

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Trabajo de Investigación

**Análisis de aplicación de tecnologías BIM para la
optimización de la constructabilidad en proyectos de
ingeniería civil en la ciudad de Arequipa, 2019**

Mariela Stephany Yucra Ramos

Para optar el Grado Académico de
Bachiller en Ingeniería Civil

Arequipa, 2020

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de investigación



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Polhett Coralí Begazo Velásquez

Dedicatoria

A mi mami por siempre brindarme tu amor y apoyo incondicional, a Oscar mi compañero por ser parte esencial en lograr esta nueva carrera universitaria. Los amo.

Mariela Stephany Yucra Ramos

Agradecimiento

A Dios por haberme guiado y ayudado a lograr esta nueva meta en mi vida.

A la Universidad Continental, a mis docentes que han sido el pilar en mi formación de estudios profesionales por brindarme sus conocimientos y experiencia en el campo laboral.

ÍNDICE

Dedicatoria	iii
Agradecimiento.....	iv
RESUMEN.....	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	3
1.1 TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3.1 PROBLEMA GENERAL.....	4
1.3.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS	4
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.4.1 OBJETIVO GENERAL.....	5
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	5
1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.5.1 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
1.5.2 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.6 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
1.6.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	7
1.6.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	7
1.7 HIPÓTESIS	7
1.8 VARIABLES E INDICADORES.....	8
1.8.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	8
1.8.2 VARIABLE DEPENDIENTE.....	8
1.8.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	8

CAPÍTULO II.....	9
MARCO TEÓRICO	9
2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	9
2.2 BASES TEÓRICAS	12
2.2.1 DEFINICIÓN DE BIM.....	12
2.2.2 ADOPCIÓN DEL BIM EN EL PERÚ	13
2.2.3 BENEFICIOS DE LA TECNOLOGÍA BIM	13
2.2.4 LAS VENTAJAS DEL BIM	15
2.2.5 SOFTWARE PARA EL DESARROLLO DEL BIM	17
2.2.6 CONSTRUCTABILIDAD	20
2.2.7 LÍMITES DE LA CONSTRUCTABILIDAD	21
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	22
CAPÍTULO III.....	23
METODOLOGÍA.....	23
3.1 MÉTODOS Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN.....	23
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	23
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	24
3.3.1 POBLACIÓN.....	24
3.3.2 MUESTRA.....	24
3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	24
3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS	25
CAPÍTULO IV	26
MODELAMIENTO Y RESULTADOS	26
4.1 PROCEDIMIENTO DE LA DOCUMENTACIÓN.....	26
4.1.1 DOCUMENTACIÓN DE ANÁLISIS DE MODELAMIENTO	26
4.1.2 ELEMENTOS ESTRUCTURANTES PARA EL MODELAMIENTO BIM	26
4.2 ANÁLISIS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL MODELO BIM	27
4.2.1 PARTIDAS	28
4.3 OBTENCIÓN DE RESULTADOS DEL MODELAMIENTO BIM.....	35
4.3.1 ANÁLISIS DE ELEMENTOS ESTRUCTURANTES	35
CONCLUSIONES	39

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	40
ANEXOS.....	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Variables	8
Tabla 2 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	25
Tabla 3 Técnicas e Instrumentos de Análisis de Datos	25
Tabla 4 Datos que Permiten la Identificación de Conflictos.....	27
Tabla 5 Comparativa Diseño del Modelo Tradicional y Aplicación del BIM	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Costo de la Calidad	6
Figura 2 Curva de Beneficio del BIM	14
Figura 3 Modelamiento BIM de Ejes y Zapatas.....	28
Figura 4 Modelo BIM de Columnas, Placas y Columnetas.....	29
Figura 5 Modelamiento BIM de Cimientos y Vigas de Cimentación	30
Figura 6 Modelamiento BIM de Muros Portantes y no Portantes	31
Figura 7 Modelamiento BIM de Vigas y Vaciado de Losas	32
Figura 8 Corte Tridimensional de Conflicto entre Escalera y Vigas.....	33
Figura 9 Modelado Final	34
Figura 10 Cantidad de Errores por Tipos	35
Figura 11 Cantidad de Errores por Partidas	35
Figura 12 Cantidad de Errores por Nivel.....	36
Figura 13 Cantidad de Errores por Nivel y Partidas	36
Figura 14 Cantidad de Errores por su Ubicación.....	37
Figura 15 Elementos de Potenciales a Optimizar la Constructabilidad.....	38

RESUMEN

El presente trabajo de investigación, titulado “Análisis de Aplicación de Tecnologías BIM para la Optimización de la Constructabilidad en Proyectos de Ingeniería Civil en la Ciudad de Arequipa, 2019”, demuestra la relación entre las variables planteadas como lo son: La aplicación de tecnologías BIM y la optimización de la constructabilidad, como objeto de estudio se empezó con el análisis de un proyecto, que previamente se realizó el diseño de forma tradicional con herramientas CAD, y posteriormente se procedió a validar la hipótesis planteada, realizando el modelado con tecnologías BIM de forma ordenada según el sistema constructivo de un proyecto de Vivienda Multifamiliar de cuatro niveles más una azotea en su etapa inicial de diseño.

Como resultado del modelamiento, se obtuvieron un listado de observaciones que fueron encontradas con la aplicación de tecnologías BIM, detectando errores a tiempo, para la búsqueda de soluciones y que estos a su vez no lleguen a la etapa de ejecución de una obra, logrando de esta forma la optimización de la constructabilidad desde una etapa inicial, que finalmente se traduce en ahorro de tiempo, costo y calidad del proyecto.

Palabras claves: Tecnología BIM/ Herramientas digitales/ Constructabilidad.

ABSTRACT

This research work, entitled “Analysis of the Application of BIM Technologies for the Optimization of Constructability in Civil Engineering Projects in the City of Arequipa, 2019”, demonstrates the relationship between the proposed variables such as: The application of BIM technologies and the optimization of constructability, as an object of study, it began with the analysis of a project, which previously the design was carried out in a traditional way with CAD tools, and later the proposed hypothesis was validated, modeling with BIM technologies of orderly manner according to the construction system of a multi-family housing project with four levels plus a roof terrace in its initial design stage.

As a result of the modeling, a list of observations were obtained that were found with the application of BIM technologies, detecting errors in time, for the search for solutions and that these in turn do not reach the stage of execution of a work, achieving this way the optimization of constructability from an initial stage, which finally translates into savings in time, cost and quality of the project

Keywords: BIM technology / Digital tools / Constructability.

INTRODUCCIÓN

El índice anual de la actividad en el sector construcción (PBI de Construcción), midió el dinamismo de sus actividades de producción nacional hasta finales del año 2019 con una participación del 6.7%, ante el registro de aumento del consumo interno de cemento y avance en físico en obras.

Actualmente, en la ciudad de Arequipa se desarrollan proyectos de construcción, que evidencian muchas deficiencias en sus fases constructivas, debido a diferentes carencias desde la falta de compromiso por entidades e instituciones que se dedican a la capacitación de la industria de la construcción hasta la falta de conocimiento y mala praxis de los constructores y profesionales que se enfrentan a retos relacionados con la gestión del cambio, barreras tecnológicas y gestión de capital humano, que generan fricciones dentro de las organizaciones y dificulta el avance hacia la digitalización de procesos.

Las deficiencias en la construcción se deben a muchos problemas entre ellos la inadecuada planificación, desde presupuestos mal elaborados y la gestión de proyectos sin herramientas que permitan un control eficiente, problemas que han incidido para plantear el presente trabajo de investigación que analiza cómo impacta la aplicación de tecnologías del Modelo de Información de la Construcción- BIM, para la optimización de la constructabilidad en proyectos de Ingeniería Civil en la ciudad de Arequipa, 2019.

El análisis presenta el estudio de los efectos de la aplicación de la variable independiente que son las tecnologías BIM, sobre la variable dependiente definida por la optimización de la constructabilidad.

La metodología aplicada es descriptiva, porque describe de forma ordenada el proceso de la influencia de las tecnologías BIM para la optimización de la constructabilidad, mediante el análisis de un proyecto de ingeniería civil en la fase de diseño y asimismo se realiza la comparativa y diferencias respecto del diseño de modelo tradicional.

La aplicación de tecnologías BIM, elimina y mitiga incompatibilidades, minimizando deficiencias y pérdidas económicas del modelo tradicional de diseño. Su aplicación ayuda a mitigar riesgos en el proceso de planificación, durante el proceso de ejecución e incluso postconstrucción, permitiendo cumplir con los plazos, costos y calidad en una obra de construcción.

De esta manera se ha llegado a la conclusión que el BIM debe ser objeto de aplicación en obras de construcción por el alto grado de optimización en la constructabilidad.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN

Análisis de Aplicación de Tecnologías BIM para la Optimización de la Constructabilidad en Proyectos de Ingeniería Civil en la Ciudad de Arequipa, 2019.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad cada proyecto de construcción se enfrenta a diversos obstáculos y retos, muchos proyectos deben afrontar cronogramas ajustados y presupuestos aparentemente poco realistas, y si adicionamos que los proyectos además presentan incompatibilidades entre sus diversas especialidades, resulta complejo y complicado obtener los resultados previstos. (Espinoza Rosado, J., & Pacheco Echevarría, 2014).

Las siglas BIM (Modelo de Información de la Construcción) junto al término “Constructabilidad” han sido tema de partida para el presente trabajo de investigación, que describe, y compara el nivel de optimización de la Constructabilidad.

La tecnología BIM, es reconocida como una herramienta tecnológica de mejora en la construcción, sin embargo los constructores, desarrolladores, diseñadores y demás colaboradores del proceso de diseño y ejecución de un proyecto se enfrentan a barreras tecnológicas. La aplicación técnica de la metodología y los cambios que implican los flujos de trabajo para su aplicación, traen consigo problemas asociados a la resistencia al cambio.

La aplicación de Modelos de Información de la Construcción BIM son herramientas que nos ayudaran a eliminar o mitigar aquellas incompatibilidades en la parte inicial de la planificación de un proyecto. (Cespedes Huayama, A., & Mamani Egoavil, C. A., 2016). Como identifican los autores si logramos mitigar errores en la parte inicial de un proyecto, nos llevará a que no se concrete en la obra en ejecución, reduciendo enormemente los retrabajos, costos y el tiempo de duración de una obra de construcción.

La escasa aplicación de tecnologías BIM y el desconocimiento del valor agregado de su uso en las empresas constructoras de la ciudad de Arequipa, no permite obtener ventajas del uso de modelos tridimensionales BIM-3D, y anticiparnos a la construcción real del proyecto a través de la construcción virtual, logrando así minimizar las deficiencias y perdidas económicas que se dan actualmente en el diseño de modelo tradicional, debido al sobreesfuerzo que originan la incompatibilidad de documentos y especificaciones técnicas que presentan los proyectos en la etapa de diseño en la planificación, y que conllevan a errores durante la ejecución de la obra, son parte de la problemática identificada en la construcción en la ciudad de Arequipa.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo el análisis de aplicación de tecnologías BIM disminuirá las deficiencias de constructabilidad en proyectos de ingeniería civil en la ciudad de Arequipa?

1.3.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es el diagnóstico del diseño de modelo tradicional en la construcción de proyectos de ingeniería civil en la ciudad de Arequipa?
- ¿Qué diferencias se establecen en el diseño del modelo tradicional frente al modelo de aplicación de tecnologías BIM?
- ¿Cuál es el impacto de la frecuencia de deficiencias en la constructabilidad en proyectos de ingeniería civil en la ciudad de Arequipa?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el análisis de aplicación de tecnologías BIM para la optimización de la constructabilidad en proyectos de ingeniería civil en la ciudad de Arequipa, 2019.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar como es el modelo tradicional en la construcción de proyectos de ingeniería civil en la ciudad de Arequipa.
- Establecer las diferencias del modelo de aplicación de tecnologías BIM frente al diseño del modelo tradicional.
- Medir el impacto en la eficiencia de la constructabilidad en proyectos de ingeniería civil en la ciudad de Arequipa.

1.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Se establece como justificación teórica, aquellos estudios previos que servirán como documentación para el análisis de aplicación de tecnologías BIM para la optimización de la constructabilidad en proyectos de Ingeniería Civil, a fin de obtener las diferencias entre la aplicación de tecnologías BIM y el diseño del modelo tradicional.

Justificación tecnológica, permitirá desarrollar un mejor modelo en el rubro constructivo con aplicación de tecnologías BIM, con la finalidad de establecer criterios de su necesidad ya que permite identificar incompatibilidades del diseño del modelo tradicional supeditado a errores humanos.

Justificación económica, al reducirse los errores e incompatibilidades en el proceso de planificación en consecuencia se reducirá costos, tiempo y se obtendrá una obra de construcción de mayor calidad; logrando así que las empresas constructoras como prestadoras del servicio y los clientes se vean beneficiados.

1.5.2 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

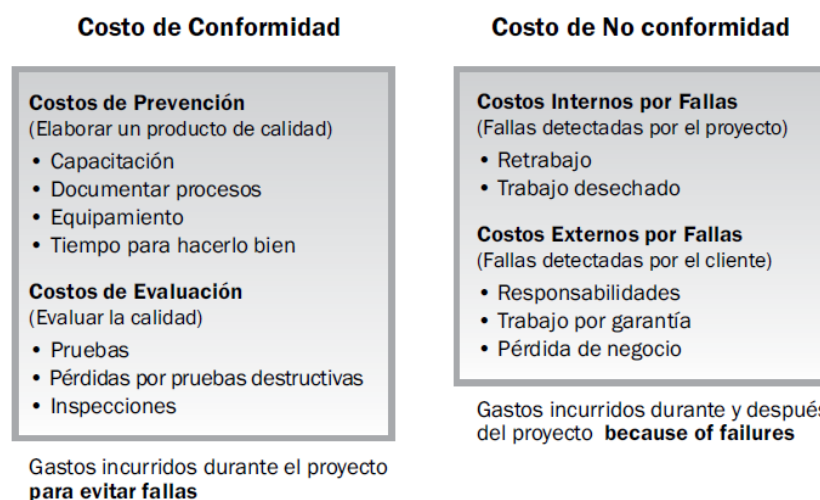
Es importante considerar que un edificio tiene un ciclo de vida que inicia en la etapa de planificación, ejecución, mantenimiento, hasta llegar a su fin como es la demolición, por lo que es relevante la aplicación de nuevas tecnologías para mejorar el sistema usualmente empleado en la constructabilidad.

Por lo anteriormente indicado, a futuro nos podrá generar un mayor número de empleos, logrando mejores ingresos en las empresas constructoras y mayor empleabilidad al brindar un servicio eficaz, de calidad y creando un mayor número de obras, reduciendo de esta forma el número de desempleados en la ciudad de Arequipa. Aprovechando así la ventaja comparativa y económico-social que tiene la ciudad de Arequipa en el desarrollo de la construcción.

El uso de un Modelo de Información de la construcción- BIM, explora las características del entregable antes de su construcción: como se verá, como funcionará (digitalmente, antes de construirlo). De esa manera se podrá optimizar su construcción mediante la identificación de interferencias e incompatibilidades. El objetivo es ayudar a ahorrar tiempo y dinero al evitar la reelaboración del trabajo y cambios, prevenir conflictos y solucionarlos previamente a la construcción. (Rázuri Sánchez, 2016)

Figura 1

Costo de la Calidad



Fuente: Guía del Pmbok (2018)

Asimismo, el Ministerio de Economía y Finanzas aprueba el D.S. 289-2019-EF, publicado el 8 de agosto del 2019; el Plan BIM (Building Information Modeling) para dinamizar la inversión Pública, buscando de esta manera ahorrar costos y tiempo al conformar un sistema colaborativo digital para acelerar el diseño y construcción de obras. En consecuencia, la normatividad peruana realiza un esfuerzo para dinamizar la inversión pública y acelerar sus procesos a través de la tecnología BIM.

1.6 DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 DELIMITACIÓN ESPACIAL

Para el estudio de “Análisis de Aplicación de Tecnologías BIM para la Optimización de la Constructabilidad en Proyectos de Ingeniería Civil en la Ciudad de Arequipa, 2019.”; la toma de datos para efectos de la investigación se realizarán dentro de los límites de la ciudad de Arequipa.

1.6.2 DELIMITACIÓN TEMPORAL

Para la toma de datos, se ha definido un plazo de 2 meses, desde el mes de setiembre a octubre del año 2019, teniendo en cuenta la duración del diseño una obra de construcción de mediana envergadura y la aplicabilidad de los datos serán vigentes hasta un año después de la fecha de la finalización de la toma de datos.

1.7 HIPÓTESIS

Dado que la aplicación de tecnologías BIM, se fundamenta en el impacto positivo de eficiencia en la constructabilidad, es probable que la implementación de la aplicación de tecnologías BIM permita la optimización de la constructabilidad en proyectos de ingeniería civil, con el fin de establecer las ventajas en la constructabilidad, respecto del diseño del modelo tradicional.

1.8 VARIABLES E INDICADORES

1.8.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Se encuentra definida por: “Aplicación de Tecnologías BIM”.

1.8.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Se encuentra definida por: “Optimización de la Constructabilidad”.

1.8.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

La siguiente tabla, muestra la operacionalización de las variables: independiente y dependiente.

Tabla 1

Operacionalización de Variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADOR
Aplicación de Tecnologías BIM	Compatibilización de Especialidades	Numero de coincidencias
	Modelamiento BIM	Área en m ²
VARIABLE DEPENDIENTE	DIMENSIÓN	INDICADOR
Optimización de la Constructabilidad	Identificación de errores	Numero de revisiones
	Reducción de Retrabajos	Número de elementos observados

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

Los estudios de investigación que se mostraran en los siguientes párrafos, nos reflejan eventos o problemas que nos servirán como antecedentes, para contextualizar y aclarar el problema básico de investigación. Dentro de las investigaciones previas sobre la aplicación de tecnologías BIM para la optimización de la Constructabilidad, mostramos los siguientes:

- Monfort (2014) en su investigación relacionada con el impacto del BIM en la gestión del Proyecto y la obra de arquitectura, plantea mostrar una visión genérica tanto teórica como práctica de la metodología BIM y sus ventajas para la gestión de un proyecto de arquitectura, aplicándolo en este caso a una vivienda unifamiliar. A través de métodos como el descriptivo teórico y experimental práctico, ha obtenido como resultados el entendimiento de la herramienta BIM, su origen y su aplicación práctica. Asimismo, recomienda que comprobadas las ventajas que BIM aporta, el cambio de metodología parece inevitable. No obstante, BIM integra diversas disciplinas y numerosos agentes intervinientes por lo que debe haber un compromiso y una voluntad de cambio por parte de todos. Como todo cambio necesita un tiempo de adaptación y BIM supone un cambio de mentalidad, sin embargo, será necesario para cualquier obra pública en la Unión Europea en un futuro inmediato, así como en muchos países por lo que deberíamos adaptarse lo antes posible.

Esta investigación es relevante para la tesis porque, se puede verificar a lo largo de la tesis de investigación, que la tecnología BIM mejora la tradicional

metodología CAD en numerosos aspectos y principalmente en lo referente a la gestión de la información. La metodología BIM reduce considerablemente el tiempo invertido y el gasto económico, ajustándose mucho más al presupuesto y al calendario inicialmente previsto, reduciendo el grado de incertidumbre y aumentando la productividad del Sector.

- González (2015), en su proyecto final de Master en Edificación, Especialidad de Gestión, realiza la investigación Building Information Modeling: Metodología, aplicaciones y ventajas. Casos prácticos en gestión de proyectos, en la que nos presenta manera genérica, así como profundiza de una manera práctica los beneficios que genera en la gestión de proyectos integrales de construcción, empleando una metodología de investigación estadística acerca de la situación actual de la metodología Building Information Modeling y su repercusión en la sociedad académica, así como en el sector de la construcción.

Permitiéndonos conocer el principal inconveniente que genera la implementación de la metodología BIM es la tradicionalidad que presenta históricamente el sector de la edificación y construcción, que generalmente, es una actividad basada en el conocimiento que se transmite de generación en generación y con unos métodos de trabajo muy arraigados; siendo necesario un paso hacia el dibujo paramétrico que representa BIM como se hizo hacia el dibujo digital en su momento.

- Farfán & Chavil, (2016) en su investigación relacionada con la Implementación que tienen las empresas peruanas en el uso del BIM como herramienta tecnológica y metodología de trabajo, plantea como objetivo evaluar el estado en el que se encuentra la implementación de la metodología BIM en las empresas peruanas mediante el análisis de los impactos que produce su aplicación en los proyectos y el retorno de la inversión que experimentan las empresas que están a la vanguardia de su implementación. A través de métodos escribir cuantitativa y cualitativamente la implementación BIM en las empresas peruanas ha obtenido como resultados económicos positivos en la implementación BIM aplicando tan solo lo más básico de su potencial, es decir, la compatibilización de proyectos. Así también, recomienda que el BIM no debe verse como una herramienta tecnológica solamente puesto que ello limita la sensación del potencial que ofrece herramientas tecnológicas que permiten

construir un proyecto primero virtualmente con la finalidad de identificar los errores potenciales y los aspectos de mejora.

Nos permite conocer porque las empresas constructoras pueden apostar por implementar BIM, y no ser un paso muy grande y arriesgado para las empresas puesto que comenzar la implementación BIM.

- Tapia (2018) en su estudio del Nivel de adopción BIM en proyectos de edificación en Lima metropolitana y Callao, plantea la adopción de nuevas tecnologías que traen beneficios significativos y sostenibles para los usuarios, esto es especialmente importantes cuando se trata de soluciones de negocio. Además, es importante tener claro que adoptar nuevas tecnologías cambios en los procesos tradicionales, lo que normalmente involucra a distintas partes y miembros de una organización (Roger 1995). En el caso de la industria de la construcción, Building Information Modeling (BIM) ha dado un enfoque innovador a la manera de generar y gestionar el diseño, construcción y operación de proyectos de edificación, lo que ha generado el interés de organizaciones y empresas de toda escala la adoptar BIM en sus proyectos.

Es relevante para la tesis ya que presenta el nivel de adopción BIM a la actualidad con el fin de establecer una línea base con miras al futuro de BIM en Perú. Además, esta investigación aplica una metodología distinta, la cual utiliza principios de muestreo a partir del censo de obras de edificaciones urbanas publicado por la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO).

- Millasaky (2018) en su investigación relacionada con la cuantificación de los beneficios económicos de subcontratar servicios BIM (Building Information Modeling) en la etapa de diseño para proyectos de edificaciones en Lima metropolitana, realiza una comparación económica entre cuatro proyectos de edificios para vivienda, dos que han sido gestionados de la manera tradicional contra otros dos que han subcontratado servicios BIM en la etapa de diseño para reducir incompatibilidades. Estos edificios presentan características similares y fueron comparados en base a algunos parámetros. De esta manera se pudo determinar si fue o no conveniente contratar los servicios de estos proveedores BIM y qué tan beneficioso fue.

Es relevante para la tesis ya que se muestran comentarios y recomendaciones con respecto a lo que está sucediendo en el Perú como parte del proceso de implementación BIM y qué es lo que los distintos participantes en este proceso perciben en cuánto a los resultados que obtienen. Para ello fue necesario contrastar la teoría encontrada con entrevistas a profesionales que cuentan con experiencias en proyectos donde se utilizó BIM.

- Julcamoro (2019) en su investigación relacionada con la implementación de la metodología BIM con Revit en la fase de diseño de expediente técnico de edificaciones con el objetivo de reformular el método de información tradicional, que es inadecuado y obsoleto mediante el empleo del Programa Revit con el que simulo la construcción y operación del proyecto, donde logro visualizar errores humanos y omisiones que fue contrastado con el presupuesto inicial. A través del método experimental, asimismo, recomienda la utilización de tecnologías BIM ya que permite la toma oportuna de decisiones, el trabajo colaborativo y la mejora de la productividad.

Es relevante para la tesis ya que la relación que existe entre reformulación de la entrega de expedientes técnicos con la metodología BIM, respecto del sistema de modelo tradicional, genera un presupuestos que no sufrirán aumentos durante la ejecución de las obras.

2.2 BASES TEÓRICAS

2.2.1 DEFINICIÓN DE BIM

El Modelado de Información de la Edificación (BIM al español) tiene distintas definiciones, algunos de ellos son:

Autodesk define al BIM como el proceso de generación y gestión de datos del edificio durante su ciclo de vida. El proceso de modelado abarca la geometría de la edificación, información geográfica propiedades de los elementos, metrados o cantidades, entre otros.

El BIM Handbook define al BIM como el modelado tecnológico y el conjunto de procesos que producen, comunican, y analizan el modelo de una edificación caracterizado por componentes del edificio representado por elementos paramétricos.

El Instituto Nacional de Ciencias de la Construcción, lo define como "Un Modelo de Información de Edificios (BIM) es una representación digital de las características físicas y funcionales de un proyecto. Como tal, sirve como una fuente de conocimiento compartido para obtener información sobre el proyecto, que forma una base confiable para tomar decisiones durante su ciclo de vida, desde el inicio en adelante."

Por lo que BIM, se define como una propuesta importante en la gestión de diseño y edificio a través de representación digital de un modelo de construcción que es desarrollado y colaborativo entre los profesionales involucrados.

2.2.2 ADOPCIÓN DEL BIM EN EL PERÚ

La metodología BIM llegó al Perú en el año 2014 de la mano de grandes corporaciones y hace dos años recién se ha empezado a ver sus ventajas y matrices, los inicios de la implantación BIM en el país han sido motivadas por las nuevas tecnologías informáticas que son hoy en día el gran reto para las empresas privadas, el futuro del BIM en el Perú pasa por que los jóvenes profesionales de la arquitectura e ingeniería tengan una buena formación de la utilización y beneficios del BIM en forma completa y de calidad (EDITECA, 2018).

2.2.3 BENEFICIOS DE LA TECNOLOGÍA BIM

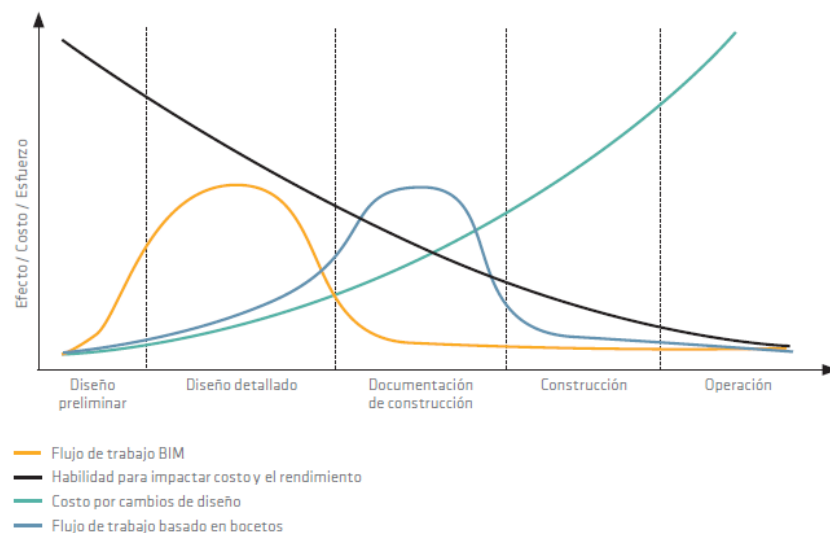
BIM es más que un modelo tridimensional, es un modelo que contiene información y es mucho más ventajosa que los modelamientos en 2D, y lo más ventajoso del modelo BIM es que los objetos tridimensionales contienen información real del proyecto, además este modelo permite una mejor coordinación entre las distintas disciplinas para un trabajo en equipo, también sirve como herramienta de gestión para realizar las cubicaciones, detectar interferencias, mejorando de esta manera notablemente la producción, reduciendo el tiempo de ejecución ya que con este modelo se toma una decisión anticipada y con mejor documentación (Rodríguez y Valdez, 2012).

El modelamiento BIM de los componentes que se tiene en el proyecto o edificación mejora la planificación del proyecto ya que es un diseño más detallado, reduciendo de esta manera los problemas en la ejecución de la obra. El otro beneficio es el modelamiento BIM 4D el cual se le agrega el factor tiempo al modelo 3D para visualizar la construcción en forma virtual a cualquier velocidad y desde cualquier punto de vista, de esta manera solucionando problemas de manera anticipada, permitiendo analizar la constructabilidad de forma dinámica (Valdez y Valenzuela, 2014).

La inversión de un proyecto en la fase inicial, como muestra la siguiente figura acerca del diseño en forma detallada con la tecnología BIM permite mejorar una reducción general de costos, centrando los esfuerzos tempranos en la fase de diseño esto mejora el tiempo y recursos posteriores, en la figura 02 se muestra la curva de MacLeamy la cual fue desarrollado por Patrick MacLeamy donde muestra las ventajas de la utilización del BIM respecto a la forma tradicional (SIKA, 2016).

Figura 2

Curva de Beneficio del BIM



Fuente: SIKA (2016)

Según SIKA (2016) al trabajar con la tecnología BIM en proyectos de edificación se obtienen los siguientes beneficios:

- Simplifica la detección temprana de discrepancias entre disciplinas: Evitando el doble trabajo con lo que se incrementa el tiempo y costo.
- Incremento en productividad: Mejorando el flujo de trabajo, con herramientas BIM permite cambios en los diseños de una manera más sencilla y rápida e incluyen en el modelo los datos que son compartidos a todo el equipo del proyecto ahorrando tiempo en la comunicación.
- Ahorro de tiempo y costos: Está ligado al incremento de la productividad, el cual se da por ahorro de mano de obra y costos de material, desde la fase de diseño a detalle hasta su construcción.
- Un más alto retorno de inversión (ROI): Más del 80 % de expertos BIM han asegurado que los retornos son positivos tras la utilización de dicha metodología.
- Ganar ventajas competitivas: La metodología BIM cada vez más es exigido por los clientes, por lo que hace que las empresas implemente dicha metodología para ser competitivos.
- Documentos efectivos de soporte: Todos los aspectos detallados de la edificación se encuentran en un modelo BIM por ende el modelo digital sirve para la construcción, ejecución y mantenimiento de la edificación.

2.2.4 LAS VENTAJAS DEL BIM

Son apreciables durante todo el ciclo de vida del proyecto, algunas de estas ventajas se mencionan a continuación (Gonsalves, 2016):

- En la etapa de planificación: el uso del BIM facilita la definición de los distintos requisitos del proyecto y su aceptación como ingeniería básica, también se utiliza como base para planeamientos previos.
- En la etapa de diseño: facilita la comunicación entre los profesionales de distintas disciplinas haciendo que la información este siempre actualizada y accesible, permite una toma de decisiones tempranas, mejora la comunicación y reduce las incoherencias, discrepancias entre

disciplinas mejorando así la calidad final del proyecto, permite analizar la constructabilidad, así como simular la construcción en forma virtual.

- En la construcción: permite que todos los participantes en el proyecto tengan un mejor control en la documentación y su permanente actualización facilita la realización de una planificación y control de costos más eficientes minimizando los errores en la planificación que impactan en el tiempo de ejecución, mejora el seguimiento mediante la visualización del avance de obra y su posible desviación, facilita la identificación de los controles de calidad a realizar, del proyecto, permite analizar la constructabilidad así como simular la construcción en forma virtual.
- En la construcción: permite que todos los participantes en el proyecto tengan un mejor control en la documentación y su permanente actualización facilita la realización de una planificación y control de costos más eficientes minimizando los errores en la planificación que impactan en el tiempo de ejecución, mejora el seguimiento mediante la visualización del avance de obra y su posible desviación, facilita la identificación de los controles de calidad a realizar, mismo al ser modificada por otro agente este modelo se actualiza automáticamente evitando errores de coordinación.
- Cooperación entre agentes: cada responsable aporta información al modelo el cual se comprueba con lo que aporta el resto así facilitar la coordinación entre distintos tipos de documentos.
- Toma de decisiones anticipada: al tener un modelo virtual o una maqueta virtual del proyecto se detectan problemas con anticipación, así como analizar el diseño o el modo de ejecutar dicho proyecto. Esto reduce en gran medida los imprevistos y modificaciones que se pudieran dar en la ejecución y mantenimiento de las obras.
- Calidad y rapidez: con el uso de la metodología BIM la calidad de los documentos aumenta considerablemente en las etapas de diseño, ejecución y en el mantenimiento de una obra. Con el tiempo ahorrado se invierte en mejorar aún más la calidad de los documentos.

- Economía: Todo lo indicado anteriormente conduce a la reducción de costos o ventajas económicas para todos los que intervienen en el proceso.

Las **ventajas del uso de la metodología BIM** en proyectos de edificación las cuales son las siguientes (Cerdán, 2016):

- Coordinación de la documentación: la documentación generada con la tecnología BIM siempre se encuentra actualizada y no se producen contradicciones ya que todos los datos se encuentran en un solo modelo asimismo al ser modificada por otro agente este modelo se actualiza automáticamente evitando errores de coordinación.
- Cooperación entre agentes: cada responsable aporta información al modelo el cual se comprueba con lo que aporta el resto así facilitar la coordinación entre distintos tipos de documentos.
- Toma de decisiones anticipada: al tener un modelo virtual o una maqueta virtual del proyecto se detectan problemas con anticipación, así como analizar el diseño o el modo de ejecutar dicho proyecto. Esto reduce en gran medida los imprevistos y modificaciones que se pudieran dar en la ejecución y mantenimiento de las obras.
- Calidad y rapidez: con el uso de la metodología BIM la calidad de los documentos aumenta considerablemente en las etapas de diseño, ejecución y en el mantenimiento de una obra. Con el tiempo ahorrado se invierte en mejorar aún más la calidad de los documentos.
- Economía: Todo lo indicado anteriormente conduce a la reducción de costos o ventajas económicas para todos los que intervienen en el proceso.

2.2.5 SOFTWARE PARA EL DESARROLLO DEL BIM

El software para el desarrollo de la tecnología BIM son capaces de lograr mejoras mediante representaciones graficas tridimensionales de los componentes que tiene un proyecto y son utilizado para el diseño y construcción de edificaciones, la representación gráfica basada en objetos 3D

es un cambio con respecto a lo tradicional CAD 2D, que se basa en representaciones vectorial. Hoy en día hay un cambio del CAD por el BIM esto quiere decir que hay varios software que tienen la capacidad para realizar diseños tridimensionales desde el inicio del proyecto al cual también se le ingresa información a los elementos que contienen el 3D, a su vez estos programas tienen la capacidad de integrar la ingeniería, especialidades, etc. (Rodríguez y Valdez, 2012).

Algunos programas para el desarrollo BIM más conocidos en el sector de construcción se mencionan a continuación:

Desde la década de los 80 existe las herramientas que permiten modelar edificaciones tridimensionalmente con el cual se han generado modelos casi realistas, sin embargo, no se ha utilizado para ver los procesos de construcción operación y mantenimiento de la edificación, hasta la llegada de la tecnología BIM (Mattos y Valderrama, 2014).

En los últimos 10 años, el dibujar en CAD, era líneas con color, grosor etc. pero solo era un dibujo a través de herramientas como el AutoCAD, ahora con la llegada de la tecnología BIM va más allá de solamente un dibujo, sino que con la ayuda de herramientas informáticas (software) y con los conocimientos se logra realizar un modelo virtual con elementos paramétricos o elementos que tienen características comerciales vale decir elementos que se encuentran en el mercado. (MSIBIM, 2016).

El sector de la construcción es bien conocido por tener extensa información y única para cada proyecto donde el trabajo en papel es hasta ahora una forma de comunicar la información a los distintos interesados o actores del proyecto. La comunicación que se tiene actualmente donde el cliente trasmite una idea al proyectista o arquitecto y este la interpreta y genera un modelo mental el cual la plasma en planos y especificaciones, seguidamente el ingeniero recibe la información del arquitecto y la interpreta de una forma distinta a la idea principal, finalmente llegará al constructor donde la interpreta de otra manera y realizara sus consultas y dudas, resultando así una mala comunicación en planos 2D por ende se genera retrasos al proyecto (Eyzaguirre, 2015).

Debido a la mala interpretación de los dibujos 2D por profesionales que intervienen en un proyecto. La comunicación y flujo de información de manera tradicional tiene muchas desventajas, el BIM ofrece mejorar el sistema de coordinación, supervisión y control del diseño de forma centralizada (Eyzaguirre, 2015). Con la metodología BIM en la etapa de construcción se obtienen distintos tipos de documentación, entre ellos tenemos los siguientes:

A. Estimación de cantidad de materiales

La estimación de cantidad o bien conocido en como metrados, con BIM se obtiene de una manera rápida y sencilla, después de finalizar el modelamiento 3D, ya que el modelo está representado por objetos paramétricos que tienen información no grafica como cantidad, dimensiones etc. para ello el software BIM genera reportes de los distintos objetos introducidos al modelo (Alcantara, 2013).

B. Detección de conflictos

La construcción de obra consiste en la materialización de la ingeniería de las distintas disciplinas, debido a que la ingeniería es desarrollada por varios profesionales existen conflictos que son detectados en el momento de la ejecución el cual generan pérdidas de costo y tiempo, sin embargo, con la tecnología BIM se detectan estos conflictos de una manera anticipada. Entre los beneficios para la detección de conflictos con BIM están: (Alcantara, 2013)

- Ayuda a la coordinación en la ingeniería del proyecto.
- Facilita la revisión en forma completa de los diseños.
- Permite la detección de conflictos de manera rápida.
- Brinda capacidad para explorar distintas opciones.
- Permite hacer el seguimiento de las actividades en la construcción.
- Minimiza los desperdicios y el reproceso.
- Ayuda a mejorar la calidad de los diseños.

C. Visualización

La visualización en la etapa de construcción ayuda a generar distintos escenarios de ejecución de la obra, esto ayuda a obtener mejor planificación de la obra, ya que la forma tradicional en realizar el planeamiento de obra es un factor crítico en la gerencia de proyectos (Alcantara, 2013).

D. Simulación 4D

Al modelo 3D se le agrega la planificación realizado en un software de gestión, de ello nace la construcción virtual o también denominado BIM 4D en el cual se visualiza la ejecución de la obra en forma virtual en base a lo planificado, con esta información se logra ver cómo va avanzando el proyecto de una forma gráfica de esta manera el manejo del 4D ayudará a reducir la variabilidad del proyecto, optimizando los tiempos en el ciclo de producción, en general ayuda a incrementar la confiabilidad de la planificación de obra (Alcantara, 2013).

2.2.6 CONSTRUCTABILIDAD

“Es la integración óptima del conocimiento y experiencia en construcción en la planificación, diseño, logística y operaciones de obra para alcanzar todos los objetivos del proyecto” (CII: Construction Industry Institute, 1986).

También se identifica como la integración de la experiencia de la construcción en la planificación y el diseño del proyecto (Mendelsohn, 2002).

“Es la integración del conocimiento de construcción en el proceso de gestación del proyecto equilibrando las varias condicionantes ambientales [externas] y del proyecto [internas] para cumplir los objetivos y obtener un rendimiento de edificio de óptimo nivel” (CII: Construction Industry Institute, 1996).

Es decir, la constructabilidad es la participación activa de personal con experiencia y capacidad en la industria de la construcción como en todas sus actividades preliminares a un proyecto. Esto ayuda a optimizar la fase de ejecución al prever en la fase de diseño o procura los problemas que pueda

presentarse en obra y así tomar medidas preventivas que permitan solucionar o reducir las interferencias e incompatibilidades de manera anticipada y ágil.

Es por esto que la Constructabilidad se convierte en una práctica muy eficiente para lograr mejoramientos en la gestión de proyectos de construcción, siendo una práctica que captura los conocimientos operacionales, no sólo para aplicarlos en la etapa de la construcción, sino sobre las etapas más tempranas y de niveles estratégicos como es la planificación y diseño, donde los beneficios pueden tener alto impacto resumidos en la optimización de costos.

En esta etapa, se lleva todo lo diseñado y plasmado en los documentos y planos a la realidad. Los errores mencionados en la etapa de diseño y planificación, son evidentes al no ser detectados a tiempo, generando retrasos en la obra, muchas veces el constructor no es el mismo que el proyectista, entonces toda modificación en obra deberá ser consultada y la respuesta no suele ser inmediata, estos retrasos originan pérdida de tiempo y dinero, cada uno de los replanteos deberá ser aprobado por el proyectista, calculista y el cliente.

2.2.7 LÍMITES DE LA CONSTRUCTABILIDAD

Los objetivos de la constructabilidad están limitados por el ámbito que pretende cubrir. En 1983, CIRIA (CIRIA: Construction Industry Research & Information Association) limitó su ámbito de aplicación a la relación entre diseño y construcción. Este límite es bastante restrictivo, puesto que considera la constructabilidad como una actividad de diseño orientado a la producción. En este sentido no existe consenso en cuanto a los límites de su ámbito de aplicación; si son demasiado amplios la constructabilidad se reduce a un conjunto de reglas y consejos con una muy pequeña implementación práctica y si son muy reducidos no se desarrolla el potencial que conlleva una herramienta como esta.

La constructabilidad desarrolla todo su potencial cuando se reconoce la compleja interacción de los factores que afectan a los procesos de diseño, construcción y mantenimiento en el ámbito del proyecto. Por tanto, su objetivo no está orientado únicamente a la facilidad de construcción del proyecto, sino

que intenta ser un sistema por el cual se busca la facilidad constructiva y la calidad del producto resultante en las decisiones acerca de la ejecución de la obra, como respuesta a los factores que influyen en el proyecto y los objetivos del mismo, Por lo tanto, la constructabilidad no finaliza con la ejecución de la obra, sino que engloba las actividades de mantenimiento (instalaciones, reposición de materiales, acabados etc.) con una importancia análoga.

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

Tecnología BIM, es una metodología de trabajo colaborativo, sustentada en el modelamiento digital de la información, aplicable a las fases de formulación y evaluación, ejecución y funcionamiento de proyectos de inversión que contienen componentes de la infraestructura (D.S. 289-2019-EF).

Constructabilidad, es la integración de la experiencia de la construcción en la planificación y el diseño del proyecto (Mendelsohn, 2002).

Optimización, es buscar la mejor manera de realizar una actividad (Real Academia Española, 2019).

Construcción Tradicional, forma de denominar a la construcción que sigue ideas, normas o formas de construcción del pasado que se han establecido por medio de la experimentación.

Incompatibilidad, son aquellas incoherencias que no permiten que guarden relación entre sí, una especialidad con otra (Real Academia Española, 2019).

Retrabajo, es realizar una actividad más de una vez (Real Academia Española, 2019).

Interoperatividad, herramienta que permite el trabajo colaborativo entre los especialistas y stakeholders (Real Academia Española, 2019).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 MÉTODOS Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación se realizará mediante el método científico cuantitativo, debido a que se va a medir la optimización de la constructabilidad mediante la aplicación de tecnologías BIM en proyectos de ingeniería civil en la ciudad de Arequipa.

Con respecto al alcance de la investigación, es descriptiva, ya que se analizará la relación que existe entre las dos variables planteadas y a su vez se realizará la comparación del modelo tradicional y el modelo con aplicación de tecnologías BIM.

De tal forma que, describe la influencia de las herramientas BIM para la optimización de la constructabilidad, mediante la recopilación de información de un proyecto de ingeniería civil en la fase de diseño; dicha la información que obtendremos servirá para entender perfectamente el problema de estudio (Namakforoosh, 2005).

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo de investigación, es no experimental, dicha investigación se lleva a cabo sin realizar la manipulación de las variables independientes, basándose en ocurrencias de las variables, sin la necesidad de una intervención directa del investigador (Hernandez, y otros, 1991).

Del párrafo anterior se entiende que no se ejecutará ningún experimento, lo que se busca es validar la hipótesis en base al diseño de un modelo tradicional ya realizado.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1 POBLACIÓN

Se encuentra definida por la totalidad de proyectos de construcción realizados por una empresa constructora de la ciudad de Arequipa, dedicada al diseño y ejecución de proyectos de Ingeniería civil y que al año realiza más de siete proyectos. La investigación cuenta con una población de cinco proyectos de edificaciones ejecutados en el año 2019.

3.3.2 MUESTRA

El muestreo es no probabilístico por conveniencia, ya que se ha realizado el estudio en base a información a la que se ha podido acceder, por razones de confidencialidad de datos de la empresa constructora, y que establece una clara limitación.

Según Namakforoosh (2005) es parte del muestreo determinístico, en este muestreo hay que tener previo conocimiento de los elementos poblacionales y los elementos muestrales serán seleccionados bajo estricto juicio personal del investigador. Según Arias (2012), la muestra “es un representante de un subconjunto y el fin que se extrae de la población accesible”. En este tipo de muestreo, nos indica que los elementos deben ser escogidos en base al criterio del investigador.

Para la elección de la muestra se ha considerado un Proyecto de Vivienda de mediana envergadura que no aplica las tecnologías BIM, con la información permitida de una empresa constructora. Por confidencialidad de la información no se revelará el nombre de la empresa.

3.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se ha llevado a cabo a través de la técnica de revisión documentaria con la aplicación de instrumentos como fichas de análisis de observación; que permiten tener la información a manera de datos consignando un código para cada ficha para su análisis posterior, según como se muestra en la siguiente Tabla 2.

Tabla 2*Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos*

Variable	Técnicas	Instrumentos
Aplicación de Tecnologías BIM	Revisión documental	Ficha de Observaciones de incompatibilidades por especialidades
Optimización de la Constructabilidad	Revisión documental	Fichas de identificación de reducción de retrabajos

Fuente: Elaboración Propia

3.5 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Las técnicas a utilizar para el proceso de análisis de datos, son los siguientes softwares especializados:

Tabla 3*Técnicas e Instrumentos de Análisis de Datos*

Variable	Técnicas	Instrumentos
Aplicación de Tecnologías BIM	Modelación 3d	Software especializado BIM
Optimización de la Constructabilidad	Gráfico de Barras	Microsoft Office- Excel

Fuente: Elaboración Propia

Para lograr el análisis de datos se realizó el diseño y construcción virtual del modelo del Proyecto de Vivienda, mediante la utilización de Tecnologías BIM, el modelo contempla los elementos más representativos en las especialidades de Ingeniería civil y arquitectura, considerando las partidas que tienen mayor incidencia y repercusión en el proyecto.

Finalmente, se realizó el procesamiento de los datos obtenidos del software BIM a través de una propuesta de matriz de tabulación en el programa Excel, el mismo que nos permitirá procesar la información a través de tablas comparativas del diseño del modelo tradicional y el modelo con la aplicación de tecnologías BIM; como resultado se generó gráficos de barras con sus respectivas interpretaciones de los análisis.

CAPÍTULO IV

MODELAMIENTO Y RESULTADOS

4.1 PROCEDIMIENTO DE LA DOCUMENTACIÓN

4.1.1 DOCUMENTACIÓN DE ANÁLISIS DE MODELAMIENTO

Se ha elaborado el modelo BIM en una etapa inicial, como es el diseño de una Vivienda Multifamiliar de cuatro pisos más azotea y que consta de un departamento por cada nivel.

Con la información del proyecto en formato CAD en etapa de diseño, se ha procedido al modelado con tecnologías BIM para realizar el respectivo análisis materia de objeto del estudio.

4.1.2 ELEMENTOS ESTRUCTURANTES PARA EL MODELAMIENTO BIM

Los elementos Estructurantes que formaran parte del modelo BIM, son las partidas de mayor incidencia en el proyecto, logrando conformar las siguientes partidas en la construcción: Zapatas, columnas y placas, cimientos, vigas de cimentación, muros portantes y no portantes, vigas, vaciado de losas y escaleras.

Se ha procedido a elaborar el modelo de acuerdo al proceso constructivo. Logrando de este modo detectar ciertos tipos de errores en el diseño del proyecto, evidenciándose de manera tridimensional en el modelo BIM, y anotándose en las ficha de observación cualquier discrepancia para el análisis correspondiente.

Asimismo, el procedimiento realizado ha sido identificar los errores, mediante los siguientes caracteres:

Tabla 4

Datos que Permiten la Identificación de Conflictos

Ítem	Generación de código único
Partida	Ejecución de una determinada actividad en el proceso constructivo
Elemento	Identifica el elemento de análisis de forma independiente
Nivel	A la ubicación a nivel de altura según sea el caso
Ubicación	A través de los ejes numéricos y alfabéticos
Tipo	Indicador de error como incompatibilidad, graficación, ausencia, repetición
Identificadores	Entre los elementos que no guardan relación y se consideran algún tipo de error
Descripción	Escrito breve de los elementos en contraste

Fuente: Elaboración Propia

4.2 ANÁLISIS DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL MODELO BIM

A continuación se muestra el proceso constructivo partida a partida de los elementos estructurantes de los planos de estructuras y arquitectura, logrando identificar los siguientes errores.

4.2.1 PARTIDAS

- **EJES Y ZAPATAS**

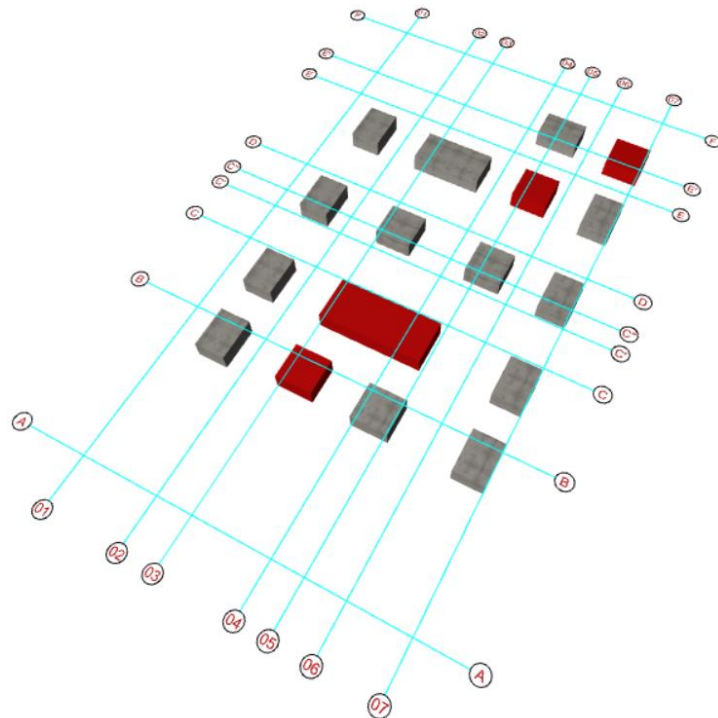
Se procedió con el trazo de ejes sobre el nivel de terreno, así como la colocación de las zapatas, logrando detectar algunos errores de incompatibilidades entre el plano de cimentación y el cuadro de zapatas, que mostraban medidas distintas. Ver anexo 2

Detectado el error se ha llenado la ficha de observación con los ítems E_01, E_02, E_03 y E_04, los mismos que por contener otras características en el plano deberán complementarse sus respectivos detalles, así como también darles una nueva nomenclatura y actualizar la información pertinente.

A continuación se muestra el modelamiento de los ejes y de las zapatas, las que tienen coloración rojo son las que presentan incompatibilidades según el párrafo anterior y que a su vez requieren de revisiones.

Figura 3

Modelamiento BIM de Ejes y Zapatas



Fuente: Elaboración Propia

- **COLUMNAS Y PLACAS**

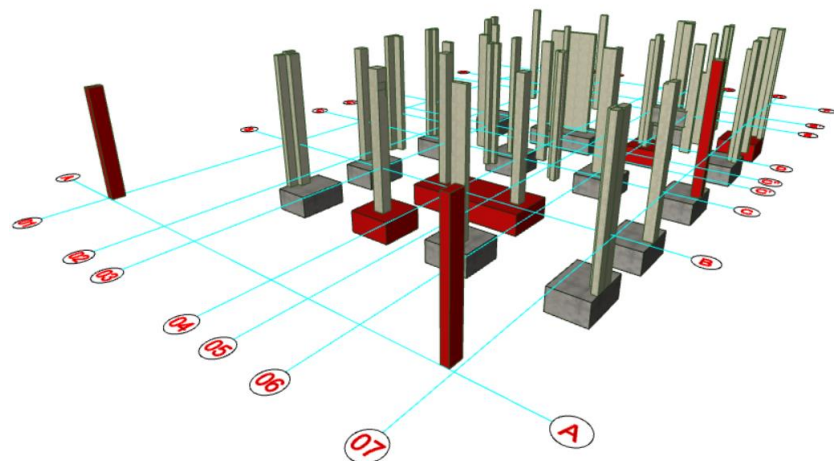
Se procedió con el modelado de las columnas, placas, así como las columnetas denominadas C-A, según cada tipo y el detalle de columnas, seguidamente se realizó la colocación de columnas en los ejes indicados, obteniéndose los siguientes errores que fueron identificados y llenados en la ficha de observación con los ítems E_05, E_06, E_07 y E_08.

Resultando que la Columna C-1 y columnetas C-A presentaban una menor y mayor dimensión respectivamente en el plano de cimentación en relación al detalle de columnas. Por otro lado la columna C-8 se consignaba en el cuadro de columnas y no se encuentra en el plano de cimentación.

A continuación se muestra el modelamiento acumulativo incluyendo las partidas de columnas, placas y columnetas, lo graficado en coloración rojo son las que presentan incompatibilidades según el párrafo anterior y que a su vez requieren las revisiones respectivas.

Figura 4

Modelo BIM de Columnas, Placas y Columnetas



Fuente: Elaboración Propia

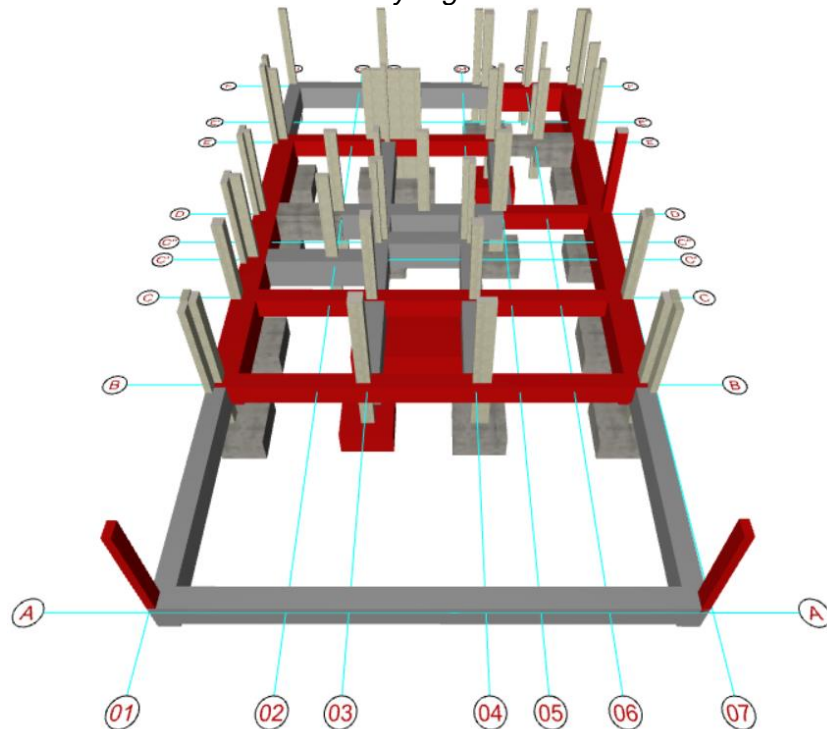
- **CIMIENTOS CORRIDOS Y VIGAS DE CIMENTACIÓN**

Se procedió con el modelado de los cimientos y vigas de cimentación según el detalle de cimientos, se prosiguió con colocación de los cimientos en los ejes indicados, obteniéndose los errores comprendidos en la ficha de observación con los ítems E_09 al E_22.

Resultando que los elementos presentan mayores o menores dimensiones en el ancho de la planta de cimentación. A continuación se muestra el modelamiento acumulativo, con la presente partida, lo que tiene coloración rojo son las que presentan incompatibilidades y que a su vez requieren las revisiones respectivas.

Figura 5

Modelamiento BIM de Cimientos y Vigas de Cimentación



Fuente: Elaboración Propia

- **MUROS PORTANTES Y NO PORTANTES**

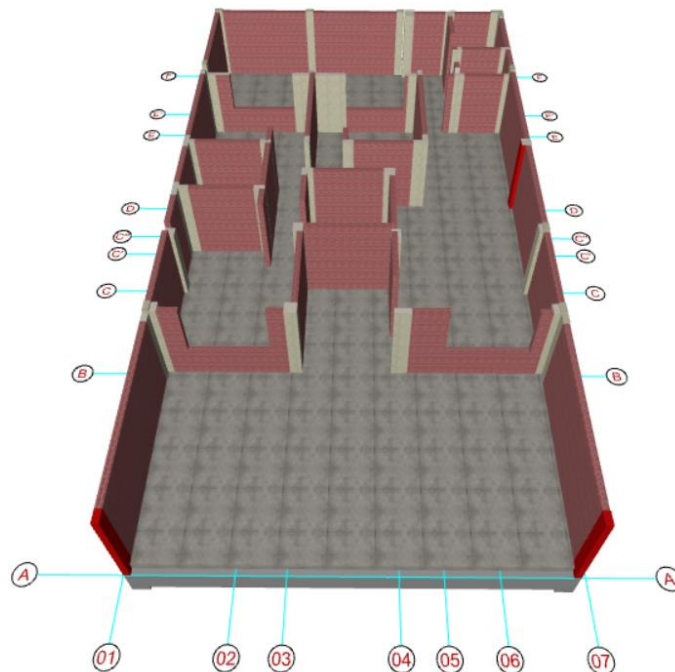
Al modelar los muros portantes y no portantes, se identificaron los errores E_23 al E_47 que se tienen en forma detallada en la ficha de observación.

Los mayores inconvenientes encontrados han sido en referencia a los vanos tanto puertas, como ventanas que no guardaban relación respecto a sus dimensiones. En las ventanas ubicadas debajo de vigas peraltadas existen conflictos porque no puede colocarse las alturas definidas en la arquitectura, conteniendo de esta forma incompatibilidades entre las especialidades de arquitectura y estructuras que requieren revisión. Así también existen errores de información respecto al texto que brinda las dimensiones de los vanos en los planos que no concuerdan con lo graficado.

A continuación se muestra el modelamiento acumulativo, con la presente partida.

Figura 6

Modelamiento BIM de Muros Portantes y no Portantes



Fuente: Elaboración Propia

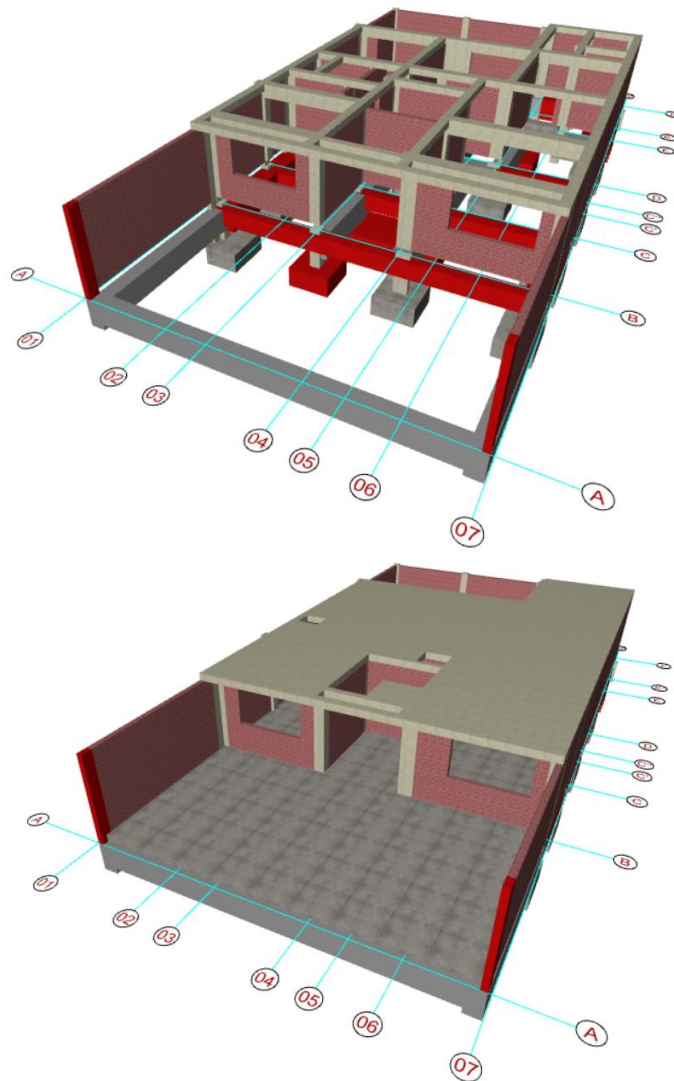
- **VIGAS Y VACIADO DE LOSAS**

Se procedido al modelamiento de cada una de las vigas según el detalle de vigas, para luego ser colocadas según el plano de encofrado, no encontrándose errores de graficación, pero si existió un conflicto con la siguiente partida de escaleras.

A continuación se muestra la partida de Vigas y vaciado de losas de forma paralela para mayor ilustración.

Figura 7

Modelamiento BIM de Vigas y Vaciado de Losas



Fuente: Elaboración Propia

- **ESCALERAS**

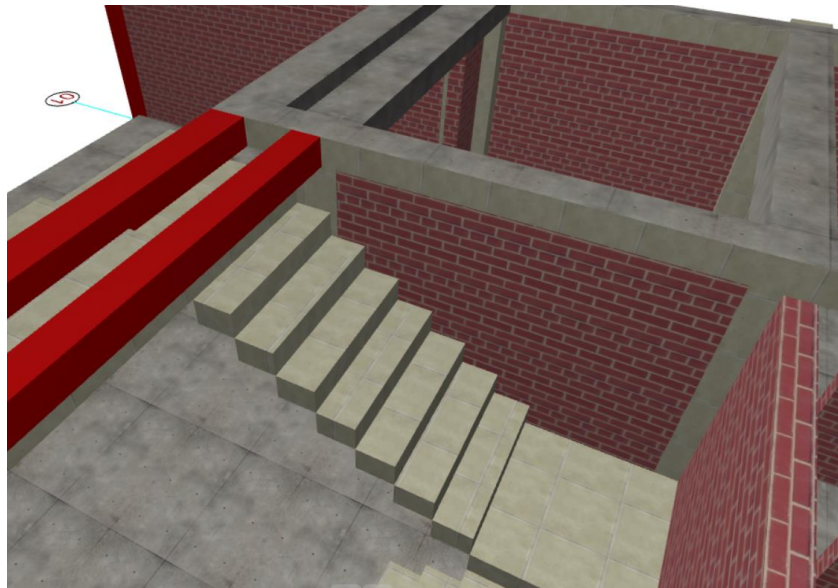
Al modelar las escaleras se obtuvo las observaciones E_53 al E_56 que se encuentra de forma detallada en la ficha de observación.

Resultado del modelamiento se evidencio un conflicto mayor, ya que se plantearon las vigas V-A y V-101, que no permiten la circulación vertical y acceso al segundo nivel, este error persiste en los 4 niveles, requiere de revisión y replanteo por las especialidades de estructuras y de ser el caso arquitectura.

A continuación se muestra la partida de las escaleras con la observación detallada en el párrafo anterior, para mayor ilustración, se ha realizado un corte transversal.

Figura 8

Corte Tridimensional de Conflicto entre Escalera y Vigas



Fuente: Elaboración Propia

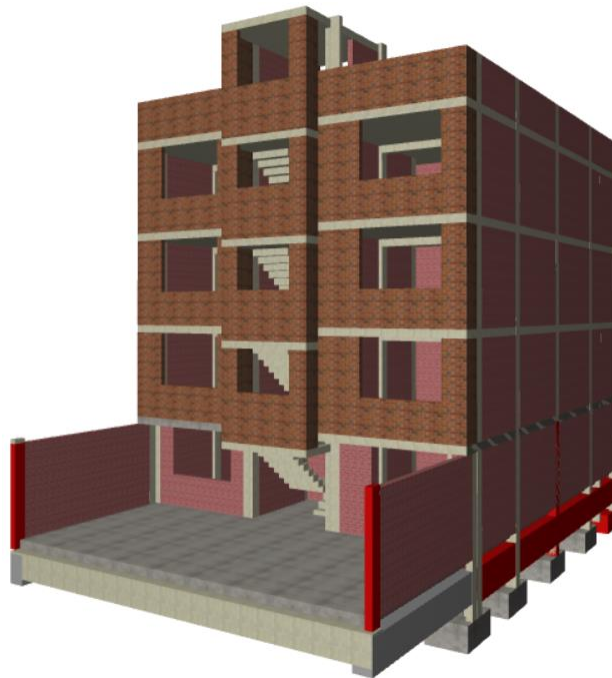
- Finalmente se procedió a ejecutar los siguientes niveles, según el orden del sistema constructivo, donde al igual que en el primer nivel, se mantienen los mismos errores en las mismas ubicaciones y localizaciones, para mayor detalle se tienen los errores de los ítems

E_24 al E_26, E_28 al E_30, E_32 al E_34, E_36 al E_42, E_44 al E_47, E_49 al E_52, E_54 al E_56 detallados en la ficha de observación.

A continuación se muestra, el siguiente modelo de la vivienda multifamiliar de 4 pisos más azotea.

Figura 9

Modelado Final



Fuente: Elaboración Propia

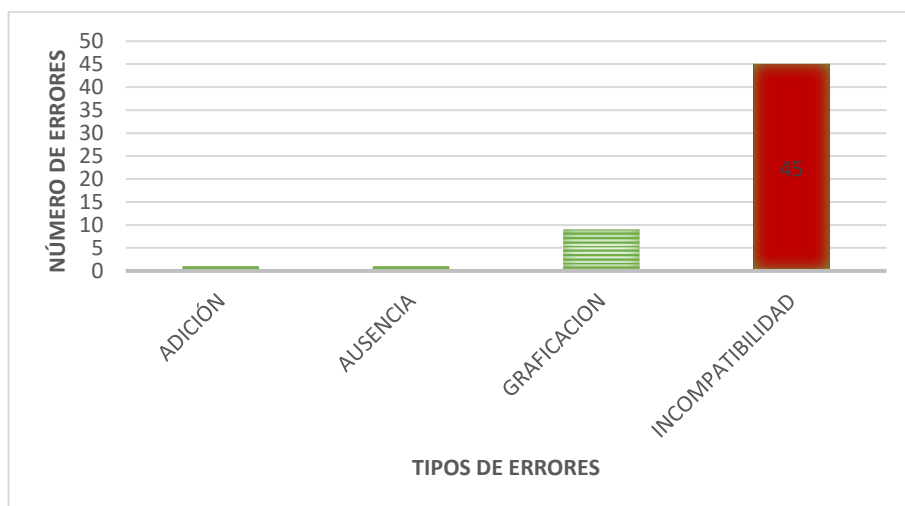
4.3 OBTENCIÓN DE RESULTADOS DEL MODELAMIENTO BIM

4.3.1 ANÁLISIS DE ELEMENTOS ESTRUCTURANTES

Del modelamiento BIM en la fase de diseño y en conjunto con las fichas de observación, se ha obtenido las siguientes falencias que se muestra en la figura a continuación, donde se puede evidenciar el número de observaciones totales resultantes según el tipo de error.

Figura 10

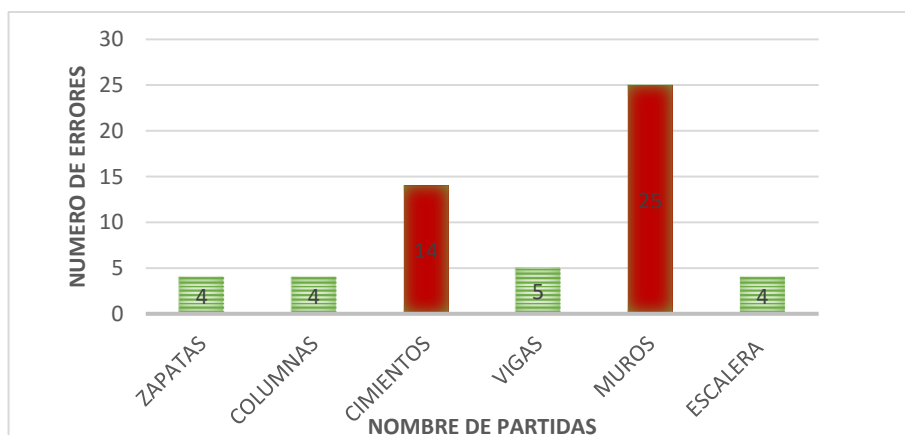
Cantidad de Errores por Tipos



Fuente: Elaboración Propia

Figura 11

Cantidad de Errores por Partidas

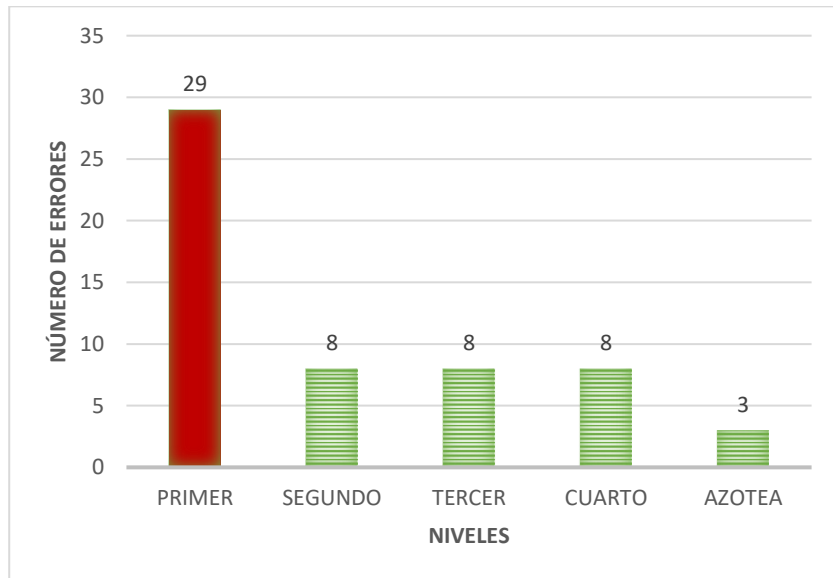


Fuente: Elaboración Propia

Así también, las siguientes figuras demuestran que existe un mayor de número de errores en el primer nivel, esto es debido a que presenta mayor número de partidas por contener las obras de cimentación, zapatas, entre otros.

Figura 12

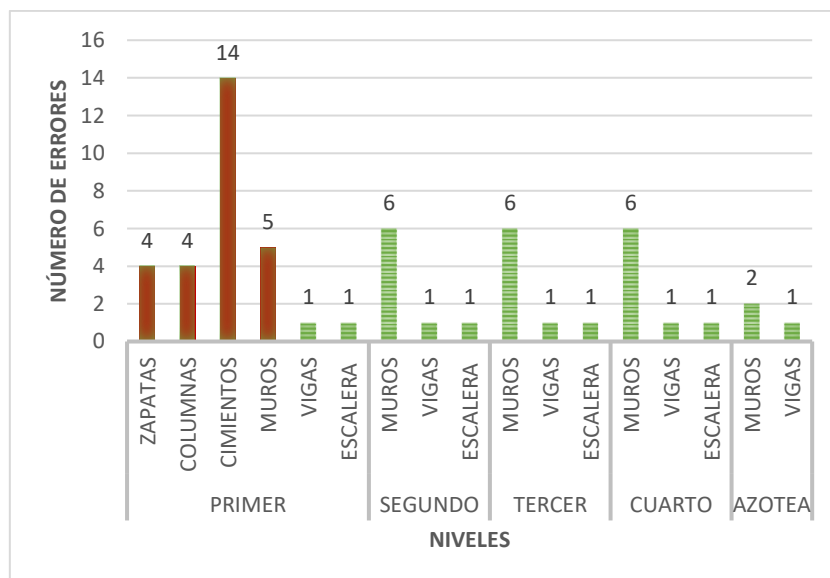
Cantidad de Errores por Nivel



Fuente: Elaboración Propia

Figura 13

Cantidad de Errores por Nivel y Partidas

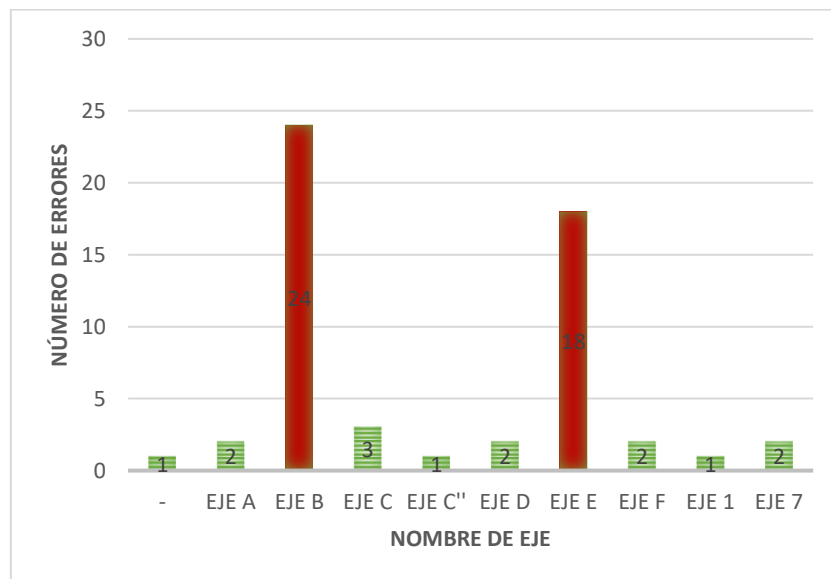


Fuente: Elaboración Propia

La figura 14 nos muestra que los ejes B y E, presentan mayor número de errores y estos se encuentran ubicados en la parte frontal y posterior de nuestra vivienda multifamiliar, esto es debido a que encontraron mayor incidencia de errores por el encuentro de vigas con la escalera y vigas con vanos que no permitían tener la altura indicada en la especialidad de arquitectura respectivamente.

Figura 14

Cantidad de Errores por su Ubicación



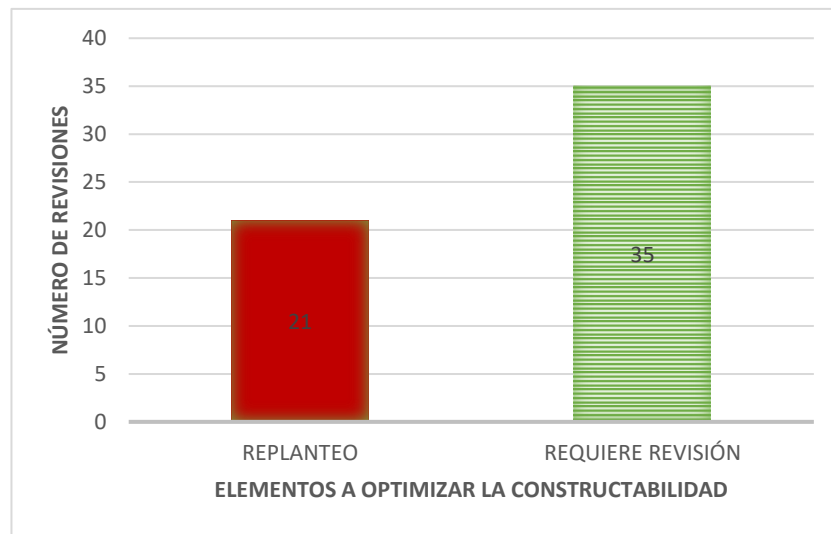
Fuente: Elaboración Propia

Al procesar el modelo con tecnologías BIM se han encontrado el 100% de coincidencias en el total de elementos construidos, con un área construida total de 440.70 m² en un área de terreno de 170.20 m².

Del proceso de elementos observados producto del diseño del modelo tradicional, se detectaron un total de 56 errores de los cuales 21 errores corresponden al 38% del total y requieren de replanteo por ser errores de incompatibilidades mayores entre los planos de arquitectura y estructuras, que no permiten la armonización entre ambas especialidades causando conflictos funcionales.

Figura 15

Elementos de Potenciales a Optimizar la Constructabilidad



Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se ha evidenciado las siguientes diferencias entre diseño del modelo tradicional y la aplicación de Tecnologías BIM en la muestra.

Tabla 5

Comparativa del Diseño del Modelo Tradicional y Aplicación de Tecnologías BIM

Diseño del Modelo Tradicional	Aplicación de Tecnologías BIM
Elementos discordantes entre documentación	Elementos concordantes entre sí
Susceptible a errores manuales	Menor número de errores, por ser una herramienta automatizada
Se muestran elementos adicionales, no empleados en el proyecto	Los elementos mostrados pertenecen al proyecto integral
Los cambios se deben realizar uno a uno y detectados por el cadista	Automatización de cambios en tiempo real
La graficación es bidimensional	El modelado es tridimensional
No permite explorar distintas alternativas hasta no concluir todo un gráfico manual	Permite explorar distintas alternativas de diseño con menor esfuerzo
No permite la interoperatividad	Permite tomar decisiones interoperativamente
No permite la detección de errores por ser manual	Permite la detección de errores en tiempo real
No permite la visualización del proyecto	Permite la visualización del proyecto en 3d

Fuente: Elaboración Propia

CONCLUSIONES

- Es importante que se implementen los procedimientos y capacitaciones necesarias para la aplicación de tecnologías BIM en todos los niveles de la construcción por el valor agregado que se logra incluso desde una etapa inicial como es el diseño a fin de optimizar la constructabilidad de los proyectos de ingeniería civil.
- Se logró demostrar que las tecnologías BIM permiten optimizar la constructabilidad desde una etapa inicial, como es el diseño y construir virtualmente una obra, antes de construir una obra real. Tal como la muestra de estudio, ha evidenciado un total de 56 errores en los planos de estructuras y arquitectura, que son las especialidades en las que inciden mayor cantidad de partidas en un proyecto. Demostrándose en la muestra analizada, que el diseño de forma tradicional de un proyecto, puede contener errores, concluyendo que cada proyecto es único y que en el proceso de diseño pueden surgir cambios, que a su vez estos pueden generar incompatibilidades, concluyendo que el diseño de modelo tradicional es altamente susceptible a errores humanos que se escapan como parte del proceso.
- La aplicación de tecnologías BIM ayuda a la optimización de la constructabilidad, en la etapa de diseño de una obra de construcción, ya que gracias a su interfaz permite realizar la comunicación entre los especialistas que intervienen en un proyecto de ingeniería civil, logrando detectar los errores a tiempo y en una fase inicial, que facilita la toma de decisiones. Por consiguiente de esta forma dichos errores no pasan a una siguiente fase, como lo es la ejecución del proyecto. Logrando detectar los errores a tiempo, además de generar un valor adicional respecto a la calidad de la obra ejecutada. De esta forma se evitan los retrabajos, o no encontrar soluciones a errores ya ejecutados, que traen consecuencias como lo son incumplir con el alcance, costo y tiempo de un proyecto.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que las tecnologías BIM sean materia de capacitaciones para el sector de la industria de la construcción en todos sus niveles y de este modo se pueda optimizar la constructabilidad de los proyectos desde una etapa inicial.
- Se recomienda considerar la implementación y difusión de tecnologías BIM (Modelo de Información de la Construcción) en proyectos de ingeniería civil de cualquier escala desde la etapa de diseño, ya que se ha demostrado que nos permite explorar el entregable antes de construirlo, y lograr mejoras para optimizar la constructabilidad y de esta manera lograr la facilidad de la construcción en todas su etapas, buscando la economía, rapidez y calidad del entregable.
- Es recomendable que durante el proceso de modelación, se realice de acuerdo al proceso constructivo, para no incurrir en errores que podrían llevarse a la etapa de ejecución, por lo que es importante tener un procedimiento adecuado y el equipo profesional capacitado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALCANTARA, Paul. Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2013. 20 pp. Disponible en https://www.academia.edu/6750988/Tesis_BIM_Vladimir_Alcantara
- ARIAS, Fidias. El proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica. 6.a ed. Venezuela: Episteme, C.A., 2012. 67 pp.
ISBN: 9800785299
- CESPEDES, Alejandro y MAMANI, Carlos. Modelo de gestión de proyecto aplicando la metodología Building Information Modeling (BIM) en la planta agroindustrial de Lurín. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad San Martín de Porres, 2016. 16 pp. Disponible en <http://repositorio.usmp.edu.pe/handle/usmp/2280>
- CERDÁN, Alberto. Que es el BIM y sus ventajas. Revista española [en línea]. Octubre 2006, n.º 116. [Fecha de consulta: 18 de diciembre de 2019]. Disponible en http://www.coitialicante.es/repositorio/documentos/revistas/2016/revista_coitia_116.pdf
ISSN: 1696-9200
- Constructibility. A Premier [en línea]. Construction Industry Institute. [1986?]. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2019]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93464/21ANNEXK.pdf>
- ESPINOZA, Jaime y PACHECO, Roberto. Mejoramiento de la constructabilidad mediante herramientas BIM. Tesis (Título de Magister en Dirección de la Construcción). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2014. 123 pp. Disponible en <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/332303>
- EYZAGUIRRE, Paul. Potenciando la capacidad de análisis y comunicación de los proyectos de construcción, mediante herramientas virtuales BIM 4D durante la etapa

de planificación. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015. 12 pp. Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6414>

- FARFÁN, Edwin y CHAVIL, Jorge. Análisis y evaluación de la implementación de la metodología BIM en empresas peruanas. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2016. 5 pp. Disponible en <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/621662>
- GONZÁLES, Carlos. Building Information Modeling: Metodología, aplicaciones y ventajas. Casos prácticos en gestión de proyectos. Tesis (Título de Máster en Ingeniería de Edificación). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2015. 4 pp. Disponible en <https://riunet.upv.es/handle/10251/56357>
- HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y Baptista, Pilar. Metodología de la investigación. 1.a. ed. México DF: McGraw - Hill Interamericana de México, 1991. 34 pp.
ISBN: 9684229313
- JULCAMORO, Patricia. Implementación de la metodología BIM con Revit en la fase de diseño de expediente técnico de edificaciones del Gobierno Regional de Cajamarca –2018. Tesis (Título de Ingeniera Civil). Cajamarca: Universidad Privada del Norte, 2019. 8 pp. Disponible en <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/22181>
- KYMMELL, Willem. Building Information Modeling: Planning and Managing Construction Projects with 4D CAD and Simulations [en línea]. 1.a ed. Estados Unidos: The McGraw-Hill Companies, Inc., 2008 [fecha de consulta: 8 de noviembre de 2019]. Disponible en: <https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071494533>
ISBN: 9780071494533
- MATTOS, Aldo y VALDERRAMA, Fernando. Métodos de planificación y control de obras del diagrama de barras al BIM. Barcelona: Editorial Reverté SA, 2014. 39 pp.
ISBN: 9788429131048

- MILLASAKY, Carlos. Cuantificación de los beneficios económicos de subcontratar servicios BIM (Building Information Modeling) en la etapa de diseño para proyectos de edificaciones en Lima metropolitana. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2018. [3] pp. Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12112>
- MINISTERIO de economía y finanzas (Perú), D. S. 289-2019-EF: Disposiciones para la incorporación progresiva de BIM en la inversión pública. Lima, 2019. 607768 pp
- MONFORT, Carla. Impacto del BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura. Un proyecto con Revit. Tesis (Título de Arquitecta). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia, 2014. 4 pp. Disponible en <https://riunet.upv.es/handle/10251/55201>
- NAMAKFOROOSH, Mohammad. Metodología de la investigación. 2.a ed. México: Limusa, 2007. 59 pp.
ISBN: 9789681855178
- TAPIA, Gerson. Primer estudio del nivel de adopción BIM en proyectos de edificación en Lima Metropolitana y Callao. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2018. [3] pp. Disponible en <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/12255>

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de Observación

FICHA DE OBSERVACIÓN

PROYECTO: _____

NIVELES: _____

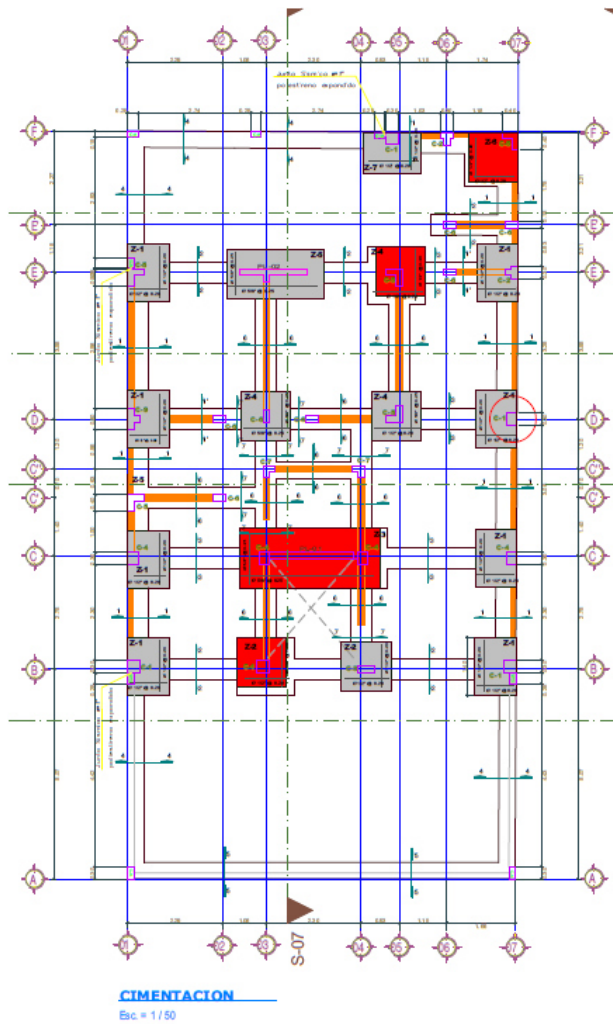
AREA TERRENO: _____

AREA COSTRUIDA: _____

FECHA: _____

ITEM	PARTIDA	ELEMENTO	NIVEL	UBICACIÓN	LOCALIZACIÓN	TIPO	IDENTIFICADORES	DESCRIPCIÓN
CU_01								
CU_02								
CU_03								
CU_04								
CU_05								
CU_06								
CU_07								
CU_08								
CU_09								
CU_10								
CU_11								
CU_12								
CU_13								
CU_14								
CU_15								
CU_16								
CU_17								
CU_18								
CU_19								
CU_20								
CU_21								
CU_22								
CU_23								
CU_24								
CU_25								
CU_26								
CU_27								
CU_28								
CU_29								
CU_30								

Anexo 2: Incompatibilidad de la Partida Zapatas



CUADRO DE ZAPATAS			
TIPO	ZAPATA (Z-01)	ZAPATA (Z-02)	ZAPATA (Z-04)
SECCIÓN			
TIPO	ZAPATA (Z-05)		ZAPATA (Z-06)
SECCIÓN			
TIPO	ZAPATA (Z-08)		ZAPATA (Z-07)
SECCIÓN			

Anexo 3: Contenido de Ficha de Observación

PROYECTO:	VIVIENDA MULTIFAMILIAR
NIVELES:	4 PISOS + AZOTEA
AREA TERRENO:	170.20 m ²
AREA COSTRUIDA	444.70 m ²
FECHA:	DICIEMBRE-2019

ITEM	PARTIDA	ELEMENTO	NIVEL	UBICACIÓN	LOCALIZACIÓN	TIPO	IDENTIFICADORES	DESCRIPCIÓN
E_01	ZAPATAS	Z-2	PRIMER	EJE B	EJE 3	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cimentación/ cuadro de zapatas	La zapata en el plano de cimentación es de mayor dimensión
E_02	ZAPATAS	Z-3	PRIMER	EJE C	EJES 3 Y 4	GRAFICACION	Cuadro de zapatas	Se ha graficado erróneamente 3.40m., y acotado 3.55m
E_03	ZAPATAS	Z-4	PRIMER	EJE E	EJE 5	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cimentación/ cuadro de zapatas	La zapata en el plano de cimentación es de mayor dimensión
E_04	ZAPATAS	Z-6	PRIMER	EJE F	EJE 7	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cimentación/ cuadro de zapatas	La zapata en el plano de cimentación es de mayor dimensión
E_05	COLUMNAS	C-1	PRIMER	EJE 7	EJE D	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cimentación/ cuadro de columnas	La columna en el plano de cimentación es de menor dimensión
E_06	COLUMNAS	C-8	PRIMER	-	-	ADICIÓN	Cuadro de columnas	La columna no se encuentra en el plano de cimentación
E_07	COLUMNAS	C-A	PRIMER	EJE A	EJE 1	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cimentación/ detalle de columneta	La columneta de amarre en el plano de cimentación es de mayor dimensión
E_08	COLUMNAS	C-A	PRIMER	EJE A	EJE 7	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cimentación/ detalle de columneta	La columneta de amarre en el plano de cimentación es de mayor dimensión
E_09	CIMIENTOS	SECCION 1-1	PRIMER	EJE 1	EJES B-E	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cimentación/ detalle de cimiento	El cimiento en el plano de cimentación es de menor dimensión
E_10	CIMIENTOS	SECCION 1-1	PRIMER	EJE 7	EJES B-E	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cimentación/ detalle de cimiento	El cimiento en el plano de cimentación es de menor dimensión
E_11	CIMIENTOS	SECCION 1'-1'	PRIMER	EJE D	EJE 1-3	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cementación/ detalle de cimiento	El cimiento en el plano de cimentación es de menor dimensión
E_12	CIMIENTOS	SECCION 1'-1'	PRIMER	EJE E	EJE 6-7	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cementación/ detalle de cimiento	El cimiento en el plano de cimentación es de menor dimensión

E_13	CIMIENTOS	SECCION 2-2	PRIMER	EJE B	EJE 1-7	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cementación/ detalle de cimient	El cimient
E_14	CIMIENTOS	SECCION 2-2	PRIMER	EJE E	EJE 1-5	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cementación/ detalle de cimient	El cimient
E_15	CIMIENTOS	SECCION 2-2	PRIMER	EJE F	EJE 5-7	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cementación/ detalle de cimient	El cimient
E_16	CIMIENTOS	SECCION 3-3	PRIMER	EJE C	EJE 1-7	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cementación/ detalle de cimient	El cimient
E_17	CIMIENTOS	SECCION 3-3	PRIMER	EJE D	EJE 5-7	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cementación/ detalle de cimient	El cimient
E_18	CIMIENTOS	SECCION 3-3	PRIMER	EJE E	EJE 5-6	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cementación/ detalle de cimient	El cimient
E_19	CIMIENTOS	SECCION 4-4	PRIMER	EJE E	EJE 5-6	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cementación/ detalle de cimient	El cimient
E_20	CIMIENTOS	SECCION 4-4	PRIMER	EJE E	EJE 5-6	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cementación/ detalle de cimient	El cimient
E_21	CIMIENTOS	SECCION 6-6	PRIMER	EJE C''	EJE 3-4	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cementación/ detalle de cimient	El cimient
E_22	CIMIENTOS	S/N	PRIMER	EJE B	EJE 3-4	AUSENCIA	Plano de cementación	En el plano de cementación no indica el tipo de cimient
E_23	MUROS	VANO	PRIMER	EJE B	EJE 1-3	GRAFICACION	Ventana y dimensiones del vano	Las dimensiones del vano no concuerdan con los planos
E_24	MUROS	VANO	SEGUNDO	EJE B	EJE 1-3	GRAFICACION	Ventana y dimensiones del vano	Las dimensiones del vano no concuerdan con los planos
E_25	MUROS	VANO	TERCER	EJE B	EJE 1-3	GRAFICACION	Ventana y dimensiones del vano	Las dimensiones del vano no concuerdan con los planos
E_26	MUROS	VANO	CUARTO	EJE B	EJE 1-3	GRAFICACION	Ventana y dimensiones del vano	Las dimensiones del vano no concuerdan con los planos
E_27	MUROS	VANO	PRIMER	EJE B	EJE 3-5	GRAFICACION	Ventana y dimensiones del vano	Las dimensiones del vano no concuerdan con los planos
E_28	MUROS	VANO	SEGUNDO	EJE B	EJE 3-5	GRAFICACION	Ventana y dimensiones del vano	Las dimensiones del vano no concuerdan con los planos
E_29	MUROS	VANO	TERCER	EJE B	EJE 3-5	GRAFICACION	Ventana y dimensiones del vano	Las dimensiones del vano no concuerdan con los planos
E_30	MUROS	VANO	CUARTO	EJE B	EJE 3-5	GRAFICACION	Ventana y dimensiones del vano	Las dimensiones del vano no concuerdan con los planos
E_31	MUROS	VANO	PRIMER	EJE E	EJE 1-3	INCOMPATIBILIDAD	Planos de estructuras y arquitectura	La viga 105 no permite mayor altura en la ventana
E_32	MUROS	VANO	SEGUNDO	EJE E	EJE 1-3	INCOMPATIBILIDAD	Planos de estructuras y arquitectura	La viga 205 no permite mayor altura en la ventana
E_33	MUROS	VANO	TERCER	EJE E	EJE 1-3	INCOMPATIBILIDAD	Planos de estructuras y arquitectura	La viga 305 no permite mayor altura en la ventana
E_34	MUROS	VANO	CUARTO	EJE E	EJE 1-3	INCOMPATIBILIDAD	Planos de estructuras y arquitectura	La viga 405 no permite mayor altura en la ventana
E_35	MUROS	VANO	PRIMER	EJE E	EJE 3-5	INCOMPATIBILIDAD	Planos de estructuras y arquitectura	La viga 105 no permite mayor altura en la ventana
E_36	MUROS	VANO	SEGUNDO	EJE E	EJE 3-5	INCOMPATIBILIDAD	Planos de estructuras y arquitectura	La viga 205 no permite mayor altura en la ventana
E_37	MUROS	VANO	TERCER	EJE E	EJE 3-5	INCOMPATIBILIDAD	Planos de estructuras y arquitectura	La viga 305 no permite mayor altura en la ventana

E_38	MUROS	VANO	CUARTO	EJE E	EJE 3-5	INCOMPATIBILIDAD	Planos de estructuras y arquitectura	La viga 405 no permite mayor altura en la ventana
E_39	MUROS	VANO	SEGUNDO	EJE B	EJE 3-4	INCOMPATIBILIDAD	Planos arquitectura: planta y corte	Ventana frontal en escaleras en elevación de un solo tramo
E_40	MUROS	VANO	TERCER	EJE B	EJE 3-4	INCOMPATIBILIDAD	Planos arquitectura: planta y corte	Ventana frontal en escaleras en elevación de un solo tramo
E_41	MUROS	VANO	CUARTO	EJE B	EJE 3-4	INCOMPATIBILIDAD	Planos arquitectura: planta y corte	Ventana frontal en escaleras en elevación de un solo tramo
E_42	MUROS	VANO	AZOTEA	EJE B	EJE 3-4	INCOMPATIBILIDAD	Planos arquitectura: planta y corte	Ventana frontal en escaleras en elevación de un solo tramo
E_43	MUROS	VANO	PRIMER	EJE E	EJE 5-6	INCOMPATIBILIDAD	Planos de estructuras y arquitectura	La viga 105 no permite mayor altura en la puerta
E_44	MUROS	VANO	SEGUNDO	EJE E	EJE 5-6	INCOMPATIBILIDAD	Planos de estructuras y arquitectura	La viga 105 no permite mayor altura en la puerta
E_45	MUROS	VANO	TERCER	EJE E	EJE 5-6	INCOMPATIBILIDAD	Planos de estructuras y arquitectura	La viga 105 no permite mayor altura en la puerta
E_46	MUROS	VANO	CUARTO	EJE E	EJE 5-6	INCOMPATIBILIDAD	Planos de estructuras y arquitectura	La viga 105 no permite mayor altura en la puerta
E_47	MUROS	VANO	AZOTEA	EJE C	EJE 3-4	INCOMPATIBILIDAD	Planos arquitectura: planta y corte	Ventana posterior en escaleras no se muestra en la planta
E_48	VIGAS	V-A	PRIMER	EJE B	EJE 3-4	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cimentación/ secciones típicas de viga	La viga en el plano de encofrado no coincide con la sección típica
E_49	VIGAS	V-A	SEGUNDO	EJE B	EJE 3-4	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cimentación/ secciones típicas de viga	La viga en el plano de encofrado no coincide con la sección típica
E_50	VIGAS	V-A	TERCER	EJE B	EJE 3-4	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cimentación/ secciones típicas de viga	La viga en el plano de encofrado no coincide con la sección típica
E_51	VIGAS	V-A	CUARTO	EJE B	EJE 3-4	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cimentación/ secciones típicas de viga	La viga en el plano de encofrado no coincide con la sección típica
E_52	VIGAS	V-A	AZOTEA	EJE B	EJE 3-4	INCOMPATIBILIDAD	Plano de cimentación/ secciones típicas de viga	La viga en el plano de encofrado no coincide con la sección típica
E_53	ESCALERA	ESCALERA 1	PRIMER	EJE B	EJE 3-4	INCOMPATIBILIDAD	Escalera y las vigas v-a y v-101	Las vigas no permiten la circulación en la escalera
E_54	ESCALERA	ESCALERA 2	SEGUNDO	EJE B	EJE 3-4	INCOMPATIBILIDAD	Escalera y las vigas v-a y v-201	Las vigas no permiten la circulación en la escalera
E_55	ESCALERA	ESCALERA 3	TERCER	EJE B	EJE 3-4	INCOMPATIBILIDAD	Escalera y las vigas v-a y v-301	Las vigas no permiten la circulación en la escalera
E_56	ESCALERA	ESCALERA 4	CUARTO	EJE B	EJE 3-4	INCOMPATIBILIDAD	Escalera y las vigas v-a y v-401	Las vigas no permiten la circulación en la escalera