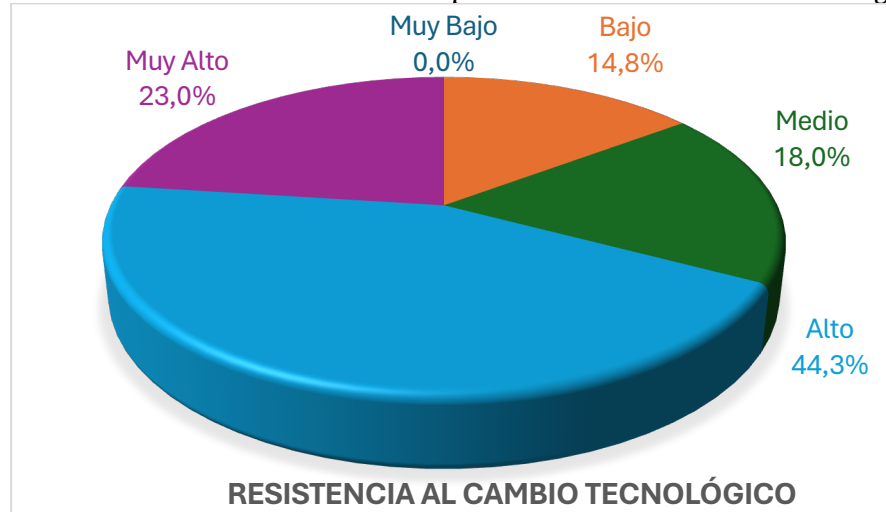
propone implementar tecnologías de simulación y evaluación rápida en tiempo real puede mejorar la eficiencia en la toma de decisiones y disminuir los impactos en costo y cronograma.

Participación multidisciplinaria: La literatura enfatiza la importancia de un enfoque colaborativo y multidisciplinario para la resolución de problemas en proyectos complejos, destacando la necesidad de integrar conocimientos y habilidades transversales para enfrentar desafíos multifacéticos en la ingeniería civil (Gutiérrez-Gómez, 2023). Para el fortalecimiento de la participación de distintas áreas, se debe establecer equipos de trabajo multifuncionales desde el inicio del proyecto, lo que resulta es clave para el fomento de la colaboración y aseguramiento de una perspectiva integral durante la toma de decisiones.

Implementación de BIM y mejora en la gestión del Cambio: BIM ha sido ampliamente reconocido por su capacidad de mejorar la coordinación y la detección temprana de problemas en la construcción optimizando tanto la planificación como el control de proyectos al integrar de manera efectiva las disciplinas involucradas y minimizar riesgos asociados a errores y cambios imprevistos (Trejo Carvajal, 2018).

Figura 7

Indicadores de resistencia a la implementación de nuevas tecnologías



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, la literatura también reconoce desafíos en la adopción del BIM, como la resistencia al cambio y la falta de capacitación adecuada lo que limita su implementación

efectiva, especialmente en micro y pequeñas empresas del sector de la construcción. Estos desafíos incluyen dificultades para encontrar profesionales capacitados y la necesidad de inversión en tecnología y formación continua (Forero González, 2023). Se sugiere fortalecer los programas de capacitación en BIM y promover una cultura organizacional orientada a la innovación, que reduzca las barreras para la adopción efectiva de nuevas tecnologías en el sector.

2.6 Modelo estandarizado de gestión de interferencias constructivas propuesto

Dada la identificación de brechas en la planificación de proyectos de ingeniería expuesta precedentemente, se propone un modelo conceptual integrador que aborde estas deficiencias. Este modelo contempla la implementación de tecnologías de simulación, equipos multidisciplinarios, gestión proactiva de stakeholders y capacitación continua en BIM, alineando la ingeniería de detalle con la eficiencia operativa y la coordinación temprana para mejorar la toma de decisiones y reducir sobrecostos (figura 8).

A partir del análisis del proyecto, se identifican las principales interferencias constructivas y las estrategias para priorizar su resolución eficiente, mismas que se ven reflejadas en el modelo propuesto:

1. Interferencias técnicas y de diseño:

Impacto: Indefiniciones en la ingeniería básica y de detalle que provocan errores y ajustes costosos durante la ejecución.

Prioridad: Realizar revisiones interdisciplinarias frecuentes durante las etapas iniciales del diseño y aplicar prácticas de ingeniería concurrente.

2. Factores externos y regulatorios:

Impacto: Retrasos en permisos y calificaciones ambientales que afectan cronogramas y costos.

Prioridad: Implementar estrategias de gestión de stakeholders desde el inicio del proyecto, alineando expectativas y acelerando trámites regulatorios.

3. Limitaciones de experiencia y capacitación del personal:

Impacto: Errores en la interpretación de planos y ejecución debido a la falta de habilidades técnicas.

Prioridad: Desarrollar programas de formación continua enfocados en habilidades técnicas y uso de tecnologías avanzadas como BIM.

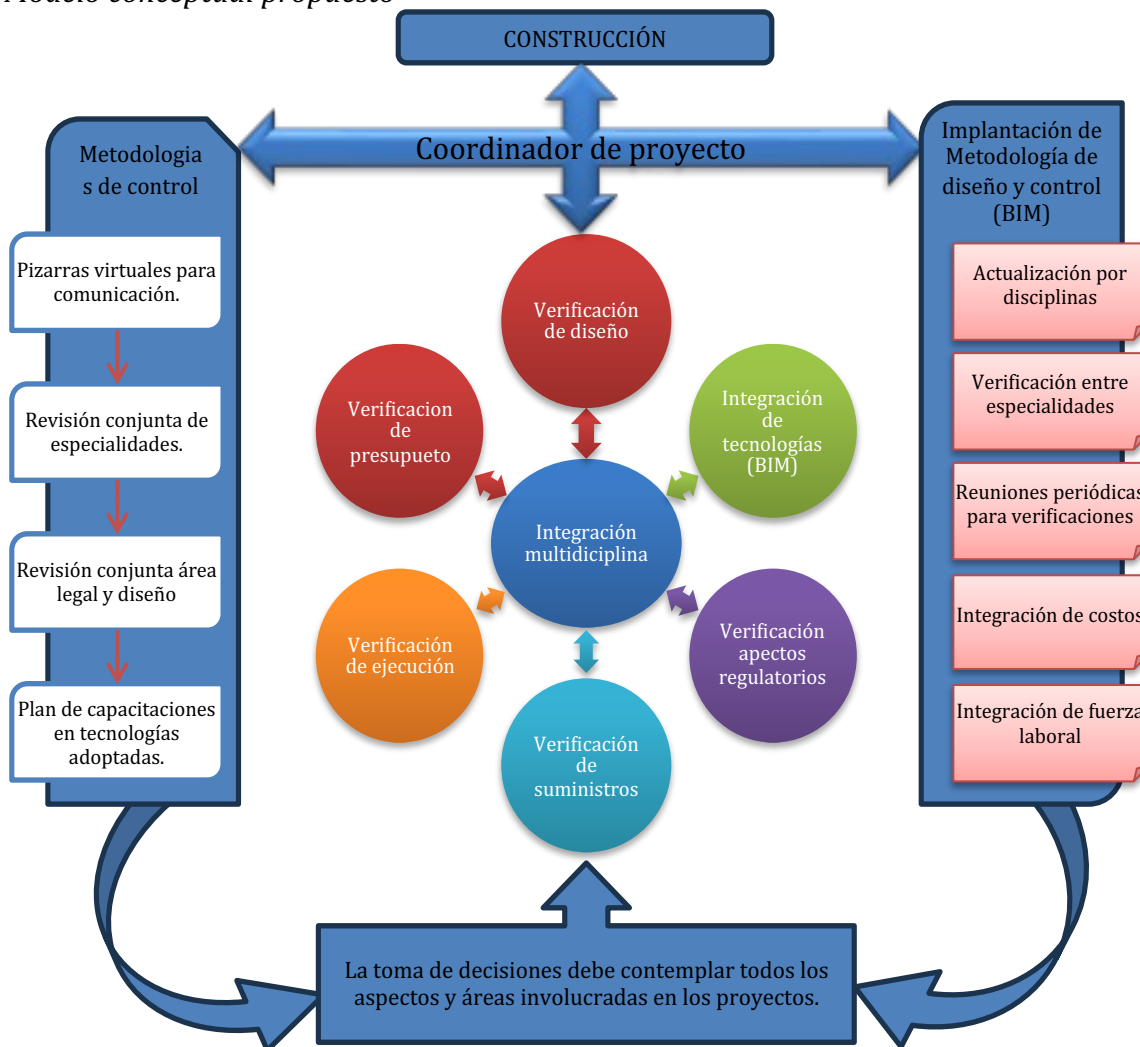
4. Coordinación y comunicación insuficiente entre disciplinas:

Impacto: Retrasos y errores por falta de integración y comunicación efectiva entre equipos.

Prioridad: Establecer equipos de trabajo multifuncionales desde el inicio, liderados por coordinadores que aseguren reuniones periódicas para gestionar interferencias.

Figura 8

Modelo conceptual propuesto



Fuente: Elaboración propia

5. Falta de detección temprana de interferencias:

Impacto: Resolución reactiva que incrementa costos y plazos.

Prioridad: Incorporar herramientas BIM para visualizar y evaluar interferencias desde las etapas iniciales, permitiendo una toma de decisiones rápida y eficiente.

6. Resistencia al cambio en adopción tecnológica:

Impacto: Limitaciones en la implementación de tecnologías avanzadas como BIM.

Prioridad: Promover una cultura de innovación organizacional y capacitación en el uso de herramientas tecnológicas avanzadas.

A partir de la propuesta descrita, es relevante analizar su alcance en comparación con modelos reportados en la literatura y su contribución específica a la gestión de interferencias en el sector energético chileno. Esta problemática, ampliamente documentada en la literatura, ha sido abordada desde distintas metodologías como BIM, Lean Construction y la ingeniería concurrente, sin embargo, el modelo propuesto en esta investigación destaca por integrar de forma estandarizada dichas estrategias con un enfoque centrado en la toma de decisiones oportunas desde etapas tempranas del proyecto.

A diferencia de modelos centrados exclusivamente en la implementación tecnológica (como BIM o plataformas colaborativas), el presente modelo enfatiza la articulación anticipada entre disciplinas, la gestión de stakeholders, y el fortalecimiento de competencias del personal, como factores clave para la eficiencia operativa. Esta perspectiva coincide con la revisión de Ariono et al. (2022), quienes señalan que los mayores obstáculos en países en desarrollo para implementar BIM no se relacionan únicamente con la tecnología, sino con limitaciones organizativas, falta de liderazgo transversal y resistencia al cambio.

Además, en comparación con los enfoques tradicionales de planificación secuencial, el modelo propuesto promueve una lógica de planificación integrada basada en ingeniería concurrente, la cual ha demostrado ser efectiva en la prevención de interferencias técnicas al fomentar el trabajo simultáneo entre equipos desde las fases de diseño (Limaylla-Santiago, 2024).

En cuanto al componente BIM, este modelo no se limita a su uso como herramienta visual o de modelación, sino que lo incorpora como plataforma de gestión predictiva. Esto representa una evolución respecto de propuestas anteriores como la de Bhatla y Leite (2012), quienes enfocaron la integración BIM-Last Planner en la mejora de flujos de trabajo, sin abordar

aspectos organizacionales ni de gestión del cambio. En ese sentido, el modelo aquí desarrollado propone además el acompañamiento formativo para fomentar una cultura de innovación dentro de las organizaciones, superando la implementación técnica superficial y apostando por una adopción estratégica.

En síntesis, el modelo propuesto no solo responde a brechas técnicas, sino que aporta una propuesta innovadora al combinar herramientas tecnológicas, planificación concurrente y gestión del cambio bajo una lógica estandarizada, colaborativa y replicable. Este enfoque no ha sido ampliamente documentado en estudios previos del sector energético latinoamericano, lo que refuerza su contribución original y su potencial como marco de referencia para futuras implementaciones.

3 ARTÍCULO

El presente apartado, recoge la investigación contextualizada motivo de este proyecto de grado, y es presentada en formato de artículo académico. Se trata de un artículo conciso, escrito en el formato típico de revistas especializadas o de conferencias, de acuerdo con reglas específicas definidas por la dirección del programa.

El artículo, ha sido cuidadosamente redactado con el fin de que se haga fácilmente entendible y logre expresar de un modo claro y sintético lo que se pretende comunicar, considerando las citas y referencias respectivas de los estudios que lo fundamentan. El trabajo realizado, se sintetiza entonces como artículo, para facilitar al trabajo de quienes puedan estar interesados en consultar la obra original.

Este trabajo, considera y discute, a través de un proyecto aplicado, desarrollado en un contexto de realidad profesional, la integración de herramientas y conocimientos que se han adquirido en las líneas de desarrollo del programa. Lo que se consolida en una investigación profesional contextualizada a la realidad profesional que se expone, la que se relacionada con líneas y ámbitos específicos abordados en el plan de estudios del programa, permitiendo integrar, de manera adecuada, los conocimientos teóricos y metodológicos desarrollados en él.

Gestión de proyectos: estrategia para mitigar interferencias constructivas y optimizar el equilibrio entre costos y plazos

Raúl Fernando Luna Gómez

Graduado del programa de Magister en Ingeniería Industrial y de Sistemas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Desarrollo, r.lunag@udd.com

Resumen:

Las interferencias constructivas en proyectos de construcción representan un desafío significativo, generando sobrecostos y retrasos. Estas pueden ser de índole física, técnica o administrativa, afectando la eficiencia general de los proyectos. La gestión efectiva de estas interferencias es clave para optimizar costos y plazos, lo que motiva la necesidad de estrategias avanzadas en la planificación y control de procesos constructivos. El objetivo de este estudio fue proponer un modelo estandarizado de gestión de interferencias constructivas, basado en el uso de BIM (Building Information Modeling), integración multidisciplinaria y optimización de recursos, para minimizar desviaciones presupuestarias y mejorar la toma de decisiones en la industria de la construcción. Se aplicó un enfoque metodológico mixto: en la fase cualitativa, se realizó un análisis de contenido temático de entrevistas semiestructuradas a 9 directivos de empresas energéticas chilenas. La fase cuantitativa incluyó una encuesta estructurada aplicada a 61 profesionales del sector energético con un análisis estadístico descriptivo, evaluando factores críticos como interferencias técnicas, normativas y la adopción de tecnologías como BIM. El estudio identifica las principales causas de sobrecostos destacando que las interferencias técnicas y regulatorias representan aproximadamente el 90% de las causas de sobrecostos y retrasos. El modelo propuesto prioriza dichas interferencias mediante acciones de mitigación temprana mediante la coordinación interdisciplinaria, el uso de tecnología BIM y la gestión activa de stakeholders, configurándose como una innovación respecto de los enfoques tradicionales de gestión de proyectos reportados en la literatura. En conclusión, una gestión proactiva e integrada de interferencias constructivas es clave para reducir costos y plazos. El modelo fomenta la colaboración interdisciplinaria, el uso de tecnología avanzada y estrategias de formación, aunque centrado en proyectos de infraestructura energética, el modelo presenta características transferibles a otros sectores industriales complejos, fortaleciendo la eficiencia y sostenibilidad en la gestión de proyectos de construcción. Las limitaciones presentes del estudio abordan la falta de validación empírica, abriendo la posibilidad de aplicar en investigaciones de campo futuras.

Palabras clave: Coordinación interdisciplinaria; innovación; BIM; gestión de stakeholders; toma decisiones en construcción.

1. Introducción

En la gestión de proyectos de construcción, es esencial prever el resultado final para estimar con precisión los estados y avances de las actividades. Identificar posibles desviaciones en el progreso debido a interferencias entre etapas constructivas o entre diversas disciplinas involucradas es crucial para asegurar el éxito del proyecto.

La toma de decisiones es un proceso crítico del cual depende la empresa para desarrollar sus actividades, recayendo en una persona preparada de forma conveniente para superar obstáculos del medio y

percepciones subjetivas que le pueden llevar a inclinarse de manera errónea por una alternativa en detrimento de otra mejor.

Como señalan Landazury-Villalba et al. (2018), la experiencia del decisor representa un alto grado de subjetividad y debe considerarse un factor esencial al evaluar opciones, ya que una toma de decisión sin información suficiente o de baja calidad puede generar reprocesos y sobrecostos. Bajo este concepto, Shah et al., (2023) destacan que se debe entender y dimensionar los tiempos para la toma de decisiones, las cuales impactarán directamente en los costos asociados al proceso, pero a su vez, si dicha toma es

apresurada o con información insuficiente o de baja calidad, puede incrementar los costos directos por reprocesos u objetivos no logrados. Es fundamental que la gerencia de proyecto tenga las competencias necesarias para el éxito del proyecto. Las habilidades, conocimientos y capacidades permiten la toma de decisiones efectivas y eficaces impactando positivamente al desarrollo de las actividades. (Ochoa Pacheco et al., 2023)

En la evaluación de la problemática que plantea una interferencia constructiva se pueden distinguir etapas secuenciales. Inicialmente, se realiza una identificación precisa del punto de convergencia o conflicto entre etapas que se interfieren. Nasar & Muñoz (2006) enfatizan la importancia de contar con personal idóneo y experimentado capaz de reconocer los procesos adecuados para una toma de decisiones eficaz. Posteriormente, se debe efectuar una rigurosa evaluación de costos. La determinación de los costos del proyecto se parametriza al inicio, estableciendo bases comparativas para detectar interferencias que impacten plazos y presupuesto. Kepner & Tregoe (1970) proponen una toma de decisiones sistemática, fijando objetivos claros expresados en cifras concretas. Proyectar adecuadamente cada partida constructiva con costos actualizados permite fundamentar la detección temprana de interferencias de alto impacto. Del mismo modo, frente a la toma de decisiones existe el riesgo de decisiones erróneas que conlleven reprocesos, extensiones de plazo y sobrecostos. Una toma de decisiones que incorpora evaluación de riesgos reduce significativamente la posibilidad de pérdidas operacionales, daños o costos imprevistos (Almaguer & Pérez, 2012). Estudios recientes confirman proyectos de gran escala en energía, minería y oil & gas suelen enfrentar interferencias constructivas y problemas de coordinación interdisciplinaria, el 83% de los proyectos mineros mayores recientes presentó sobrecostos superiores al 40% y retrasos del 20–30%, y en megaproyectos los desvíos promedio han alcanzado aumentos del 79% en costo y prolongaron en un 52% los plazos de ejecución (McKinsey & Company, 2020).

Gestión de proyectos: teoría y definiciones

La gestión de proyectos se orienta a un proceso multidisciplinario que implica la planificación, organización y gestión de recursos para alcanzar los objetivos específicos de un proyecto dentro de un tiempo y costo definidos. Entre las teorías más destacadas se encuentran:

Teoría de las Restricciones: Introducida por Eliyahu Goldratt, se enfoca en identificar y gestionar las restricciones que limitan el rendimiento de un proyecto. Se basa en la premisa de que cada sistema tiene al menos una restricción que limita su rendimiento y, por lo tanto, debe ser gestionada adecuadamente para mejorar la eficiencia general del proyecto (Goldratt, 1997).

Teoría de la Gestión del Valor Ganado: es una metodología que integra el alcance del proyecto, el costo y la programación para evaluar el desempeño del proyecto y gestionar proyectos complejos (Fleming & Koppelman, 2010).

Metodologías Ágiles: Es un conjunto de técnicas aplicadas en ciclos de trabajo cortos para optimizar la entrega de proyectos y mejorar la eficiencia. Estas metodologías, como Scrum y Kanban, permiten la entrega continua de resultados, mejorando la colaboración y satisfacción del cliente. Son especialmente útiles en proyectos de alta complejidad y con cambios constantes, proporcionando flexibilidad y mejor control de presupuesto y riesgos (Zendesk, 2023).

Definiciones Claves

Proyecto: Un proyecto hace referencia a la planificación o concreción de un conjunto de acciones para alcanzar un fin determinado. Los proyectos pueden clasificarse según su financiación, contenido, complejidad y finalidad, y todos buscan dar respuesta a una necesidad específica. (OBS Business School, s.f.).

Gestión de Proyectos: La gestión de proyectos implica la aplicación de métodos y prácticas específicas para administrar, diseñar y orientar los esfuerzos de un proyecto desde su inicio hasta su finalización. Esto incluye etapas clave como la planificación, ejecución y seguimiento del proyecto (Redactor Rock Content, 2019).

Planificación del Proyecto: La planificación de un proyecto implica definir los objetivos, establecer un cronograma y asignar los recursos necesarios para alcanzar esos objetivos. Según la Universidad Internacional de La Rioja (s.f.) señala que esta etapa es crucial para asegurar que el proyecto se mantenga en el camino correcto y se completen todas las tareas a tiempo y dentro del presupuesto.

Control del Proyecto: El control del proyecto implica monitorear y medir el progreso del proyecto en relación con el plan establecido, identificando desviaciones y tomando acciones correctivas cuando

sea necesario. Esto asegura que el proyecto se mantenga en el camino correcto (Meredith & Mantel, 2012).

Interferencias constructivas

Son aquellos conflictos que surgen cuando diferentes elementos de un diseño se superponen o interfieren entre sí de manera no planificada. Estas interferencias pueden ocurrir entre estructuras civiles, sistemas mecánicos, instalaciones eléctricas y otros componentes del proyecto. La detección y resolución de estas interferencias son cruciales para evitar retrasos, sobrecostos y problemas de calidad en la construcción. (Santorio, 2023)

Evaluación de costos

La determinación de los costos, establecidos para cada proyecto, es parametrizado al inicio del desarrollo del proyecto. Kepner & Tregoe (1970) sugieren que la toma de decisiones se desarrolla en un proceso sistemático de pasos en que se fijan unos objetivos claros que se expresan en cifras concretas. Razón por la cual proyectar adecuadamente cada partida de las etapas constructivas, con costos actualizados al momento de ejecución, permitirá realizar la base comparativa para el levantamiento de interferencias que impacten en plazos y sobrecostos.

Impacto de la toma de decisiones en los tiempos de ejecución

Los directivos que a menudo confunden problemas, causas y decisiones sin distinguir completamente qué necesita corrección, qué originó el problema y qué acciones tomar para resolverlo. (Kepner & Tregoe, 1970). Identificar las prioridades, estableciendo una metodología adecuada, ordenada y consecuente ha permitido que la toma de decisiones sea parametrizada en importancia y tiempo de acción, lo cual mejora la oportunidad para la toma de decisiones, evitando improvisaciones.

Evaluación de riesgos

Frente a la toma de decisiones, existe el riesgo de equivocarse la acción o la vía de solución, que incurra en reprocesos, extensiones de plazos y sobrecostos asociados directamente a la solución. Una toma de decisión que tenga en cuenta la evaluación de los riesgos a la hora de tomar la decisión disminuye considerablemente o elimina el riesgo de pérdida de un resultado operacional, daños a la propiedad, beneficios laborales y otros riesgos (Almaguer & Pérez, 2012).

Integración de ingeniería multidisciplinaria

La resolución de interferencias constructivas requiere un enfoque multidisciplinario, involucrando a todos los actores relevantes del proyecto. Integrar equipos de distintas especialidades (civil, eléctrica, mecánica, etc.) desde etapas tempranas permite anticipar incertidumbres y establecer estrategias de diseño coordinadas. Esta integración permite que la decisión del equipo directivo determine las acciones a implementar con antecedentes suficientemente correctos para una adecuada ejecución. Anticipar incertidumbres en las etapas tempranas del proyecto, permite establecer estrategias de diseño. Meng et al., (2022) destacan que la optimización de diseño multidisciplinario bajo incertidumbre mejora la toma de decisiones, ya que considera variaciones y fiabilidad desde fases iniciales. Esta integración no solo optimiza costos, sino que mejora la cohesión del equipo y la eficacia en la ejecución del proyecto. Anticipar posibles conflictos entre disciplinas (por ejemplo, un ducto eléctrico que interfiera con una viga estructural) mediante revisiones interdisciplinarias permite que el equipo directivo cuente con información completa para decidir soluciones adecuadas.

Innovación

La falta de innovación o de consideración de tecnologías emergentes puede incidir en sobrecostos. Flyvbjerg et al. (2003) encontraron que una de las principales causas de excesos de costos en megaproyectos es la falta de realismo en las estimaciones iniciales, subestimando riesgos y complejidades tecnológicas. En concordancia, Cordova et al. (2022) subrayan que muchos grandes proyectos incorporan elementos de innovación tecnológica con alto riesgo que no son considerados adecuadamente en las estimaciones de costo iniciales. Esto puede traducirse en aumentos de costos significativos no previstos. Por tanto, es importante que durante la fase de evaluación del proyecto se contemple la posibilidad de nuevas tecnologías o materiales y se incorporen márgenes de contingencia para innovación. La disposición a la innovación del equipo debe ir acompañada de un riguroso análisis costo-beneficio y benchmarking de proyectos similares, evitando sesgos de optimismo en los presupuestos.

Desarrollo e implementación de diseño BIM

El BIM (Building Information Modeling) se ha ido implementando como una herramienta en la gestión moderna de proyectos de construcción. Este modelo implica la creación digital de un proyecto que integra las características físicas y funcionales, sirviendo como

base para visualizar interferencias constructivas, en fases tempranas, utilizándolo como metodología de apoyo en la toma de decisiones, permitiendo adelantar la detección de problemas que dificultarán la correcta ejecución del proyecto impactando en los plazos y costos asociados. En la industria de la construcción, la implementación de BIM muestra resultados prometedores. Según Gómez-Valdés et al. (2023), el uso de BIM permite mejorar la planificación, reducir imprevistos y disminuir significativamente los sobrecostos asociados a interferencias en obra. Gracias a la detección temprana de conflictos y a la mejora en la coordinación entre equipos multidisciplinarios, se minimizan errores de diseño y retrabajos, optimizando así los resultados en proyectos de alta complejidad.

Componentes del BIM

Modelado 3D: siendo la base para el uso de modelos tridimensionales que representan de manera precisa los elementos físicos y las características del edificio.

Información Asociada: Cada componente del modelo 3D lleva información detallada, como materiales, costos, tiempos de ejecución, especificaciones técnicas y mantenimiento (Faraji et al., 2022).

Colaboración: esta metodología facilita la colaboración entre arquitectos, ingenieros, constructores y propietarios a través de un modelo compartido y coordinado (Olatunji et al., 2021).

Beneficios del BIM

Casos reales demuestran la magnitud del impacto de BIM en la eficiencia de los proyectos de construcción. Según Das et al. (2025), la implementación de BIM en proyectos de gran escala permite reducir los plazos de ejecución en un promedio del 20% y disminuir los costos en aproximadamente un 15%, gracias a una mejor coordinación interdisciplinaria y una detección temprana de conflictos. Además, se reporta una reducción del 30% en errores de diseño y del 25% en las solicitudes de información, optimizando la comunicación entre las partes interesadas y facilitando una toma de decisiones más informada a lo largo del ciclo de vida del proyecto. Estos hallazgos refuerzan el valor estratégico de BIM como herramienta de gestión proactiva en proyectos de alta complejidad, permitiendo entregas más rápidas, reducción de imprevistos y una mejora sustancial en el control de costos.

Los beneficios de la metodología BIM destaca:

Reducción de Errores: La implementación de BIM en proyectos de construcción permite la detección temprana de interferencias y conflictos antes de la fase de construcción, lo que contribuye a reducir significativamente errores y cambios costosos durante la ejecución del proyecto. Un estudio de Eastman et al. (2011) destaca que el uso de BIM facilita la identificación de conflictos entre diferentes disciplinas, mejorando la coordinación y reduciendo la necesidad de retrabajos.

Mejora de la Planificación: Zhilyaev et al., (2022) señala que BIM facilita la planificación detallada y precisa de proyectos, incluyendo la secuencia de construcción y la logística.

Optimización de Costos: A través del análisis de costos integrados en el modelo, BIM permite la optimización financiera del proyecto (ElSahly et al., 2023).

Sostenibilidad: El uso de BIM facilita el análisis del rendimiento energético y la planificación de la sostenibilidad, permitiendo diseños más ecológicos y eficientes. En un artículo de BuildBIM, la metodología impulsa la eficiencia energética en la construcción sostenible al integrar herramientas de modelado y metodologías avanzadas (BuildBIM, 2024).

Aplicaciones del BIM

Diseño y Visualización: la modelación permite a los diseñadores y arquitectos visualizar el proyecto en 3D, facilitando la comunicación de ideas y la toma de decisiones (Olatunji et al., 2021).

Coordinación de Proyectos: Mediante la integración de diferentes disciplinas (estructural, mecánica, eléctrica, etc.), BIM asegura que todos los componentes del proyecto estén coordinados, reduciendo conflictos y retrabajos (Zhilyaev et al., 2022).

Gestión de la Construcción: Durante la fase de construcción, proporciona un seguimiento detallado del progreso, permitiendo ajustes en tiempo real y mejorando la eficiencia operativa (Faraji et al., 2022).

Entendida esta realidad, y considerando la revisión bibliográfica presentada, es posible efectuar el siguiente cuestionamiento de contexto: ¿Cuáles son las principales interferencias constructivas que impactan significativamente en los costos y plazos de ejecución en proyectos de la industria de la construcción, y cómo se pueden priorizar para su resolución eficiente?

En efecto, la construcción de proyectos del rubro energético presenta sobrecostos principalmente por interferencias constructivas que actualmente no

integra una metodología clave para abordar la toma de decisiones de forma temprana, evitando el aumento de plazos de ejecución que impactan en los cotos del desarrollo normal de proyecto. Esta carencia plantea desafíos significativos en términos de eficiencia, calidad y cumplimiento de plazos, lo que resalta la urgencia de implementar estrategias para mejorar el control y la gestión de estos proyectos de construcción para el rubro eléctrico nacional.

Habiendo recorrido las bases teóricas fundamentales para este estudio, cabe mencionar que la principal motivación para realizarlo ha sido reducir los sobrecostos incurridos por decisiones tardías o inadecuadas frente a interferencias constructivas que afectan los plazos de los proyectos. Se propone entonces un modelo estandarizado para la gestión de interferencias constructivas en proyectos de construcción, integrando tecnologías avanzadas, como el modelado BIM y optimización de recursos mediante la integración multidisciplinaria en la toma de decisiones. Este enfoque destaca por ser combinar métodos cualitativos, mediante entrevistas a directivos, con análisis cuantitativos obtenidas en encuestas a stakeholders. La investigación no solo identifica las principales causas de interferencias constructivas, sino que también prioriza su resolución temprana mediante un enfoque multidisciplinario y adaptativo, algo poco abordado en estudios previos en el contexto chileno. En este sentido la principal contribución de este estudio es la propuesta de un modelo práctico que integra tecnologías actuales como metodología BIM con estrategias de gestión avanzada, diseñado para minimizar desviaciones presupuestarias y optimizar plazos en proyectos de construcción. Este modelo aporta una guía concreta para la toma de decisiones tempranas y efectivas, fomentando la coordinación entre disciplinas y promoviendo el liderazgo colaborativo, elementos claves en proyectos complejos. Además, establece un marco replicable que puede ser adoptado por empresas de sectores similares, fomentando la capacitación continua y la innovación tecnológica en un ámbito industrial donde los retrasos y sobrecostos son comunes. Esto fortalece la sostenibilidad y eficiencia operativa en el sector.

Entendido esto, el objetivo de este trabajo es proponer un modelo estandarizado de gestión para la mitigación de interferencias constructivas en proyectos del sector construcción, orientado a la optimización del equilibrio entre costos y plazos de ejecución. A través de este enfoque, se busca reducir las desviaciones en los plazos

y minimizar los costos asociados, optimizando la eficiencia general en la gestión de proyectos.

2. Metodología

Paradigma y diseño: La investigación se centró en un enfoque mixto, analizando casos específicos en profundidad para evitar generalizaciones. Este enfoque permite describir los procesos que los directivos utilizan para tomar decisiones en la resolución de interferencias constructivas. La investigación fue de tipo descriptivo y considera un diseño no experimental, lo que significa que no se manipularán las variables, sino que se observarán empíricamente en su proceso y cómo afectan la operación diaria. La temporalidad estuvo enfocada en la última década de proyectos constructivos relacionados con la expansión del sistema energético del país. Este enfoque metodológico ha demostrado ser efectivo en la mejora de la gestión de proyectos constructivos, como señalan Aiyetan & Das (2022) en su estudio sobre la gestión de megaproyectos en Sudáfrica, y Alizadehsalehi & Hadavi (2023) en su investigación sobre la integración de Lean, BIM y realidad extendida en la gestión de proyectos.

Población sobre la que se efectuó el estudio: El estudio recopila información mediante entrevistas semiestructuradas aplicadas por conveniencia a 9 ejecutivos y profesionales provenientes de empresas contratistas bajo modalidad E.P.C. (Engineering, Procurement, and Construction), autoridades y empresas mandantes. Los entrevistados poseen, en promedio, una experiencia de 9 años en sus respectivos cargos, con una mediana de 8 años y un rango que varía desde un mínimo de 4 años hasta un máximo de 17 años. La distribución según cargos muestra que el 56% se desempeña como jefes de área o departamento, el 11% como administradores de contratos, otro 11% corresponde a ingenieros especialistas, y el 22% restante son directores o gerentes vinculados a la construcción de proyectos. Además, 3 de los 9 entrevistados cuentan con un postítulo en áreas relacionadas con construcción o administración. Complementariamente, la fase cuantitativa involucró una encuesta estructurada aplicada a 61 profesionales del sector energético, específicamente involucrados en la gestión y ejecución de proyectos constructivos.

Entorno: Empresas nacionales e internacionales de desarrollo de proyectos E.P.C. (Engineering, Procurement and Construction) para el coordinador eléctrico nacional, estas son organizaciones dedicadas al sector energético, con presencia en Chile.

Instrumentos: La fase cualitativa consistió en entrevistas semiestructuradas realizadas de forma presencial y telemática, utilizando un esquema de preguntas abiertas basado en un cuestionario previamente definido que permitía la discusión libre con el entrevistado. Las preguntas buscaban entender cuáles son las variables críticas que impactan la toma de decisiones. El instrumento cualitativo constó de 11 preguntas abiertas, organizadas de la siguiente manera:

Etapas 1: identificación de la problemática de proyecto

1. ¿Cuáles han sido sus mayores sobre costos en el desarrollo de sus proyectos?
2. ¿Qué entiende por interferencia constructiva?
3. ¿Cómo desarrolla un plan de acción frente a una interferencia?
4. En la práctica, ¿Cuáles son los factores a considerar para implementar una solución?
5. ¿Desde que perspectiva aborda la solución, involucra a su línea de mando, ingeniería u otro departamento? ¿Por qué?
6. ¿Cómo determina el plazo para la toma de decisiones?

Etapas 2: Aproximación de toma de decisiones

7. En tu opinión, ¿Cuáles son las áreas de la empresa donde se debiera enfocar la búsqueda de respuesta para la solución? ¿Por qué?
8. ¿Cómo integra las distintas disciplinas en la solución propuesta?
9. ¿Qué factores encuentra fundamental para evitar interferencia en el desarrollo de la ingeniería inicial, pre-ejecución o desarrollo del proyecto?

Etapas 3: abordando una estrategia para toma de decisiones

10. Si yo le propusiera un modelo de gestión basado en el desarrollo de diseño BIM en la etapa de ingeniería de proyectos que, con base en la experiencia pasada sobre proyectos de construcción, permitan un mejor desempeño en la toma de decisiones para enfrentar una interferencia en el desarrollo de sus actividades. ¿Qué opina usted de dicha propuesta?
11. ¿Cómo se están abordando los desafíos relacionados con la gestión del cambio y la capacitación de los empleados?

El instrumento cualitativo fue validado previamente mediante entrevistas piloto, lo que permitió verificar la

claridad, comprensión y coherencia interna de las preguntas antes de su aplicación definitiva.

Para abordar los objetivos del estudio y profundizar en los hallazgos cualitativos previos, se diseñó una encuesta estructurada como instrumento cuantitativo. Este cuestionario estuvo dirigido a actores clave involucrados en el desarrollo de proyectos del sector energético, específicamente profesionales con experiencia en gestión y ejecución de proyectos. La encuesta tuvo como propósito evaluar factores críticos que influyen en la gestión de interferencias constructivas, proporcionando una base objetiva para analizar y validar las áreas de mejora identificadas.

El diseño de la encuesta incluyó una escala Likert de 1 a 5, donde 1 representa un nivel "Muy bajo" y 5 "Muy alto". Esto permitió medir la percepción de los encuestados respecto al impacto de diversos factores técnicos, regulatorios y organizativos. Las preguntas fueron formuladas para capturar datos relacionados con los aspectos más relevantes del manejo de interferencias constructivas, incluyendo:

1. Impacto de las interferencias técnicas y de diseño:

¿Cómo calificaría el impacto de las indefiniciones en la ingeniería básica y de detalle en los costos y plazos de los proyectos?

2. Efectividad de las estrategias para mitigar interferencias técnicas:

¿Qué tan efectivas considera las revisiones interdisciplinarias frecuentes para reducir errores en la etapa de diseño?

3. Impacto de los factores externos y regulatorios:

¿Qué nivel de influencia tienen los retrasos en permisos y trámites regulatorios en el desempeño del proyecto?

4. Percepción sobre la capacitación del personal:

¿Cómo valora la capacitación técnica actual del personal en relación con su capacidad para gestionar interferencias constructivas?

5. Nivel de coordinación entre disciplinas:

¿Cómo evaluaría la efectividad de la comunicación y coordinación entre áreas (diseño, ingeniería, ejecución) para abordar interferencias constructivas?

6. Adopción de tecnologías avanzadas como BIM:

¿Qué tan útil considera la implementación de BIM para la detección temprana y resolución de interferencias constructivas?

7. Resistencia al cambio tecnológico:

¿Qué tan significativa considera la resistencia al cambio tecnológico como barrera para la implementación de herramientas avanzadas como BIM?

El instrumento cuantitativo fue revisado por el profesor guía de la investigación, quien verificó su pertinencia respecto de los objetivos del estudio. Posteriormente, fue validado en contexto, al ser aplicado de manera directa a distintos actores relevantes del sector energético (mandantes, autoridades, ingenieros proyectistas y constructores), permitiendo comprobar su aplicabilidad y comprensión general.

La encuesta se aplicó a un grupo de profesionales seleccionados estratégicamente, garantizando la representatividad de los datos en el contexto del sector energético. Las respuestas obtenidas proporcionaron una visión cuantitativa de los factores que afectan la gestión de interferencias constructivas y complementaron el análisis cualitativo previo, permitiendo identificar patrones y tendencias significativas.

Los datos recopilados sirvieron como insumos clave para proponer un modelo conceptual integrador, orientado a mejorar la eficiencia operativa, optimizar costos y fortalecer la coordinación interdisciplinaria en proyectos complejos del sector.

Plan de análisis de los datos:

En base a la información recolectada de los proyectos finalizados, se definieron categorías de costos previstos versus reales de ejecución.

En el análisis cualitativo, se aplicó una categorización temática de tipo inductiva, organizada en matrices que agrupan las respuestas por ejes como origen de interferencias, criterios de decisión, estrategias de mitigación y percepción del rol del BIM. Este proceso se estructuró en base al documento de caracterización y permitió establecer frecuencias y patrones interpretativos entre los entrevistados.

En cuanto al análisis cuantitativo, se trabajó sobre una tabla de Excel con los resultados de la encuesta estructurada, calculando frecuencias absolutas, porcentajes, promedios aritméticos y desviaciones estándar, para identificar tendencias en la percepción

sobre los factores técnicos, normativos y organizativos que afectan las interferencias constructivas. Esta triangulación facilitó la integración entre los hallazgos cualitativos y cuantitativos, permitiendo una interpretación robusta y contrastada de los resultados. Luego se analizaron los datos con el propósito de entender, que factores consideran como críticos que afecten el desempeño de la toma de decisiones. Finalmente, se identificaron las principales brechas reveladas en las entrevistas y las oportunidades de mejora, contrastándolas con los resultados obtenidos en proyectos concluidos.

Ética: El objetivo del estudio fue informado de forma anticipada y detallada a todos los participantes, asegurando la confidencialidad de la información recolectada. La participación fue completamente voluntaria, garantizando el anonimato de las respuestas. Todas las contribuciones de los participantes se obtuvieron sin influencias externas y bajo un mismo formato de consulta, resguardando la imparcialidad del proceso.

3. Resultados

En el desarrollo de proyectos de construcción, la gestión eficaz de interferencias constructivas y la mitigación de sobrecostos representan desafíos significativos que impactan en el éxito general de las obras. A continuación, se presentan los resultados organizados en categorías clave emergentes del análisis de las entrevistas y encuestas realizadas. Estas categorías incluyen problemas de ingeniería y definiciones técnicas, factores externos y regulatorios, gestión del personal y experiencia, así como estrategias de planificación y toma de decisiones. Además, se abordan sobre las percepciones sobre la implementación de modelos de gestión (como BIM) para optimizar el desempeño de los proyectos. Este apartado ofrece una visión integral de las dificultades y soluciones identificadas por los expertos, sirviendo de base para discutir mejoras y enfoques innovadores en la gestión de proyectos constructivos.

3.1 Análisis de datos

El análisis de las entrevistas semiestructuradas realizadas a nueve profesionales del sector de la construcción permitió identificar y clasificar las principales problemáticas y estrategias relacionadas con la gestión de interferencias constructivas y sobrecostos en proyectos. Los hallazgos se organizaron en tres etapas: (1) Identificación de la problemática del proyecto, (2) Aproximación a la toma de decisiones, y (3) Abordaje de un modelo para la toma de decisiones.

Etapa 1: Identificación de la Problemática de Proyecto

Un 66.7% (6 de 9) de los entrevistados destacaron los problemas de ingeniería y las definiciones técnicas insuficientes como la causa más repetitiva de sobrecostos. Señalaron errores de ingeniería, cambios imprevistos y falta de definiciones claras en las etapas de ingeniería básica y de detalle. Por ejemplo, un entrevistado señaló: *“Indefiniciones en ingeniería y por interferencias constructivas no detectadas en la época de ingeniería básica y de detalle”* (entrevistado 1). Otro participante expresó la importancia de contar con una ingeniería de detalle bien definida: *“Es importante que los proyectos vengan con una ingeniería de detalle lo más definida posible, porque en caso contrario te genera imprecisión a la hora de la cuantificación de los elementos”* (entrevistado 2). Además, el 22.2% (2 de 9) indicaron que factores externos y regulatorios (especialmente demoras en permisos y autorizaciones ambientales) contribuyen a los sobrecostos. Un entrevistado explicó: *“La demora en la obtención de permisos y resolución de calificación ambiental... impacta tanto en el desarrollo de la obra como en la materialización del proyecto”* (entrevistado 5). Por otro lado, el 11.1% (1 de 9) destacó la falta de experiencia y capacitación del personal como la causa de errores que conduce a problemas en la ejecución: *“Muchas veces hay personas que no saben leer los planos... cometen errores que afectan el proceso de término o inicio de otras etapas”* (entrevistado 4).

La comprensión de las interferencias constructivas se analizó a través de la percepción de los entrevistados, donde un 44.4% las asoció con problemas técnicos y de ingeniería, como situaciones no anticipadas que afectan la ejecución en el terreno. Un ejemplo citado fue: *“Es un hallazgo o una situación de terreno que no te permite la ejecución del proyecto tal como fue concebido en la etapa de ingeniería”* (entrevistado 1). Otro 33.3% identificó factores externos, como los retrasos provocados por stakeholders o condiciones climáticas adversas, mientras que un 22.2% destacó el impacto en la programación y los costos del proyecto.

Para desarrollar planes de acción frente a las interferencias, el 33.3% de los participantes destacó la importancia de la identificación y evaluación rápida de las situaciones, considerando los costos y tiempos involucrados. Un entrevistado explicó: *“Lo primero es la evaluación rápida de saber cuánto cuesta, cuánto tiempo me toma solucionarlo y qué impacto tiene”* (entrevistado 7). Además, un 44.4% subrayó la necesidad de la participación y coordinación entre las diferentes áreas del proyecto, mientras que un 22.2% mencionó la

flexibilidad y adaptación para ajustar las actividades según las circunstancias.

Los factores que se consideran para implementar soluciones fueron analizados en términos de su impacto en el proyecto. Un 44.4% de los encuestados señaló el costo, tiempo y alcance como los elementos más relevantes, seguidos por la coordinación y comunicación multidisciplinaria (33.3%) y la gestión de riesgos (22.2%). Un entrevistado puntualizó: *“Ver el impacto que tiene en el alcance del proyecto considerando el tiempo y costo... si puede afectar a un tercero, si al dueño del activo afecta la solución o no”* (entrevistado 1).

En cuanto a la perspectiva para abordar las soluciones, el 44.4% de los profesionales optó por un enfoque multidisciplinario que involucre a diversas áreas, mientras que un 33.3% enfatizó la importancia de la línea de mando. Un 22.2% adicional consideró esencial el trabajo en equipo y la colaboración para gestionar las soluciones de manera eficaz. La determinación de plazos para la toma de decisiones se basó principalmente en la dependencia del cronograma y la ruta crítica, destacada por un 44.4% de los encuestados. *“El plazo siempre te lo va a dar la ruta crítica, que la tienes que manejar desde el principio del proyecto”* (entrevistado 8). Un 33.3% insistió en la necesidad de decisiones rápidas para minimizar los costos, mientras que un 22.2% habló de la gestión de expectativas y escenarios.

Etapa 2: Aproximación de Toma de Decisiones

En esta etapa, el análisis se centró en cómo los profesionales gestionan la toma de decisiones y la integración de distintas disciplinas para abordar interferencias de manera eficiente.

Primero, se exploraron las áreas dentro de la empresa en las que se debe enfocar la búsqueda de soluciones. Un 44.4% de los entrevistados identificó las áreas de ingeniería y terreno como los puntos clave para abordar interferencias de manera efectiva. *“Una relación con la gente operativa de ejecución de terreno como con la gente de ingeniería, eso debe ser abordado por ambas partes”* (entrevistado 1). Este enfoque enfatiza la necesidad de una interacción fluida entre quienes diseñan y quienes ejecutan, para asegurar que los problemas puedan resolverse directamente en el terreno. Para el 33.3% de los encuestados destaca la gestión de proyectos y adquisiciones, subrayando que estas áreas son esenciales para asegurar que los recursos y suministros estén disponibles de manera oportuna y eficiente. Un 22.2% propuso un enfoque

sistémico, sugiriendo que la resolución de problemas requiere un entendimiento integral que involucre especialistas y considere todas las áreas del proyecto.

La integración de disciplinas fue otro factor importante, donde un 44.4% afirmó que el liderazgo y la coordinación son esenciales para facilitar una colaboración eficaz entre diferentes áreas. *“Siempre debe haber un coordinador de proyecto que va viendo todas las disciplinas, que va tomando reuniones semanales para ver estas interferencias”* (entrevistado 6). Se destaca la necesidad de un líder o coordinador que orqueste los esfuerzos de las distintas disciplinas, asegurando que todas las partes estén alineadas y trabajen hacia un objetivo común. Un 33,3% mencionó la importancia de la comunicación efectiva mediante reuniones periódicas que permitan a los equipos mantener una visión compartida del progreso y de las posibles interferencias: *“Las comunicaciones y control documental es una tarea relevante en todo esto, porque tiene que conversar con todas las áreas y establecer compromisos para la entrega de las otras áreas”* (entrevistado 3). Finalmente 2 de los 9 (22.2%) entrevistados enfatizaron el uso de lecciones aprendidas para mejorar la gestión de interferencias y evitar errores repetidos. Según este grupo, la experiencia de proyectos previos debe compartirse y utilizarse como un recurso valioso para soluciones futuras.

Por último, los factores fundamentales para evitar interferencias en el desarrollo de la ingeniería inicial y la pre-ejecución fueron analizados desde diferentes perspectivas. Un 44.4% de los entrevistados consideró que el conocimiento profundo del proyecto y del entorno es crucial. *“Todo parte de un conocimiento del entorno donde se va a desarrollar el proyecto mediante el levantamiento inicial de terreno”* (entrevistado 1). Este énfasis en la preparación previa y la recopilación de datos precisos es esencial para minimizar riesgos y prever posibles problemas. Otro 33.3% resaltó la comunicación y coordinación efectiva, señalando que la comunicación clara y temprana entre equipos puede prevenir la mayoría de las interferencias. Un 22.2% subrayó la importancia de una definición clara del alcance y planificación adecuada, destacando que las actividades y responsabilidades deben estar claramente delineadas desde el inicio para evitar ambigüedades y sobrecostos.

En conjunto, los hallazgos de esta etapa enfatizan la importancia de un enfoque holístico y coordinado para la toma de decisiones. La combinación de un liderazgo sólido, la comunicación fluida y un entendimiento

profundo del proyecto son esenciales para la gestión eficaz de interferencias. Además, la necesidad de documentar y aprender de las experiencias pasadas subraya la relevancia de la mejora continua en la ejecución de proyectos de construcción. Este análisis muestra cómo una planificación y gestión adecuadas pueden reducir significativamente los riesgos asociados con las interferencias constructivas.

Etapa 3: Abordando un Modelo para la Toma de Decisiones

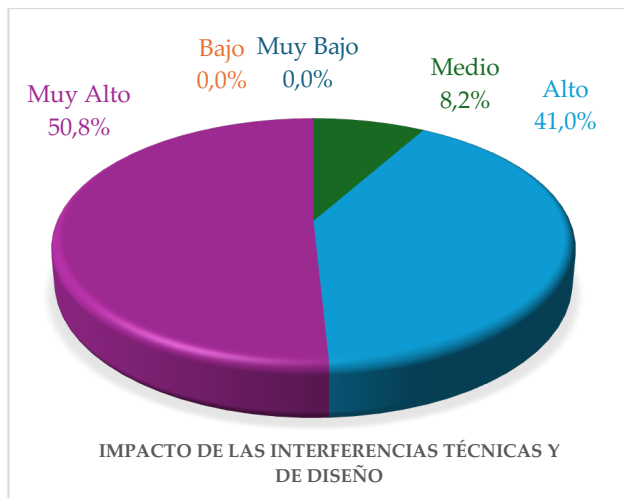
En la última etapa del análisis se exploró la viabilidad y percepción de implementar un modelo de gestión basado en BIM, así como los desafíos relacionados con la gestión del cambio y la capacitación en la industria. Para el 77.8% de los entrevistados mostró una actitud positiva hacia la adopción de un modelo de gestión basado en BIM. Este grupo destacó que BIM ofrece una ventaja significativa al permitir la visualización de impactos potenciales y la detección temprana de interferencias antes de la ejecución del proyecto. Un entrevistado afirmó: *“Me facilitaría identificar en una etapa temprana cuáles van a ser las interferencias o potenciales conflictos que se pueden tener en terreno”* (entrevistado 5). Los participantes resaltaron que una herramienta como BIM puede facilitar la coordinación entre disciplinas, mejorar la precisión de la ingeniería de detalle, y proporcionar una base sólida para la toma de decisiones informadas, especialmente en proyectos complejos con múltiples actores involucrados. Otro entrevistado señaló que el uso de BIM no solo optimiza la planificación y ejecución, sino que también mejora la colaboración entre las diferentes partes, ya que todos trabajan con un modelo unificado que reduce errores y reprocesos.

Sin embargo, un 22.2% de los encuestados expresó sus reservas, mencionando que el modelo debe ser adaptable a las particularidades de cada proyecto que la realidad de la construcción a menudo difiere del ideal representado en los modelos virtuales. *“Hay un modelo que es el ideal, pero hay un modelo que es el real, en cuanto al desarrollo de los proyectos, y eso difiere”* (entrevistado 8). Además, algunos profesionales destacaron que BIM, por sí solo, no es suficiente y que se requiere una integración con todas las áreas involucradas, incluyendo la logística, la gestión de recursos humanos y el seguimiento ambiental. La preocupación por la brecha entre la teoría y la práctica sugiere la necesidad de un enfoque estratégico para la adopción de BIM, considerando la capacitación continua y la alineación de las herramientas con los procesos existentes.

El análisis también abordó cómo las empresas están gestionando el cambio organizacional y la capacitación de los empleados. Cuatro de nueve entrevistados (44.4%) describieron los esfuerzos actuales como básicos y reactivos, reflejando una cultura organizacional que tiende a responder a los problemas en lugar de prevenirlos. *“No se ha dado la fuerza necesaria para estos conceptos, los dejamos de lado porque siempre estamos pensando en la producción”* (entrevistado 2). Este enfoque reactivo a menudo resulta en una implementación incompleta de nuevas tecnologías y metodologías, lo que limita los beneficios que podrían obtenerse de una gestión más proactiva. Cuando se reconoce que existen iniciativas de capacitación, alcanzando el 33,3% de las organizaciones que representan los entrevistados, pero de igual forma señalaron que la resistencia al cambio es un obstáculo significativo. *“Sí, acá constantemente estamos desarrollando capacitación, pero se nota que ciertos cambios el trabajador está reacio a implementar cosas nuevas, manteniendo el enfoque tradicional”* (entrevistado 5). Este grupo enfatizó la necesidad de fomentar una cultura de aprendizaje y adaptación, donde los empleados estén dispuestos a optar por nuevas herramientas y procesos. Un 22.2% de los entrevistados destacó que el trabajo en equipo se está promoviendo activamente como una forma de mejorar la gestión del cambio y facilitar la integración de nuevos enfoques. *“En cuanto a la capacitación de empleados, se está dando mucho énfasis en trabajo en equipo”* (entrevistado 7).

Figura 1

Impacto de las interferencias técnicas y de diseño



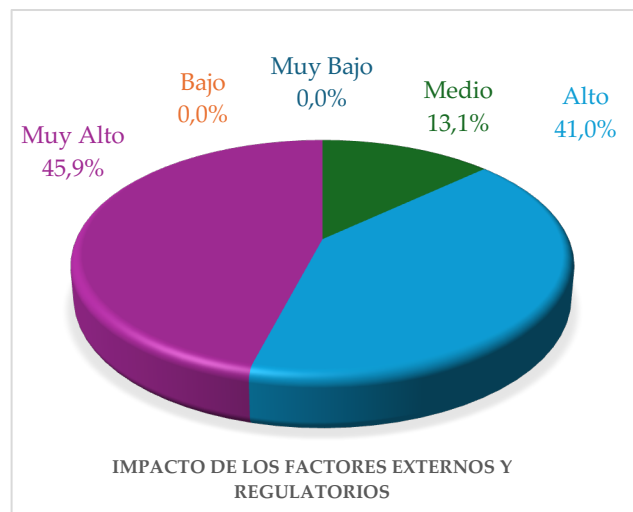
Fuente: Elaboración propia

La encuesta aplicada permitió obtener una visión cuantitativa de los factores críticos en la gestión de interferencias constructivas en proyectos del sector energético (ver figura 1). Los resultados reflejan que las interferencias técnicas y de diseño tienen un impacto significativo, con un 50,8% de los encuestados calificándolas como de “Muy Alto” impacto y un 41,0% como “Alto”, destacando la relevancia de abordar estos problemas desde etapas tempranas del proyecto.

Asimismo, los factores externos y regulatorios se posicionan como un desafío clave, con un 45,9% de respuestas en “Muy Alto” y un 41,0% en “Alto”, evidenciando la necesidad de implementar una gestión proactiva de stakeholders para mitigar estos retrasos (ver figura 2).

Figura 2.

Factores externos y regulatorios

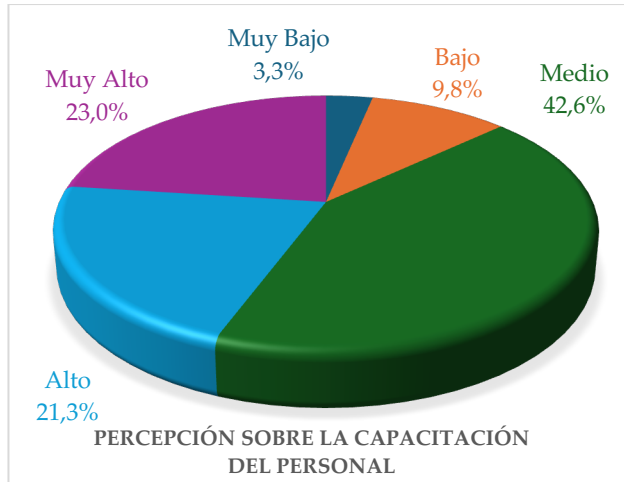


Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, la percepción sobre la capacitación técnica del personal (ver figura 3) muestra que el 42,6% de los encuestados la evalúan como “Media”, mientras que solo un 21,3% la consideran “Alta” y un 23,0% “Muy Alta”, lo que subraya la urgencia de fortalecer las habilidades técnicas y el manejo de tecnologías avanzadas. En cuanto a la adopción de BIM, el 37,7% de los participantes lo calificaron como “Muy Alto” y el 44,3% como “Alto”, destacando su relevancia como herramienta estratégica para la gestión de interferencias. Sin embargo, la resistencia al cambio tecnológico sigue siendo un desafío, con un 23,0% de respuestas en “Muy Alto” y un 44,3% en “Alto” (figura 7).

Figura 3

Percepción de la gestión de capacitaciones al personal



Fuente: Elaboración propia

Con base en el análisis cualitativo y cuantitativo realizado, se sintetizan las principales causas de interferencias constructivas agrupadas por categoría, conforme a la siguiente tabla:

Tabla 1

Causas de interferencias constructivas categorizadas por tipo e impacto reportado

Categoría	Causa de Interferencia	Impacto (%)	Fuente
Técnica	Definiciones técnicas insuficientes y errores de ingeniería	66,7%	Entrevistas (6 de 9)
Técnica	Indefiniciones en ingeniería básica y de detalle	50,8%	Encuesta
Técnica	Falta de coordinación entre disciplinas	44,4%	Entrevistas (4 de 9)
Organizacional	Demoras en permisos y trámites regulatorios	45,9%	Encuesta

Organizacional	Resistencia al cambio en adopción de tecnologías como BIM	67,3%	Encuesta
Organizacional	Falta de liderazgo y planificación temprana	22,2%	Entrevistas (2 de 9)
Humana	Falta de experiencia en el personal	11,1%	Entrevistas (1 de 9)
Humana	Débil cultura de capacitación y adaptación	42,6%	Encuesta

Fuente: Elaboración propia

3.2 Hallazgos y discusión de resultados

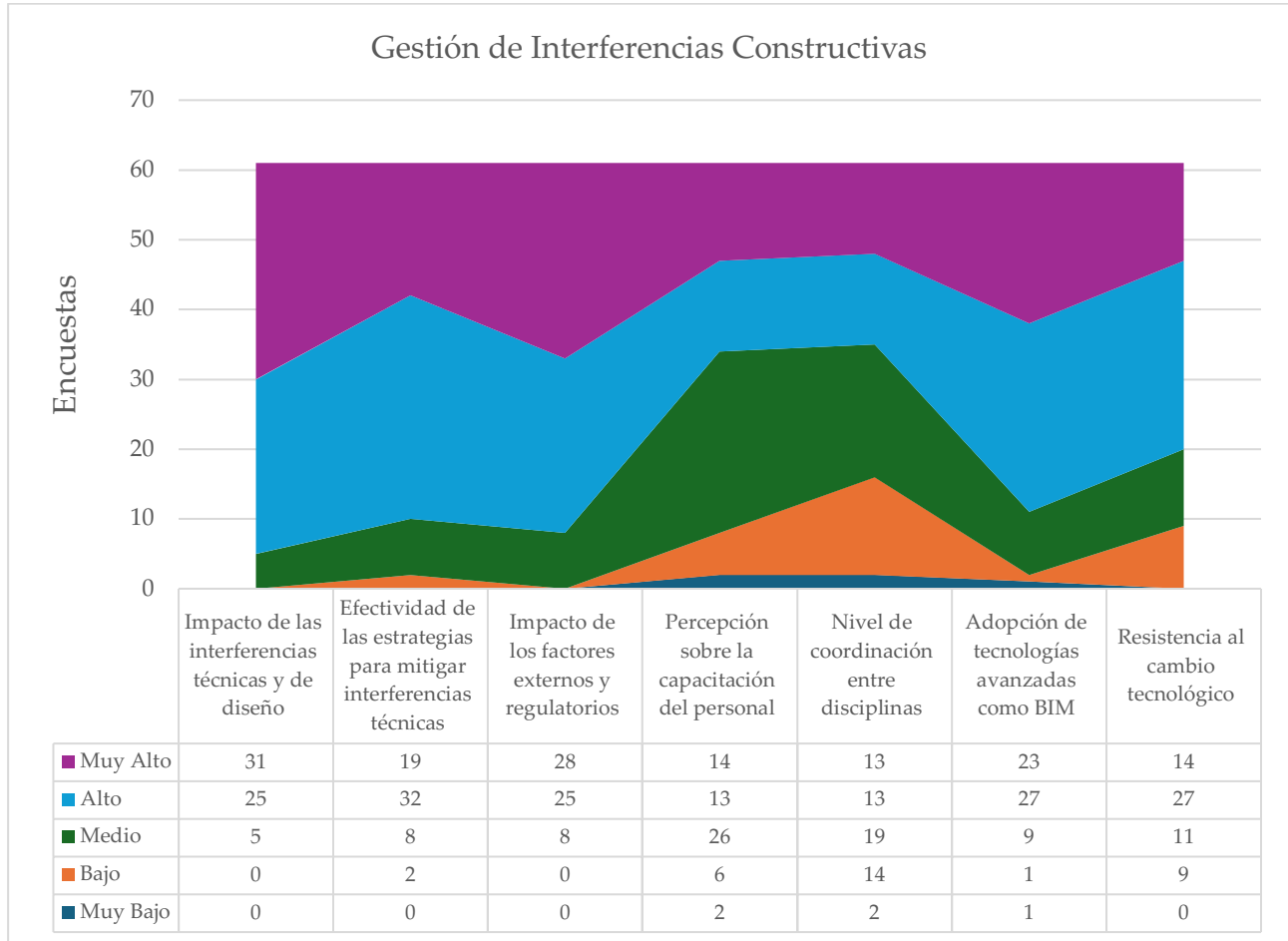
Etapa 1: En esta primera etapa se identificaron las principales causas de sobrecostos en proyectos de ingeniería. Uno de los hallazgos más destacados fue la frecuencia con la que se mencionaron los problemas relacionados con la ingeniería. Un 66.7% de los participantes señalaron que las deficiencias en las definiciones técnicas y los errores en la ingeniería básica son causas primordiales de sobrecostos y retrasos. Además, un 22.2% indicó que los factores externos y regulatorios, como los retrasos en permisos, también afectan el presupuesto y el cronograma de los proyectos, mientras que un 11.1% mencionó la falta de experiencia y capacitación del personal como una causa relevante.

Etapa 2: Los resultados de esta etapa mostraron que el 55.6% de los entrevistados considera que la identificación y evaluación rápida de las interferencias es un factor crucial en la toma de decisiones. Un 44.4% destacó la importancia de la participación multidisciplinaria para encontrar soluciones efectivas. Se evidencia que una coordinación eficiente entre áreas, como ingeniería y la relación con el propietario del proyecto, mejora la gestión ante desafíos e imprevistos.

Etapa 3: En la tercera etapa, el 77.8% de los entrevistados consideró que la implementación de un modelo basado en BIM contribuiría significativamente a la toma de decisiones, especialmente al identificar interferencias tempranas.

Figura 4

Factores que influyen en la gestión de interferencias contractivas



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, también se identificó la necesidad de mejorar la gestión del cambio y la capacitación, con un 44.4% indicando que su organización aún se encuentra en etapas iniciales o reactivas en estos aspectos. En general, las empresas deben abordar varios desafíos para asegurar una implementación efectiva. La necesidad de una gestión del cambio estructurada y de programas de capacitación robustos es evidente, en línea con las observaciones de Macías et al. (2024), quienes destacaron que la planificación estratégica desempeña un papel fundamental en la facilitación de la adaptación organizacional y en la implementación efectiva de cambios dentro de las empresas. Las organizaciones deben adoptar un enfoque más proactivo y estratégico para preparar a sus empleados,

no solo en el uso de nuevas tecnologías, sino también en el desarrollo de habilidades blandas que promuevan la adaptabilidad y la colaboración, como lo destacan Lara Martínez & Ríos Zúñiga (2024), quienes enfatizan la importancia de gestionar el talento de manera integral para fomentar la innovación y la competitividad empresarial. La creación de un entorno donde la innovación tecnológica y el trabajo en equipo sean la norma, en lugar de la excepción.

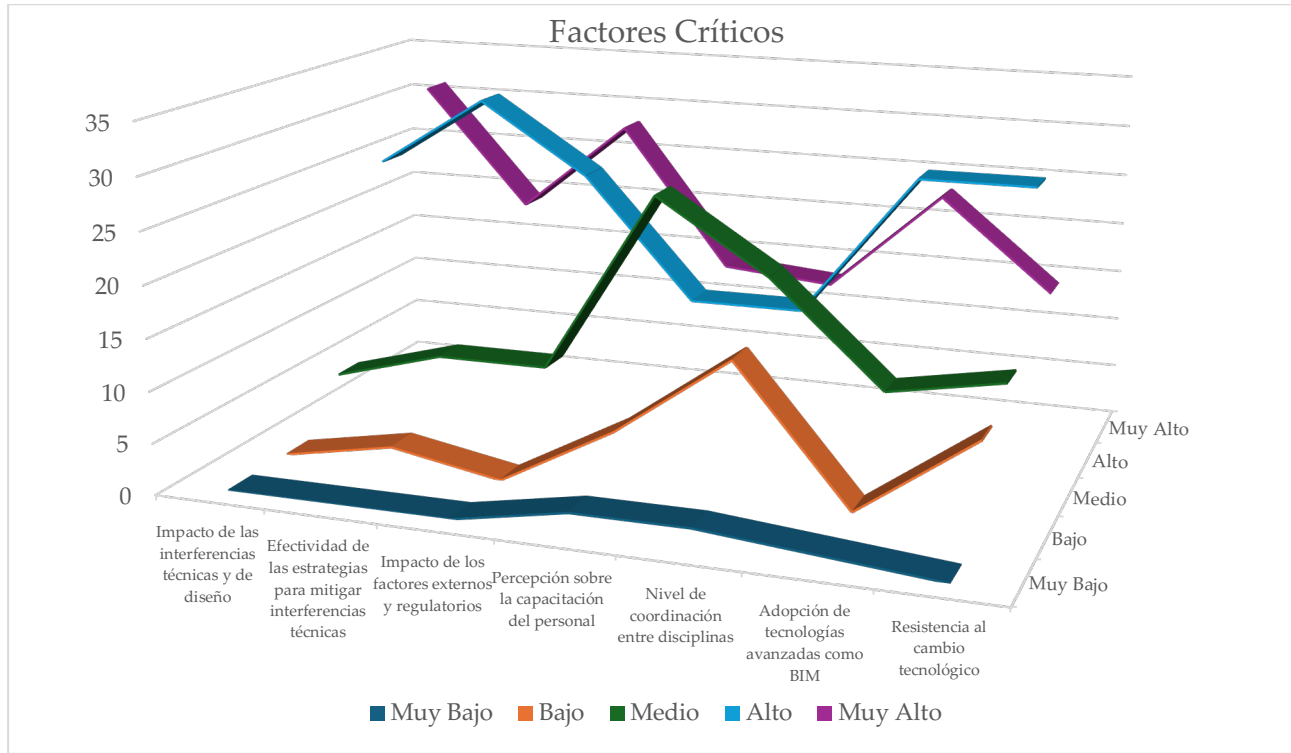
Los resultados de la encuesta reflejan desafíos significativos en los proyectos del sector energético, especialmente en relación con las interferencias técnicas y de diseño. La percepción de un impacto “Muy Alto” por parte del 50.8% de los participantes y “Alto” por el 41.0% sugiere deficiencias en las prácticas

actuales de planificación y coordinación interdisciplinaria. Este hallazgo destaca la necesidad de

enfoques que optimicen la integración temprana y la colaboración efectiva entre equipos.

Figura 5

Factores críticos con mayor impacto



Fuente: Elaboración propia

La implementación de metodologías como la ingeniería concurrente podría ser una solución efectiva para abordar estas problemáticas. Este enfoque promueve el desarrollo simultáneo y colaborativo de productos y procesos, lo que permite identificar y resolver conflictos técnicos de forma temprana, mejorando la calidad, reduciendo tiempos y disminuyendo los costos totales del proyecto (Juárez Varón et al., 2014). Además, estudios recientes indican que la ingeniería concurrente fomenta una interacción más eficiente entre las disciplinas involucradas, reduciendo la probabilidad de errores en etapas críticas del desarrollo (Lean Componentes, 2021). Por otra parte, la percepción sobre la capacitación del personal (ver gráfico 3) muestra resultados moderados, con un 42.6% evaluándola como “Media” y solo un 21.3% como “Alta”, lo que resalta la necesidad de actualizar las estrategias de formación. Esta deficiencia limita la capacidad del equipo para adaptarse a tecnologías avanzadas como BIM y refleja una cultura organizacional que aún no prioriza la capacitación

continua como un pilar estratégico. EUDE Business School (2024) analiza los desafíos en la adopción de BIM, señalando que uno de los mayores desafíos en la adopción es la falta de habilidades y conocimientos técnicos, lo que subraya la importancia de invertir en programas de formación especializada para maximizar el potencial de esta herramienta.

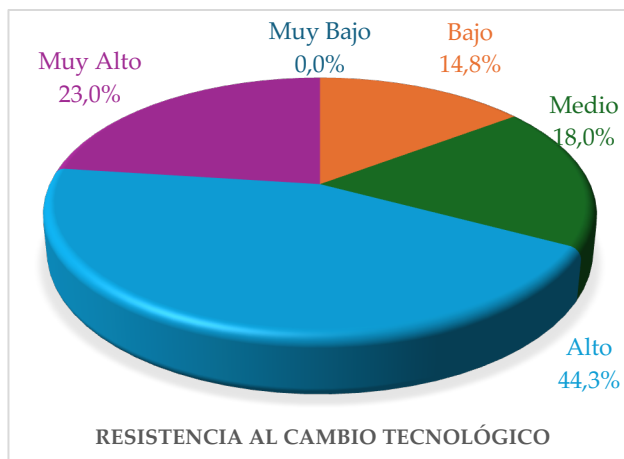
Aunque BIM es percibido como una herramienta útil, con un 37.7% de los encuestados calificándolo como de “Muy Alto” impacto y un 44.3% como “Alto”, la resistencia al cambio tecnológico, reflejada en un 23.0% como “Muy Alto” y un 44.3% como “Alto”, sugiere que los esfuerzos por introducir innovación no han sido acompañados de programas efectivos de gestión del cambio.

La resistencia organizacional sigue siendo un obstáculo significativo en la implementación de BIM, lo que requiere no solo formación técnica, sino también un enfoque integral de gestión del cambio. Como señala EUDE Business School (2024), la preparación del

personal para adoptar nuevas tecnologías debe combinar habilidades técnicas con el desarrollo de competencias blandas que fomenten la adaptabilidad y el trabajo colaborativo. Este punto es crucial, ya que, sin una aceptación amplia y una implementación integral, el potencial de BIM para optimizar procesos sigue siendo como una herramienta básica, desaprovechando todo su potencial. La adopción de nuevas metodologías no solo debe enfocarse en su capacidad técnica, sino también en la creación de un entorno organizacional que valore la innovación y la mejora continua. De acuerdo con las tendencias actuales, superar estos desafíos mediante la inversión en formación continua y estrategias de cambio cultural puede permitir a las empresas aprovechar plenamente los beneficios como BIM u otras metodologías aplicables en términos de planificación, coordinación y reducción de interferencias en proyectos de ingeniería.

Figura 6

Indicadores de resistencia a la implementación de nuevas tecnologías



Fuente: Elaboración propia

Estos resultados no solo refuerzan la relevancia de los objetivos de la investigación, sino que también abren líneas de acción claras. Por un lado, la necesidad de reforzar la coordinación interdisciplinaria y, por otro, la urgencia de alinear estrategias tecnológicas y regulatorias con un enfoque más proactivo y estructurado. En última instancia, los hallazgos proponen un desafío a las prácticas actuales de gestión de proyectos, demandando un cambio hacia un modelo más colaborativo, tecnológicamente integrado y orientado a la mejora continua

Contrastando estos hallazgos con la literatura, es posible identificar las siguientes brechas y sugerir los siguientes planes de acción:

Problemas en ingeniería y definiciones técnicas: La literatura sugiere que la falta de claridad en las etapas tempranas del diseño es una causa común de sobrecostos y retrasos en proyectos de ingeniería. Un estudio reciente realizado por Rudeli et al. (2018) respalda esta afirmación, identificando que los problemas presentes durante la ejecución, mano de obra, aspectos financieros y de diseño son los principales causantes de retrasos en proyectos de construcción. Para reducir estas deficiencias, optimizar el proceso de revisión en la etapa de ingeniería básica y de detalle se sugiere: emplear revisiones interdisciplinarias más frecuentes, alineadas con prácticas de ingeniería concurrente, para la reducción de los errores y mejora de la definición técnica desde el inicio.

Factores externos y regulatorios: La demora en permisos y autorizaciones regulatorias es identificada por diversos estudios como una causa significativa de riesgos en proyectos, lo que coincide con las observaciones de Santafé (2024), quien detalla que estos aspectos son críticos en la ejecución y gestión eficaz de proyectos, especialmente en sectores complejos. La literatura señala la importancia de la gestión temprana de stakeholders y la anticipación de trámites regulatorios para mitigar estas demoras. Por ejemplo, Florkin (2024) enfatiza que identificar y mapear a las partes interesadas desde las etapas iniciales es esencial para alinear sus expectativas con los objetivos del proyecto, lo que contribuye a minimizar retrasos y obstáculos durante su ejecución. Para abordar esta brecha, es necesario implementar estrategias de gestión de stakeholders desde etapas tempranas del proyecto, involucrando a autoridades locales para reducir los tiempos de aprobación.

Falta de capacitación del personal: La falta de experiencia y capacitación del personal también contribuye a los problemas de sobrecostos. Según estudios sobre desarrollo de capacidades en proyectos, la formación continua y los programas de certificación son fundamentales para mejorar el desempeño y reducir costos adicionales. Por ejemplo, Díaz Leyva & Marrero Fornaris (2021) analizaron el impacto de la capacitación en las organizaciones actuales, destacando que una formación adecuada del personal es esencial para mejorar la eficiencia y minimizar los sobrecostos en proyectos. Se recomienda crear un plan de formación continua, orientado al fortalecimiento de las habilidades técnicas y de lectura de planos para evitar errores durante la ejecución de proyectos.

Identificación y evaluación rápida de interferencias: La rápida identificación de interferencias está alineada

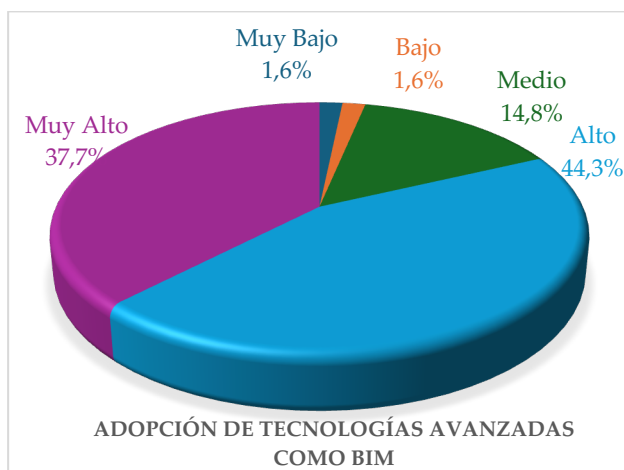
con el enfoque Lean en gestión de proyectos, que busca minimizar desperdicios y evitar pérdidas de tiempo. Según un estudio de Alzate (2017), la integración de herramientas Lean y BIM en la fase de planificación permite detectar y ajustar interferencias entre elementos, reduciendo así gastos por imprevistos y mejorando la eficiencia en la ejecución de proyectos de construcción. Para abordar esta necesidad, se propone implementar tecnologías de simulación y evaluación rápida en tiempo real puede mejorar la eficiencia en la toma de decisiones y disminuir los impactos en costo y cronograma.

Participación multidisciplinaria: La literatura enfatiza la importancia de un enfoque colaborativo y multidisciplinario para la resolución de problemas en proyectos complejos, destacando la necesidad de integrar conocimientos y habilidades transversales para enfrentar desafíos multifacéticos en la ingeniería civil (Gutiérrez-Gómez, 2023). Para el fortalecimiento de la participación de distintas áreas, se debe establecer equipos de trabajo multifuncionales desde el inicio del proyecto, lo que resulta es clave para el fomento de la colaboración y aseguramiento de una perspectiva integral durante la toma de decisiones.

Implementación de BIM y mejora en la gestión del Cambio: BIM ha sido ampliamente reconocido por su capacidad de mejorar la coordinación y la detección temprana de problemas en la construcción optimizando tanto la planificación como el control de proyectos al integrar de manera efectiva las disciplinas involucradas y minimizar riesgos asociados a errores y cambios imprevistos (Trejo Carvajal, 2018).

Figura 7

Incorporación de BIM en proyectos



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, la literatura también reconoce desafíos en la adopción del BIM, como la resistencia al cambio y la falta de capacitación adecuada lo que limita su implementación efectiva, especialmente en micro y pequeñas empresas del sector de la construcción. Estos desafíos incluyen dificultades para encontrar profesionales capacitados y la necesidad de inversión en tecnología y formación continua (Forero González, 2023). Se sugiere fortalecer los programas de capacitación en BIM y promover una cultura organizacional orientada a la innovación, que reduzca las barreras para la adopción efectiva de nuevas tecnologías en el sector

3.3 Modelo estandarizado de gestión de interferencias constructivas propuesto

Dada la identificación de brechas en la planificación de proyectos de ingeniería expuesta precedentemente, se propone un modelo conceptual integrador que aborde estas deficiencias. Este modelo contempla la implementación de tecnologías de simulación, equipos multidisciplinarios, gestión proactiva de stakeholders y capacitación continua en BIM, alineando la ingeniería de detalle con la eficiencia operativa y la coordinación temprana para mejorar la toma de decisiones y reducir sobrecostos (figura 8).

A partir del análisis del proyecto, se identifican las principales interferencias constructivas y las estrategias para priorizar su resolución eficiente, mismas que se ven reflejadas en el modelo propuesto:

- 1. Interferencias técnicas y de diseño:**
Impacto: Indefiniciones en la ingeniería básica y de detalle que provocan errores y ajustes costosos durante la ejecución.
Prioridad: Realizar revisiones interdisciplinarias frecuentes durante las etapas iniciales del diseño y aplicar prácticas de ingeniería concurrente.
- 2. Factores externos y regulatorios:**
Impacto: Retrasos en permisos y calificaciones ambientales que afectan cronogramas y costos.
Prioridad: Implementar estrategias de gestión de stakeholders desde el inicio del proyecto, alineando expectativas y acelerando trámites regulatorios.
- 3. Limitaciones de experiencia y capacitación del personal:**
Impacto: Errores en la interpretación de planos y ejecución debido a la falta de habilidades técnicas.
Prioridad: Desarrollar programas de formación continua enfocados en habilidades técnicas y uso de tecnologías avanzadas como BIM.

4. *Coordinación y comunicación insuficiente entre disciplinas:*

Impacto: Retrasos y errores por falta de integración y comunicación efectiva entre equipos.

Prioridad: Establecer equipos de trabajo multifuncionales desde el inicio, liderados por coordinadores que aseguren reuniones periódicas para gestionar interferencias.

5. *Falta de detección temprana de interferencias:*

Impacto: Resolución reactiva que incrementa costos y plazos.

Prioridad: Incorporar herramientas BIM para visualizar y evaluar interferencias desde las etapas iniciales, permitiendo una toma de decisiones rápida y eficiente.

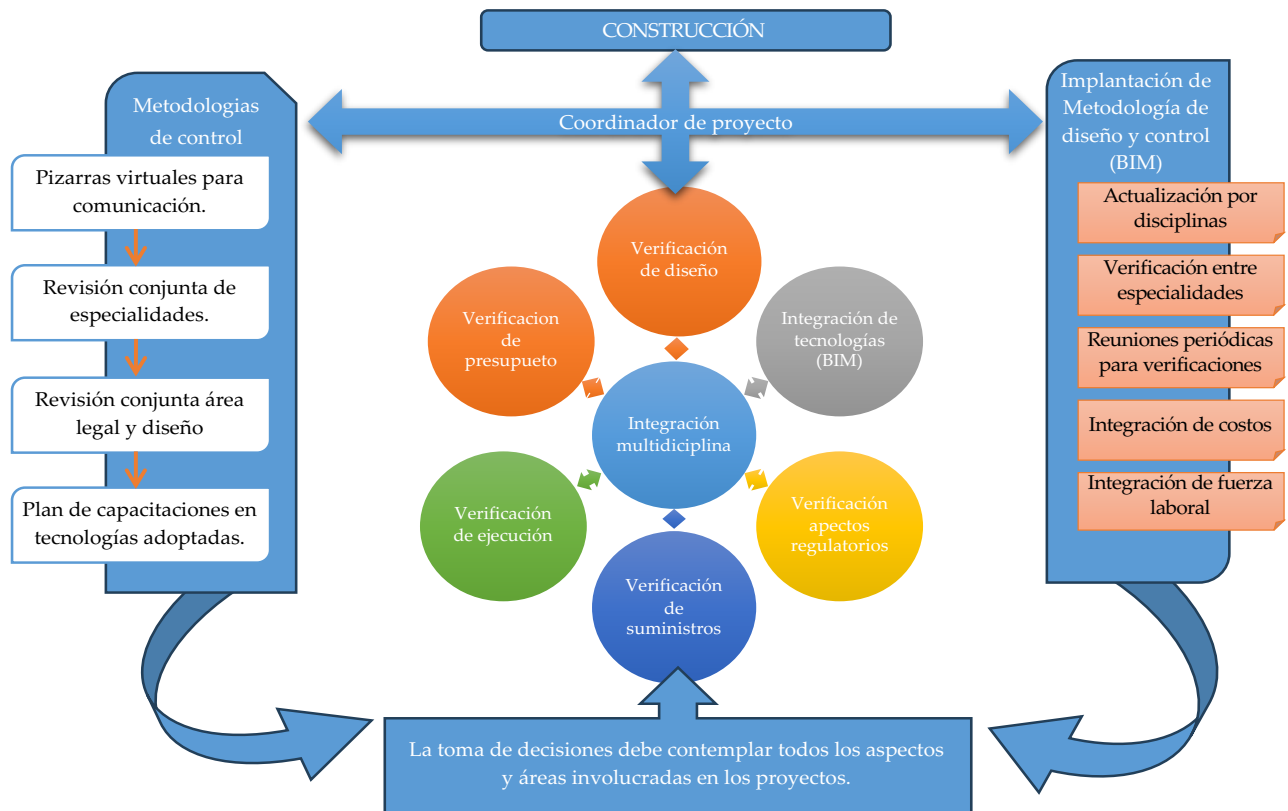
6. *Resistencia al cambio en adopción tecnológica:*

Impacto: Limitaciones en la implementación de tecnologías avanzadas como BIM.

Prioridad: Promover una cultura de innovación organizacional y capacitación en el uso de herramientas tecnológicas avanzadas.

Figura 8

Modelo conceptual propuesto



Fuente: Elaboración propia

A partir de la propuesta descrita, es relevante analizar su alcance en comparación con modelos reportados en la literatura y su contribución específica a la gestión de interferencias en el sector energético chileno. Esta problemática, ampliamente documentada en la literatura, ha sido abordada desde distintas metodologías como BIM, Lean Construction y la ingeniería concurrente, sin embargo, el modelo propuesto en esta investigación destaca por integrar de forma estandarizada dichas estrategias con un enfoque

centrado en la toma de decisiones oportunas desde etapas tempranas del proyecto.

A diferencia de modelos centrados exclusivamente en la implementación tecnológica (como BIM o plataformas colaborativas), el presente modelo enfatiza la articulación anticipada entre disciplinas, la gestión de stakeholders, y el fortalecimiento de competencias del personal, como factores clave para la eficiencia operativa. Esta perspectiva coincide con la

revisión de Ariono et al. (2022), quienes señalan que los mayores obstáculos en países en desarrollo para implementar BIM no se relacionan únicamente con la tecnología, sino con limitaciones organizativas, falta de liderazgo transversal y resistencia al cambio.

Además, en comparación con los enfoques tradicionales de planificación secuencial, el modelo propuesto promueve una lógica de planificación integrada basada en ingeniería concurrente, la cual ha demostrado ser efectiva en la prevención de interferencias técnicas al fomentar el trabajo simultáneo entre equipos desde las fases de diseño (Limaylla-Santiago, 2024).

En cuanto al componente BIM, este modelo no se limita a su uso como herramienta visual o de modelación, sino que lo incorpora como plataforma de gestión predictiva. Esto representa una evolución respecto de propuestas anteriores como la de Bhatla y Leite (2012), quienes enfocaron la integración BIM-Last Planner en la mejora de flujos de trabajo, sin abordar aspectos organizacionales ni de gestión del cambio. En ese sentido, el modelo aquí desarrollado propone además el acompañamiento formativo para fomentar una cultura de innovación dentro de las organizaciones, superando la implementación técnica superficial y apostando por una adopción estratégica.

En síntesis, el modelo propuesto no solo responde a brechas técnicas, sino que aporta una propuesta innovadora al combinar herramientas tecnológicas, planificación concurrente y gestión del cambio bajo una lógica estandarizada, colaborativa y replicable. Este enfoque no ha sido ampliamente documentado en estudios previos del sector energético latinoamericano, lo que refuerza su contribución original y su potencial como marco de referencia para futuras implementaciones

4. Conclusiones

La gestión eficiente de interferencias constructivas es un aspecto crítico en la industria de la construcción, donde los sobrecostos y los retrasos representan desafíos recurrentes que impactan directamente en la viabilidad y éxito de los proyectos. Esta investigación propone un modelo conceptual integrador que abarca la implementación de tecnologías avanzadas como BIM, la formación de equipos multidisciplinarios, la gestión proactiva de stakeholders, y programas continuos de capacitación. El uso de BIM ha sido ampliamente reconocido por su capacidad de optimizar la

planificación y la coordinación de equipos, permitiendo la detección temprana de interferencias y mejorando la eficiencia general de los procesos constructivos.

Sin embargo, la adopción de BIM y otras tecnologías no está exenta de dificultades y la resistencia al cambio organizacional, además de la falta de formación específica son obstáculos significativos que deben superarse para alcanzar los beneficios de estas herramientas. Es importante que las organizaciones inviertan no solo en la tecnología misma, sino también en la capacitación continua de su personal.

Además, la gestión proactiva de stakeholders es fundamental para el éxito del modelo propuesto. Involucrar a los interesados desde las etapas iniciales del proyecto mejora la comunicación, alinea expectativas y reduce el riesgo de conflictos durante la ejecución. La alineación de la ingeniería de detalle con la eficiencia operativa y la gestión eficaz de stakeholders se identifican como factores determinantes para minimizar los retrasos y los costos adicionales.

En definitiva, el modelo conceptual propuesto no solo busca mejorar la eficiencia en la toma de decisiones y la ejecución de proyectos, sino también establecer un marco adaptable y escalable que pueda aplicarse en diversos contextos constructivos. Las inversiones en tecnologías de simulación y en programas de capacitación continua son cruciales para preparar a las organizaciones para enfrentar los desafíos dinámicos de la industria actual. Solo a través de un enfoque colaborativo, basado en el aprendizaje continuo y la innovación tecnológica, es posible avanzar hacia una gestión de proyectos más eficiente y sostenible.

En cuanto al cumplimiento de los objetivos de la investigación, se logró formular un modelo estandarizado como herramienta potencial para reducir interferencias constructivas y optimizar el equilibrio entre costos y plazos en proyectos del sector energético chileno. Se cumplieron todos los objetivos específicos, vinculados a la caracterización de interferencias, identificación de variables críticas, integración de herramientas como BIM, y evaluación de propuestas de mejora. Si bien la hipótesis inicial no fue validada empíricamente mediante implementación directa, los hallazgos obtenidos a partir de la experiencia de los entrevistados y la percepción de los encuestados permitieron identificar factores clave que respaldan la viabilidad del modelo propuesto y sientan las bases para futuras validaciones en contextos reales.

Dicho lo anterior, esta investigación presenta un modelo estandarizado que integra tecnologías BIM y estrategias multidisciplinarias para gestionar interferencias constructivas en proyectos de construcción, optimizando costos y plazos con un enfoque innovador y replicable. Su novedad radica en combinar análisis cualitativos y cuantitativos con la priorización de soluciones tempranas, adaptándose a las complejidades de la industria energética chilena. La contribución del modelo es significativa, pues mejora la toma de decisiones, fomenta la colaboración interdisciplinaria y promueve la capacitación continua, fortaleciendo la sostenibilidad operativa y reduciendo desviaciones presupuestarias. Este enfoque establece una referencia práctica para optimizar la gestión en proyectos complejos de construcción.

En cuanto a su escalabilidad, el modelo tiene el potencial de replicarse en otros proyectos industriales complejos, como los sectores mineros, portuario o de infraestructura crítica, dado que aborda dimensiones organizacionales, técnicas y humanas de forma articulada. Si bien aún no se ha implementado de manera operativa, los hallazgos de esta investigación permiten proyectar que su aplicación podría contribuir significativamente a reducir reprocesos, optimizar los plazos de ejecución y disminuir costos indirectos, especialmente en contextos con alta dependencia de la coordinación interdisciplinaria y gestión de incertidumbres.

Para bordar las brechas que exceden el alcance de este trabajo se propone el siguiente plan de acción:

- Emplear revisiones interdisciplinarias más frecuentes, alineadas con prácticas de ingeniería concurrente, para la reducción de los errores y mejora de la definición técnica desde el inicio.
- Implementar estrategias de gestión de stakeholders desde etapas tempranas del proyecto, involucrando a autoridades locales para reducir los tiempos de aprobación.
- Crear un plan de formación continua, orientado al fortalecimiento de las habilidades técnicas y de lectura de planos para evitar errores durante la ejecución de proyectos.
- Implementar tecnologías de simulación y evaluación rápida en tiempo real que mejoren la eficiencia en la toma de decisiones y disminuir los impactos en costo y cronograma.
- Establecer equipos de trabajo multifuncionales desde el inicio del proyecto,

lo que resulta es clave para el fomento de la colaboración y aseguramiento de una perspectiva integral durante la toma de decisiones.

- Fortalecer los programas de capacitación en BIM o programas de modelamiento similares y promover una cultura organizacional orientada a la innovación, que reduzca las barreras para la adopción efectiva de nuevas tecnologías en el sector.

Referencias

- Aiyetan, A. O., & Das, D. K. (2022). *Factors and Strategies for Improving Construction Management on Sites in Mega-Projects in South Africa: An Explorative Survey*. *Infrastructures*, 7(2), 19. <https://doi.org/10.3390/infrastructures7020019>
- Alizadehsalehi, S., & Hadavi, A. (2023). *Synergies of Lean, BIM, and Extended Reality (LBX) for Project Delivery Management*. *Sustainability*, 15(6), 4969. <https://doi.org/10.3390/su15064969>
- Almaquer-Oro, M. A., & Pérez-Bauta, M. (2012). *La administración del riesgo: ¿cómo distinguir un buen riesgo de una mala apuesta?* *Revista Ciencias Holguín*, Vol. 18 (Nº2), 1-11. https://www.researchgate.net/publication/277993755_La_Administracion_del_riesgo_como_distinguir_un_buen_riesgo_de_una_mala_apuesta
- Alzate, J. (2017). *Integración de BIM y Lean Construction en la fase de planificación de proyectos de construcción*. Universidad Industrial de Santander. <https://noesis.uis.edu.co/bitstreams/55b75a0d-bcae-4f01-b36b-07f148ff6c13/download>
- Ariono, M. A., Wasesa, M., & Dhewanto, W. (2022). *The drivers, barriers, and enablers of Building Information Modeling (BIM) innovation in developing countries: Insights from systematic literature review and comparative analysis*. *Buildings*, 12(11), 1912. <https://doi.org/10.3390/buildings12111912>
- Bhatla, A., & Leite, F. (2012). *Integration Framework of BIM with the Last Planner System*. 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. <https://iglc.net/Papers/Details/752>
- BuildBIM. (2024, 19 de marzo). *El papel integral de BIM en el avance de la construcción sostenible y la eficiencia energética*. <https://www.buildbim.cl/2024/03/19/el-papel->

integral-de-bim-en-el-avance-de-la-construccion-sostenible/

- Córdova, B., Chavarry, C., León, G., Vertiz, L., (2022) *Análisis de desviaciones de costos y estrategias de mitigación en megaproyectos de oil & gas*, (Trabajo de investigación maestría, Universidad Tecnológica del Perú. https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/5377/B.Cordova_C.Chavarry_G.Leon_L.Vertiz_Trabajo_de_Investigacion_Maestria_2022.pdf?squence=1&isAllowed=y
- Das, K., Khursheed, S., & Paul, V. K. (2025). *The impact of BIM on project time and cost: insights from case studies*. *Discover Materials*, 5(25), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s43939-025-00200-2>
- Díaz Leyva, C. de los A., & Marrero Fornaris, C. E. (2021). *La evaluación del impacto de la capacitación: retos y beneficios para las organizaciones actuales*. *Universidad y Sociedad*, 13(6), 28–35. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n6/2218-3620-rus-13-06-28.pdf>
- ElSahly, O. M., Ahmed, S., & Abdelfatah, A. (2023). *Systematic Review of the Time-Cost Optimization Models in Construction Management*. *Sustainability*, 15(6), 5578. <https://doi.org/10.3390/su15065578>
- EUDE Business School. (2024). *Desafíos y soluciones en la implementación de BIM*. <https://www.eude.es/blog/desafios-y-soluciones-en-la-implementacion-de-bim/>
- Faraji, A., Rashidi, M., Meydani Haji Agha, T., Rahnamayiezekavat, P., & Samali, B. (2022). *Quality Management Framework for Housing Construction in a Design-Build Project Delivery System: A BIM-UAV Approach*. *Buildings*, Vol. 12 N° 5, pp. 554. <https://doi.org/10.3390/buildings12050554>
- Fleming, Q. W., & Koppelman, J. M. (2010). *Earned Value Project Management*. (3a ed.) USA: Project Management Institute
- Florkin, J. (2024). *Gestión de partes interesadas en la gestión de proyectos: 9 capítulos esenciales para el éxito*. <https://julienflorkin.com/es/gesti%C3%B3n-de-proyectos/gesti%C3%B3n-de-los-interesados/>
- Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M. K., & Buhl, S. L. (2003). *How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects?* *Transport Reviews*, 23(1), 71-88. <https://doi.org/10.1080/01441640309904>
- Forero González, C. G. (2023). *Propuesta de implementación y aplicación parcial de la metodología BIM (Building Information Modeling) en micro y pequeñas empresas del sector de la construcción de Bogotá [Trabajo de grado, Universidad EAN]*. Repositorio Institucional de la Universidad EAN. <http://hdl.handle.net/10882/12968>
- Goldratt, E. M. (1997). *Critical Chain*. USA: The North River Press.
- Gómez-Valdés, M., Acevedo-Acevedo, S., Alvarado-Acuña, L., & Iturra-Molina, R. (2023). *Impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción*. *Tecnología en Marcha*, 36(7), 66–77. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i7.6860>
- Gutiérrez-Gómez, P. (2023). *Aprendizaje desarrollador de competencias en ingeniería civil: Abordando la complejidad y la transversalidad*. 593 *Digital Publisher CEIT*, 8(4), 471-498. <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.4.1906>
- Juárez Varón, D.; Guerrero Martínez, C.; Torres Roca, E.; Sanz Buades, V. (2014). *Introducción a la ingeniería concurrente*. *3C Tecnología*. 3(2):78-86. <http://hdl.handle.net/10251/77691>
- Kepner, C. & Tregoe, B. (1970). *El directivo racional*. México: McGraw-Hill.
- Landazury-Villalba, L., Basso-Donatti, M., Neugovsen, G., Mercant, S., Jaafar-Orfale, H., & Ruz-Gómez, A. (2018). *Modelo de gestión del conocimiento para proyectos de investigación e innovación tecnológica*. *Revista Espacios*, 39(24), 7. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n24/18392407.html>
- Lara Martínez, O. R., & Ríos Zúñiga, G. A. (2024). *Gestión de Capital Humano*. Innovación Editorial Lagares de México.
- Lean Componentes. (2021). *Ingeniería concurrente: 6 metodologías de implantación*. <https://leancomponentes.com/ingenieria-concurrente/>
- Limaylla-Santiago, E. E. (2024). *Integration of Lean-BIM Methodologies in Construction Projects: A Systematic Review*. LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology. <https://www.researchgate.net/publication/383130114>

- Macías Manrique, M. M., Castillo Baque, M. L., Cedeño Zamora, M. V., Delgado Casquete, D. S., Figueroa O'Brien, L. F., Sánchez Quiroz, C. J., & Velasquez Alcívar, M. N. (2024). Planificación estratégica y su impacto en la gestión del cambio organizacional. *Ciencia y Desarrollo*, 27(4), 379-387. <https://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/article/view/2744>
- Meng, D., Yang, S., He, C., Wang, H., Lv, Z., Guo, Y. and Nie, P. (2022), "Multidisciplinary design optimization of engineering systems under uncertainty: a review", *International Journal of Structural Integrity*, Vol. 13 No. 4, pp. 565-593. <https://doi.org/10.1108/IJSI-05-2022-0076>
- Meredith, J. R., & Mantel, S. J. (2012). *Project Management: A Managerial Approach (8a ed.)*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- McKinsey & Company. (2020). *The next normal in construction: How disruption is reshaping the world's largest ecosystem*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/the-next-normal-in-construction>
- Nasar Montenegro, J; Muñoz Santiago, A, (2006). Sistema de apoyo al proceso de toma de decisiones de inversión en tecnología según el modelo de Kepner y Tregoe, *Pensamiento & Gestión*, (N° 21), pp. 49-92. <https://www.redalyc.org/pdf/646/64602103.pdf>
- OBS Business School. (s.f.). *Qué es un proyecto. Una definición práctica*. <https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-un-proyecto-una-definicion-practica>
- Ochoa Pacheco P, Coello-Montecel D, Tello M, Lasio V, Armijos A (2023) How do project managers' competencies impact project success? A systematic literature review. *PLoS ONE* 18(12): e0295417. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295417>
- Olatunji, O.A., Lee, J.J.S., Chong, H.-Y. and Akanmu, A.A. (2021), "Building information modelling (BIM) penetration in quantity surveying (QS) practice", *Built Environment Project and Asset Management*, Vol. 11 No. 5, pp. 888-902. <https://doi.org/10.1108/BEPAM-08-2020-0140>
- Redator Rock Content. (2019, 11 de mayo). *¿Qué es la gestión de proyectos y cuáles son sus beneficios?* Rock Content. <https://rockcontent.com/es/blog/que-es-gestion-de-proyectos/>
- Rudeli, N., Viles, E., González, J., & Santilli, A. (2018). *Causas de retrasos en proyectos de construcción: Un análisis cualitativo*. *Memoria Investigaciones en Ingeniería*, 16, 71-84. <https://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/298>
- Santafe, F. J. (2024). *Estrategias de mejora en la ejecución de proyectos de construcción de facilidades de superficie en la industria petrolera colombiana. [Proyecto aplicado]*. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/64321>
- Santoro, M. (2023). *El secreto para una obra sin problemas: Gestión de problemas de construcción*. BibLus. <https://biblus.accasoftware.com/es/gestion-de-problemas-de-construccion/>
- Shah, F. H., Bhatti, O. S., & Ahmed, S. (2023). A review of the effects of project management practices on cost overrun in construction projects. *Engineering Proceedings*, 44(1), 1-10. <https://doi.org/10.3390/engproc2023044001>
- Trejo Carvajal, N. A. (2018). *Estudio de impacto del uso de la metodología BIM en la planificación y control de proyectos de ingeniería y construcción [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]*. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168599>
- Universidad Internacional de La Rioja. (s.f.). *¿Qué es la planificación de un proyecto?* UNIR Revista. <https://www.unir.net/revista/empresa/planificacion-n-proyecto/>
- Zendesk. (2023, 14 de febrero). *¿Qué es la metodología ágil y cuáles son las más utilizadas?* Blog de Zendesk. <https://www.zendesk.com.mx/blog/metodologia-agil-que-es/>
- Zhilyaev, D., Binnekamp, R., & Wolfert, A. M. R. (2022). *Best Fit for Common Purpose: A Multi-Stakeholder Design Optimization Methodology for Construction Management*. *Buildings*, vol. 12, N° 5, 527. <https://doi.org/10.3390/buildings12050527>

4 CONCLUSIONES GENERALES

La gestión eficiente de las interferencias constructivas se confirma como un aspecto crítico en la industria de la construcción, especialmente en proyectos del sector energético chileno, donde los sobrecostos y retrasos son desafíos recurrentes que comprometen la viabilidad técnica, económica y operativa de las iniciativas. Esta investigación presenta un modelo estandarizado que busca abordar estas problemáticas desde una mirada integradora, proponiendo la incorporación de tecnologías como BIM, la conformación de equipos multidisciplinarios, la gestión proactiva de stakeholders y la capacitación continua como pilares fundamentales.

El modelo propuesto surge a partir del cruce de datos cualitativos y cuantitativos obtenidos a través de entrevistas a directivos del rubro y encuestas a profesionales del sector, lo que permitió construir una propuesta contextualizada y con base empírica. Las causas de interferencias más frecuentes identificadas incluyen indefiniciones en la ingeniería, debilidades en la coordinación entre disciplinas y demoras en los procesos administrativos o regulatorios. Estas condiciones, cuando no se abordan de forma anticipada, generan impactos directos sobre los plazos y costos de ejecución.

La gestión activa de los stakeholders también se reconoce como un elemento determinante para el éxito del modelo. En este sentido, la articulación temprana entre ingeniería, operación y administración permite anticipar interferencias y tomar decisiones más eficientes.

El reconocimiento de las principales causas, entre las que destacan la falta de definición técnica y la débil coordinación interdisciplinaria abordan el cumplimiento del primer objetivo específico planteado. En el segundo, se evidenció que estas interferencias impactan negativamente en la planificación, aumentando plazos y costos de ejecución. Y finalmente, el tercer objetivo se concreta en la propuesta de un modelo estandarizado de gestión, que integra herramientas tecnológicas como BIM, estrategias de coordinación temprana y equipos

multidisciplinarios, como respuesta concreta y adaptable a los desafíos identificados.

La principal contribución de esta investigación radica en entregar un enfoque práctico, adaptable y replicable para mejorar la gestión de proyectos complejos, que permite optimizar procesos, fortalecer la toma de decisiones y avanzar hacia una cultura organizacional más eficiente, colaborativa y tecnológicamente integrada..

Como proyección futura, se plantea la necesidad de validar el modelo en contextos reales de aplicación, así como explorar nuevas herramientas como la inteligencia artificial y los sistemas predictivos en la gestión de interferencias. Estas tecnologías pueden enriquecer la propuesta desarrollada, abriendo nuevas posibilidades para anticipar riesgos y reforzar la eficiencia en entornos constructivos altamente dinámicos.

4.1 Propuesta para trabajos futuros

Como continuación de este trabajo de tesis, hay varias líneas de desarrollo que quedan pendientes, y en las que es posible continuar trabajando; algunas de ellas, están más directamente relacionadas con este trabajo de tesis y son el resultado de preguntas que han ido surgiendo durante el proceso de investigación, como otras que son más tangenciales a la investigación. A continuación, revisaremos trabajos futuros que pueden investigarse como conclusión de esta investigación:

- Profundizar en la integración de prácticas de ingeniería concurrente, promoviendo revisiones interdisciplinarias más frecuentes y estructuradas desde las etapas tempranas del diseño permitiendo anticipar problemas que actualmente emergen en fases más avanzadas de ejecución.
- Desarrollar estrategias de gestión de stakeholders que se activen desde la etapa de diseño, integrando no solo al cliente y al equipo técnico, sino también a actores externos como autoridades locales y entes reguladores. Su

participación temprana puede optimizar los tiempos de aprobación y reducir interferencias de carácter administrativo.

- Implementar programas de formación continua orientados al fortalecimiento de habilidades técnicas clave, como la lectura de planos, el uso de herramientas digitales y la coordinación de disciplinas. Estos programas podrían facilitar la estandarización de criterios y mejorar la calidad en la ejecución de los proyectos.
- Explorar tecnologías de simulación y monitoreo en tiempo real que faciliten la evaluación de alternativas durante el desarrollo de los proyectos. Incorporar estas herramientas pueden mejorar la toma de decisiones bajo presión y minimizar el impacto de las interferencias en costo y cronograma.
- Evaluar la conformación de equipos multifuncionales desde el inicio de los proyectos, integrando distintas especialidades en instancias de planificación y diseño.
- Fortalecer las competencias en Building Information Modeling (BIM) mediante programas de capacitación especializados y políticas de cambio organizacional que promuevan una cultura de innovación.
- Desde una perspectiva metodológica, se puede ampliar la cantidad de entrevistas cualitativas permitiendo enriquecer la diversidad de visiones y aumentar la representatividad del análisis.
- Extender el periodo de aplicación de encuestas podría generar muestras más homogéneas y robustas, facilitando la identificación de patrones y tendencias con mayor precisión.
- Las interferencias pueden ser analizados con datos financieros cuantificables que permitan evaluar su impacto económico directo.
- Las encuestas pueden abordar de forma profunda el análisis en torno al uso real de herramientas como BIM y su relación directa con las interferencias

5 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aiyetan, A. O., & Das, D. K. (2022). Factors and Strategies for Improving Construction Management on Sites in Mega-Projects in South Africa: An Explorative Survey. *Infrastructures*, 7(2), 19. <https://doi.org/10.3390/infrastructures7020019>
- Alizadehsalehi, S., & Hadavi, A. (2023). Synergies of Lean, BIM, and Extended Reality (LBX) for Project Delivery Management. *Sustainability*, 15(6), 4969. <https://doi.org/10.3390/su15064969>
- Almaguer-Oro, M. A., & Pérez-Bauta, M. (2012). La administración del riesgo: ¿cómo distinguir un buen riesgo de una mala apuesta? *Revista Ciencias Holguín*, Vol. 18 (N°2), 1-11. https://www.researchgate.net/publication/277993755_La_Administracion_de_l_riesgo_como_distinguir_un_buen_riesgo_de_una_mala_apuesta
- Alzate, J. (2017). Integración de BIM y Lean Construction en la fase de planificación de proyectos de construcción. Universidad Industrial de Santander. <https://noesis.uis.edu.co/bitstreams/55b75a0d-bcae-4f01-b36b-07f148ff6c13/download>
- Ariono, M. A., Wasesa, M., & Dhewanto, W. (2022). The drivers, barriers, and enablers of Building Information Modeling (BIM) innovation in developing countries: Insights from systematic literature review and comparative analysis. *Buildings*, 12(11), 1912. <https://doi.org/10.3390/buildings12111912>
- Bhatla, A., & Leite, F. (2012). Integration Framework of BIM with the Last Planner System. 20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction. <https://iglc.net/Papers/Details/752>
- BuildBIM. (2024, 19 de marzo). El papel integral de BIM en el avance de la construcción sostenible y la eficiencia energética. <https://www.buildbim.cl/2024/03/19/el-papel-integral-de-bim-en-el-avance-de-la-construccion-sostenible/>

- Córdova, B., Chavarry, C., León, G., Vertiz, L., (2022) Análisis de desviaciones de costos y estrategias de mitigación en megaproyectos de oil & gas, (Trabajo de investigación maestría, Universidad Tecnológica del Perú. https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/5377/B.Cordova_C.Chavarry_G.Leon_L.Vertiz_Trabajo_de_Investigacion_Maestria_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Das, K., Khursheed, S., & Paul, V. K. (2025). The impact of BIM on project time and cost: insights from case studies. *Discover Materials*, 5(25), 1–15. <https://doi.org/10.1007/s43939-025-00200-2>
- Díaz Leyva, C. de los A., & Marrero Fornaris, C. E. (2021). La evaluación del impacto de la capacitación: retos y beneficios para las organizaciones actuales. *Universidad y Sociedad*, 13(6), 28–35. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n6/2218-3620-rus-13-06-28.pdf>
- ElSahly, O. M., Ahmed, S., & Abdelfatah, A. (2023). Systematic Review of the Time-Cost Optimization Models in Construction Management. *Sustainability*, 15(6), 5578. <https://doi.org/10.3390/su15065578>
- EUDE Business School. (2024). Desafíos y soluciones en la implementación de BIM. <https://www.eude.es/blog/desafios-y-soluciones-en-la-implementacion-de-bim/>
- Faraji, A., Rashidi, M., Meydani Haji Agha, T., Rahnamayiezekavat, P., & Samali, B. (2022). Quality Management Framework for Housing Construction in a Design-Build Project Delivery System: A BIM-UAV Approach. *Buildings*, Vol. 12 N° 5, pp. 554. <https://doi.org/10.3390/buildings12050554>
- Fleming, Q. W., & Koppelman, J. M. (2010). *Earned Value Project Management*. (3a ed.) USA: Project Management Institute
- Florkin, J. (2024). Gestión de partes interesadas en la gestión de proyectos: 9 capítulos esenciales para el éxito. <https://julienflorkin.com/es/gesti%C3%B3n-de-proyectos/gesti%C3%B3n-de-los-interesados/>

- Flyvbjerg, B., Skamris Holm, M. K., & Buhl, S. L. (2003). How common and how large are cost overruns in transport infrastructure projects? *Transport Reviews*, 23(1), 71-88. <https://doi.org/10.1080/01441640309904>
- Forero González, C. G. (2023). Propuesta de implementación y aplicación parcial de la metodología BIM (Building Information Modeling) en micro y pequeñas empresas del sector de la construcción de Bogotá [Trabajo de grado, Universidad EAN]. Repositorio Institucional de la Universidad EAN. <http://hdl.handle.net/10882/12968>
- Goldratt, E. M. (1997). *Critical Chain*. USA: The North River Press.
- Gómez-Valdés, M., Acevedo-Acevedo, S., Alvarado-Acuña, L., & Iturra-Molina, R. (2023). Impacto de la metodología BIM en la gestión de proyectos de construcción. *Tecnología en Marcha*, 36(7), 66-77. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i7.6860>
- Gutiérrez-Gómez, P. (2023). Aprendizaje desarrollador de competencias en ingeniería civil: Abordando la complejidad y la transversalidad. *593 Digital Publisher CEIT*, 8(4), 471-498. <https://doi.org/10.33386/593dp.2023.4.1906>
- Juárez Varón, D.; Guerrero Martínez, C.; Torres Roca, E.; Sanz Buades, V. (2014). Introducción a la ingeniería concurrente. *3C Tecnología*. 3(2):78-86. <http://hdl.handle.net/10251/77691>
- Kepner, C. & Tregoe, B. (1970). *El directivo racional*. México: McGraw-Hill.
- Landazury-Villalba, L., Basso-Donatti, M., Neugovsen, G., Mercant, S., Jaafar-Orfale, H., & Ruz-Gómez, A. (2018). Modelo de gestión del conocimiento para proyectos de investigación e innovación tecnológica. *Revista Espacios*, 39(24), 7. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n24/18392407.html>
- Lara Martínez, O. R., & Ríos Zúñiga, G. A. (2024). *Gestión de Capital Humano*. Innovación Editorial Lagares de México.
- Lean Componentes. (2021). *Ingeniería concurrente: 6 metodologías de implantación*. <https://leancomponentes.com/ingenieria-concurrente/>

- Limaylla-Santiago, E. E. (2024). Integration of Lean-BIM Methodologies in Construction Projects: A Systematic Review. LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology. <https://www.researchgate.net/publication/383130114>
- Macías Manrique, M. M., Castillo Baque, M. L., Cedeño Zamora, M. V., Delgado Casquete, D. S., Figueroa O'Brien, L. F., Sánchez Quiroz, C. J., & Velasquez Alcívar, M. N. (2024). Planificación estratégica y su impacto en la gestión del cambio organizacional. *Ciencia y Desarrollo*, 27(4), 379-387. <https://revistas.uap.edu.pe/ojs/index.php/CYD/article/view/2744>
- Meng, D., Yang, S., He, C., Wang, H., Lv, Z., Guo, Y. and Nie, P. (2022), "Multidisciplinary design optimization of engineering systems under uncertainty: a review", *International Journal of Structural Integrity*, Vol. 13 No. 4, pp. 565-593. <https://doi.org/10.1108/IJSI-05-2022-0076>
- Meredith, J. R., & Mantel, S. J. (2012). *Project Management: A Managerial Approach* (8a ed.). USA: John Wiley & Sons, Inc.
- McKinsey & Company. (2020). *The next normal in construction: How disruption is reshaping the world's largest ecosystem*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/capital-projects-and-infrastructure/our-insights/the-next-normal-in-construction>
- Nasar Montenegro, J; Muñoz Santiago, A, (2006). Sistema de apoyo al proceso de toma de decisiones de inversión en tecnología según el modelo de Kepner y Tregoe, *Pensamiento & Gestión*, (N° 21), pp. 49-92. <https://www.redalyc.org/pdf/646/64602103.pdf>
- OBS Business School. (s.f.). Qué es un proyecto. Una definición práctica. <https://www.obsbusiness.school/blog/que-es-un-proyecto-una-definicion-practica>
- Ochoa Pacheco P, Coello-Montecel D, Tello M, Lasio V, Armijos A (2023) How do project managers' competencies impact project success? A systematic literature

- review. PLoS ONE 18(12): e0295417.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0295417>
- Olatunji, O.A., Lee, J.J.S., Chong, H.-Y. and Akanmu, A.A. (2021), "Building information modelling (BIM) penetration in quantity surveying (QS) practice", Built Environment Project and Asset Management, Vol. 11 No. 5, pp. 888-902.
<https://doi.org/10.1108/BEPAM-08-2020-0140>
- Redator Rock Content. (2019, 11 de mayo). ¿Qué es la gestión de proyectos y cuáles son sus beneficios? Rock Content. <https://rockcontent.com/es/blog/que-es-gestion-de-proyectos/>
- Rudeli, N., Viles, E., González, J., & Santilli, A. (2018). Causas de retrasos en proyectos de construcción: Un análisis cualitativo. Memoria Investigaciones en Ingeniería, 16, 71-84. <https://revistas.um.edu.uy/index.php/ingenieria/article/view/298>
- Santafe, F. J. (2024). Estrategias de mejora en la ejecución de proyectos de construcción de facilidades de superficie en la industria petrolera colombiana. [Proyecto aplicado]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/64321>
- Santoro, M. (2023). El secreto para una obra sin problemas: Gestión de problemas de construcción. BibLus. <https://biblus.accasoftware.com/es/gestion-de-problemas-de-construccion/>
- Shah, F. H., Bhatti, O. S., & Ahmed, S. (2023). A review of the effects of project management practices on cost overrun in construction projects. Engineering Proceedings, 44(1), 1-10. <https://doi.org/10.3390/engproc2023044001>
- Trejo Carvajal, N. A. (2018). Estudio de impacto del uso de la metodología BIM en la planificación y control de proyectos de ingeniería y construcción [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. Repositorio Académico de la Universidad de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168599>
- Universidad Internacional de La Rioja. (s.f.). ¿Qué es la planificación de un proyecto? UNIR Revista. <https://www.unir.net/revista/empresa/planificacion-proyecto/>

Zendesk. (2023, 14 de febrero). ¿Qué es la metodología ágil y cuáles son las más utilizadas? Blog de Zendesk. <https://www.zendesk.com.mx/blog/metodologia-agil-que-es/>

Zhilyaev, D., Binnekamp, R., & Wolfert, A. M. R. (2022). Best Fit for Common Purpose: A Multi-Stakeholder Design Optimization Methodology for Construction Management. *Buildings*, vol. 12, N° 5, 527. <https://doi.org/10.3390/buildings12050527>

6 ANEXO: REPORTE DE PLAGIO

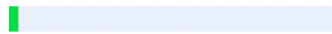
El reporte de posibilidad de plagio de este trabajo, con otros trabajos publicados entrega un porcentaje de similitud de: 3%



Plagiarism Checker X - Report

Originality Assessment

3%



Overall Similarity

Date: abr. 1, 2025 (11:34 p. m.)

Matches: 290 / 9843 words

Sources: 19

Remarks: Low similarity detected, consider making necessary changes if needed.

Verify Report:

Scan this QR Code

