



Artículo
Técnico

11

Análisis de RDI en proyectos de edificación y potencial aplicación de usos BIM para su mitigación

JULIO 2021



INTRODUCCIÓN

Por años la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AIC) se ha enfrentado a problemas relacionados a calidad, eficiencia, extensión de plazos, sobrecostos, entre otros. En respuesta, surgió la metodología de trabajo colaborativa y cada día más utilizada, llamada *Building Information Modeling* (BIM), la cual viene a replantear la forma tradicional de trabajo individual y fragmentado, proponiendo una metodología de trabajo colaborativo con soporte tecnológico. Esta metodología pone en el centro de interés la gestión de la información de un proyecto y su intercambio entre los diferentes actores involucrados a lo largo de todo su ciclo de vida.

BIM se encarga de integrar todas las disciplinas y toda la información de las especialidades, desde el diseño a la operación, para dar forma y ser aplicada directamente a distintos proyectos de la industria de la AIC; permitiendo diseñar, construir y operar una edificación o infraestructura de forma colaborativa en un espacio virtual. BIM ha tenido un alto desarrollo en la edificación, debido a que con esta metodología es posible crear representaciones virtuales de los edificios, es decir, modelos tridimensionales que conjugan la geometría, con la información y la gestión. La metodología BIM permite un mejor manejo y control de la información desde la fase de diseño hasta la operación y/o mantención, incluso se puede aplicar al desmantelamiento y demolición de las edificaciones, brindando así un mayor control total de costos, aumentando la eficiencia y sostenibilidad del edificio. Desde el modelo, se puede extraer y gestionar distintos tipos de información, tanto gráfica como no gráfica, que facilitan la planificación y la administración del proyecto. BIM ha crecido enormemente a lo largo de los años y actualmente se cataloga como "nombre propio de la transformación digital" en la industria de la AIC, llegando incluso a ser el elemento central para la Construcción 4.0 a la hora de mejorar procesos, tiempos y toma de decisiones.

Los distintos usos de BIM se han ido instalando poco a poco en la industria de la AIC, se puede decir que junto a los avances de la tecnología, han revolucionado por completo la forma de diseñar y construir los edificios, por lo que es considerado el futuro de la construcción a nivel mundial. La aplicación de BIM desde la etapa de diseño y su coordinación mediante la utilización de modelos BIM tiene como una de sus expectativas la reducción de problemas durante la construcción debido a errores o inconsistencias en el diseño. Es en este contexto donde BIM cumple un rol fundamental y puede optimizar la industria de la AIC, facilitando la identificación de los posibles problemas en etapas tempranas previas a la ejecución de la construcción. Lo anterior, es posible debido a que BIM se puede utilizar como herramienta para visualizar, coordinar y finalmente obtener un mejor proyecto. Sin embargo, existe poca evidencia empírica cuantitativa del impacto en la etapa de construcción al implementar BIM en fases tempranas del proyecto. Un ejemplo que se pretende plasmar en el artículo, es la posible reducción del número de Requerimientos de Información (RDI's) durante la construcción al implementar la metodología BIM desde el diseño.

Aún con los beneficios nombrados anteriormente, la industria de la AIC utiliza la metodología BIM de manera aún incipiente y poco estandarizada, donde la profundidad de sus usos aún es baja. Suponemos que lo anterior es debido a que parte de la industria AIC, aún no logra apreciar con certeza los beneficios de utilizar la metodología BIM en el máximo de su potencial. Es por lo anterior, que este trabajo tiene por objetivo analizar la potencial aplicación de la metodología BIM de forma preventiva y reactiva, para la reducción y gestión de los RDI en la fase constructiva de proyectos de edificación.

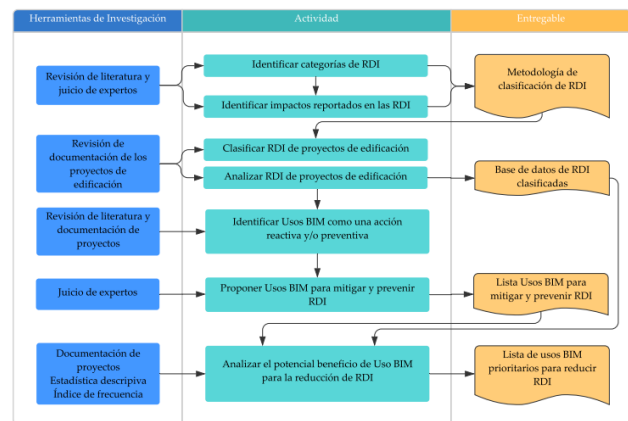
CONTENIDO

2.	METODOLOGÍA	04
3.	PUNTO DE PARTIDA TEÓRICO	06
3.1.	Usos BIM	06
3.2.	Indicadores de desempeño en proyectos de edificación	06
4.	DISCUSIÓN Y RESULTADOS	08
4.1.	Metodología de clasificación	08
4.2.	Análisis de RDI asociados a proyectos de edificación	09
4.3.	Usos BIM preventivos y reactivos	14
4.4.	Análisis de usos BIM para la reducción y gestión de RDI en la fase de construcción para proyectos de edificación	17
5.	CONCLUSIONES	19
	CRÉDITOS	20

2. METODOLOGÍA

Para lograr el objetivo de este estudio, se aplicó la metodología de investigación indicada en la Figura 1, que consta de cuatro entregables. El primero de ellos, es la metodología de clasificación de los Requerimientos de Información (RDI) utilizando lo propuesto por P. A. Tilley, A. Wyatt, and S. Mohamed. Basado en su documento titulado “*Indicators of Design and Documentation Deficiency*” es que se identificaron las posibles categorías e impactos dentro de las RDI, apoyados con una extensa revisión de literatura que fue validada por el equipo de desarrollo. Luego, se estudió documentación de 17 proyectos de edificación, con los cuales se procedió a analizar y clasificar la base de datos de RDI para así tener el segundo entregable, que es la base de datos completamente clasificada dentro de las categorías del primer entregable. A continuación, se realizó un juicio de expertos para validar los usos BIM propuestos para mitigar y prevenir las RDI. Después de realizada la validación se obtuvo una lista de usos BIM tanto para mitigar como para prevenir las RDI. Por último, se realizó una lista de usos BIM prioritarios para así reducir la cantidad de RDI emitidas. Todos los entregables mencionados fueron realizados a través de las siguientes actividades de investigación: identificar categorías de RDI, identificar impactos reportados en las RDI, clasificar y analizar RDI de proyectos de edificación, identificar usos BIM como una acción reactiva y/o preventiva, proponer usos BIM para mitigar y prevenir RDI y analizar el potencial beneficio de los usos BIM para la reducción de RDI. En cuanto a las herramientas empleadas, la primera consistió en la revisión de literatura y buscar un grupo de expertos para validar el estudio, y luego se utilizó el análisis de documentación de proyectos de edificación. En la Figura 1 se muestran las actividades con sus respectivas herramientas de investigación y entregables.

Figura 1: Metodología de investigación.



Para la revisión de literatura se utilizaron los buscadores ScienceDirect, ResearchGate, Academia.edu y Scopus. Los temas buscados fueron: indicadores de desempeño en etapa de diseño, metodología y usos BIM, y requerimientos de información, entre los años 1997 y 2020. La búsqueda de información se realizó con el fin de contextualizar el proyecto y lograr desarrollar un punto de partida teórico del problema definido en este trabajo. El juicio de expertos se ejecutó a través de reuniones virtuales con profesionales con experiencia en BIM, que actualmente trabajan en la industria de la Arquitectura, Ingeniería y Construcción (AIC), para poder corroborar que las categorías de clasificación propuestas para las distintas RDI eran las apropiadas, validando así la propuesta técnica del estudio.



2. METODOLOGÍA

La revisión de documentación se hizo analizando una base de datos de las RDI emitidas durante el proceso constructivo de distintos proyectos de edificación entregados por empresas inmobiliarias y/o constructoras de Chile, que aportaron sus proyectos de manera voluntaria. Los proyectos con los que se trabajó fueron de similares características: Inicialmente con un total de 19 proyectos, de los cuales dos de ellos fueron descartados por no cumplir con la información mínima requerida. La información mínima para realizar la clasificación de la RDI era la descripción del motivo de consulta de la RDI emitida. Por lo que los proyectos que fueron descartados no brindaban esa información, más bien se tenía el seguimiento de las RDI de dichos proyectos y no las RDI con la consulta propiamente tal. Los proyectos restantes (17) contaban con la información mínima para su correspondiente clasificación. Se puede observar el resumen de los proyectos utilizados en la Tabla 1.

Del total de proyectos, se puede apreciar que 15 de ellos eran de tipo habitacional, contaban en promedio con 16 pisos, 2 subterráneos, 17.500 m² construidos y todos se encontraban ubicados entre la Región Metropolitana y la Quinta Región. Solamente dos de los proyectos no eran del tipo habitacional, uno de ellos era un centro comercial y el otro un hotel, ambos ubicados en la Región Metropolitana, con 8 y 36 pisos respectivamente y de 31.000 m² construidos aproximadamente.

Como último punto, se clasificaron las RDI de dichos proyectos en una matriz la cual incluía los usos BIM reactivos y/o preventivos asociados a la RDI en cuestión. La clasificación de los usos BIM se realizó mediante revisión de literatura y el equipo desarrollador del artículo.

Tabla 1: Descripción proyectos analizados.

Sigla	Ubicación	Tipo de Construcción	Cantidad de Niveles	Cantidad de Subterráneos	Metros Construidos [m ²]
SCO	Estación Central, RM	Hotel	36	4	31.000
VIM	Nuñoa, RM	Habitacional	14	2	22.630
VH	Macul, RM	Habitacional	15	1	17.434
FA	La Cisterna, RM	Habitacional	11	2	16.681
JPA	Macul, RM	Habitacional	6	2	13.550
VIA	Viña del Mar, V Región	Habitacional	24	2	21.352
LUM	La Dehesa, RM	Habitacional	5	2	9.904
PST	Nuñoa, RM	Habitacional	10	3	9.100
BYO	Santiago, RM	Habitacional	3	4	10.010
CMN	Concón, V Región	Habitacional	16	1	13.215
CST	Viña del Mar, V Región	Habitacional	15	2	12.500
CAP	Estación Central, RM	Centro Comercial	8	3	31.790
VAR	Viña del Mar, V Región	Habitacional	20	2	19.939
BPS	Estación Central, RM	Habitacional	24	2	36.000
PJR	Lo Barnechea, RM	Habitacional	5	3	11.000
LSM	San Miguel, RM	Habitacional	20	2	11.842
MP	Valparaíso, V Región	Habitacional	18	2	20.187

3. PUNTO DE PARTIDA TEÓRICO

Debido a la necesidad de contextualizar en cuanto a bases teóricas que dan origen a este estudio, es que se plasmaron todos los fundamentos que respaldan las directrices principales del presente trabajo, a través de la explicación tanto de los distintos usos BIM, como de los diversos indicadores de desempeño de la etapa de diseño de proyectos de edificación.

3.1 Usos BIM

A continuación, se presentan los usos BIM primarios que se asocian a las distintas fases de proyectos, ya que sobre la base de ello, se realizará principalmente este estudio. Si bien los usos BIM son 25, para efectos de este artículo sólo serán utilizados los primarios abarcando desde la fase de planificación hasta la fase de construcción.

Planificación – Diseño – Construcción – Operación

- Levantamiento de condiciones existentes
- Estimación de cantidades y costos

Planificación – Diseño – Construcción

- Planificación de fases
- Coordinación 3D

Planificación – Diseño

- Análisis del cumplimiento del programa espacial
- Análisis de ubicación

Diseño

- Diseño de especialidades
- Revisión del diseño
- Análisis de ingeniería(*)

Construcción

- Planificación de obra
- Control de obra

Construcción – Operación

- Modelación as-built

Como se puede apreciar, la fase de operación no fue incluida ya que está fuera del alcance por el hecho de ser la segunda etapa de ejecución del contrato durante la cual el objeto principal es la realización de las actividades de operación y mantenimiento sobre el proyecto ya ejecutado y llevado a término. Sólo será considerado lo que es la modelación as-built ya que inicia aún en fase de construcción y culmina en operación.

Otro punto importante de mencionar es que, para fines prácticos de este estudio, se decidió que para “Análisis de ingeniería” de la etapa de diseño (ver (*)) se agrupen todos los estudios de las distintas especialidades involucradas, entre los que destacan el análisis estructural, el análisis de iluminación, análisis energético, mecánico y sanitario, etc. Basado en las especificaciones de diseño, realización de los análisis, cálculos y estudios de las distintas especialidades, es que se emplea este uso para determinar, el método o el diseño, de ingeniería más eficaz.

En la Figura 2 se presentan a modo resumen los veinticinco usos BIM ya nombrados, incluyendo los usos primarios y secundarios, según la fase del proyecto.

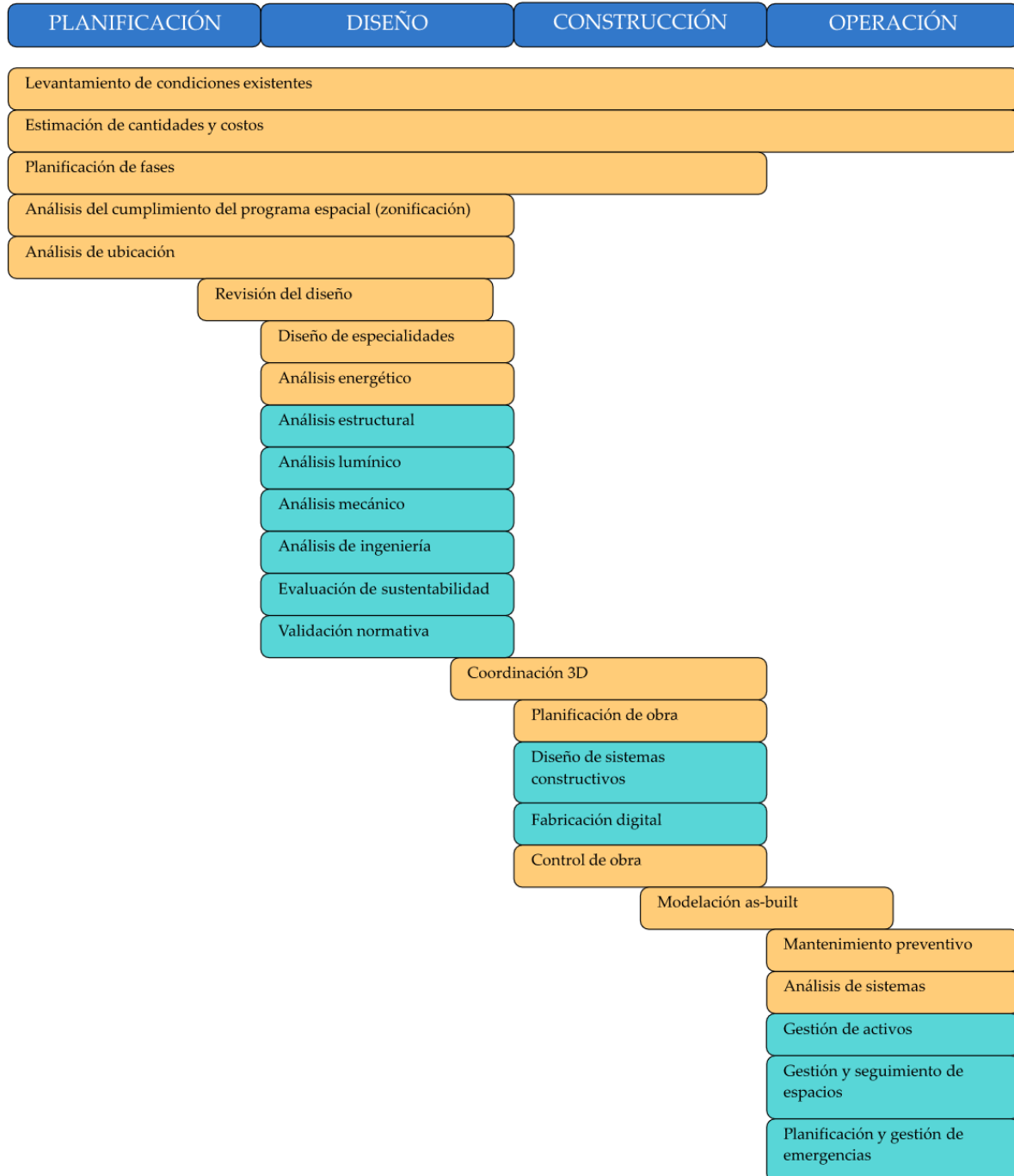
3.2. Indicadores de desempeño en proyectos de edificación

La mayoría de los beneficios resultantes de BIM provienen de fuentes como: el análisis de eficiencia energética, instalación y mantenimiento, reducción de los trabajos y RDI, y detección de interferencias. Lo anterior va en directa relación con la curva de McLeamy, la cual enfatiza que cuando se aplica la metodología BIM la mayor parte de los análisis, simulaciones y toma de decisiones del proyecto, se desplaza hacia fases tempranas, en donde los costos de cambios son menores y el impacto de éstos son mayores, que en etapas tardías. Lo señalado refleja la influencia de la etapa de diseño en el resultado de los proyectos de construcción, tanto técnica como económicamente. Siguiendo la misma línea de beneficios, podemos mencionar a uno de los indicadores más utilizados es el ROI (Return on Investment) o Retorno de Inversión, el cual se calcula a través de la razón entre la utilidad o beneficio obtenido y la inversión realizada. Existen experiencias que demuestran un aumento del ROI en empresas que trabajan con BIM; sin embargo, dicho indicador no es el único al que podemos referirnos.

Si de desempeño hablamos, podemos decir que dentro de la industria de la AIC hay diferentes tipos de indicadores de desempeño que tienen diferentes objetivos y algunos de ellos son: los indicadores clave de desempeño o rendimiento (KPI), los indicadores clave de resultados (KPO) y los indicadores asociados a una medida de percepción (PerM). Actualmente, existe una amplia diversidad de indicadores para evaluar el impacto del diseño en la edificación.

3. PUNTO DE PARTIDA TEÓRICO

Figura 2: Usos BIM.



4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Tabla 2: Indicadores en etapas tempranas según R. F. Herrera, C. Mourgues, and L. F. Alarcon, “Assessing design process performance of construction projects”.

Indicador	Descripción
Costo de los diseñadores (DC)	Suma de las horas dedicadas por cada profesional al proyecto multiplicada por el costo por hora de cada diseñador
Retrabajo (RW)	Porcentaje de horas que el equipo de diseño pasa trabajando en una tarea que ya se ha hecho (retrabajo) en proporción al tiempo total dedicado a trabajar en el proyecto durante esa semana
Latencia (LA)	Tiempo de espera medio que existe entre la solicitud y la entrega de información entre dos o más miembros del proyecto
Defectos de calidad (QD)	Número de fallos, errores o no conformidades detectadas en el proceso de diseño por semana
Lograr el compromiso (CA)	Porcentaje del plan completado en la semana
Desviación de la lista (SD)	La tasa entre el número de días reales en la etapa de diseño y el número de días previstos
Desviación del costo (CD)	La relación entre el costo real de la etapa de diseño y el costo previsto
Solicitud de información (RDI)	El número de solicitudes de información al final del diseño antes de que comience la construcción
Requisitos de cambio (CR)	Número de requisitos de cambio en la etapa de construcción
Costo de los cambios (CC)	Costos asociados a las necesidades de cambios en la etapa de construcción (costo de diseño + costo de construcción)
Solicitud de información (RDI')	El número de solicitudes de información después del diseño durante la construcción. Incluye problemas de interferencia

Algunos de los indicadores mencionados se presentan en la Tabla 2, para fase de diseño y fase de construcción/operación. Como se puede apreciar se presenta un indicador común y muy utilizado en los proyectos de edificación el cual es el requerimiento de información (RDI). Este indicador es uno de los principales mecanismos de comunicación escrita en el proceso constructivo, se realiza entre las diversas partes interesadas dentro de un proyecto y es un elemento vital, debido a que los distintos interesados del mismo proyecto no poseen toda la información, experiencia y conocimientos necesarios para resolver la gama de problemas de diseño y construcción de una edificación

4.1 Metodología de clasificación

Como se mencionó en el punto anterior, la emisión de un RDI es un procedimiento formal escrito, iniciado por el contratista o subcontratista en donde se reportan errores, consultas, se busca información adicional o aclaraciones sobre cuestiones relacionadas con el diseño, construcción y otros documentos contractuales suministrados.

Si bien el proceso de emisión del RDI es ineficiente, debido a las demoras sin valor añadido (latencias) que se producen en la obtención de la información necesaria para responder los RDI, por el momento sigue siendo la herramienta existente más utilizada dentro de la industria AIC. Idealmente se desea que la información requerida se suministre al contratista de manera eficiente y sin demora; sin embargo, el procesamiento de estos requerimientos puede llevar mucho tiempo. Además, con frecuencia, se suministra a los contratistas y subcontratistas documentación del proyecto que es incompleta, conflictiva o errónea, por lo que es necesario que los diseñadores proporcionen nuevas aclaraciones. Para efectos del estudio y como parte fundamental de este proyecto, es que se propone un sistema de clasificación de RDI según se muestra en la Tabla 3.

4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Tabla 3: Descripción de tipos de RDI.

Tipo de RDI	Descripción
Aprobaciones	<i>Dibujos, documentos, muestras de materiales o muestras técnicas de información presentada al equipo de diseño/mandante para su aprobación</i>
Soluciones de diseño alternativas	<i>Con la información disponible solicita una solución de diseño alternativa al equipo de diseño/mandante</i>
Clarificaciones de información	<i>Solicitudes de información adicional o aclaración de información, del equipo de diseño/mandante</i>
Otras	<i>Emitidas por cualquier otro motivo</i>

Luego, en la Tabla 4 se hace una subclasificación por causa para el tipo “clarificación de información” debido a que es la categoría en donde existen mayores RDI.

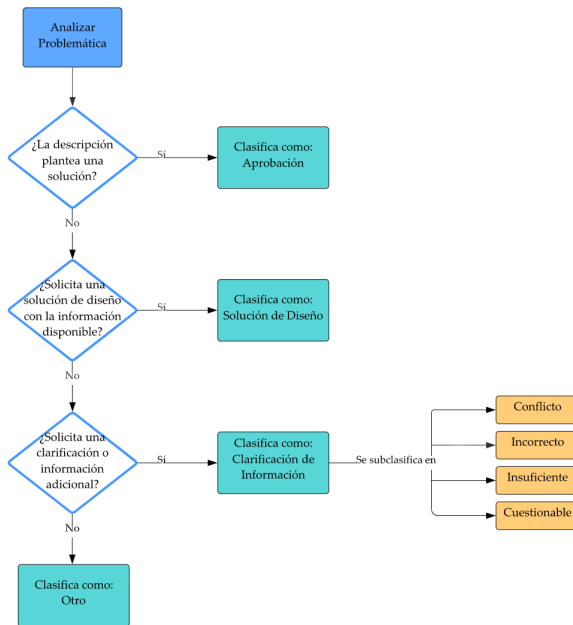
Tabla 4: Subclasificación por causa, del tipo de RDI Clarificaciones de Información.

Tipo de RDI	Descripción
Conflicto	<i>Se emite RDI cuando dos o más documentos contractuales proporcionan información contradictoria sobre el mismo elemento o artículo</i>
Incorrecto	<i>Se emite RDI cuando los documentos contractuales proporcionan información errónea</i>
Insuficiente	<i>Se emite RDI cuando la información suministrada en el documento contractual se considera incompleta</i>
Cuestionable	<i>Se emite RDI cuando la información suministrada en los documentos contractuales, aunque pueda construirse como se diseñó, se considera inapropiada en relación con su aplicación en el proyecto</i>

En resumen, para llevar a cabo la clasificación de la base de datos de RDI, se utiliza el diagrama de flujo mostrado en la Figura 3, en donde se muestra la metodología del análisis de datos para visualizar cómo se desarrolla el proceso de clasificación y para reconocer las diferentes preguntas que se deben realizar para llevar a cabo el análisis y posterior clasificación de los distintos RDI.

4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Figura 3: Metodología de clasificación para análisis de datos.



A continuación, para clarificar aún más la forma de clasificar se entregan algunos ejemplos de cómo se deben ser clasificadas las RDI según el contenido de la consulta:

- “Favor aclarar cada cuantos m² se deberá tomar densidad al suelo en rellenos compactados”. En este caso estamos en presencia del tipo de RDI clarificación de información y la causa sería insuficiente.
- “Se sugiere para cierto opaco detalle de sala de ventas y piloto, instalar un ángulo doble 30x30x3, en uniones horizontales de planchas de OSB, ya que no existe detalle. Así poder evitar el pandeo de estas y tener una mejor fijación. De ser aprobado, se evaluará aumento de costo”. Claramente es del tipo aprobación ya que entrega una información para su evaluación y posterior validación.
- “En el eje 11'/B' se presenta la situación en que el cable denominado S3-1077 no se puede tensar debido a la presencia del pilar presente en 11'/B'. Favor dar solución de tensado para este nivel y los superiores”. El tipo de RDI es solución de diseño alternativa, ya que no se puede llevar a cabo la acción de la forma proyectada por lo que se pide otra alternativa para poder ejecutar.

La clasificación anterior permite ordenar las RDI por su causa, pero no basta solo con entender las causas por las que se generan, sino que es importante también entender su impacto en los distintos objetivos del proyecto, para así lograr gestionar los posibles riesgos que influyen en el proyecto de mejor forma. Con esto también será posible aumentar la probabilidad y el impacto de los eventos positivos y, por otro lado, disminuir la probabilidad y el impacto de los eventos negativos en el proyecto a fin de optimizar las posibilidades de éxito a través de la evaluación de impacto de las distintas RDI emitidas.

Una forma de evaluar los impactos es a través del análisis de riesgo ya sea de un punto de vista cualitativo o cuantitativo. Si bien, para cada proyecto los riesgos son diferentes, se sabe que el riesgo es un evento o condición incierta que, de producirse, tiene un efecto positivo o negativo (oportunidades y amenazas) en los objetivos del proyecto, tales como el alcance, el cronograma, el costo, la calidad, entre otros. Por lo que es ideal proteger el proyecto y sus objetivos de los impactos negativos con distintas herramientas, como anunciar problemas con antelación, mitigar la incertidumbre y convertir las amenazas en oportunidades. Para eso, a modo de ejemplo, en la Tabla 5 se proporcionan condiciones definidas para escalas de impacto negativo de una RDI sobre algunos de los principales objetivos del proyecto.

4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Tabla 5: Consecuencia de los problemas detectados en las RDI.

Objetivos	Bajo	Moderado	Alto
Costo			Se realiza cambio importante en la estructura o se deben realizar trabajos no considerados incluyendo, o no, mano de obra extra
	Se realiza modificación solo de detalles en obra	Se realizan modificaciones de detalles que implica la contratación de mano de obra extra	
Cronograma			Los ajustes realizados implican un aumento en el plazo de la obra
	Se realiza ajuste documental sin cambio en planos	Se realiza ajuste documental y de planos, implica realizar otra versión del documento	

Definida la matriz y la regla, se debe crear un *template* que abarque tanto la clasificación causal mencionada anteriormente, como la clasificación de impacto sobre los objetivos del proyecto para así poder clasificar el compilado de RDI de los distintos proyectos.

En resumen, para lograr categorizar una RDI se debe, en primer lugar, clasificar sus causas según lo mostrado en la Figura 3 y describirlo en la Tabla 3 y Tabla 4 (si fuera necesario). Esta primera categorización debe ser por parte de quien emite la RDI, ya que es quien maneja mejor el motivo por el que se realiza la consulta. Luego de realizado esto, se debe realizar una segunda clasificación de los impactos potenciales para cada una de las RDI según la metodología de la Tabla 5, en donde se aprecian algunos ejemplos de impacto sobre objetivos del proyecto. Este segundo y último paso, debe ser realizado por el receptor de la RDI cuyo objetivo permite determinar las RDI de mayor impacto que puedan generar costos adicionales y aumentar plazos y crear un listado de revisión de proyectos que logre evitar estas RDI.

Para poder evaluar el impacto de una RDI dentro de un proyecto primero se deben definir claramente los objetivos más importantes que limitan dicho proyecto, estos objetivos son generalmente los componentes de la restricción triple: costo, cronograma y alcance. Luego, se debe definir la escala de clasificación de impacto, el número de niveles que tenga refleja el grado de detalle requerido para el proceso gestión de los riesgos del proyecto; es decir, utilizando más niveles para un enfoque más detallado del riesgo (típicamente cinco niveles) y menos para un proceso sencillo (normalmente tres). Dado lo anterior, es posible crear la matriz de impacto de las distintas RDI sobre los objetivos definidos del proyecto como se aprecia en la Tabla 5, y se continúa a evaluar el estado de salud del proyecto para así con esta información poder definir un criterio global de prioridad de la RDI definiendo, por ejemplo, alguna regla o alguna herramienta (que puede ser tipo encuesta con diversos criterios) para evaluar el estado de salud del proyecto de manera integral. Los criterios utilizados pueden ser: satisfacción del equipo, desviación del cronograma, cumplimiento de criterios de aceptación, documentación de problemas, desviación del presupuesto, entre otros.

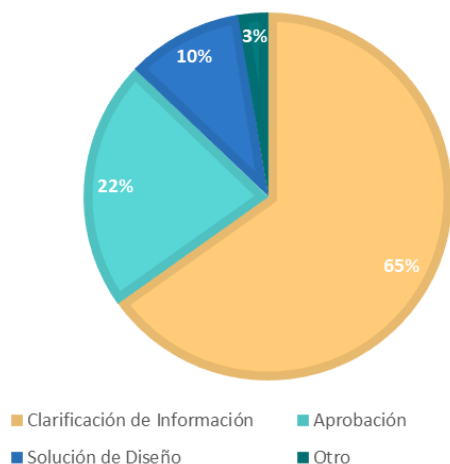
4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

4.2 Análisis de RDI asociados a proyectos de edificación

De los 17 proyectos estudiados, se tiene un total de 2.690 RDI emitidas, teniendo el proyecto con menos RDI un total de 79 emitidas y el con mayores RDI emitidas tenía un total de 272, obteniendo un promedio simple de 158 RDI emitidas por proyecto aproximadamente.

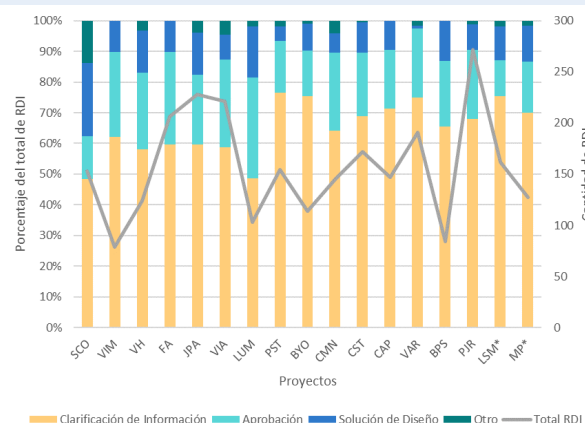
El motivo por el cual se emiten más RDI es por clarificación de información con un total de 1.753, le sigue aprobación, luego solución de diseño alternativa y en último lugar con un porcentaje mucho menor queda otro tipo. En la Figura 4 se puede apreciar los porcentajes asociados a cada tipo de RDI mencionado previamente.

Figura 4: Porcentaje por tipo de RDI evaluadas.



Complementariamente, en la Figura 5 se visualiza en el eje horizontal las siglas asociadas a cada proyecto y los porcentajes respectivos de cada clasificación por tipo de RDI, en el eje vertical de la izquierda se indica los porcentajes del total de RDI del proyecto y el eje vertical derecho indica la cantidad de RDI para cada proyecto.

Figura 5: Porcentaje de causas de las RDI por proyecto



Es importante mencionar que, del total de proyectos, los que se encuentran en último lugar marcados con asterisco (LSM* y MP*) son proyectos que dicen haber utilizado BIM, pero no se tiene mayor información de cómo fue aplicado, cual es nivel de BIM, que nivel de detalle fue utilizado, en qué etapa o incluso qué especialidades fueron las que lo utilizaron, por lo que se consideraron como si el nivel BIM utilizado fue básico, incipiente o casi nulo ya que depende del mismo nivel y calidad de trabajo que se desarrolla para alimentar el modelo y cómo se trabaja con BIM en el proyecto si éste tiene el nivel adecuado o no.

En la Tabla 6 mostrada a continuación, se aprecia a modo resumen los datos obtenidos para cada proyecto según la clasificación por tipo de RDI.

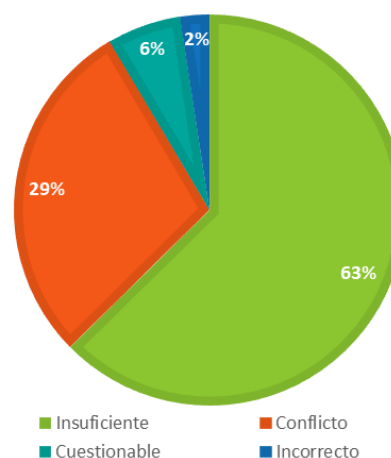
4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Tabla 6: Resumen de datos según clasificación de tipo de RDI evaluadas, por proyecto.

Sigla	Clarificación de Información	Aprobación	Solución de Diseño	Otro
SCO	77	22	38	22
VIM	49	22	8	0
VH	72	31	17	4
FA	123	62	21	0
JPA	136	52	31	9
VIA	130	63	18	10
LUM	50	34	17	2
PST	118	26	7	3
BYO	86	17	10	1
CMN	93	37	9	6
CST	120	36	17	1
CAP	105	28	14	0
VAR	143	43	2	3
BPS	55	18	11	0
PJR	185	61	23	3
LSM*	122	19	18	3
MP*	89	21	15	2
TOTALES	1753	592	276	69

Dentro de las RDI clasificadas como tipo clarificación de información, la causa que tiene un mayor porcentaje es por información insuficiente con un total de 1.098, luego por conflicto con 506, le sigue información cuestionable con un total de 107 emitidas y en último lugar incorrecto con 42 RDI emitidos como se puede apreciar en la Figura 6, en donde se entrega el porcentaje asociado a las causas de la RDI clasificada previamente como del tipo “clarificación de información”.

Figura 6: Porcentaje de sub-causas de los RDI “clarificación de información”.



4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

En la Tabla 7 mostrada a continuación se puede apreciar un resumen de las cantidades de RDI emitidas y clasificadas como clarificación de información.

Como se puede apreciar la sub-causa que mayor RDI produce es por información insuficiente promediando un total de 64,59 RDI, luego le sigue conflicto de información con un promedio de 29,76, RDI emitidas, a continuación, le sigue información cuestionable con un promedio de 6,29 RDI emitidas y finalmente, en el último lugar, tenemos que es por información incorrecta con un promedio de 2,47 RDI emitidas.

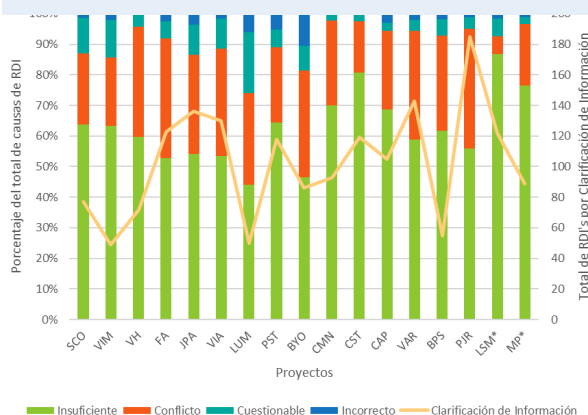
Tabla 7: Resumen de datos por proyecto de RDI identificadas como “Clarificación de información”.

Sigla	Insuficiente	Conflicto	Cuestionable	Incorrecto
SCO	49	18	9	1
VIM	31	11	6	1
VH	43	26	3	0
FA	65	48	7	3
JPA	73	44	13	5
VIA	70	46	13	2
LUM	22	15	10	3
PST	76	29	7	6
BYO	40	30	7	9
CMN	65	26	2	0
CST	97	20	3	0
CAP	72	27	3	3
VAR	84	51	5	3
BPS	34	17	3	1
PJR	104	73	7	2
LSM*	105	7	7	2
MP*	68	18	2	1
TOTALES	1098	506	107	42

Por otro lado, en la Figura 7 se puede ver en el eje horizontal cada proyecto con sus respectivos porcentajes de cada causa de RDI en el eje vertical izquierdo y en el eje vertical derecho el total de RDI emitidos y clasificados como “clarificación de información”.

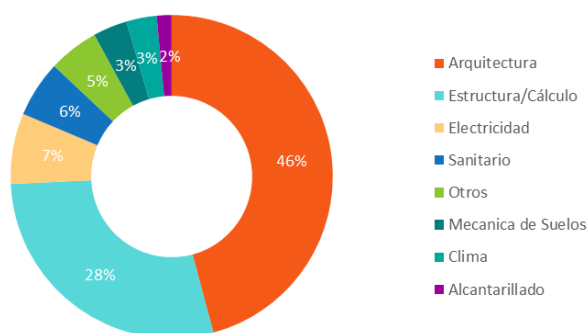
4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

Figura 7: Porcentaje de sub-causas de las RDI “clarificación de información” por proyecto.



De las especialidades analizadas se tiene que las que presentan mayor cantidad de RDI son en orden decreciente: arquitectura, estructura/cálculo, electricidad, sanitaria, mecánica de suelos, clima y alcantarillado (Figura 8).

Figura 8: Porcentaje de clasificación de receptores de las RDI.



4.3 Usos BIM preventivos y reactivos

Al realizar una correcta planificación en un proyecto, uno de los puntos más importantes es definir los objetivos generales, los cuales pueden basarse, por ejemplo, en el rendimiento del proyecto e incluir elementos como la reducción de la duración del proyecto (Carta Gantt), el logro de una mayor productividad en terreno, el aumento de la calidad, la reducción del costo de las órdenes de cambio, etcétera. Todos estos objetivos son especialmente importantes, ya que una vez definidos dichos objetivos, tanto desde el punto de vista del proyecto, como del equipo, se podrán determinar los usos específicos de BIM, los cuales se deben asociar a algún proceso dentro del proyecto pudiendo ser uno o varios procesos con el mismo uso BIM asignado dentro de todo su ciclo de vida.

En el caso del análisis de los distintos RDI de los proyectos mencionados, se lograron identificar los usos BIM principales o primarios los cuales se separaron en usos preventivos (asociados a la etapa de diseño) y usos reactivos (asociados a la etapa de construcción), según su aplicación y que son mostrados en la Tabla 8, donde para efectos de esta investigación, se consideran sólo los usos hasta la fase de construcción.

Tabla 8: Aplicación preventivas y reactiva de los usos BIM.

Usos BIM	Preventivo	Reactivo
Levantamiento de condiciones existentes	✓	✓
Estimación de cantidades y costos	✓	
Planificación de fases	✓	
Análisis del cumplimiento del programa espacial (zonificación)	✓	
Análisis de ubicación	✓	
Diseño de especialidades	✓	✓
Revisión del diseño		✓
Análisis de ingeniería	✓	✓
Coordinación 3D	✓	✓
Planificación de obra	✓	✓
Control de obra	✓	
Modelación as-built		✓

El uso BIM “levantamiento de condiciones existentes” se clasifica como un uso preventivo porque se encuentra desde etapas tempranas como las fases de planificación y diseño. Según *Penn State College of Engineering*, ayuda en el modelado futuro y la coordinación 3D y, por otro lado, se clasifica como reactivo por el hecho de se puede utilizar para la planificación y documentación previa y posterior a los desastres.

La “estimación de cantidades y costos” es un uso que clasifica como preventivo ya que está presente desde la fase inicial y es una de las actividades críticas para cualquier proyecto de construcción, siendo mucho más beneficioso cuando se utiliza en etapas de diseño y permite que los estimadores se centren en actividades de mayor valor añadido en la estimación como: la identificación de los montajes de construcción, la generación de precios y el factoraje de riesgos, que son esenciales para las estimaciones de alta calidad.

La “planificación de fases” o también llamada modelación 4D, se clasifica como un uso preventivo debido a sus múltiples beneficios según Mohamad Kassem, Trevor Brogden y Nashwan Dawood, en la etapa de planificación de un proyecto de construcción, mejorando incluso la seguridad, eficiencia en la comunicación, la gestión de las actividades del proceso de construcción y la incertidumbre en el proceso de planificación. Además, se afirma que es utilizado también para ensayar actividades de la construcción propuesta en un entorno virtual, lo que puede ser una clave para permitir una planificación precisa de la seguridad del sitio, ya que proporciona una plataforma para identificar el peligro potencial y modalidades para probar potenciales soluciones para mitigar los riesgos en la etapa previa a la construcción.

El “análisis de cumplimiento del programa espacial” se clasifica como un uso netamente preventivo debido a su utilización a la hora de evaluar de manera eficiente y precisa el rendimiento del diseño en relación con los requisitos espaciales. No se registra información que garantice que puede ser utilizado como un uso reactivo; sin embargo, no se cierra la posibilidad de que sí se pueda.

El “análisis de ubicación” es clasificado como un uso preventivo debido a su utilización en las fases de pre-construcción como lo son las fases de planificación y diseño. En estas fases iniciales, es donde la cantidad de datos detallados que se necesitan, especialmente información para la modelización de datos existentes y el análisis de sitio, debe ser suficiente para asegurar que no se puedan prever razonablemente riesgos importantes. La reconciliación de toda la

información, por el bien del diseñador y el contratista, es realmente necesario para todo el proyecto antes de que puedan empezar a trabajar en cualquier elemento particular como el diseño. Por lo anterior es importante que se entienda el análisis del sitio para comprender mejor las decisiones tomadas y diagnosticar la situación real del área.

En el caso del “diseño de especialidades”, como uso BIM, Penn State, La Guía de Planificación de la Ejecución de Proyectos, lo define como “un proceso en el que se utiliza un software 3D para desarrollar un modelo de información del edificio basado en criterios que son importantes para la traducción del diseño del edificio”, por lo que corresponde a un uso tanto preventivo como reactivo. De forma preventiva, actúa en el momento en que se evalúa la efectividad del diseño para cumplir con los criterios de programa de construcción y las necesidades del proyecto, de forma paralela actúa reactivamente cuando es utilizado para mejorar la salud, la seguridad y el bienestar del proyecto y entregar la información instantánea del cumplimiento de los requisitos del programa, las necesidades y la estética del edificio o el espacio.

“Revisión del diseño” es un uso empleado de forma reactiva debido a su utilización para encontrar los errores de diseño de los objetos modelados y hacer correcciones.

“Análisis de ingeniería”, surge de fusionar los usos análisis estructural, análisis lumínico, análisis mecánico y otros análisis de ingeniería. El grupo de investigación *Computer Integrated Construction*, define el uso BIM análisis de ingeniería como un proceso para determinar el método de la ingeniería más efectivo, utilizando herramientas inteligentes, especificaciones de diseño e información de los modelos constructivos lo que se puede interpretar como un uso preventivo en la fase de planificación y diseño. También es empleado para la generación de modelos que ayudan a eliminar los errores de diseño y acotar el tiempo necesario para cualquier modificación, utilizado como uso reactivo.

“La coordinación 3D” se define como un proceso iterativo destinado a comparar diferentes modelos 3D con el fin de reducir los problemas y conflictos. Investigaciones han demostrado los beneficios de la coordinación 3D, siendo el objetivo principal, eliminar la mayor parte del diseño conflictos previos a la construcción o instalación de proyectos, por lo que se desprende que es un uso preventivo. También es empleado para comprobar y detectar problemas lo que implica que también sea clasificado como uso reactivo.

4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

“Planificación de obra” es un uso preventivo por su eficiencia para generar la disposición del uso de sitio para instalaciones temporales, áreas de ensamblaje y entregas de material para todas las fases de construcción, identificación de potenciales conflictos críticos del espacio y tiempo. Por otra parte, es un uso reactivo por actualizar fácilmente la organización del sitio y el uso del espacio a medida que avanza la construcción.

“Control de obra” es clasificado como un uso preventivo por ser un proceso que utiliza un modelo de información para diseñar montajes de instalaciones o automatizar el control del movimiento y la ubicación de los equipos. El modelo de información se utiliza para crear puntos de control detallados que ayuden en la disposición de los ensamblajes. Su valor potencial es disminuir los errores de diseño al vincular el modelo con las coordenadas del mundo real, aumentar la eficiencia y la productividad disminuyendo el tiempo dedicado a la prospección sobre el terreno, reducir la repetición porque los puntos de control se reciben directamente del modelo, entre otros.

“La modelación *as-built*” entrega un modelo el cual tiene cada propiedad del proyecto en una base de datos centralizada la cual puede ayudar al departamento de instalaciones a encontrar información más fácilmente. En el modelo también se puede incluir enlaces a presentaciones, operaciones y mantenimiento e información de garantía que puede ayudar a mantener el edificio a lo largo de su ciclo de vida, además de ser utilizado para generar impactos de costo y calendario para el mantenimiento y la renovación proyectos. En general, se puede utilizar un modelo *as-built* para optimizar la gestión de las instalaciones y en especial de su mantenimiento. Un preciso modelo que contiene el alcance del proyecto y las necesidades de las instalaciones puede ayudar al propietario a gestionar y mantener el edificio enormemente. Dado lo anterior es que se clasifica la modelación *as-built* como un uso netamente reactivo.

4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

4.4 Análisis de usos BIM para la reducción y gestión de RDI en la fase de construcción para proyectos de edificación

De acuerdo con lo presentado en el capítulo anterior, la mayoría de los usos BIM primarios se pueden utilizar de una forma preventiva a los problemas, a excepción de “modelación *as-built*” que es considerado un uso netamente reactivo por la fase en la que se encuentra y la información que entrega del modelo para su posterior mantenimiento.

Otro punto importante de considerar es que los usos que más previenen RDI son en orden decreciente: diseño de especialidades, coordinación 3D y análisis de ingeniería. La Figura 9 muestra en filas los usos BIM estudiados y en columnas la clasificación de las 2.690 RDI emitidas en los 17 proyectos analizados. Por lo tanto, en la Figura se puede visualizar el número de RDI que pudieron ser prevenidas con cada uso BIM para cada tipo de RDI. Por ejemplo, la coordinación 3D pudo haber prevenido 49 RDI asociadas a una solución de diseño alternativa, 385 RDI asociadas a clarificación de información y otras 4 RDI sin clasificación previa.

La utilización de un uso preventivo a diferencia del uso reactivo radica en que el segundo sí aplica a todas las RDI, es decir, se considera que cualquiera sea la consulta ésta se puede solucionar. Sin embargo, no todas se pueden prevenir, ya que existen algunos requerimientos de información que ya sucedieron y frente a eso se imposibilita el actuar antes de la ocurrencia.

Figura 9: Cantidad de veces que se aplica el uso BIM de forma preventiva para resolver ese tipo de RDI.

Usos	Aprobación	Solución de diseño alternativa	Clarificación de Información	Otros
Levantamiento de condiciones existentes	0	0	0	0
Estimación de cantidades y costos	0	1	30	0
Planificación de fases	0	1	8	3
Análisis del cumplimiento del programa espacial	0	2	0	0
Análisis de ubicación	0	5	0	0
Coordinación 3D	0	49	385	4
Diseño de especialidades	9	135	935	21
Revisión del diseño	2	2	15	1
Análisis de ingeniería	1	21	8	5
Planificación de obra	0	3	4	3
Control de obra	0	1	0	0

Por otro lado, los que pueden ser utilizados mayoritariamente en forma reactiva fueron: revisión del diseño, análisis de ingeniería y diseño de especialidades como se aprecia en la Figura 10.

Al analizar ambas aplicaciones, se observa que difieren una de la otra netamente en la coordinación 3D; esto se debería a que este uso se implementa en una etapa tardía dentro del mismo proceso de diseño, incluso muchas veces en el comienzo de la construcción; en cambio, revisión del diseño y diseño de especialidades se emplean en fase más temprana como lo es la fase de diseño.

Siguiendo con el mismo uso, se sabe que una colaboración temprana es crucial si se quiere que el diseño final esté libre de imprevistos y, a través de BIM y la coordinación 3D es que se puede disminuir considerablemente los conflictos que podría tener un proyecto ya que la práctica de la detección de colisiones ha pasado progresivamente de ser una actividad in situ (reactiva) a la fase de diseño previa a la construcción (proactiva). Hoy en día dentro del mercado existe la necesidad de precisión, lo que hace que la de detección de conflictos sea utilizada como una herramienta poderosa en la coordinación del diseño, que ha llevado incluso a los investigadores a cuantificar los beneficios económicos de la detección de colisiones impulsando así a desarrollar a los distintos profesionales de la industria a una mejor coordinación. Junto con lo anterior, es que hay estudios que indican que el trabajo aislado era la causa principal de la alta incidencia de enfrentamientos relacionados con los sistemas BIM, es por eso por lo que, con una correcta coordinación se verían reducidos ampliamente los RDI que son emitidos por clarificación de información y que indican un conflicto.

Figura 10: Cantidad de veces que se aplica el uso BIM de forma reactiva para resolver ese tipo de RDI.

Usos	Aprobación	Solución de diseño alternativa	Clarificación de Información	Otros
Levantamiento de condiciones existentes	0	0	0	0
Estimación de cantidades y costos	0	0	1	1
Planificación de fases	0	0	1	0
Análisis del cumplimiento del programa espacial	0	0	0	0
Análisis de ubicación	0	0	0	0
Coordinación 3D	1	0	3	1
Diseño de especialidades	2	3	37	14
Revisión del diseño	565	232	1679	44
Análisis de ingeniería	23	41	31	6
Planificación de obra	1	0	0	2

4. DISCUSIÓN Y RESULTADOS

El beneficio de utilizar la coordinación 3D de forma preventiva es que existiría una clara reducción en los RDI emitidos, disminuye el tiempo de coordinación entre las especialidades MEP y evitar las esperas por información, lo que a su vez genera aumento de plazos y sobrecostos en los proyectos. En esa línea se puede decir también que no es beneficioso utilizar sólo algunos usos BIM de manera preventiva, sino que, el ideal es que todos los usos sean preventivos para así no tener salidas de costos o cronograma tan importantes dentro del proyecto. El aplicar usos BIM de manera correcta ayuda además a visualizar de manera totalmente colaborativa las distintas expectativas y necesidades de un proyecto, antes de llevar a cabo la construcción.

Continuando con lo anterior, hay ciertos tipos de RDI que se pueden resolver de forma preventiva; es decir, de aplicarse correctamente el uso BIM que lo previene no sería necesaria la emisión de este. Por otro lado, existe el tipo de RDI que es más difícil de prever, pero que al aplicar cierto uso BIM se puede solucionar de forma más eficiente.

En cuanto al diseño de especialidades, va de la mano con la coordinación 3D por lo que es de vital importancia identificar los flujos de trabajo dentro del proceso de diseño y coordinación para así lograr identificar las etapas en las que se debe desarrollar el trabajo conjunto de los distintos especialistas y obtener mejores resultados. Lo ideal, es la estandarización total del proceso de diseño de especialidades utilizando la metodología BIM y también la coordinación.

Por otro lado, el uso BIM de revisión de diseño al emplearse de forma correcta, ayudaría a desarrollar de mejor manera la toma de decisiones tanto espaciales como arquitectónicas para la búsqueda de un mejor resultado del proyecto. Una correcta aplicación de este uso, llevaría a la disminución de los RDI emitidos por solución de diseño alternativa, clarificación de información e incluso aprobación, ya que muchas veces estos últimos se emiten por motivos como el que “no se puede llevar a cabo la ejecución de la manera prevista”; sin embargo, hay una alternativa distinta, la cual necesita un visto bueno y es ahí donde se recurre a la revisión del diseño de manera de aprobar o no dicha solicitud en pro del desarrollo del proyecto.

En cuanto a la complejidad de un proyecto, esta puede afectar a la variable tiempo, dentro de lo que es la emisión y respuesta de los RDI. Ya que complejidad y tamaño están directamente relacionados, por ejemplo, para un proyecto más grande como podría ser un aeropuerto, carretera o incluso centro comercial, su infraestructura es mucho mayor en comparación al resto y su organización también puede ser más compleja, llevando así, a tiempos de respuesta mayores que el promedio.

Tomando el factor complejidad, también se puede ver como algo positivo, pues, si bien el tiempo de respuesta podría ser mayor, por otro lado, está lo que es la efectividad de esa respuesta y la gestión de la misma, que al tratarse de equipos grandes y especializados, podría inferirse que las respuestas a requerimientos estarán mejor desarrolladas con el fin de no retrasar el proyecto.

Haciendo, por último, un análisis general de las cantidades de RDI emitidas, también podemos darnos cuenta que para este estudio los proyectos que presentan mayor cantidad de RDI no son necesariamente los más grandes y con mayor superficie construida, por lo que se desprende que el tamaño del proyecto no influye en la cantidad de RDI emitidas. Sin embargo, hay otros estudios que indican que el tamaño de un proyecto sí puede ser un impulsor de RDI.

Por otro lado, el impacto que generan las RDI en los distintos proyectos depende netamente de su tamaño, ya que a mayor tamaño del proyecto menos impacto directo en el costo tiene una RDI.

5. CONCLUSIONES

La información entregada por el análisis de las RDI permite concluir que se podría evitar un gran porcentaje de RDI que provocan errores en la construcción con algunos usos BIM utilizados de manera preventiva en la etapa de diseño. Se sabe que la utilización de los distintos usos BIM contribuye en menor cantidad de errores, pero no siempre existe la correcta aplicación de estos, es por lo anterior que se propone la utilización de usos tanto preventivos como reactivos.

Las RDI representan también todos los errores representativos y formales que existen en la etapa de construcción por lo que se debe apuntar a disminuir su impacto y sus costos para poder apuntar en mejorar la productividad. Una forma de hacerlo es definiendo claramente los objetivos más importantes y, a la vez, limitantes del proyecto para así lograr prever desde el inicio el impacto de las RDI que sean generadas en dicho proyecto.

La mayor cantidad de RDI es asociada a clarificar la información por parte de los especialistas debido a que la información proporcionada era insuficiente. Es por lo anterior que se propone la creación de *checklist* asociados a los usos BIM que permitan una correcta revisión de la información para construcción y de esta forma apuntar al mayor número de RDI.

En cuanto al impacto, existen distintas limitaciones que impiden el realizar un análisis más completo de lo que pueden generar ya que para los distintos proyectos, existe diferencia en los antecedentes que son incluidos en las RDI. Por ejemplo, sólo en algunas se indica el impacto a costo o tiempo, también existe la cuantificación de dichos factores, pero no es indicada en la totalidad de la muestra, por lo que no se puede profundizar como se quisiera en cuanto al impacto.

Para continuar, sabemos que es necesario disminuir el número de requerimientos de información, así como también el tiempo de respuesta, pero es debido a la diferencia entre proyectos que resulta difícil implementar una metodología que disminuya de forma concreta los RDI emitidos; sin embargo, hay distintos factores que sí pueden influir y aportar significativamente en su gestión. Una de ellas es la correcta clasificación de los diversos requerimientos para así poder identificar las especialidades y las causas que más se repiten y que son mostradas en este estudio, indicando que arquitectura y estructura son quienes emiten la mayor cantidad de solicitudes por la falta de información o contradicción de esta.

Con la clasificación, se puede llevar un registro (se recomienda realizar un informe causal) con el cual se supervise y a la vez aplique estrategias correctivas ya sea a las especialidades nombradas o a la causa por las que se emiten. Siguiendo con la clasificación causal, se propone finalmente, para estudios futuros, el identificar dichas causas u otras posibles creando un mayor desglose de la clasificación ya realizada y apuntar a disminuir el impacto que pueden provocar los cambios realizados ya que el impacto acumulativo de los cambios, son factores que pueden impactar la productividad.

CRÉDITOS

Documento desarrollado por:

Francisca Morales A.

Estudiante Escuela de Ingeniería Civil,
Pontificia Universidad Católica de
Valparaíso

Rodrigo F. Herrera

Profesor Escuela de Ingeniería Civil,
Pontificia Universidad Católica de
Valparaíso

Manuel Núñez C.

Ingeniero Civil Estructural
Director BIM, René Lagos Engineers
Coordinador BIM Forum Chile

En colaboración con:

Grupo Técnico de Trabajo de Gestión
de Proyectos - BIM Forum Chile

Escuela de Ingeniería Civil – Pontificia
Universidad Católica de Valparaíso

Corporación de Desarrollo Tecnológico
- Cámara Chilena de la Construcción



Agradecimientos por la participación de este documento:

Empresas Socias de BIM Forum Chile que participaron en el estudio y facilitaron registro de RDI:



Otras empresa participantes:

Bravo
Izquierdo

Inversiones
Koffu Ltda.

SUKSA

Echeverría
Izquierdo

Div.
Inspección
de Obras
IDIEM

Agradecimiento a los Auspiciadores de BIM Forum Chile que hacen posible este documento:



Edición periodística: Área Comunicaciones, CDT

Diseño: BIM Forum Chile

1ª Edición, Mayo 2021

Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT

Av. Apoquindo 6750, Piso 21, Las Condes. Santiago de Chile

Fono (56 2) 2718 7500 - bimforum@cdt.cl - www.bimforum.cl

Los contenidos del presente documento consideran el estado actual del arte en la materia al momento de su publicación. CDT no escatima esfuerzos para procurar la calidad de la información presentada en sus documentos técnicos. Sin embargo, advierte que es el usuario quien debe velar porque el personal que va a utilizar la información y recomendaciones entregadas esté adecuadamente calificado en la operación y uso de las técnicas y buenas prácticas descritas en este documento, y que dicho personal sea supervisado por profesionales o técnicos especialmente competentes en estas operaciones o usos. El contenido e información de este documento puede modificarse o actualizarse sin previo aviso. CDT puede efectuar también mejoras y/o cambios en los productos y programas informativos descritos en cualquier momento y sin previo aviso, producto de nuevas técnicas o mayor eficiencia en aplicación de habilidades ya existentes. Sin perjuicio de lo anterior, toda persona que haga uso de este documento, de sus indicaciones, recomendaciones o instrucciones, es personalmente responsable del cumplimiento de todas las medidas de seguridad y prevención de riesgos necesarias frente a las leyes, ordenanzas e instrucciones que las entidades encargadas imparten para prevenir accidentes o enfermedades. Asimismo, el usuario de este documento será responsable del cumplimiento de toda la normativa técnica obligatoria que esté vigente, por sobre la interpretación que pueda derivar de la lectura de este documento.