

Herrera, R.F. & Castañeda, K. (2024). Desarrollo de un Sistema de Gestión Colaborativa del Diseño (CDMS) de Proyectos de Edificación. En Herrera, R.F., Salazar, L.A., (Editores), *Actas del IX Congreso Iberoamericano de Gestión y Tecnología de la Construcción* (IX ELAGEC2024).

# PROPUESTA DE DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN COLABORATIVA DEL DISEÑO (CDMS) DE PROYECTOS DE EDIFICACIÓN

Rodrigo F. Herrera <sup>1</sup> – [rodrigo.herrera@pucv.cl](mailto:rodrigo.herrera@pucv.cl)

Karen Castañeda <sup>2</sup> – [karen.castaneda@pucv.cl](mailto:karen.castaneda@pucv.cl)

<sup>1</sup> Escuela de Ingeniería Civil, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile

<sup>2</sup> Escuela de Ingeniería Civil, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia

## RESUMEN

La industria de la construcción enfrenta desafíos significativos en la fase de diseño, marcada por una comunicación deficiente, documentación inadecuada y gestión ineficiente de la información. Este artículo presenta la propuesta de investigación para el desarrollo de un Sistema de Gestión Colaborativa del Diseño (CDMS) para proyectos de edificación, integrando principios de las metodologías Lean, Ágil y Building Information Modeling (BIM). El CDMS tiene como objetivo mejorar la eficiencia, coordinación y desempeño de los equipos de diseño multidisciplinarios mediante flujos de trabajo estructurados, herramientas tecnológicas e indicadores de desempeño. La investigación propone utilizar el Método de Investigación en Ciencias del Diseño (DSRM, por sus siglas en inglés) y abarca cinco etapas: identificación del problema, revisión de la literatura, desarrollo del sistema, implementación en proyectos reales y evaluación a través de indicadores de desempeño y retroalimentación de los interesados. Los datos se recopilaron mediante talleres con profesionales de la industria y estudios de caso en proyectos de diseño de edificaciones. Los resultados esperados buscan mejoras sustanciales en la coordinación de proyectos, flujo de información y calidad general del diseño, proporcionando un marco práctico para futuras aplicaciones que busquen mejorar la colaboración y eficiencia en la gestión de proyectos de diseño.

## PALABRAS CLAVE

Gestión colaborativa; diseño; edificación; Lean; BIM

## INTRODUCCIÓN

La industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AIC) se ha definido como un negocio complejo y aparentemente impredecible en el que participan diferentes stakeholders con intereses diversos. A lo largo de los años, la mayoría de los proyectos

en esta industria han mostrado un bajo rendimiento (Esa et al., 2014). Esto ha llevado a la industria a buscar mejorar su competitividad mediante la aplicación de buenas prácticas de gestión, tecnologías avanzadas y optimización de recursos (Brozovsky et al., 2024; El-Mashaleh et al., 2007). En este contexto, la fase de diseño de proyectos de edificación emerge como un área crítica que necesita una gestión eficiente para garantizar el éxito del proyecto y la satisfacción de todos los involucrados (Economist Intelligence Unit, 2015).

La fase de diseño de proyectos de edificación, debido a su naturaleza cíclica y la participación de múltiples especialidades (arquitectura, estructuras, mecánica, electricidad, etc.), presenta una complejidad que a menudo se traduce en problemas de comunicación, documentación deficiente y gestión ineficiente de la información, lo que impacta negativamente en el rendimiento del proyecto (Baiden et al., 2006; Ng & Tang, 2010). Aunque metodologías como BIM, Lean y Agile han sido introducidas para mejorar la gestión de proyectos de edificación, enfrentan desafíos significativos en la fase de diseño. BIM, por ejemplo, a pesar de su capacidad para gestionar información a lo largo del ciclo de vida del proyecto, enfrenta barreras relacionadas con la gestión de personas y procesos (Aliu & Aigbavboa, 2021; Arayici et al., 2011; Phelps, 2012). De manera similar, la aplicación de Lean ha sido limitada en esta fase, con herramientas adaptadas que no se ajustan completamente a las características del diseño (Daniel et al., 2015; Formoso et al., 1998; Herrera et al., 2020). Agile, aunque útil en la industria del software, enfrenta dificultades en su implementación en proyectos de edificación sin la ayuda de modelos virtuales (Poudel et al., 2020). Adicionalmente, en la fase de diseño de proyectos de edificación, no es común la práctica de medir el desempeño mediante indicadores específicos, a pesar de su importancia en la mejora continua del proceso (Salvatierra et al., 2019). La falta de una cultura de evaluación del desempeño del diseño y sus consecuencias futuras limita la capacidad de las organizaciones para identificar y abordar ineficiencias (Herrera et al., 2019; Kärnä & Junnonen, 2017).

Este artículo presenta una propuesta de investigación para el desarrollo de un Sistema de Gestión Colaborativa del Diseño (CDMS) para proyectos de edificación, integrando principios de las metodologías Lean, Ágil y BIM. El CDMS tiene como objetivo mejorar la eficiencia, coordinación y desempeño de los equipos de diseño multidisciplinarios mediante flujos de trabajo estructurados, herramientas tecnológicas e indicadores de desempeño. La investigación propone utilizar el Método de Investigación en Ciencias del Diseño (DSRM) y abarca cinco etapas: identificación del problema, revisión de la literatura, desarrollo del sistema, implementación en proyectos reales y evaluación a través de indicadores de desempeño y retroalimentación de los interesados. La recopilación de datos se realizó mediante talleres con profesionales de la industria y estudios de caso en proyectos de diseño de edificaciones. Los resultados esperados buscan mejorar sustancialmente la coordinación de proyectos, el flujo de información y la calidad general del diseño, proporcionando un marco práctico para futuras aplicaciones que busquen mejorar la colaboración y eficiencia en la gestión de proyectos de diseño. Por lo tanto, este trabajo propone una solución integral a los problemas actuales en la gestión del diseño de proyectos de edificación, utilizando un enfoque colaborativo que integra las mejores prácticas de las metodologías Lean, Ágil y BIM, para así optimizar los procesos y resultados en la fase de diseño.

## **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

La actual práctica de la gestión del diseño de proyectos de edificación está caracterizada por problemas recurrentes como la pobre comunicación, falta de documentación adecuada, y la gestión ineficiente de la información, lo que resulta en una toma de decisiones errática y falta de coordinación entre las disciplinas (Bibby, 2003). Aunque metodologías como BIM, Lean y Agile han sido desarrolladas para abordar estos desafíos, cada una enfrenta sus propias deficiencias que limitan su efectividad en la fase de diseño.

BIM, centrado en la gestión de la información a lo largo del ciclo de vida de la edificación, enfrenta desafíos significativos, especialmente en las etapas tempranas del proyecto, donde su potencial completo no se ha alcanzado debido a problemas en la gestión de personas y procesos (Arayici et al., 2011; Herrera et al., 2021). Muchas organizaciones comenten el error de centrarse únicamente en la tecnología, descuidando los fenómenos sociales y colaborativos que surgen en los equipos de diseño (Aziz et al., 2024; Phelps, 2012).

La filosofía Lean ha tenido un desarrollo más profundo en la fase constructiva de los proyectos de edificación, con herramientas como el Last Planner System, diseñadas específicamente para esta etapa (Daniel et al., 2015). Sin embargo, su aplicación en la fase de diseño ha sido limitada, utilizando principalmente herramientas estandarizadas que no se ajustan completamente a las características dinámicas de esta fase (Biotto et al., 2022; Formoso et al., 1998; Mollasalehi et al., 2016). Por ejemplo, mientras que en la construcción las iteraciones y los retrabajos se consideran pérdidas, en el diseño algunas iteraciones pueden agregar valor, lo que requiere un enfoque distinto en la gestión de pérdidas (Mujumdar & Maheswari, 2018). Aunque las metodologías ágiles han demostrado ser efectivas en la industria del software, su aplicación en el diseño de edificaciones enfrenta desafíos significativos. Estas metodologías, centradas en iteraciones incrementales y revisiones constantes con el cliente, no se adaptan fácilmente a la naturaleza de los proyectos de edificación sin la integración de modelos virtuales BIM (Mohammed & Karri, 2020; Poudel et al., 2020).

Adicionalmente, en la fase de construcción de proyectos de edificación existe como práctica estandarizada la medición del desempeño a través de distintos indicadores asociados al cronograma, costo, calidad, productividad, entre otros. Sin embargo, en la fase de diseño no es una práctica ampliamente utilizada; incluso en la literatura existen pocos indicadores de desempeño asociados a esta fase del proyecto de edificación (Salvatierra et al., 2019). Considerando, además, que el desempeño de la fase de diseño no sólo se debe evaluar durante la fase de diseño, sino que también en etapas futuras, ya que la calidad del diseño impactará a las etapas de construcción y operación de una edificación (Herrera et al., 2019)

## **PROPUESTA DE DESARROLLO**

Dado lo anterior, es necesario desarrollar un sistema de gestión colaborativo para el diseño de proyectos de edificación; el cual no sea una simplificada adaptación de herramientas para esta fase del proyecto, sino más bien, sea creado entendiendo las características propias de la fase de diseño de proyectos de edificación. Para desarrollar el sistema de gestión colaborativo del diseño, es necesario entender las particularidades y

problemas típicos que tienen los equipos de diseño de proyectos de edificación. Esto incluye entender sus etapas, requerimientos, hitos, participantes, entre otros elementos que le son propios (Chan et al., 2001).

Así, el diseño colaborativo contemplará la planificación del diseño y de un sistema de gestión alineado con la filosofía Lean, donde se apliquen los principios y herramientas de las metodologías de proyectos ágiles y los usos propios de la metodología BIM (Park et al., 2016). Este podrá ser utilizado con distintas estrategias de contratación, es decir, desde los proyectos integrados (IPD, por sus siglas en inglés) hasta los tradicionales proyectos Diseño-Licitación-Construcción (DBB, por sus siglas en inglés). Aunque si bien, el diseño colaborativo se podría aplicar con mejores resultados con estrategias de contratación IPD, es posible aplicar el sistema de gestión colaborativo en contratos DBB (Mesa et al., 2016)

El sistema de gestión colaborativo para el diseño (CDMS) contemplará procesos de inicio, planificación, ejecución, monitoreo y control, y cierre de la fase de diseño del proyecto de edificación (Lester, 2014). Así, siguiendo los principios de Lean para el diseño de proyectos, y entendiendo las características de procesos iterativos y dinámicos de un proyecto ágil.

- Los procesos de planificación incluirán herramientas para la programación, presupuestación, evaluación del alcance y calidad, y definición de las instancias de interacción y colaboración del proyecto (Herrera et al., 2020). Adicionalmente, dada la naturaleza iterativa y dinámica de este tipo de proyectos, la planificación es entendida como un procesos sistemático, gradual y colaborativo (Reifi & Emmitt, 2013), dónde se encuentran procesos creativos y procesos de planificación estandarizada.
- Los procesos de ejecución incluirán herramientas tecnológicas que permitan hacer más eficiente tanto el proceso de diseño como las etapas posteriores de la edificación. BIM, Sistemas de Información Geográfica, nubes de puntos, fotogrametría, entre otros, son potenciales herramientas útiles para estos fines (Kassem et al., 2014). La ejecución del proyecto será sistemáticamente comparada con la planificación del proyecto a través de los procesos de monitoreo y control.
- Los procesos de monitoreo y control incluirán una propuesta de indicadores de desempeño asociados al cumplimiento de plazos, costos, productividad, compromisos, entre otros. Además, estos procesos deben incluir la revisión y coordinación sistemática entre especialidades, y participación recurrente del cliente (o su representante) en las reuniones de avance. Adicionalmente, se propondrán indicadores para evaluar el impacto del diseño en la etapa de construcción de la edificación (Herrera et al., 2019).

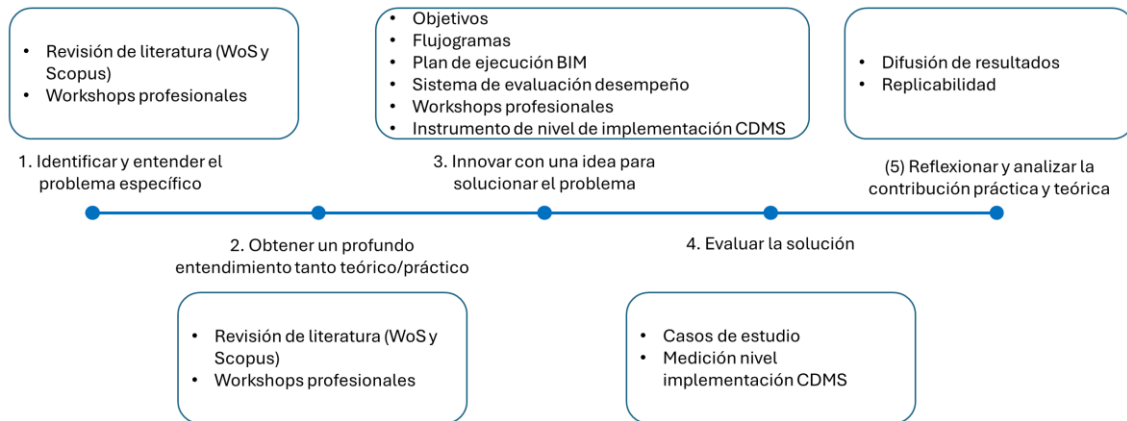
A diferencia de los sistemas de gestión tradicionales, se propone un mayor énfasis en la colaboración entendiendo la naturaleza dinámica y compleja de esta fase del proyecto de edificación. Dada la naturaleza de los equipos de diseño de proyectos de edificación, en donde existen diversos especialistas, los cuales generalmente pertenecen a distintas empresas, es fundamental generar y fomentar estrategias de interacción y colaboración. Así, dentro de las estrategias de interacción, el sistema incluiría diferentes instancias para la generación de interacción, por ejemplo, flujo de información de trabajo, planificación,

colaboración, resolución de problemas, toma de decisiones, confianza y aprendizaje (Herrera et al., 2020). Adicionalmente, se abordará la interacción desde la perspectiva de la gestión de compromisos y el entendimiento compartido, el que corresponde a una medida clave de la efectividad de la comunicación en equipos de trabajo (Retamal et al., 2020). Cuando los miembros de los equipos de trabajo ejecutan un trabajo colaborativo, éste viene acompañado por una sistemática discusión y negociación, instancia en donde es particularmente importante el entendimiento compartido al generar acuerdos entre los miembros del equipo de diseño y el desarrollo de una correcta gestión del compromiso (Kleinsmann et al., 2012). La gestión de compromisos es una forma de entender las relaciones entre miembros de equipos de trabajo desde la perspectiva de la acción lingüística, la cual incluye cuatro actos del habla para la generación de compromisos fiables. Los cuatro actos del habla son: requerimiento, negociación, declaración de cumplimiento y declaración de satisfacción (Cash et al., 2017). Por lo que el sistema de gestión colaborativo del diseño incluirá la perspectiva de gestión de compromisos entre todos los participantes del equipo de diseño.

Luego de la creación del sistema de gestión colaborativo del diseño, se evaluará su desempeño en términos de cumplimiento de metas organizacionales, indicadores de desempeño y medidas de percepción de los distintos involucrados en el proceso de diseño de un proyecto de edificación. Para realizar lo anterior, se propone evaluar cuatro proyectos en fase de diseño. Cada proyecto deberá tener un nivel distinto de implementación de los usos BIM durante la fase de diseño, con el fin de entender la importancia de esta metodología de soporte tecnológico en la implementación del sistema de gestión colaborativa y en el desempeño del proyecto. Complementariamente, se evaluarán proyectos que siguen el estándar nacional BIM para proyectos públicos (adicional a los cuatro previamente evaluados), de esta forma se podrá analizar el impacto de esta guía en el desempeño de los proyectos, y además se podrán identificar las brechas entre estándar nacional BIM y el sistema de gestión colaborativo para el diseño.

## **PROPUESTA METODOLÓGICA DE DESARROLLO**

En el ámbito de la gestión del diseño en proyectos, existen desafíos complejos y multidimensionales que requieren soluciones innovadoras, prácticas y teóricamente fundadas. Para abordar estos desafíos de la investigación se utilizará la metodología DSRM (Design Sciences Research Method), ya que permite un proceso estructurado que no solo se centra en la creación de un sistema gestión colaborativo, sino que también en la evaluación rigurosa de su efectividad. El DSRM o investigación constructiva es una forma de realizar investigación descriptivo que tiene dos actividades fundamentales: crear artefactos al servicio de propósitos humanos y evaluar el desempeño de su uso (Da Rocha et al., 2012). El DSRM se divide en cinco etapas: (1) identificar y entender un problema específico; (2) obtener un profundo entendimiento tanto teórico como práctico del asunto; (3) innovar con una idea para solucionar el problema; (4) evaluar la solución; y (5) reflexionar y analizar la contribución teórica y práctica (Lukka, 2003). A continuación, se explica cada una de las etapas resumidas en la Figura 1.



**Figura 1.** Esquema metodológico implementación.

### (1) Identificar y entender un problema específico

Para desarrollar esta etapa primero se realizará una revisión de literatura en revistas especializadas de arquitectura, ingeniería y construcción, y en las principales conferencias entre los años 2010 y 2024; la búsqueda se realizará en las siguientes librerías: Engineering Village, Web of Science, y Scopus. Los tópicos de búsqueda serán los siguientes: “gestión del diseño”, “planificación del diseño”, “evaluación del diseño”, “control del diseño”, “problemas en el diseño”, “desafíos de la gestión del diseño”. Los artículos se seleccionarán aplicando los siguientes criterios de inclusión/exclusión: (1) foco en el diseño de edificación; (2) presente problemas específicos; y (3) foco en la gestión del diseño. Para controlar y recolectar la información se utilizará una tabla resumen con la información extraída de cada documento. Para identificar y entender el problema específico a partir de la revisión de literatura se aplicarán técnicas de análisis de redes y de co-ocurrencia de palabras para la determinación de frentes de investigación.

Luego, para validar el problema específico se realizarán 5 workshops con profesionales que se dedican al diseño de proyectos de edificación. En esta primera ronda de talleres se trabajará con cada tipo de involucrado por separado, es decir, se realizarán 5 workshops distintos con (1) clientes (inmobiliarias), (2) arquitectos, (3) ingenieros estructurales, (4) otros especialistas; y (5) coordinadores de proyectos y coordinadores BIM. En cada workshop deberán participar entre 5 y 10 profesionales con más de 5 años de experiencia en proyectos de diseño de edificación. Se invitarán a profesionales que participen en Cámara Chilena de la Construcción de Chile, la Asociación de Ingenieros Estructurales, Asociación de Oficinas de Arquitecturas de Chile y BIM Forum Chile. En cada workshop se abordarán los principales problemas detectados en la revisión de literatura y se entenderá cómo afecta este problema a los distintos involucrados en los equipos de diseño de proyectos de edificación.

### (2) Obtener un profundo entendimiento tanto teórico como práctico del asunto

Para desarrollar esta etapa primero se realizará una revisión de literatura en revistas especializadas de arquitectura, ingeniería, construcción y gestión de proyectos, y en las principales conferencias entre los años 2010 y 2024; la búsqueda se realizará en las siguientes librerías: Engineering Village, Web of Science, y Scopus. Los tópicos de búsqueda serán los siguientes: “diseño colaborativo”, “planificación del diseño”, “diseño BIM”, “diseño Lean”, “diseño ágil”, “sistemas de gestión”, e “indicadores de

desempeño”. Los artículos se seleccionarán aplicando los siguientes criterios de inclusión/exclusión: (1) foco en el diseño de edificación; (2) propuestas de prácticas, herramientas, tecnologías o indicadores; y (3) foco en los fenómenos sociales de interacción y colaboración. Para controlar y recolectar la información se utilizará una tabla resumen con la información extraída de cada documento. Adicionalmente, se aplicarán técnicas de análisis de redes y de co-ocurrencia de palabras para obtener un profundo entendimiento teórico de los acercamientos reportados al sistema de gestión colaborativa para el diseño de proyectos de edificación.

Luego, para validar el problema específico se realizarán dos workshops con profesionales que se dedican al diseño de proyectos de edificación y un workshop con investigadores especialistas en el diseño de proyectos de construcción. El primer workshop con profesionales incluirá a clientes (inmobiliarias), coordinadores de proyectos y coordinadores BIM. El segundo workshop con profesionales incluirá a arquitectos, ingenieros estructurales, y otros especialistas. En cada workshop deberán participar entre 5 y 10 profesionales con más de 5 años de experiencia en proyectos de diseño de edificación. Se invitarán a profesionales que participen en Cámara Chilena de la Construcción de Chile, la Asociación de Ingenieros Estructurales, Asociación de Oficinas de Arquitecturas de Chile y BIM Forum Chile. En el workshop con investigadores especialistas en el diseño de proyectos de construcción se invitarán a académicos con más de 5 años de experiencia en investigación de universidades nacionales y extranjeras. En cada workshop se abordarán las principales prácticas de gestión para el diseño de proyectos de edificación. Adicionalmente, se realizará un estudio comparativo entre los tres grupos de profesionales, es decir, gestores, diseñadores, e investigadores.

### (3) Innovar con una idea para solucionar el problema

En esta etapa el investigador y su equipo creará el sistema de gestión colaborativo para el diseño de proyectos de edificación. El sistema incluirá un conjunto de buenas prácticas, herramientas, tecnologías e indicadores para planificar, ejecutar y controlar cada una de las sub-etapas del diseño de una edificación. Para cada sub-etapa del diseño (diseño conceptual, anteproyecto, diseño de detalles y documentación para la construcción) se propondrán los siguientes elementos:

- **Objetivos de la sub-etapa:** se incluirá la meta y los objetivos específicos de cada sub-etapa. Para esto se utilizará la metodología de creación de objetivos SMART (Specific, Mesurable, Attainable, Relevant, Timely)
- **Flujograma de actividades:** se utilizará una notación gráfica que describa la lógica de los pasos de la sub-etapa. Se explorarán herramientas como el Business Process Model and Notation (BPMN), mapas de flujo de valor (VSM, por sus siglas en inglés), entre otros. El flujograma se creará basado en los principios y recomendaciones de la filosofía Lean y Agile. Por lo que se incluirán los distintos participantes, los mecanismos de interacción y colaboración, los flujos de información, y las instancias de revisión. Dentro de las actividades propuestas en cada flujograma se realizará distinción entre las actividades base o mínimas para ejecutar el sistema, y las actividades recomendadas u optativas, las cuales son propuestas para hacer aún más productivo el proceso de diseño.

- Usos BIM: se propondrán los usos BIM y entregables requeridos para la sub-etapa. Para esto se propondrán los usos BIM enmarcados en Estándar Nacional BIM para proyectos públicos de Chile, que a la vez son los mismos propuestos por la guía de planificación y ejecución BIM desarrollado por la Universidad de Pensilvania. En este punto, se definirá el nivel de automatización mínimo e ideal de cada uso BIM, considerando que cada uso BIM pueden tener distintos niveles de alcances, automatización y desarrollo, tal y como lo plantea Rojas et al., (2019) en su instrumento para medir distintos niveles de desarrollo de cada uso BIM durante las fases de diseño y planificación de proyectos de construcción y sus aplicaciones en otros países, por ejemplo, Ecuador (Arellano et al., 2021).
- Indicadores de desempeño: se incluirán indicadores de desempeño de la sub-etapa, los cuales deberán alinearse con los objetivos de la sub-etapa y el cumplimiento de la planificación de esta. Dentro de los indicadores se considerarán indicadores cuantitativos y medidas de percepción del desempeño de los diferentes involucrados en la subetapa. Se buscará evaluar el desempeño en términos de productividad y en términos organizacionales. Los indicadores asociados a la productividad tendrán que ver con el uso de recursos, costos, cumplimiento de cronograma, calidad, entre otros. Por su parte, los indicadores de desempeño organizacional estarán asociados a medidas de percepción de los miembros del equipo de trabajo y al estudio de las interacciones, a través del análisis de redes sociales del equipo, utilizando como base un método para evaluar las interacciones de los equipos de diseño de proyectos de construcción.

Los cuatro elementos mencionados en el punto anterior estarán integrados en cada sub-etapa. Además, en el sistema se definirá un sistema de concatenación y flujo continuo entre cada sub-etapa de la fase de diseño del proyecto de edificación.

El sistema de gestión colaborativo se desarrollará de forma gradual e iterativa por el equipo de investigación, por lo que se plantearán un número de entregables equivalentes a las sub-etapas definidas para la fase de diseño. Cada entregable será revisado y retroalimentado por un grupo de profesionales e investigadores con al menos 5 años de trabajo y/o investigación en proyectos de edificación. Por lo que, el sistema de gestión colaborativo será evaluado y mejorado en varias instancias por el comité de expertos. Esta naturaleza iterativa e incremental es propio de los proyectos ágiles para la creación de artefactos, y a la vez es parte del abordaje metodológico de DSRM.

De forma complementaria, durante esta etapa del proyecto de investigación se creará un segundo artefacto que permitirá evaluar el nivel de implementación del sistema de gestión colaborativa para el diseño de las edificaciones. Este artefacto consistirá en una rúbrica de evaluación de diferentes criterios, el cual permitirá a los equipos de diseño que utilicen el sistema auto diagnosticarse, identificar sus actividades logradas y sus áreas de crecimiento. Este instrumento será creado por el equipo de investigación y validado por un grupo mixto de profesionales e investigadores.

#### (4) Evaluar la solución

En esta etapa el investigador y su equipo deberán evaluar el funcionamiento del sistema de gestión colaborativo para el diseño de edificaciones. Para realizar la evaluación de la solución, primero que todo se creará un tercer artefacto el cual permitirá evaluar el



impacto, los beneficios y dificultades de la implementación del sistema, a través de indicadores cuantitativos de desempeño, análisis de redes de interacción, y percepción de los usuarios.

Luego, se analizarán cuatro casos de estudios reales, que estén dispuestos a participar de la investigación y a compartir la información del proyecto (siempre resguardando la confidencialidad siguiendo las directrices del comité de ética de la Universidad). En cada caso de estudio, el investigador o algún miembro del equipo de trabajo participará como facilitador del sistema, por lo que se deberán realizar tres talleres para formar a los miembros de los equipos de diseño de cada uno de los proyectos a evaluar, aplicando la estrategia de la investigación-acción participativa. Adicionalmente, el investigador deberá participar como facilitador del sistema durante toda la fase de diseño de los proyectos de edificaciones (entre 4 y 8 meses). Durante, los cuales se evaluará el nivel de implementación del sistema y los impactos de éste en el equipo de diseño.

Se propone que cada uno de los cuatro casos de estudios tenga distintos niveles de desarrollo de la metodología de soporte tecnológico BIM. Para esto, se hará una encuesta inicial de los usos BIM que se pretenden desarrollar en el proyecto, y posteriormente se realizará una evaluación del nivel de desarrollo de cada uso BIM a través de la herramienta BIM Uses Assessment (BUA) (M.J. Rojas et al., 2019). De esta forma se podrá entender el valor que entrega el uso avanzado de BIM en el sistema de gestión colaborativa.

Adicionalmente se evaluarán a lo menos dos proyectos que estén utilizando el estándar nacional BIM para proyectos públicos de Chile, en los cuales el investigador y su equipo sólo participarán como observadores y no se realizará ningún taller para la implementación del sistema. En estos dos proyectos se medirán los mismos indicadores y se aplicarán los mismos instrumentos que en los cuatro casos de estudio reales. Luego, esta información permitirá analizar el alcance y el impacto del estándar nacional BIM para proyectos públicos en el desempeño de los proyectos. Adicionalmente, esta información permitirá detectar brechas entre las recomendaciones del estándar nacional BIM y el sistema de gestión colaborativa propuesto en la presente investigación.

#### (5) Reflexionar y analizar la contribución práctica y teórica

En esta etapa el investigador en conjunto al equipo de investigación y un grupo de expertos deberán reflexionar acerca la contribución al conocimiento y el valor práctico del sistema de gestión colaborativa para el diseño de proyectos de edificación. Adicionalmente, durante esta reflexión se deberá reconocer las limitaciones del sistema y de la investigación. Finalmente, se deberá reflexionar acerca de la aplicabilidad más amplia de la solución en otro tipo de proyectos, tales como, edificación no habitacional, obras industriales, vías, etc.

## **CONCLUSIONES**

Dentro de los resultados esperados y contribuciones teóricas esperadas de esta investigación se puede destacar un mayor entendimiento de las actuales formas de gestionar proyectos en fases de diseño y de las principales brechas de gestión y desempeño. Adicionalmente, se espera definir un conjunto de principios de gestión de proyectos de edificación que se alineen con las principales filosofías y metodologías de

gestión actuales, tales como Lean, Agile y BIM. Además, se tendrá un mayor entendimiento de los fenómenos sociales que se generar en los equipos de diseño de proyectos de edificación. Finalmente, como contribución práctica se podrá identificar los beneficios y desafíos de implementar un sistema de gestión colaborativo para el diseño de proyectos de edificación.

Complementariamente, el valor práctico de esta investigación tiene como principal protagonista al Sistema de Gestión Colaborativa para el Diseño de proyectos de edificación. El sistema de gestión colaborativa permitirá a empresas inmobiliarias, constructoras, oficinas de arquitectura e ingeniería implementar un sistema que incluirá una propuesta de un conjunto de prácticas, herramientas, tecnologías e indicadores para hacer más eficiente la fase de diseño de proyectos de edificación. Adicionalmente, a partir de este proyecto de investigación se entregará un plan de implementación gradual de las distintas prácticas y herramientas para que oficinas con distintos niveles automatización tecnológica puedan aplicar el sistema de gestión colaborativa. De esta forma se planteará una hoja de ruta para las distintas organizaciones para ir implementando gradualmente el sistema de gestión colaborativo para el diseño de proyectos de edificación.

Adicionalmente, se plantea hacer un estudio comparativo entre los proyectos en donde se aplique el sistema de gestión colaborativa para el diseño con los proyectos que se están diseñando con estándar nacional BIM para proyectos públicos de Chile; de esta forma será posible detectar brechas entre ambas estrategias que permitirá retroalimentar y proponer sugerencias de mejoras al estándar nacional BIM.

## AGRADECIMIENTOS

Este proyecto fue financiado por el proyecto ANID FONDECYT INICIACIÓN 11230455

## REFERENCIAS

- Aliu, J., & Aigbavboa, C. (2021). Reviewing the trends of construction education research in the last decade: a bibliometric analysis. *International Journal of Construction Management*, 1–10. <https://doi.org/10.1080/15623599.2021.1985777>
- Arayici, Y., Coates, P., Koskela, L., Kagioglou, M., Usher, C., & O'Reilly, K. (2011). Technology Adoption in the BIM Implementation for Lean Architectural Practice. *Automation in Construction*, 20(2), 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.016>
- Arellano, K., Andrade, A., Castillo, T., & Herrera, R. F. (2021). *Assessment of BIM use in the early stages of implementation Evaluación del uso de BIM en las primeras fases de aplicación*. 36, 311–321.
- Aziz, R. M., Nasreldin, T. I., & Hashem, O. M. (2024). The role of BIM as a lean tool in design phase. *Journal of Engineering and Applied Science*, 71(23). <https://doi.org/https://doi.org/10.1186/s44147-023-00340-3>
- Baiden, B. K., Price, A. D. F., & Dainty, A. R. J. (2006). The Extent of Team Integration within Construction Projects. *International Journal of Project Management*, 24(1), 13–23. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2005.05.001>
- Bibby, L. (2003). *Improving Design Management Techniques in Conctruction*.

Loughborough University.

- Biotto, C., Kagioglou, M., Koskela, L., Tzortzopoulos, P., & Serra, S. (2022). Project Pull Planning Based on Location: From Construction to Design. *Proceedings of the 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC30)*, 599–610. <https://doi.org/10.24928/2022/0164>
- Brozovsky, J., Labonnote, N., & Vigren, O. (2024). Digital technologies in architecture, engineering, and construction. *Automation in Construction*, 105212(2). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105212>
- Cash, P., Dekoninck, E. A., & Ahmed-Kristensen, S. (2017). Supporting the Development of Shared Understanding in Distributed Design Teams. *Journal of Engineering Design*, 28(3), 147–170. <https://doi.org/10.1080/09544828.2016.1274719>
- Chan, A., Ho, D., & Tam, C. M. (2001). Design and Build Project Success Factors: Multivariate Analysis. *Journal of Construction Engineering and Management*, 127(April), 93–100.
- Da Rocha, C. G., Formoso, C. T., Tzortzopoulos-Fazenda, P., Koskela, L., & Tezel, A. (2012). Design science research in lean construction: Process and outcomes. *IGLC 2012 - 20th Conference of the International Group for Lean Construction*.
- Daniel, E., Pasquire, C., & Dickens, G. (2015). Exploring the Implementation of the Last Planner® System Through Iglc Community: Twenty One Years of Experience. *Proceedings for the 23rd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Perth, Australia., February 2016*, 153–162.
- Economist Intelligence Unit. (2015). *Rethinking productivity across the construction industry : The challenge of change*. 1–20.
- El-Mashaleh, M. S., Minchin Jr., R. E., & O'Brien, W. J. (2007). Management of construction firm performance using benchmarking. *Journal of Management in Engineering*, 23(January), 10–17. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0742-597x](https://doi.org/10.1061/(asce)0742-597x)
- Esa, M., Alias, A., & Samad, Z. A. (2014). Project Managers ' Cognitive Style in Decision Making : A Perspective from Construction Industry. *International Journal of Psychological Studies*, 6(2), 65–73. <https://doi.org/10.5539/ijps.v6n2p65>
- Formoso, C. T., Tzotzopoulos, P., Jobim, M. S., & Liedtke, R. (1998). Developing a Protocol for Managing the Design Process in the Building Industry. *6th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 1998, IGLC 1998*. <http://icasp9.berkeley.edu/~tommelein/IGLC-6/FormosoTzotzopoulosJobimLeidtke.pdf>
- Herrera, R. F., Mourgues, C., Alarcon, L. F., & Pellicer, E. (2019). Assessing Design Process Performance of Construction Projects. *CIB World Building Congress 2019*, 1–10.
- Herrera, R. F., Mourgues, C., Alarcón, L. F., & Pellicer, E. (2020). An assessment of lean design management practices in construction projects. *Sustainability (Switzerland)*, 12(1). <https://doi.org/10.3390/su12010019>
- Herrera, R. F., Mourgues, C., Alarcón, L. F., & Pellicer, E. (2021). Analyzing the

- Association between Lean Design Management Practices and BIM Uses in the Design of Construction Projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 147(4), 04021010. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0002014](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0002014)
- Kärnä, S., & Junnonen, J.-M. (2017). Designers' performance evaluation in construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 24(1), 154–169. <https://doi.org/10.1108/ECAM-06-2015-0101>
- Kassem, M., Iqbal, N., Kelly, G., Lockley, S., & Dawood, N. (2014). Building information modelling: Protocols for collaborative design processes. *Journal of Information Technology in Construction*, 19(7), 126–149.
- Kleinsmann, M., Deken, F., & Dong, A. (2012). Development of Design Collaboration Skills. *Journal of Engineering Design*, 23(7), 485–506. <https://doi.org/10.1080/09544828.2011.619499>
- Lester, A. (2014). Project Management, Planning, and Control Managing Engineering, Construction, and Manufacturing Projects to PMI, APM, and BSI Standards. *Project Management, Planning and Control*, 6th editio.
- Lukka, K. (2003). The Constructive Research Approach. In: *Case Study Research in Logistics, Series B*(January 2003), 83–101.
- Mesa, H. A., Molenaar, K. R., & Alarcón, L. F. (2016). Exploring performance of the integrated project delivery process on complex building projects. *International Journal of Project Management*, 34(7), 1089–1101. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2016.05.007>
- Mohammed, K. N., & Karri, S. C. (2020). An analytical approach in usage of agile methodologies in construction industries – A case study. *Materials Today Proceedings*, 33(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.045>
- Mollasalehi, S., Fleming, A., Talebi, S., & Underwood, J. (2016). Development of an Experimental Waste Framework Based on Bim / Lean Concept in Construction Design. *24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2016, IGLC 2016*, 193–202.
- Mujumdar, P., & Maheswari, J. U. (2018). Design Iteration in Construction Projects – Review and Directions. *Alexandria Engineering Journal*, 57(1), 321–329. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2016.12.004>
- Ng, S., & Tang, Z. (2010). Labour-intensive Construction Sub-contractors: Their Critical Success Factors. *International Journal of Project Management*, 28(7), 732–740. <https://doi.org/10.1016/j.ijproman.2009.11.005>
- Park, J. E., Choi, Y., & Holt, C. (2016). Collaborative design management. *Proceedings of International Design Conference, DESIGN, DS 84*, 1543–1552.
- Phelps, A. F. (2012). Behavioral Factors Influencing Lean Information Flow in Complex Projects. *20th Annual Conference of the International Group for Lean Construction 2012, IGLC 2012*.
- Poudel, R., Garcia de Soto, B., & Martinez, E. (2020). Last Planner System and Scrum: Comparative analysis and suggestions for adjustments. *Frontiers of Engineering Management*, 7(3), 359–372. <https://doi.org/10.1007/s42524-020-0117-1>

- Reifi, M. H. El, & Emmitt, S. (2013). Perceptions of Lean Design Management. *Architectural Engineering and Design Management*, 9(3), 195–208. <https://doi.org/10.1080/17452007.2013.802979>
- Retamal, F., Salazar, L. A., Herrera, R. F., & Alarcón, L. F. (2020). Exploring the Relationship Among Planning Reliability (PPC), Linguistic Action Indicators and Social Network Metrics. *Proc. 28th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*, 109–118. <https://doi.org/10.24928/2020/0031>
- Salvatierra, J. L., Galvez, M., Bastias, F., Castillo, T., Herrera, R. F., & Alarcón, L. F. (2019). Developing a Benchmarking System for Architecture Design Firms. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 26(1), 139–152.