

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Civil

“APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA BIM PARA MEJORAR EL SISTEMA DE GESTIÓN DE PROYECTOS EN LA EJECUCION DEL EDIFICIO MULTIFAMILIAR JANA, UBICADO EN EL DISTRITO DE SURQUILLO, PROVINCIA DE LIMA, 2021”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil

Autores:

Manuel Alejandro Guzman Rojas

Ysael Pacherras Giron

Asesor:

Mg. Ing. Jorge Luis Canta Honores

Lima - Perú

2021

## DEDICATORIA

A mi madre Gladys y a la memoria de mi tía Susana por su apoyo incondicional y fortaleza, a mis hijos: Andrés y Eduardo que son la motivación más grande para seguir adelante y a la memoria de mi abuelo Pedro quien en vida fue como un padre.

*Manuel Alejandro*

Dedico este trabajo de suficiencia profesional a mis padres: Augusto y Lucia, a todos mis hermanos que siempre están presentes inculcándome buenos valores, brindándome su apoyo incondicional en cada etapa de esta larga lucha y a mi compañera de vida Fiorella Maricruz que suma parte de la gran motivación para lograr mis más grandes objetivos.

*Ysael Pacherras*

## AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento especial a la Universidad Privada del Norte, a los docentes quienes con sus conocimientos y experiencia contribuyeron en mi aprendizaje formándome en esta hermosa carrera, a mis compañeros por las ganas de seguir a mi asesor el Ing. Jorge Canta Honores, por sus consejos en el desarrollo de este trabajo, a la empresa MINCOPER por la oportunidad y a la Lic. Nathaly Damián Domínguez por su apoyo y consejos. Gracias a todos, ¡Gracias Totales!

*Manuel Guzmán*

Agradezco a mis padres por estar presentes a lo largo de mi carrera, a la Universidad Privada del Norte, a los docentes quienes con su experiencia contribuyeron al desarrollo de mi formación profesional. A mi asesor el Ing. Jorge Luis Canta Honores, por su excelente asesoría en esta enriquecedora experiencia y el agradecimiento especial a la empresa MINCOPER.

*Ysael Pacherras*

## Tabla de contenidos

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>9</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>10</b>
<b>ÍNDICE DE ECUACIONES.....</b>	<b>18</b>
<b>RESUMEN EJECUTIVO .....</b>	<b>19</b>
<b>CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>20</b>
1.1. Desarrollo de la metodología BIM en el mundo .....	20
1.2. Desarrollo de la metodología BIM en el Perú .....	24
1.2.1. El Plan BIM Perú .....	25
1.2.2. Alianza BIM .....	30
1.2.3. Línea de tiempo del BIM en el Perú.....	33
1.2.4. Principales proyectos BIM en el Perú .....	34
1.3. Respecto a la Empresa MINCOPER .....	44
1.3.1. Misión.....	45
1.3.2. Visión .....	45



1.3.3.	Cultura Organizacional.....	45
1.3.4.	Fortalezas.....	46
1.3.5.	Código de Ética .....	47
1.3.6.	Estructura Organizacional .....	48
1.3.7.	Principales Proyectos .....	49
1.4.	Problemática abordada para la Suficiencia Profesional .....	55
1.4.1.	El problema a nivel internacional.....	55
1.4.2.	El problema a nivel nacional .....	60
1.4.3.	El problema a nivel local.....	62
1.5.	Causas y Consecuencias .....	68
1.6.	Planteamiento del problema .....	69
1.6.1.	Pregunta general .....	69
1.6.2.	Preguntas específicas.....	69
1.7.	Objetivos.....	69
1.7.1.	Objetivo general .....	70
1.7.2.	Objetivos específicos.....	70
1.8.	Experiencia Profesional.....	71
1.8.1.	Respecto al Bachiller Manuel Guzmán .....	71
1.8.2.	Respecto al Bachiller Ysael Pacherres .....	72
1.10.	Plan de Acción.....	74
1.10.1.	Para la oficina técnica.....	74
1.10.2.	Para la oficina de producción .....	76

<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>79</b>
2.1. Antecedentes.....	79
2.1.1. <i>Antecedentes internacionales</i> .....	79
2.1.2. <i>Antecedentes nacionales</i> .....	81
2.2. Bases Teóricas .....	87
2.2.1. <i>Origenes y evolucion del BIM</i> .....	87
2.2.2. <i>BIM y sus conceptos</i> .....	93
2.2.3. <i>Filosofía BIM</i> .....	96
2.2.4. <i>Diseño y construccion virtual (VDC)</i> .....	97
2.2.5. <i>Concepto VDC / BIM</i> .....	98
2.2.6. <i>Niveles de desarrollo BIM (LOD's)</i> .....	99
2.2.7. <i>Herramientas BIM</i> .....	101
2.2.8. <i>Dimensiones del BIM</i> .....	104
2.2.9. <i>Sistemas de clasificación BIM</i> .....	107
2.2.10. <i>Reglamentación del BIM</i> .....	113
2.2.10.1. <i>Normas Internacionales</i> .....	113
2.2.10.2. <i>Normas Nacionales</i> .....	116
2.3. Definición de terminos .....	117
<b>CAPÍTULO III. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>120</b>
3.1. Experiencia 1 – Respecto al Bachiller Manuel Guzmán Rojas .....	120
3.1.1. <i>Sobre la experiencia laboral</i> .....	120

3.1.2.	<i>Descripción de labores y colaboradores</i> .....	121
3.2.	Caso de estudio.....	126
3.2.1.	<i>Descripción del proyecto</i> .....	126
3.2.2.	<i>Cronograma inicial</i> .....	128
3.2.3.	<i>Presupuesto inicial</i> .....	130
3.3.	Desarrollo de la experiencia .....	131
3.3.1.	<i>Elaboración de las plantillas de trabajo</i> .....	132
3.3.2.	<i>Familias de elementos</i> .....	134
3.3.3.	<i>Criterios de modelado</i> .....	136
3.3.4.	<i>Modelado de estructuras</i> .....	139
3.3.5.	<i>Modelado del acero de refuerzo</i> .....	141
3.3.6.	<i>Estimación de materiales</i> .....	143
3.3.7.	<i>Sectorización del proyecto</i> .....	149
3.4.	Desarrollo de los objetivos .....	151
3.4.1.	<i>Desarrollo objetivo específico N° 1</i> .....	151
3.4.2.	<i>Desarrollo objetivo específico N° 2</i> .....	163
3.4.3.	<i>Desarrollo objetivo específico N° 3</i> .....	174
3.5.	Experiencia 2 – Respecto al Bachiller Ysael Pacherras Giron.....	182
3.5.1.	<i>Sobre la experiencia laboral</i> .....	182
3.5.2.	<i>Desarrollo objetivo específico N° 4</i> .....	186
3.5.3.	<i>Desarrollo objetivo específico N° 5</i> .....	193

<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....</b>	<b>205</b>
4.1. Análisis de los resultados .....	206
4.1.1. <i>Reducción de interferencias mediante el BIM</i> .....	206
4.1.2. <i>Optimización de metrados mediante el BIM</i> .....	209
4.1.3. <i>Reducción de costos por metrado mediante el BIM</i> .....	216
4.1.4. <i>Optimización del avance ejecutado</i> .....	224
4.1.5. <i>Reducción del porcentaje de no conformidades</i> .....	226
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>227</b>
5.1. Conclusiones.....	227
5.2. Recomendaciones .....	230
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>231</b>
<b>APÉNDICE .....</b>	<b>237</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

**Tabla 1.** Proyectos de la empresa MINCOPER

**Tabla 2.** Colaboradores del proyecto multifamiliar Jana

**Tabla 3.** Diferencias entre el método tradicional y el método BIM

**Tabla 4.** Formato de interferencias del proyecto

**Tabla 5.** Información técnica del Proyecto Multifamiliar Jana

**Tabla 6.** Antes de la metodología BIM

**Tabla 7.** Durante la aplicación de la metodología BIM

**Tabla 8.** Presupuesto inicial de estructuras

**Tabla 9.** Presupuesto BIM de estructuras

## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1.** Mapa de los países y su nivel de incidencia en la aplicación de la metodología BIM

**Figura 2.** Trayectoria del uso del BIM en Latinoamérica

**Figura 3.** Etapas del Plan BIM

**Figura 4.** Histórico de metas del Plan BIM

**Figura 5.** Líneas de trabajo del Plan BIM

**Figura 6.** Alianza BIM

**Figura 7.** Línea de tiempo del BIM en el Perú

**Figura 8.** Evolución de la aplicación del BIM en el Perú

**Figura 9.** Modelo BIM de Torre Barlovento

**Figura 10.** Modelo BIM de Edificio Universidad del Pacifico

**Figura 11.** Torre Begonias

**Figura 12.** Torre Orquídeas

**Figura 13.** Torre Bando de la Nación

**Figura 14.** Mall Aventura Plaza Cayma

**Figura 15.** Nuevo Hospital de Neoplásicas INEM

**Figura 16.** Nueva pista de aterrizaje del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez

**Figura 17.** Modelo BIM del nuevo terminal del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez

**Figura 18.** Ubicación de las oficinas de MINCOPER S.A.C.

**Figura 19.** Valores - Fortalezas MINCOPER

**Figura 20.** Organigrama de la empresa MINCOPER S.A.C.

**Figura 21.** Proyecto multifamiliar Ariana I

**Figura 22.** Proyecto multifamiliar Ariana II

**Figura 23.** Vista interior de un departamento del proyecto Multifamiliar Valentina del Mar I

**Figura 24.** Primera planta del dúplex 502 del proyecto Multifamiliar Valentina del Mar II

**Figura 25.** Proyecto multifamiliar Andrea

**Figura 26.** Proyecto multifamiliar Edna Razuri 344

**Figura 27.** Proyecto multifamiliar Anahí

**Figura 28.** Proyecto multifamiliar Las Pecanas 142

**Figura 29.** Proyecto multifamiliar Jana

**Figura 30.** Crecimiento del BIM en el mundo en el año 2016

**Figura 31.** Nivel de adopción de la Metodología BIM en Lima Metropolitana y Callao

**Figura 32.** Gráfica del aumento de adopción de la Metodología BIM en Lima y Callao de 2017

Al 2020

**Figura 33.** Adopción BIM en Lima y Callao, según empresas constructoras

**Figura 34.** Causas y consecuencias

**Figura 35.** Pasos para la elaboración del plan de acción para la oficina técnica

**Figura 36.** Pasos para la elaboración del plan de acción para la oficina de producción

**Figura 37.** BIM – Orígenes y evolución

**Figura 38.** Proceso de desarrollo de un proyecto BIM

**Figura 39.** Dimensiones del BIM

**Figura 40.** Composición Uniformat

**Figura 41.** Codificación Uniformat

**Figura 42.** Composición MasterFormat

**Figura 43.** Sistemas de clasificación BIM, Tablas Omniclass

**Figura 44.** Tabla Uniclass

**Figura 45.** Ciclo de información durante el ciclo de vida de un activo ISO 19650-3

**Figura 46.** Modelo conceptual de agrupación de objetos según ISO 12006-2

**Figura 47.** Tabla de descripción general de agrupación por niveles según ISO 12006-2

**Figura 48.** Resumen de acciones del Plan BIM Perú

**Figura 49.** Organigrama del Staff del proyecto multifamiliar Jana

**Figura 50.** Flujo de aplicación del BIM en el proyecto Jana

**Figura 51.** Cuadro de datos generales del proyecto Jana

**Figura 52.** Cronograma inicial del proyecto Jana

**Figura 53.** Resumen general del presupuesto del proyecto Jana

**Figura 54.** Selección de plantillas genéricas de Revit

**Figura 55.** Vista de la plantilla personalizada de estructuras

**Figura 56.** Parámetros de proyecto

**Figura 57.** Activación de los encofrados en familias cargables de vigas y columnas

**Figura 58.** Desactivación de los encofrados en familias cargables de vigas y columnas

**Figura 59.** Tabla para la agrupación y nomenclatura de elementos

**Figura 60.** Parámetros de elementos modelados

**Figura 61.** Flujo de trabajo para el modelo de estructura del edificio multifamiliar Jana

**Figura 62.** Ubicación de ejes en origen de coordenadas de proyecto

**Figura 63.** Niveles de pisos del proyecto

**Figura 64.** Modelado de la estructura

**Figura 65.** Modelado de acero de elementos representativos



**Figura 66.** Lista de metrados por elemento

**Figura 67.** Menú desplegable para la generación de reportes de cuantificación de materiales

**Figura 68.** Selección de la opción Material Takeoff

**Figura 69.** Selección de los parámetros de proyecto

**Figura 70.** Selección de filtros

**Figura 71.** Agrupación de datos mediante filtros

**Figura 72.** Selección de formato

**Figura 73.** Selección de apariencia

**Figura 74.** Reporte de metrado de columnas

**Figura 75.** Flujo de actividades para detección de interferencias

**Figura 76.** Abriendo el modelo en Navisworks Manage 2022

**Figura 77.** Linkeado de modelos en Navisworks Manage 2022

**Figura 78.** Activación del Clash detection

**Figura 79.** Interacción entre modelos

**Figura 80.** Listado de interferencias

**Figura 81.** Reporte HTML de interferencias

**Figura 82.** Interferencia detectada

**Figura 83.** Log de RFI's

**Figura 84.** Valoración de interferencias

**Figura 85.** Porcentaje de interferencias por especialidad con la aplicación BIM

**Figura 86.** Impacto por incompatibilidad en procesos constructivos

**Figura 87.** Diseño en Revit Architecture 2019 a través del plano CAD

**Figura 88.** Resumen de metrados de estructuras de Residencial Catari

**Figura 89.** Resumen de metrados de estructuras de Residencial Edna

**Figura 90.** Resumen de metrados de estructuras del edificio multifamiliar Jana

**Figura 91.** Agrupación de los metrados de estructuras de los proyectos Catari, Edna y Jana

**Figura 92.** Resumen de ratios de control de los proyectos Catari, Edna y Jana

**Figura 93.** Comparativa de ratios de control de los tres proyectos

**Figura 94.** Resumen de metrados tradicional

**Figura 95.** Resumen de metrados de estructuras BIM

**Figura 96.** Comparativa de ratios del metrado inicial vs. metrado el BIM

**Figura 97.** Elementos representativos seleccionados

**Figura 98.** Modelado del acero de refuerzo de la columna C1

**Figura 99.** Modelado del acero de refuerzo de la placa PL6

**Figura 100.** Modelado del acero de refuerzo de la viga V102

**Figura 101.** Reporte de acero de refuerzo de columnas

**Figura 102.** Cálculo del acero total de columnas

**Figura 103.** Resumen de metrados de estructuras del multifamiliar Jana mediante el BIM

**Figura 104.** Modelado de acero de elementos representativos

**Figura 105.** Ubicación del Proyecto Multifamiliar Jana

**Figura 106.** Flujo de Funciones de los involucrados en el proyecto multifamiliar Jana

**Figura 107.** Avance ejecutado vs. avance planificado en el mes de febrero del 2021 del proyecto multifamiliar Jana

**Figura 108.** Avance ejecutado vs. planificado, porcentaje de avance del proyecto multifamiliar Jana

**Figura 109.** Avance ejecutado en el mes de agosto 2021 aplicando la metodología BIM en el proyecto multifamiliar Jana

**Figura 110.** Avance ejecutado aplicando la metodología BIM en el proyecto multifamiliar Jana

**Figura 111.** Resumen general del avance ejecutado aplicando la metodología BIM en el proyecto multifamiliar Jana

**Figura 112.** Secuencia y definición de las no conformidades, correcciones y acción correctiva

**Figura 113.** No conformidades presentadas en cada semana desde el inicio del proyecto Jana

**Figura 114.** Porcentaje de no conformidades durante la aplicación de la metodología BIM proyecto Jana.

**Figura 115.** Porcentajes en la valoración de interferencias

**Figura 116.** Histograma general de interferencias entre especialidades

**Figura 117.** Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en zapatas

**Figura 118.** Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en cimientos

**Figura 119.** Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en muros

**Figura 120.** Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en placas

**Figura 121.** Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en columnas

**Figura 122.** Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en vigas

**Figura 123.** Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en losas aligeradas

**Figura 124.** Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en losas macizas

**Figura 125.** Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en escaleras

**Figura 126.** Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en rampas

**Figura 127.** Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en cisternas

**Figura 128.** Presupuesto inicial del proyecto Jana

**Figura 129.** Presupuesto inicial vs. Presupuesto BIM

**Figura 130.** Avance Programado vs Avance Ejecutado aplicando la metodología BIM en el proyecto multifamiliar Jana

**Figura 131.** Avance ejecutado aplicando la metodología BIM en el Proyecto Multifamiliar Jana

**Figura 132.** Reducción de no conformidades después de aplicar la metodología BIM en el proyecto multifamiliar Jana.

**Figura 133.** Inicio del proyecto multifamiliar Jana, limpieza de terreno, demolición y excavación masiva del primer anillo de los muros anclados.

**Figura 134.** perforación e inyección de anclajes para la construcción de muros anclados.

**Figura 135.** Modelo 3D y construcción de cisternas e inicio de encofrados en losas de sótanos.

**Figura 136.** Modelo 3D y conformación de muros perimetrales y losas de sótanos.

**Figura 137.** Verificación de niveles en vaciado de concreto en losas macizas y/o aligeradas.

**Figura 138.** Colocación de acero, encofrado y vaciado de concreto con su respectivo vibrado en elementos verticales.

**Figura 139.** Curado superficial de concreto con aditivo plastificante.

**Figura 140.** Modelado de redes de instalaciones sanitarias, eléctricas e instalaciones de gas.

**Figura 141.** Modelo 3D y la colocación de barandas de seguridad, colocación de acero en placas, columnas, vigas peraltadas, vigas chatas y losas.

**Figura 142.** Verificación de prueba hidráulica en todos los departamentos antes del vaciado de la losa aligerada y/o maciza.

**Figura 143.** Supervisión de la cuantía de acero, verificación en instalaciones de agua, desagüe, eléctricas, colocación de ladrillos y encofrado de losa en el sector 2.

**Figura 144.** Tarrajeo pulido impermeabilizado en cisterna de agua contra incendio y cisterna de consumo doméstico.

**Figura 145.** Modelo 3D y la culminación de la etapa estructural (casco terminado).

**Figura 146.** Inicio de la etapa de albañilería, instalaciones de tomacorrientes e interruptores y colocación de mallas electrosoldadas de refuerzo.

**Figura 147.** Asentado de ladrillo tabicón en muros divisores de ambientes.

**Figura 148.** Modelo de arquitectura del ducto principal del edificio y foto real del ducto principal del edificio.

**Figura 149.** Programaciones semanales en campo.

**Figura 150.** Verificación de planos de arquitectura en oficina técnica reubicada en el departamento piloto.

**Figura 151.** Tarrajeo en muros interiores, losas aligeradas, vigas peraltadas, verificación y control de calidad en las dimensiones de vanos y alfeizar en campo.

**Figura 152.** Modelo federado del edificio multifamiliar Jana.

## ÍNDICE DE ECUACIONES

**Ecuación 1.** Ratios de acero por metro cúbico de concreto

**Ecuación 2.** Extrapolación del acero total

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo de suficiencia profesional aborda la problemática que atraviesan muchas empresas medianas y pequeñas dedicadas al rubro de la construcción de edificaciones, esto se debe a que no cuentan con una estandarización de sus procesos, ni mucho menos con una metodología eficiente para gestionar sus proyectos desde la etapa de diseño, generando grandes pérdidas en la etapa de construcción debido a la mala compatibilización de los planos de cada especialidad, así como metrados deficientes que conllevan muchas veces a adicionales de obra impactando en el costo directo de la obra. Es por ello que tomamos como caso de estudio al proyecto multifamiliar Jana ejecutado por la empresa MINCOPER, un proyecto que fue gestionado de manera tradicional en el cual no se habían realizado bien las compatibilizaciones de especialidades, y muchas de estas interferencias eran detectadas mientras se construía, pero sobre todo le toco atravesar el duro periodo de la pandemia del COVID 19, es por ello que se planteó la aplicación de la metodología BIM para la identificación de interferencias entre especialidades, el control de las actividades, la reformulación de los metrados, la sectorización del proyecto, aportando una mejora en la gestión del proyecto y sobre todo minimizando los gastos que se venían dando en la obra.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Desarrollo de la metodología BIM en el mundo

Para comenzar a entender cómo es que se dio el uso de la metodología BIM en el Perú primero debemos de conocer cómo es que se originó a nivel mundial, para ello debemos de remontarnos al año 1957 en el que el Dr. Patrick J. Hanratty comenzó a trabajar con softwares informáticos y es considerado como uno de los pioneros en el diseño asistido por computadora (Braul & Ríos, 2018).

Sin embargo, el término “Building Description System” se menciona por primera vez en 1975 por Charles M. Eastman, en una publicación de The American Institute of Architects Journal “AIA Journal”. (Braul & Ríos, 2018).

Es así como empiezan a desarrollarse diversos softwares que fuesen compatibles con la PC (computadora personal); Braul y Ríos (2018) y, de acuerdo con Roldán et al., señalan que “en 1984, se crea la primera versión de ArchiCAD llamada CH RADAR para el sistema operativo Apple Lisa, luego ArchiCAD basada en el potente lenguaje GDL (Geometric Description Language), se convierte en el primer software BIM para ordenadores personales”. (p.8).

En 1986 para Robert Aish “Building Model” era una aplicación desarrollada principalmente para el modelado paramétrico tridimensional, la cual era sustentada con una base de datos, periodos de planeamiento, además de reportes de datos procesados del software extraídos, entre otros. En 1992 Van Nederveen y F. Tolman complementaron el término a “Building Information Model”.

En la actualidad el tema BIM es de interés global, en este sentido y teniendo en cuenta diferentes investigaciones realizadas a través de los años, se ha podido determinar que,



si bien es cierto surgió en los EE. UU en los 70', su implementación se habría dado recién a partir de los años 90. Sin embargo, al pasar de los años, el continente europeo es el que viene desarrollando las mejores políticas sobre BIM, teniendo a Reino Unido como principal referente, puesto que a partir del 2011 ejerce una obligatoriedad del uso de esta metodología en sus diferentes proyectos, seguido de Francia y Alemania, que también desde el 2020 ejerce la obligatoriedad del uso BIM en proyectos de infraestructura y transporte.

En países como Finlandia y Suecia la difusión de la implementación del BIM ha avanzado eficazmente, ello se debería en parte a su menor tamaño, es así como vienen fomentando su uso a través de diferentes publicaciones de guías sobre esta metodología desde aproximadamente el 2001.

En tanto que, los Estados Unidos podría volver a encabezar el uso y desarrollo del BIM, teniendo como base dos aspectos primordiales: la estandarización y la colaboración, que vienen impulsando para la mejora de la implementación BIM, caso similar se daría en Australia, ya que en los últimos años ha logrado un mayor desarrollo en el sector AECO (acrónimo de Architecture, Engineering, Construction & Operations, lo que en español es Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operaciones), con la colaboración de profesionales especializados en el sector. Canadá es otro país que viene fomentando arduamente la adopción del BIM.

En el continente asiático, China resalta como el país con mayor crecimiento, desarrollo y difusión del BIM, tanto así que para el año 2016 llegó a registrar un incremento de hasta el 89% de implementación; mientras que Rusia pretende lograr el liderazgo en uso del BIM para el sector constructivo y así poder difundir los conocimientos obtenidos sobre esta metodología.

Los países de Sudamérica no son ajenos a la implementación BIM, es así como en el 2017 se crea en Brasil, el Comité Estratégico para la implementación del BIM (CE-BIM) y un Grupo de Apoyo Técnico (CAT-BIM) para temas específicos, Argentina también viene impulsando políticas públicas para adopción BIM y para el 2025 pretende magnificarlas.

En el Perú a través de la publicación y difusión de la normativa sobre la implementación BIM (2019) y el Plan BIM, se ha demostrado el interés en promover el BIM en proyectos públicos, para un mayor desarrollo de la metodología.

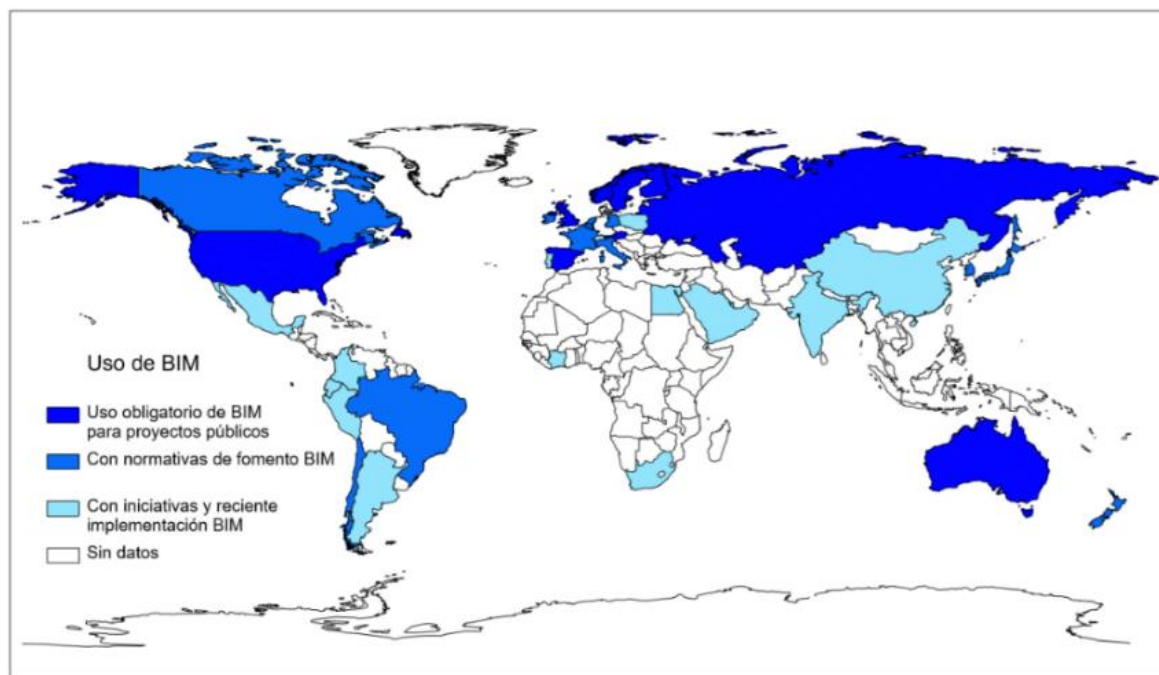


Figura 1. Mapa de los países y su nivel de incidencia en la aplicación de la metodología BIM.

Fuente: (Adaptado de es.BIM – BIM en 8 puntos Julio - 2016)

Según Lacaze (2020) en la Encuesta BIM América Latina y el Caribe 2020, llevada a cabo por el Banco Interamericano de Desarrollo señala que:

Una porción significativa de los usuarios consultados a nivel regional ha incorporado de manera reciente BIM en sus rutinas de trabajo. El 40.9% de empresas tiene menos de 2 años de experiencia. Al mismo tiempo, la región cuenta con usuarios de trayectoria significativa, lo cual se evidencia en el hecho que un tercio de las empresas encuestadas ostenta un histórico de más de cinco años (2020, p.12).

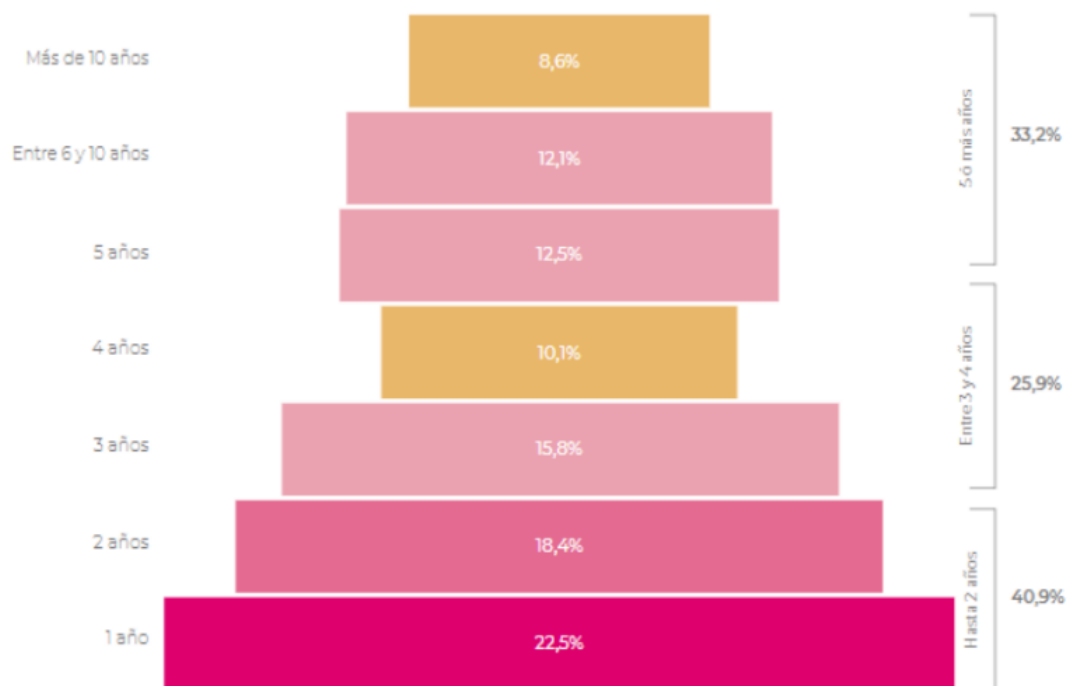


Figura 2. Trayectoria del uso del BIM en Latinoamérica.  
Fuente: (Encuesta BIM América Latina y el Caribe, 2020).

## 1.2. Desarrollo de la metodología BIM en el Perú.

En una entrevista del Grupo RPP, realizada en abril del 2019, el director de la Carrera de Ingeniería Civil de la Universidad de Lima, Dr. Alexandre Almeida señala que:

En el Perú, la implementación del BIM empezó en 2005 y estuvo a cargo de las grandes empresas constructoras interesadas en incrementar su productividad en los proyectos. Posteriormente, motivados por la necesidad de dar a conocer esta metodología que venía revolucionando el rubro de la construcción, se creó el Comité BIM del Perú (2012), el cual pertenece a la Cámara Peruana de la Construcción (Capeco) (2019, p.2).

Explica también que habiendo la necesidad de crear una normativa vigente que reglamente el uso del BIM en el Perú, en el 2017 se aprobó la creación del Comité Técnico de Normalización de Edificaciones y Obras de Ingeniería Civil a cargo del Instituto Nacional de Calidad (INACAL).

En este último se agregó un Subcomité de Organización de la Información sobre obras de construcción, y es por medio de este subcomité que se crearon las primeras normas técnicas peruanas sobre el BIM, las cuales fueron publicadas en el diario El Peruano con la Resolución Directoral N° 048-2018-INACAL/DN, con fecha 28 de diciembre de 2018.

La presidenta ejecutiva de INACAL, Lic. Clara Gálvez resalto que:

La aplicación de estas normas ofrece resultados beneficiosos para los propietarios, operadores de activos, clientes y los involucrados en el financiamiento de proyectos que, al incorporar modelos digitales de información de sus procesos de diseño, construcción y operación de edificios e infraestructuras, tendrán una base confiable que les permitirá una mejor toma

de decisiones, optimizando su desempeño y reduciendo sus costos económicos y ambientales (Instituto Nacional de Calidad, 2021).

Estas normas son:

- NTP-ISO/TS 12911:2018 Guía marco para el modelado de información de la edificación (BIM).
- NTP-ISO 29481-2:2018 Modelado de la información de los edificios. Manual de entrega de la información. Parte 2: Marco de trabajo para la interacción.

### **1.2.1. El Plan BIM Perú**

En el año 2018, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento creó un grupo de trabajo, el cual estableció los lineamientos y criterios que deben considerarse durante el modelado BIM.

Alexander Almeida (2019) señala que a finales del 2018:

El Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) del Perú publicó en su página web el Plan BIM Perú, con el propósito principal de contar con elementos técnicos necesarios para la toma de decisiones respecto del uso de metodologías colaborativas de modelamiento digital de la información, aplicables a las fases de formulación, evaluación, ejecución y funcionamiento de la inversión en infraestructura pública (p.2).

El Plan BIM Perú propone 3 etapas para una correcta implementación:



Figura 3. Etapas del Plan BIM.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En el portal oficial del Plan BIM se señala que:

El Plan BIM Perú es la medida de política que define la estrategia nacional para la implementación progresiva de la adopción y uso de BIM en los procesos de las fases del ciclo de inversión desarrollados por las entidades y empresas públicas sujetas al Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones, de manera articulada y concertada, y en coordinación con el sector privado y la academia (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021 párrafo primero).

Las metas que se tienen para la implementación integral del Plan BIM Perú son:

Hito 1	Hasta julio 2021	Hasta julio 2025	Hasta julio 2030
Proyecto de Decreto Supremo que regula el BIM (Sep. 2019).	Estándares y requerimientos BIM elaborados	BIM aplicado en todo el Gobierno nacional y en tipologías seleccionadas del Gobiernos regionales.	Biblioteca BIM Perú, como repositorio digital colaborativo para uso de todo el sector público.
Plan de Implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú (Oct. 2020).	Proyectos piloto aplicando la metodología BIM.	Marco regulatorio para la aplicación de BIM en el sector público.	Obligatoriedad normada de BIM en todo el sector público.
	Estrategia de formación de capital humano para el uso de BIM.	Biblioteca BIM Perú, como repositorio digital colaborativo para sectores priorizados por el Gobierno nacional.	

*Figura 4.* Histórico de metas del Plan BIM.

Fuente: (Ministerio de Economía y Finanzas, 2019).

El marco normativo que rige al Plan BIM Perú es:

- Decreto Supremo N. 237-2019-EF. Plan Nacional de Competitividad y Productividad. Mediante este decreto que consta de nueve objetivos y treinta y seis lineamientos, sirve de guía para la elaboración del Plan Multisectorial de Competitividad.
- Decreto Supremo N. 289-2019-EF. Disposiciones para la incorporación progresiva de BIM en la inversión pública. Se establece una normativa para introducir paulatinamente el BIM en el proceso de inversión pública de tanto en instituciones como en empresas públicas, sujetas al Sistema nacional de programación multianual y gestión de inversiones.
- Decreto Supremo N. 108-2021-EF. Actualización a las disposiciones para la incorporación progresiva de BIM en la inversión pública. Se realizan modificaciones en los numerales 1, 2, 4, 5 y 6 del artículo 2 y 5 del Decreto Supremo N° 289-2019-EF.

- Resolución Directoral N° 002-2021-EF/63.01. Aprobación de Plan de Implementación y Hoja de Ruta del Plan BIM Perú. Incluye un análisis de la situación nacional actual de la industria de la construcción, y como es la adopción del BIM en el Perú, definiendo los objetivos y metas mediante acciones a corto, mediano y largo plazo, estructuradas en base a cuatro ejes estratégicos:
  - 1) Establecer el liderazgo público.
  - 2) Desarrollar un marco para la cooperación.
  - 3) Desarrollar la capacidad de la industria.
  - 4) Comunicación.
  
- Resolución Directoral N° 005-2021-EF/63.01. Aprobación de la “Nota Técnica de Introducción BIM: Adopción en la Inversión Pública” y la “Guía Nacional BIM: Gestión de la Información para inversiones desarrolladas con BIM”. El objetivo de integrar gradualmente el enfoque colaborativo de modelado BIM en el sector público, contemplando hitos a corto, mediano y largo plazo.

El objetivo principal del Plan BIM Perú es:

Garantizar una adecuada ejecución de las inversiones de edificaciones e infraestructura desde el sector público, incorporando procesos, metodologías y tecnologías de información a lo largo del ciclo de inversión. Asimismo, el Plan



BIM Perú busca fomentar un articulado proceso de adopción por parte del sector público, acompañado del sector privado y la academia (Ministerio de Economía y Finanzas, 2021, párrafo tercero).



Figura 5. Líneas de trabajo del Plan BIM.

Fuente: (Ministerio de Economía y Finanzas, 2019).

Cabe Resaltar que el Plan BIM Perú busca la coordinación entre el sector público y el privado, así como la academia, para garantizar una implementación BIM exitosa en las inversiones del estado peruano.

Actualmente se puede participar en los eventos públicos organizados por el Plan BIM Perú, también se puede realizar aportes o consultas sobre las herramientas BIM a través de su sitio web.

### 1.2.2. Alianza BIM

De acuerdo con un artículo publicado en la revista Perú Construye (2021) se señala que, cuando hablamos de la Alianza BIM estamos hablando de un emprendimiento generado entre empresas privadas y entidades públicas cuyo fin es el de impulsar la competitividad, la calidad, la integridad y la sostenibilidad en las actividades del sector construcción, mediante la implementación de metodologías vanguardista y tecnologías digitales que dinamicen los procesos enmarcados en el sistema de gestión de proyectos.

La promoción de esta iniciativa viene a cargo de:

- Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO)
- Universidad de Lima
- Construsoft Perú
- Colegio de Arquitectos del Perú
- Cype Perú
- DCV Consultores
- AEC Solutions
- Best Business Support

Este grupo de empresas y entidades realizaron un trabajo en conjunto con el cual han logrado analizar y establecer los lineamientos base para el cumplimiento de los propósitos establecidos para la Alianza BIM. Dentro de estos lineamientos establecidos tenemos:

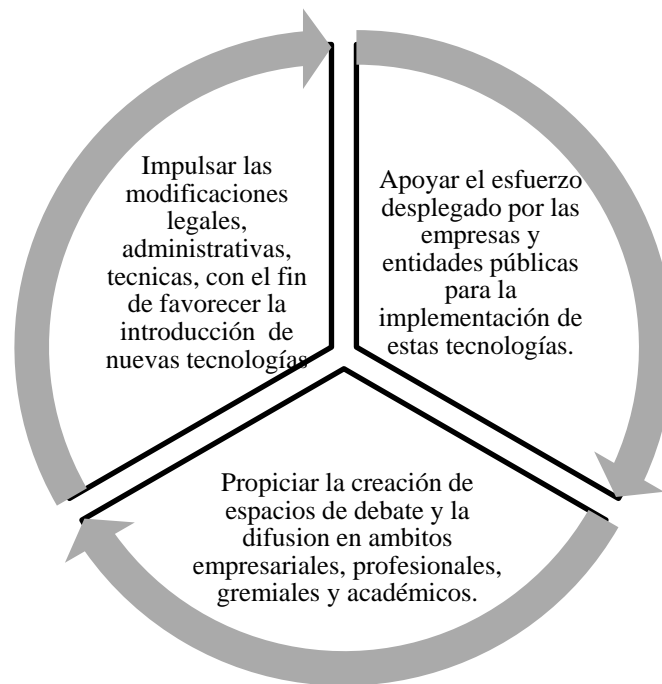


Figura 6. Alianza BIM.

Fuente: Adaptado de Revista Perú Construye ([GRUPO DIGAMMA, s.f.](#)), 2021)

Dentro de los innumerables beneficios que aporta la aplicación de la metodología BIM tenemos los siguientes:

- Reducción del 85% de la cantidad de RFI's.
- Reducción de costos por adicionales en un 70%.
- Aproximación del +/- 3% en la elaboración del presupuesto.
- Reducción del 7% en el tiempo de ejecución del proyecto.
- Reducción de costos de construcción aproximado entre 1% y 5%.
- Reducción del tiempo de estimados de obra alrededor del 80%.

### 1.2.3. Línea de tiempo del BIM en el Perú

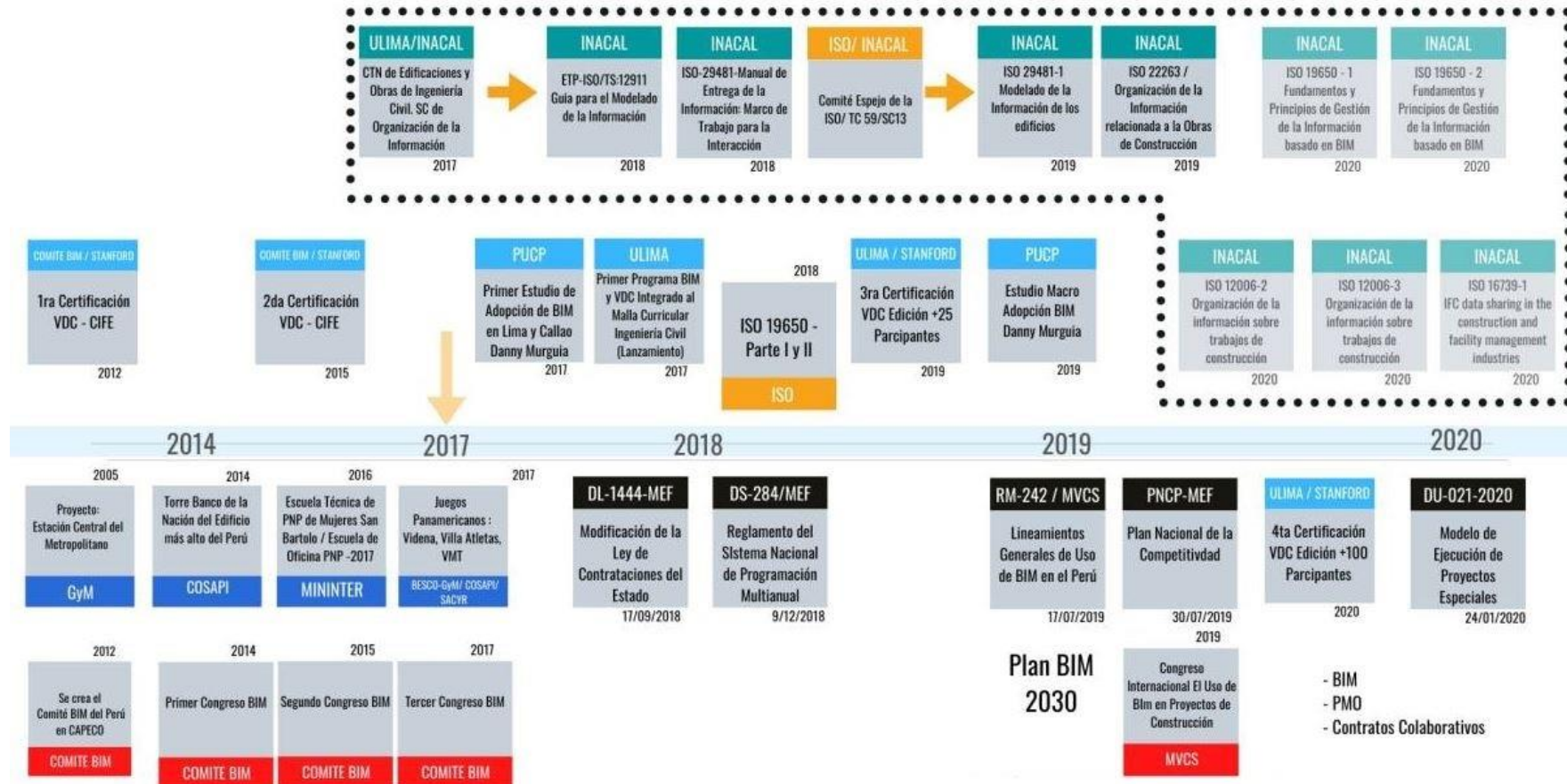


Figura 7. Línea de tiempo del BIM en el Perú.

Fuente: (Almeida, Murguía; et al., 2020)

### 1.2.4. Principales proyectos BIM en el Perú

Actualmente en el Perú se viene generando un incremento de proyectos gestionados con la metodología BIM, lo podemos ver reflejado en el análisis estadístico realizado por la Alianza BIM.



Figura 8. Evolución de la aplicación del BIM en el Perú.

Fuente: Alianza BIM (<https://alianzabim.com/#somos-bim>, 2021)

Cabe resaltar que se han venido desarrollando distintos tipos de proyectos, como edificios de oficinas, viviendas, centros comerciales y retails, hoteles, hospitales, proyectos de infraestructura y ya para diciembre del 2021 se empezara la construcción de un moderno terminal del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, un proyecto sin precedentes en el país debido a la envergadura del proyecto y a la cantidad de especialidades involucradas en el desarrollo del proyecto.

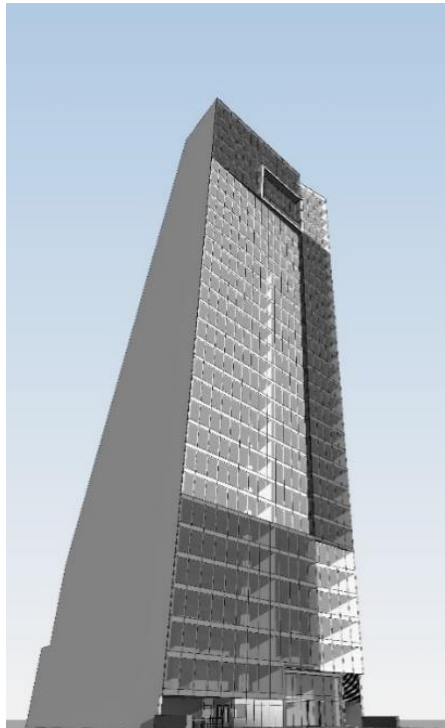
Es por ello, que el empleo del BIM cada vez cobra más importancia y se ha vuelto un factor predominante a la hora de gestionar un proyecto, debido a su versatilidad, dinamismo y precisión.

Dentro de los principales proyectos en los cuales se aplicó la metodología BIM en el Perú destacan los siguientes:

1) **Torre Barlovento:**

Ubicada en el Centro Financiero de San Isidro en el año 2012, tiene un área de 1140 m<sup>2</sup> y cuenta con 29 pisos para oficinas, 2 pisos técnicos y 10 sótanos con uso de estacionamiento. La construcción estuvo a cargo de C y J Echevarría Izquierdo SAC.

Se aplicó la metodología BIM en todo el ciclo de vida del proyecto, rescatando su empleabilidad para la extracción de metrados, simulación constructiva 4D y Clash detection de interferencias entre especialidades.



*Figura 9.* Modelo BIM de Torre Barlovento.

Fuente: (PRAGMA Arquitectos, 2012).

## 2) Edificio Universidad del Pacífico:

Ubicada en el distrito de Jesús María, fue construido en el 2012, en un terreno de 2000 m<sup>2</sup>, cuenta con 5 pisos y 6 sótanos, tiene un área techada de 17682 m<sup>2</sup>.

La aplicación del BIM se da en el contexto de la complejidad de las instalaciones MEP, HEE, IISS, así como para el control acústico, sumado a ello un ajustado plazo de ejecución. EL BIM sirvió para la detección de interferencias, reducción de RFI's, documentación y planos, así como para el modelamiento 4D para la simulación constructiva.



*Figura 10.* Modelo BIM de Edificio Universidad del Pacífico.  
Fuente: (ArchDaily, 2012).



3) **Torre Begonias:**

Ubicada en la zona financiera del distrito de San Isidro en el año 2013, tiene una altura de 120 metros, está conformada por 26 pisos y 7 sótanos, con un total de 63000 m<sup>2</sup> de área construida, cuenta con certificación LEED. A pesar de que fue construido por el grupo Aesa, fue el proyecto piloto de la implementación de la metodología BIM de la empresa GyM, de la que se obtuvieron metrados de concreto, encofrado.



*Figura 11.* Torre Begonias.  
Fuente: (Urbanova, 2013).



4) **Torre Orquídeas:**

Construida en el año 2015 en el distrito de San Isidro, con una altura de 90 metros en el frontis de la Av. Javier Prado, disminuyendo a 60 metros de alto en el frontis de la calle Las Orquídeas.

Tiene un área de 2182.85 m<sup>2</sup>, consta de 27 pisos con un uso de oficinas desde 740 m<sup>2</sup> hasta 1300 m<sup>2</sup> y 10 sótanos con uso de estacionamiento. Este edificio cuenta con la certificación LEED.



*Figura 12.* Torre Orquídeas.

Fuente: (PRAGMA Arquitectos, 2015).

5) **Torre Banco de la Nación:**

La construcción comenzó en el 2013 y culminó en el 2015, está ubicada en el distrito de San Borja, tiene una altura de 130 metros, consta de 30 pisos y 4 sótanos con uso de estacionamiento, tiene un total de 66 580 m<sup>2</sup> de área construida. Este megaproyecto fue ejecutado por la empresa COSAPI bajo una modalidad de fast-track con un ajustado plazo de ejecución de 35 meses.

El uso del BIM sirvió para dos marcadas etapas, la definición del diseño y para la ejecución del proyecto; en donde la base fue el modelo integrado.



*Figura 13.* Torre Banco de la Nación.

Fuente: (COSAPI, 2013).

6) **Mall Aventura Plaza Cayma:**

La ejecución del proyecto se llevó a cabo en el año 2016 en la ciudad de Arequipa y estuvo a cargo de la empresa HV Contratistas, tiene un área aproximada de 71 000 m<sup>2</sup>, consta de 4 sótanos para estacionamientos y 3 niveles en los que se ubican los locales comerciales.

Se implementó el modelado BIM de las especialidades de estructuras, arquitectura e instalaciones, de esta manera se obtuvo metrados y reportes de interferencias entre disciplinas.



*Figura 14.* Mall Aventura Plaza Cayma.

Fuente: (HV Contratistas S.A., 2014).

7) **Hospital Neoplásicas INEN:**

Este hospital fue un proyecto EPC, compuesto por 3 sótanos y 9 niveles superiores tiene un área construida de 31 000 m<sup>2</sup> y su ejecución empezó en el año 2016 y estuvo a cargo de la empresa Graña y Montero. El modelado BIM sirvió para la detección de las múltiples disciplinas que estuvieron presentes en la construcción de este moderno hospital.



*Figura 15.* Nuevo Hospital de Neoplásicas INEN.

Fuente: (CUMBRA, 2021).



8) **Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez:**

El primer paquete está conformado por la construcción de la nueva torre de control y los edificios menores como el control de fauna, seguridad, cuartos técnicos entre otros.

El segundo paquete constituye la construcción de la segunda pista de aterrizaje con una longitud de 3480 metros, incluyendo el sistema de iluminación para aproximación de las aeronaves, así como una red vial de más de 10 kilómetros de longitud.

La aplicación del BIM está mejorando la coordinación de los trabajos por las múltiples interferencias entre especialidades y también por la gran cantidad de movimiento de tierras para el plataformado de esta pista.



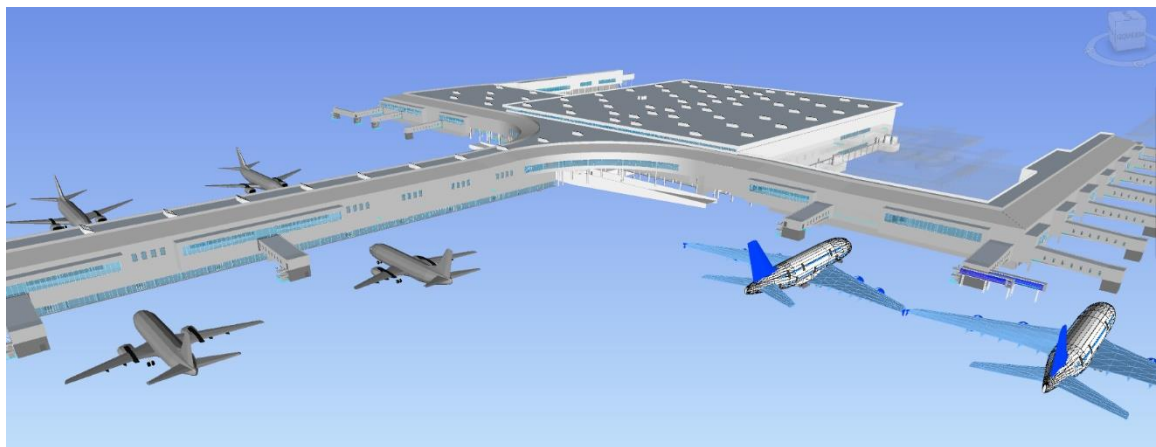
*Figura 16.* Nueva pista de aterrizaje del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez.

Fuente: (CUMBRA, 2021).

### 9) Nuevo terminal aéreo del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez:

Este megaproyecto ha sido adjudicado al Grupo CUMBRA en consorcio con la constructora española SACYR, comenzara a ejecutarse en el mes de diciembre del año 2021, consta de 4 sectores el Procesador, el Dique Swing (para viajes con escala en Perú), el Dique Doméstico (para viajes nacionales) y el Dique Internacional (para los viajes internacionales).

El proyecto se caracteriza por ser un EPC en el cual el BIM ha sido aplicado desde la etapa de diseño y continuara durante todo el ciclo de vida del proyecto por la complejidad de sus instalaciones y sus grandes dimensiones, es un proyecto sin precedentes en el Perú y constituye un panorama ideal para la aplicación del BIM.



*Figura 17.* Modelo BIM del nuevo terminal del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez  
Fuente: (CUMBRA, 2021).

### 1.3. Respeto a la Empresa (MINCOPER)

Mineros Contratistas Del Perú SAC, surge como empresa en el año 2005 brindando servicios de asesoría, consultoría y programas de desarrollo a proyectos mineros en el Perú, apoyada en la experiencia y prestigio profesional de su fundador el ingeniero Luis Alberto Encinas Fernández, desarrollando y potenciando a diferentes e importantes compañías mineras por más de 25 años, ejecutaron tres proyectos de extracción de minerales, uno en Chimbote y dos en Huaraz (MINCOPER, 2014, párrafo cuarto).

En el año 2009 nace la idea de incursionar en el sector inmobiliario, debido a los principales factores como la edad avanzada del gerente y producto de la diversificación del negocio sustentado en el contexto de crecimiento sostenido del sector inmobiliario peruano, era el boom de la construcción. Es así como nace MINCOPER como marca comercial, para el desarrollo, gestión y promoción de proyectos de inversión en el rubro inmobiliario en la ciudad de Lima. La experiencia acumulada en estos años nos ha permitido llevar más de 19,547.04 m<sup>2</sup> construidos en el mercado (MINCOPER, 2014, párrafo quinto).

Desde esa fecha hasta la actualidad se han venido desarrollando diversos proyectos de edificaciones en la ciudad de Lima y actualmente se encuentra en construcción el “Proyecto Edificio Multifamiliar Jana” ubicado en el distrito de Surquillo, provincia de Lima, cabe resaltar que a dicho proyecto le tocó atravesar por el duro periodo de la pandemia producida por el virus del SARS COVID 19 y esto afectó en gran medida los tiempos de entrega del proyecto.

Dentro de los proyectos más destacados de MINCOPER tenemos:

Tabla 1.

*Proyectos de la empresa MINCOPER.*

PROYECTOS DE LA EMPRESA CONSTRUCTORA MINCOPER			
ÍTEM	NOMBRE	UBICACIÓN	AÑO
1	Edificio Multifamiliar ARIANA I	San Miguel - Lima	2009
2	Edificio Multifamiliar ARIANA II	San Miguel - Lima	2010
3	Edificio Multifamiliar VALENTINA DEL MAR I	San Miguel - Lima	2012
4	Edificio Multifamiliar VALENTINA DEL MAR II	San Miguel - Lima	2013
5	Edificio Multifamiliar ANDREA	San Miguel - Lima	2014
6	Edificio Multifamiliar EDNA RAZURI 344	San Miguel - Lima	2016
7	Edificio Multifamiliar ANAHI	San Miguel - Lima	2018
8	Edificio Multifamiliar PECANAS 142	La Molina - Lima	2018
9	Edificio Multifamiliar JANA (En ejecución)	Surquillo - Lima	2020

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Actualmente la gerencia general de MINCOPER viene operando desde su oficina principal ubicada en el distrito limeño de La Molina, desde donde se coordinan los diferentes trabajos con los responsables de obra de cada uno de sus proyectos.

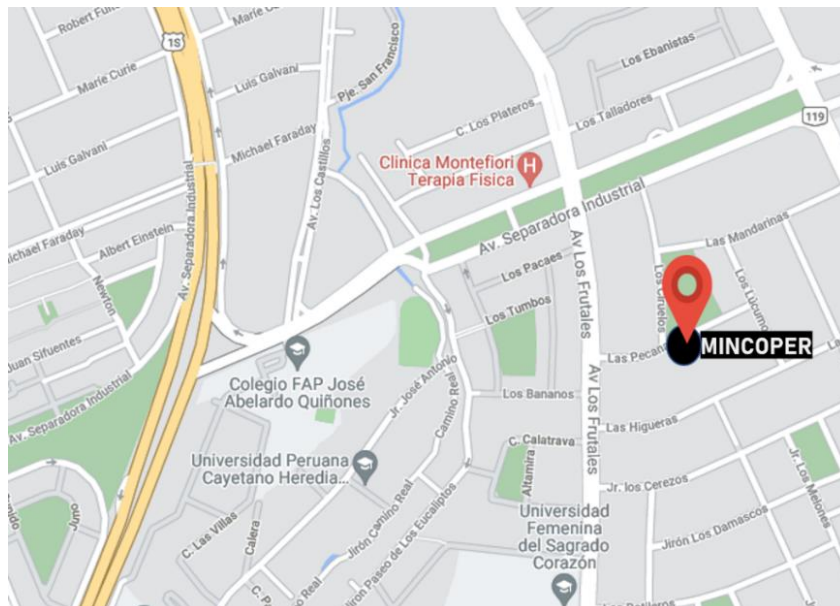


Figura 18. Ubicación de las oficinas de MINCOPER S.A.C.

Fuente: Google Maps



### 1.3.1. Misión

“Desarrollar los mejores productos inmobiliarios con altos estándares de calidad y de primer nivel. Ejecutando proyectos que se caractericen por poseer una buena distribución y ubicación al mejor precio, buscando la satisfacción de nuestros clientes” (MINCOPER, 2014 párrafo segundo).

- Cumplir con las expectativas de todos sus clientes, demostrando eficacia en la etapa de diseño, buen control de calidad en la ejecución y mantenimiento de sus proyectos de edificación brindando un excelente servicio de postventa, salvaguardando la integridad y comodidad de estos.

### 1.3.2. Visión

“Ser reconocidos como una empresa confiable, de gran calidad en sus productos y de altos estándares de servicio a sus clientes” (MINCOPER, 2014 párrafo tercero).

- Alcanzar y mantener un posicionamiento en el sector inmobiliario, logrando el desarrollo sostenible siendo reconocida a nivel nacional.
- Crecer en cada proyecto realizado, para alcanzar una estabilidad financiera y lograr el crecimiento continuo para ejecutar cada vez proyectos de mayor envergadura.

### 1.3.3. Cultura Organizacional

MINCOPER se ha caracterizado desde sus inicios, por mantener una ética e integridad intachable, cumpliendo con responsabilidad todos sus compromisos tanto con sus clientes como con sus trabajadores, apostando por la mejora continua en sus procesos y relaciones laborales, promoviendo la capacitación de sus trabajadores.

La empresa cuenta con políticas internas de calidad, seguridad y cuidado del medio ambiente y promueve un ambiente armónico, fomentando el trabajo en equipo, compromiso, responsabilidad y buenas relaciones entre los colaboradores, proveedores y con los clientes.

#### **1.3.4. Fortalezas**

- **Calidad:** Cualidad que posee un producto para cumplir las satisfacciones y las necesidades de los clientes.
- **Seriedad:** Actitud responsable en cada etapa del proyecto, manteniendo la formalidad y compromiso con los trabajadores, proveedores y clientes.
- **Eficiencia:** Capacidad de desarrollar cada proyecto optimizando los recursos al mínimo.
- **Profesionalismo:** Desempeño y mentalidad de trabajo en equipo, cada involucrado conoce su función y trabaja con responsabilidad generando confianza para lograr el desarrollo exitoso de cada proyecto.
- **Servicio:** Calidad de brindar un proyecto en óptimas condiciones logrando alcanzar las necesidades y la satisfacción de los clientes.
- **Cercanía:** Promover y mantener el vínculo con los clientes habidos y por haber, con los trabajadores y con los proveedores.

## NUESTRAS FORTALEZAS



Figura 19. Valores - Fortalezas MINCOPER.  
Fuente: MINCOPER S.A.C. (MINCOPER, 2021)

### 1.3.5. Código de Ética

MINCOPER, desde su creación se caracteriza por mantener la ética e integridad intachable, ofreciendo a sus clientes una gran calidad en sus servicios y considera que su estructura organizacional se desenvuelva bajo políticas de ética y moral que cumplan con los objetivos y requisitos esperados por la empresa al momento de realizar sus funciones.

Dentro de los principales compromisos asumidos por la empresa están:

- La responsabilidad social con sus colaboradores, promoviendo un trato justo
- La seguridad es tarea de todos, promoviendo un ambiente seguro mitigando los riesgos inherentes de cada actividad, salvaguardando la vida e integridad física.
- La responsabilidad medio ambiental, mitigando la contaminación ambiental, exceso de polvos, contaminación sonora y sosteniendo buenas relaciones con nuestros vecinos.

### 1.3.6. Estructura Organizacional

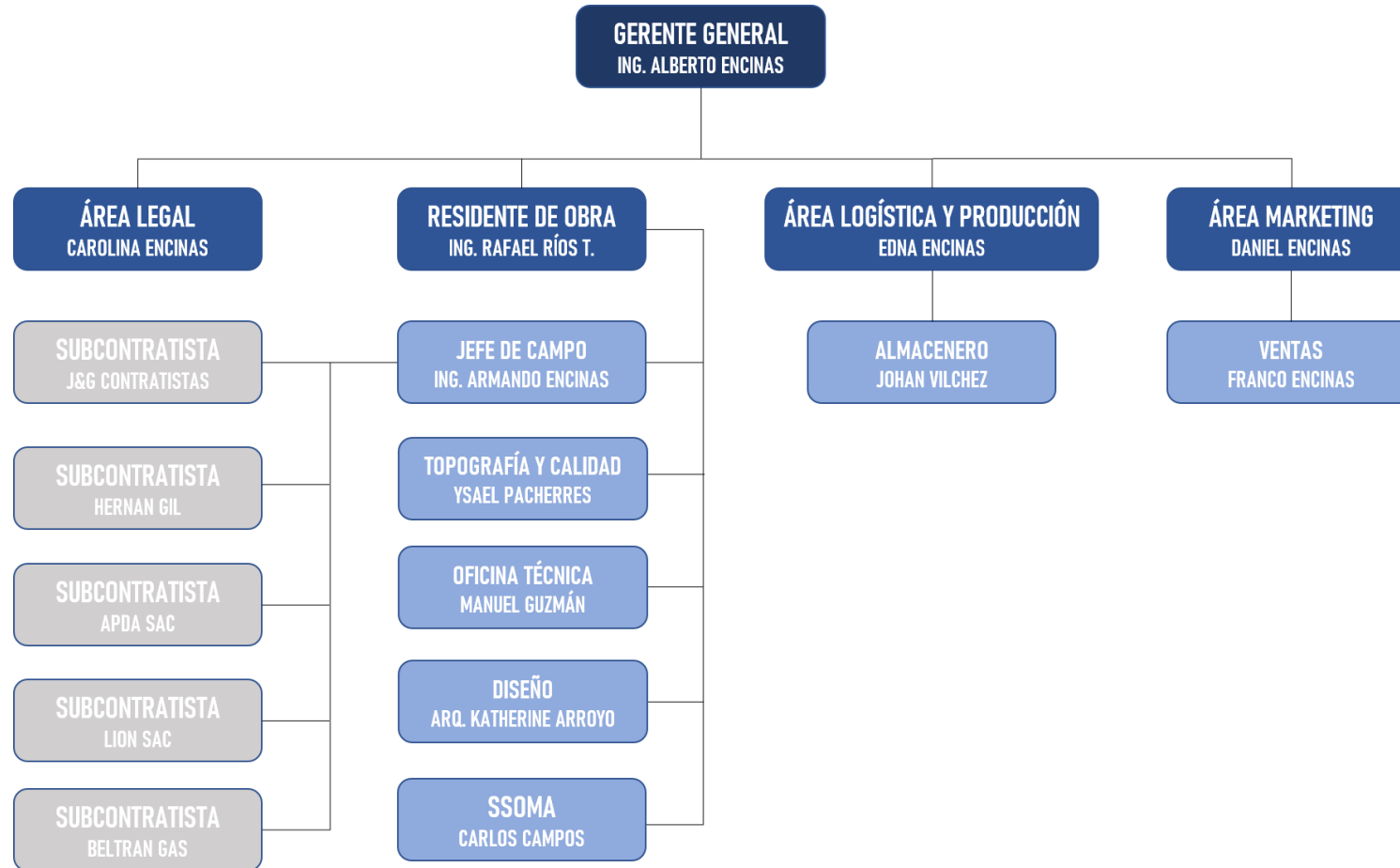


Figura 20. Organigrama de la empresa MINCOPER SAC.  
Fuente: (Elaboración propia 2021)

### 1.3.7. Principales Proyectos.

Proyecto: “Edificio multifamiliar Ariana I”

Descripción del proyecto: 5 pisos y un sótano con un total de 10 departamentos

Fecha de ejecución: 2009

Ubicación: San Miguel, Lima



*Figura 21.* Proyecto multifamiliar Ariana I.  
Fuente: (MINCOPER, 2021)

Proyecto: “Edificio multifamiliar Ariana II”

Descripción del proyecto: 5 pisos y un sótano con un total de 10 departamentos

Fecha de ejecución: 2010

Ubicación: San Miguel, Lima



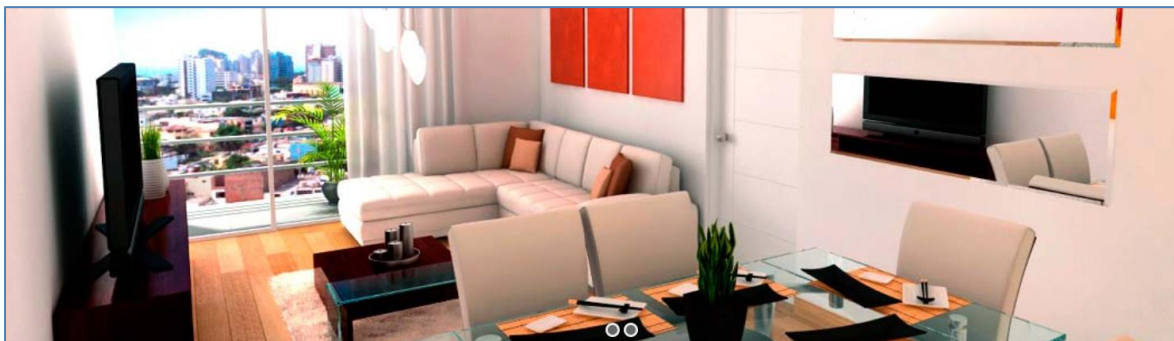
*Figura 22.* Proyecto multifamiliar Ariana II.  
Fuente: (MINCOPER, 2021)

Proyecto: “Edificio multifamiliar Valentina del Mar I”

Descripción del proyecto: 5 pisos y un sótano con un total de 15 departamentos,  
entre flats y dúplex.

Fecha de ejecución: 2012

Ubicación: San Miguel, Lima



*Figura 23.* Vista interior de un departamento del proyecto multifamiliar Valentina del Mar I.  
Fuente: (MINCOPER, 2021)

Proyecto: “Edificio multifamiliar Valentina del Mar II”

Descripción del proyecto: 5 pisos y un sótano con un total de 14 departamentos.

Fecha de ejecución: 2013

Ubicación: San Miguel, Lima



*Figura 24.* Primera planta del dúplex 502 del proyecto multifamiliar Valentina del Mar II.  
Fuente: (MINCOPER, 2021)

Proyecto: “Edificio multifamiliar Andrea”

Descripción del proyecto: 5 pisos y 1 semisótano con un total de 18 departamentos.

Fecha de ejecución: 2014

Ubicación: San Miguel, Lima.



*Figura 25.* Proyecto multifamiliar Andrea.  
Fuente: (MINCOPER, 2021)

Proyecto: “Edificio multifamiliar Edna Razuri 344”

Descripción del proyecto: 7 pisos y 2 sótanos con un total de 27 departamentos entre flats y dúplex.

Fecha de ejecución: 2016

Ubicación: San Miguel, Lima



*Figura 26.* Proyecto multifamiliar Edna Razuri 344.  
Fuente: (MINCOPER, 2021)

Proyecto: “Edificio multifamiliar Anahí”

Descripción del proyecto: 7 pisos y 2 sótanos con un total de 27 departamentos entre flats y dúplex.

Fecha de ejecución: 2018

Ubicación: San Miguel, Lima.





*Figura 27.* Proyecto multifamiliar Anahí.  
Fuente: MINCOPER S.A.C. (MINCOPER, 2021)

Proyecto: “Las Pecanas 142”

Descripción del proyecto: 4 pisos y 12 semisótano con un total de 15 exclusivas unidades.

Fecha de ejecución: 2018

Ubicación: La Molina, Lima



*Figura 28.* Proyecto multifamiliar Las Pecanas 142.  
Fuente: MINCOPER S.A.C. (MINCOPER, 2021)

Proyecto: “Edificio multifamiliar Jana”

Descripción del proyecto: 10 pisos y 3 sótanos con un total de 35 departamentos entre flats y dúplex.

Fecha de ejecución: 2020

Ubicación: Surquillo, Lima.



*Figura 29.* Proyecto multifamiliar Jana.  
Fuente: MINCOPER S.A.C. (MINCOPER, 2021)

## **1.4. Problemática abordada para la suficiencia profesional**

### **1.4.1. El problema a nivel internacional**

Los países desarrollados cuentan con sólidas industrias de construcción que están a la vanguardia de las innovaciones tecnológicas y las últimas tendencias en procesos constructivos, sistemas y metodologías de gestión como es el caso de USA, Reino Unido, Canadá, Francia, Japón entre otros, pero Latinoamérica no es ajena a estas innovaciones ya que recientemente países de la región como Brasil y Chile cuentan con un nivel de implementación de la metodología BIM por encima de sus vecinos, entre ellos el Perú. Estos países han logrado obtener resultados prometedores que benefician sus proyectos y a su vez han logrado generar miles de puestos de trabajo.

Actualmente el BIM es considerado una herramienta primordial en actividades centradas en el desarrollo de infraestructura y construcción, no solo en estrategias locales, sino que también a nivel global. Es así que muchos países, se encuentran en miras a la digitalización total en el sector AECO (acrónimo de Architecture, Engineering, Construction & Operations, lo que en español es Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operaciones).

A continuación, presentamos de manera resumida, la implementación BIM a nivel mundial:

**BIM en Europa (Reino Unido, Francia, Italia y Alemania):**

Europa viene a ser el continente que ha desarrollado las mejores estrategias sobre el BIM, Reino Unido encabeza la digitalización de proyectos, puesto que desde el 2011 ha comenzado a impulsar de manera más estricta (obligar) el uso de modelos BIM en sus diferentes proyectos.

Se proyecta que, para el 2022 Francia, con su Plan de Transición Digital para la Construcción (Plan Transition Numérique dans le Bâtiment), obtendrá la difusión total de la estrategia BIM en el diseño/gestión de obras públicas y también en proyectos de índole privado.

En el 2015 las estrategias alemanas respecto al BIM, inspiradas en Reino Unido, cobraron importancia con la aprobación del plan para la construcción digital, donde destaca “una planificación cuidadosa y una digitalización de los procesos, como paso obligatorio para desarrollar el sector” (Capuyns, 2020, p. 23). Tiempo después (2020) se da la obligatoriedad del BIM en los proyectos de transporte e infraestructura.

En Alemania e Italia se fomenta la implementación BIM también en la creación de una base de datos con toda la información (útil) relacionada con el ciclo de vida de los edificios, ello además de los usos ya conocidos en el diseño y construcción de proyectos. Dicha base servirá para la mejora de procesos de gestión y mantenimiento, “siendo la información enlazada, actualizada y extensible a otros softwares independientes a través de modelos BIM mediante el tipo de archivo IFC” (Cappuyns, 2020, p. 23).

BIM en los países escandinavos (Noruega, Dinamarca, Finlandia y Suecia):

En estos países, la extensión del BIM habría sido más efectiva, quizás debido a que tienen menor tamaño y menos publicaciones, ello comparado con los países europeos, los países escandinavos desarrollan organizaciones y plataformas para coordinar, por ejemplo, la Building SMART Nordic.

Finlandia es un país donde el uso del BIM se encuentra consolidado, desde el 2001 promueven la implementación de esta metodología en sus proyectos, siendo la empresa gubernamental Senate Properties, una de sus principales promotoras. En el 2012 algunas empresas finlandesas colaboraron para conseguir redactar la primera guía sobre el uso y difusión del BIM.

En tanto que, en Suecia, el Swedish Standards Institute (SIS) desde 1991 viene publicando guías para promover el BIM en ese país, “desde el 2014 BIM Alliance Sweden ha reunido los principales organismos y actores, tanto públicos, como privados, con el objetivo de encontrar más recursos para apoyar la innovación en la construcción” (Capuyns, 2020, p. 24).

Australia, ha seguido, de alguna manera, todo el proceso de implementación realizado en Reino Unido y Oceanía es por lo que en la actualidad han logrado un mayor desarrollo del sector AECO (acrónimo de Architecture, Engineering, Construction & Operations, lo que en español es Arquitectura, Ingeniería, Construcción y Operaciones), gran parte del progreso de este aspecto en Australia se debe a la contribución de los profesionales del sector construcción y su digitalización.

BIM en Asia (China y Rusia):

Para este continente China es considerado el país con mayor desarrollo e implementación del BIM “también tiene la mayor tasa de crecimiento y difusión de esta metodología, de hecho, desde 2016 China ha tenido un crecimiento exponencial en el grado de uso del BIM por parte de arquitectos y empresas chinas” (Capuyns, 2020, p. 22).

El uso BIM en China, en proyectos, desde el 2016 ha registrado un aumento de hasta el 89% y un 108% en empresas (Cappuyns, 2020).

Además, en este país asiático, este aspecto está considerando mejoras en el manejo ambiental, dichos avances se han ido publicando en: National BIM Guidelines Series, con lo que también impulsan la adopción de sistemas BIM.

En tanto que Rusia trabaja para lograr el liderazgo en uso del BIM para el sector constructivo, con la finalidad de difundir los conocimientos obtenidos.

Según el informe titulado “Mercado de modelos de información sobre construcción BIM Oportunidades y pronósticos para el 2022” el mercado BIM alcanzará los 11,7 millones de dólares en 2022, con una tasa de crecimiento anual del +21,6%.

En particular, se prevé que la demanda de servicios BIM en Asia y en los países caucásicos crecerá rápidamente, gracias a la constante expansión del sector de la construcción, un mercado que Rusia no quiere perder (por eso está incluida en la explicación de Asia). (Cappuyns, 2020, p. 22).

BIM en América del Norte (Estados Unidos y Canadá):

Como se ha mencionado, el BIM nació en Estados Unidos a principios de la década de 1970. Sin embargo, no es el país donde la implementación se encuentra más avanzada, ya que para el 2020 “Reino Unido y su Plan 2016/2020, que requiere ya desde hace tiempo un nivel 2 BIM para todas las obras públicas” (Capuyns, 2020, p.20). Muchos de estos países han aprendido de los errores de los EE. UU, aunque Estados Unidos puede recuperar el liderazgo, teniendo como base dos aspectos claves: la estandarización y la cooperación (Cappuyns, 2020).

Mientras que, en Canadá se está impulsando la implementación BIM y se promueve su adopción para políticas públicas, ya que las entidades aún carecen de esta metodología y de la normativa relacionada con su implementación.

BIM en Sudamérica (Argentina, Brasil, y Perú):

Haciendo un comparativo con países europeos y/o norteamericanos, en los países del sur de América, la implementación BIM comenzó relativamente tarde. Sin embargo, se viene trabajando a pasos firmes en su difusión.

En el 2017, Brasil crea el Comité Estratégico para la implementación del BIM (CE-BIM) y un Grupo de Apoyo Técnico (CAT-BIM) para temas específicos.

En agosto del 2019, Argentina se propuso magnificar la adopción del BIM, a partir de 2025 para todas las obras públicas. “El propósito de este plan es desarrollar un conjunto ordenado de principios, directrices y procedimientos para regular y establecer una metodología de trabajo para los sectores de obras públicas interesado en la implementación de procesos BIM” (Capuyns, 2020, p. 21).

En Perú, en setiembre del 2019, se publicó en el Diario Oficial “El Peruano”, el reglamento sobre la implementación del BIM en proyectos públicos. Este decreto a cargo del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), se centra en la reducción de sobrecostes y en la optimización de la ejecución de infraestructuras públicas, para mejoras en la operación y mantenimiento, además de “promover la transparencia en los procesos de inversión pública: el primer paso hacia una estrategia nacional llamada Plan BIM Perú” (Capuyns, 2020, p. 21).



Figura 30. Crecimiento del BIM en el mundo en el año 2016.  
Fuente: (ASIDEK, 2016).



#### 1.4.2. El problema a nivel nacional

Actualmente el Perú viene atravesando una severa crisis económica producto de la pandemia generada por el virus del COVID 19, esto ha conllevado a que tanto las grandes como las medianas y pequeñas empresas se vean afectadas seriamente en el desarrollo de sus proyectos y líneas de negocio, pero centrándonos en estas últimas el problema se agudiza aún más porque la gran mayoría de ellas no cuentan con una cultura organizacional y un adecuado sistema de gestión que permita el óptimo desarrollo de sus proyectos, esto genera grandes deficiencias que se dan durante el diseño y la ejecución del proyecto, provocando retrasos en los plazos de entrega, retrabajos, baja productividad, pérdidas por sobredimensionamiento de cuadrillas y materiales mal cuantificados, pero sobre todo impacta en la rentabilidad proyectada para cada obra. Las grandes empresas constructoras pasaron por la misma línea de acontecimientos en su momento y comprendieron que debían dar paso a un cambio que mejore la forma de gestionar los proyectos es así que decidieron implementar metodologías y tecnologías vanguardistas que proporcionan herramientas poderosas para facilitar la gestión y desarrollo de los proyectos, desde hace algunos años empresas Top del Perú como Graña y Montero, actualmente denominada CUMBRA, COSAPI, BESCO, entre otras adoptaron el aporte que brinda el BIM (Building Information Model, (por sus siglas en inglés) creando áreas para el desarrollo y coordinación de proyectos en las que aplican la metodología BIM, haciéndose así cada vez más competitivas. Ello va de acuerdo con lo que se señala en Collantes (2018), en el que se citó a Sargent et al. (2012) “Las industrias están priorizando la productividad y la sustentabilidad en el desarrollo de sus productos y servicios con el propósito de generar valor” (p.1).



Un factor para tomar en cuenta son las innovaciones en el sector AIC (Arquitectura, Ingeniería y Construcción) ya que se desarrollan proyectos cada vez más complejos, desde el punto de vista constructivo, reduciendo los plazos de entrega, uso de nuevos materiales en su composición, proyectos que tienen muchos más detalles de instalaciones y que son poco apreciables en los planos 2D.

El aumento paulatino y generalizado de la complejidad de los proyectos en todos los aspectos y en todos los años hace que los diseños sigan evolucionando de igual manera que lo hicieron a principios de siglo (Farfán & Chavil, 2016).

En julio del 2019, en Málaga, se llevó a cabo el “23rd International Congress on Project Management and Engineering”, en donde se señala que:

Las capacidades de las empresas del sector de la construcción para desarrollar innovación son fundamentales para optimizar el rendimiento del sector en general. Por ello, el comportamiento innovador para las grandes empresas del sector es diferente al de las PYMES. Esto ocurre debido a que las grandes empresas disponen de mayores recursos y es fundamental para generar comportamiento innovador y nuevos proyectos. (Correa, Yepes, & Pellicer, 2007, en Villena, et al., 2019, p.527).

Esto quiere decir que la importancia de las PYMES radica en la cantidad de empleos que generan, lo que las convierte en parte fundamental de la industria de la construcción nacional (Villena, García, Ballesteros-Pérez, & Pellicer, 2019).

En este contexto y, tal como se indica en Villena, et al. (2019), donde se cita a Seshadri y Tripathy (2006), podemos evidenciar la importancia de la inclusión y adopción del BIM en el sistema de gestión de las medianas y pequeñas empresas, en donde se considera al emprendimiento corporativo como el proceso que permite estimular el espíritu emprendedor de los empleados, este esfuerzo emprendedor generará proyectos

innovadores, nuevos negocios y mejoras empresariales, con lo cual la empresa será más competitiva.

Para llevar a cabo este proceso es importante crear una cultura de emprendimiento en la organización y romper con los paradigmas que señalan que el BIM no cuenta con el potencial necesario para las soluciones requeridas o que su implementación es muy cara, demanda mucho esfuerzo/tiempo y que el beneficio no es compensable con el retorno de la inversión inicial.

### **1.4.3. El problema a nivel local**

En nuestro país la implementación de la metodología BIM, se va dando de manera gradual desde el 2010 haciéndose, cada vez más necesaria, las entidades públicas han ido avanzado en su adopción, en tanto que las entidades privadas la usan de forma más constante (Marín, Correa, & Marín, 2021).

Murguía (2020) realiza un análisis de los resultados del empleo de la metodología BIM en proyectos de Lima y Callao, para ello se basó en encuestas a diferentes profesionales del sector, se considera el uso del BIM cuando los proyectos cuentan con:

Visualización de modelos 3D, diseño colaborativo, análisis de constructibilidad, compatibilización de especialidades, planos 2D a partir de modelos 3D, extracción de metrados, estimación de costos y presupuestos, prefabricación de componentes eléctricos, sanitarios y mecánicos, simulación 4D, o control de avance de obra. El análisis de datos revela que el 39.1% de proyectos ha adoptado BIM (ver Gráfico). (Murguía, 202 p.10).

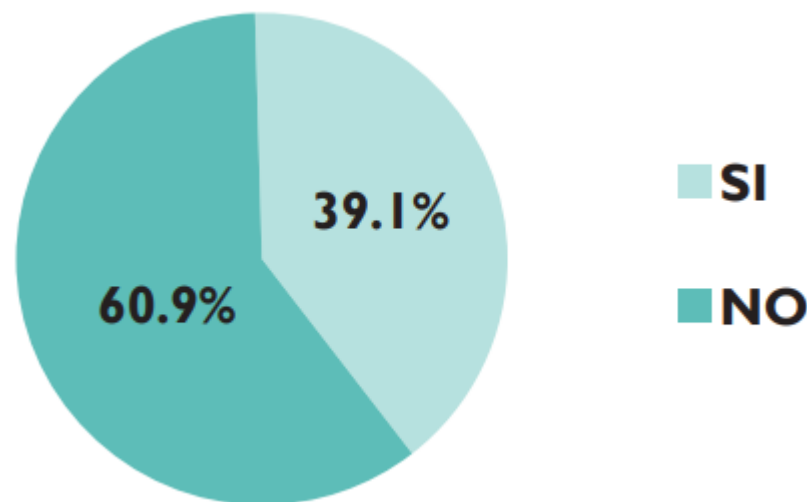


Figura 31. Nivel de adopción de la Metodología BIM en Lima Metropolitana y Callao.  
Fuente: (Murguía, 2020)

En el 2017 Murguía realizó un primer análisis de adopción BIM en Lima y Callao y respecto a esos resultados observa que la aplicación BIM aumentó en un 14.6%.

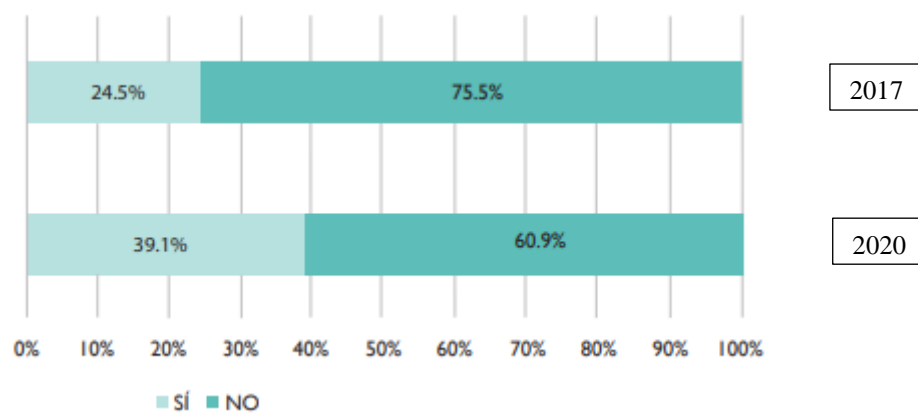


Figura 32: Gráfica del aumento de adopción de la Metodología BIM en Lima y Callao de 2017 al 2020.  
Fuente: (Murguía, 2020)

En este estudio también se evidencia que el BIM ha sido empleado en un mayor porcentaje en la construcción en el sector inmobiliario: viviendas multifamiliares, hoteles, etc.

Además, encontramos que el 71% de los proyectos implementados por constructoras medianas han adoptado BIM, mientras que solo el 30% de las microempresas lo han adoptado. Por lo tanto, existe una clara tendencia a que las micro y pequeñas empresas tengan un menor nivel de adaptación (ver Gráfico).

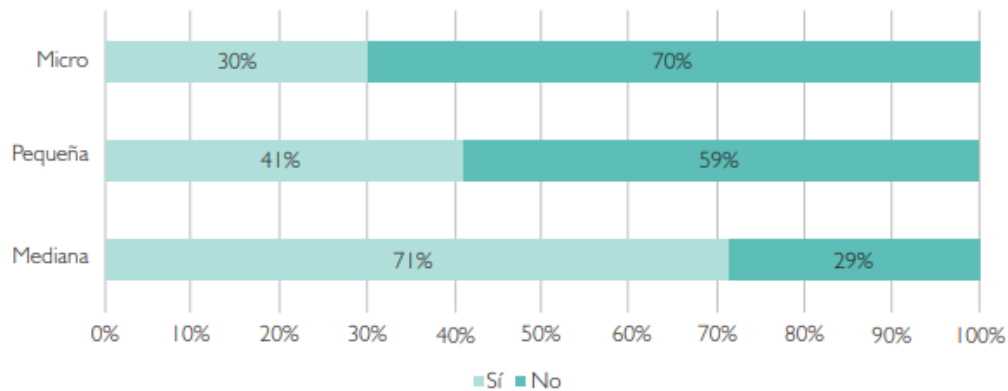


Figura 33. Adopción BIM en Lima y Callao, según empresas constructoras.  
Fuente (Murguía, 2020).

De todos los resultados obtenidos del análisis del uso BIM en proyectos de Lima, se puede rescatar que para mejorar la aplicabilidad del BIM en la industria nacional se debe tener en cuenta la diversidad tecnológica – digital y la contribución de los diferentes especialistas, tanto a nivel público, como privado.

De acuerdo con un artículo presentado por el “23rd International Congress on Project Management and Engineering Málaga, 2019”, se señala lo siguiente:

La organización empresarial se ve afectada por las directrices que marca la dirección. Ello implica que otras variables empresariales también puedan verse condicionadas. En este contexto, el presente trabajo introduce a los responsables de la dirección de la empresa que la implementación BIM puede generar también innovación en sus empresas. Por otro lado, es reconocido que la manera de dirigir una organización afecta al comportamiento organizativo y a sus resultados (Villena, García, Ballesteros-Pérez, & Pellicer, 2019, p.525).

En el medio local existe un universo de empresas que podemos diferenciar en dos grandes grupos, las grandes empresas y las medianas y pequeñas empresas, esto debido a que la problemática es completamente distinta para cada grupo. Las empresas grandes cuentan con recursos necesarios para implementar áreas para la coordinación y desarrollo de proyectos mediante el BIM, mientras que las medianas y pequeñas empresas no cuentan con estos recursos.

Cuando hablamos de recursos no solo nos enfocamos en los recursos económicos y financieros, sino en algo más importante como es el recurso humano, ya que es parte fundamental para la implementación de cualquier metodología.

En referencias bibliográficas podemos observar que ya se analizó estas barreras para la adopción del BIM desde perspectivas culturales, financieras y tecnológicas (Xu, Feng, & Li, 2014).

La cultura organizacional es un conjunto de buenas prácticas, valores e ideas que crean la identidad de la empresa y juega un papel preponderante en el éxito de la implementación BIM, mientras que la cultura de emprendimiento se puede definir como el entorno que favorece y promueve el desarrollo profesional de los trabajadores.

Es decir, cuanto menor sea el tamaño de la empresa, más centralizada será la estructura corporativa, es así que el gerente llega a ser el agente de cambio más influyente en la adopción de BIM (Thong, 1999).

Sin embargo, BIM se considera una tecnología que requiere la aplicación de un cambio de paradigma metodológico: trabajo colaborativo (Dainty, Leiringer, Fernie, & Harty, 2017)

Esto quiere decir que para que se dé una correcta implementación y aplicación del BIM en una empresa, primero se debe acabar con los paradigmas y el pesimismo enquistado

generacionalmente por cierto grupo de profesionales reacios al cambio, que señalan que implementar el BIM no genera los beneficios y resultados que ellos esperan, o que si se llegara a generar serían a largo plazo por lo que no sería apropiado, además de ser una implementación muy costosa y se necesitaría de muchos equipos y personal calificado.

“BIM exige cambios en variables organizativas de tipo cultural. No obstante, la componente colaborativa no es la única responsable de favorecer la innovación empresarial” (Villena, García, Ballesteros-Pérez, & Pellicer, 2019).

Sin perjuicio de lo anterior, no se debe olvidar que los antecedentes documentados reconocen la importancia de las pequeñas y mediana empresas, al igual que las grandes empresas, dado el volumen que ocupan y el trabajo que generan” (Barrett, y Sexton, 1998).

Esto quiere decir que la importancia de las medianas y pequeñas empresas radica en la cantidad de trabajo que generan, lo que las convierte una pieza fundamental para la industria de la construcción en el país.

Es por lo que como parte de la estrategia adoptada para el presente trabajo de suficiencia profesional cabe precisar que se realizará una encuesta dirigida a profesionales de la construcción de edificaciones de diferentes empresas de la ciudad de Lima, el objetivo de la encuesta es determinar el nivel de conocimiento aceptación y aplicación de la metodología BIM y su implicancia en proyectos en los que hayan intervenido y como puede impactar en el sistema de gestión de proyectos de las medianas y pequeñas empresas en Lima.

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene como objetivo principal determinar de qué manera la aplicación de la metodología BIM mejora el sistema de gestión de

proyectos en la ejecución del “edificio multifamiliar Jana”, ubicado en el distrito de surquillo, provincia de lima.

Este proyecto servirá como caso de estudio para la aplicación y mejora de su sistema de gestión y desarrollo de proyectos atendiendo a las necesidades cada vez más exigentes de los proyectos, plazos de entrega cada vez más reducidos y una fuerte competencia por parte de otras empresas del sector.

En el proyecto Jana se presentó diversas limitaciones asociadas a los procesos:

- Diversos criterios de los profesionales a cargo del proyecto generan un impacto negativo en la productividad, calidad y en el costo de la obra, este factor tiene su causa en la inexistencia de un estándar de procesos que sirva como guía para los involucrados en el desarrollo del proyecto, muchas veces se presentan conflictos en el manejo de la información al momento de consolidarla, o si es que esta tiene que ser traspasada a otro profesional.
- La inexistencia de una metodología de gestión efectiva en el proyecto es una limitante que ha generado impactos negativos al proyecto, porque no se cuenta con una planificación adecuada, así como un análisis del proyecto que permita la oportuna toma de decisiones.
- Estimación de cantidades de materiales de obras, debido a que los metrados se realizan mediante el uso de hojas formuladas en Excel las que muchas veces inducen al error por formulas mal generadas, o por datos ingresados de manera errónea.
- Deficiencias en la programación de obra, es una limitante ya que la programación de obra es realizada de manera empírica y la gestión de las comunicaciones es de manera informal, muchas veces con acuerdos orales, de los cuales no se tiene un

registro escrito, ya sea un correo electrónico que deje evidencia de los cambios propuestos.

- Otra limitante es la falta de capacitación del personal staff, debido a que es muy importante contar con el adiestramiento y preparación para la mejora continua de los profesionales a cargo del proyecto.
- Una limitante recurrente es la falta de actualización de planos debido a que estos se compatibilizan de manera tradicional superponiendo planos en 2D de las distintas especialidades, una vez detectados las interferencias o errores, se tienen que modificar esos planos, lo que conlleva mucho tiempo para poder contar con el plano actualizado.

### 1.5. Causas y consecuencias

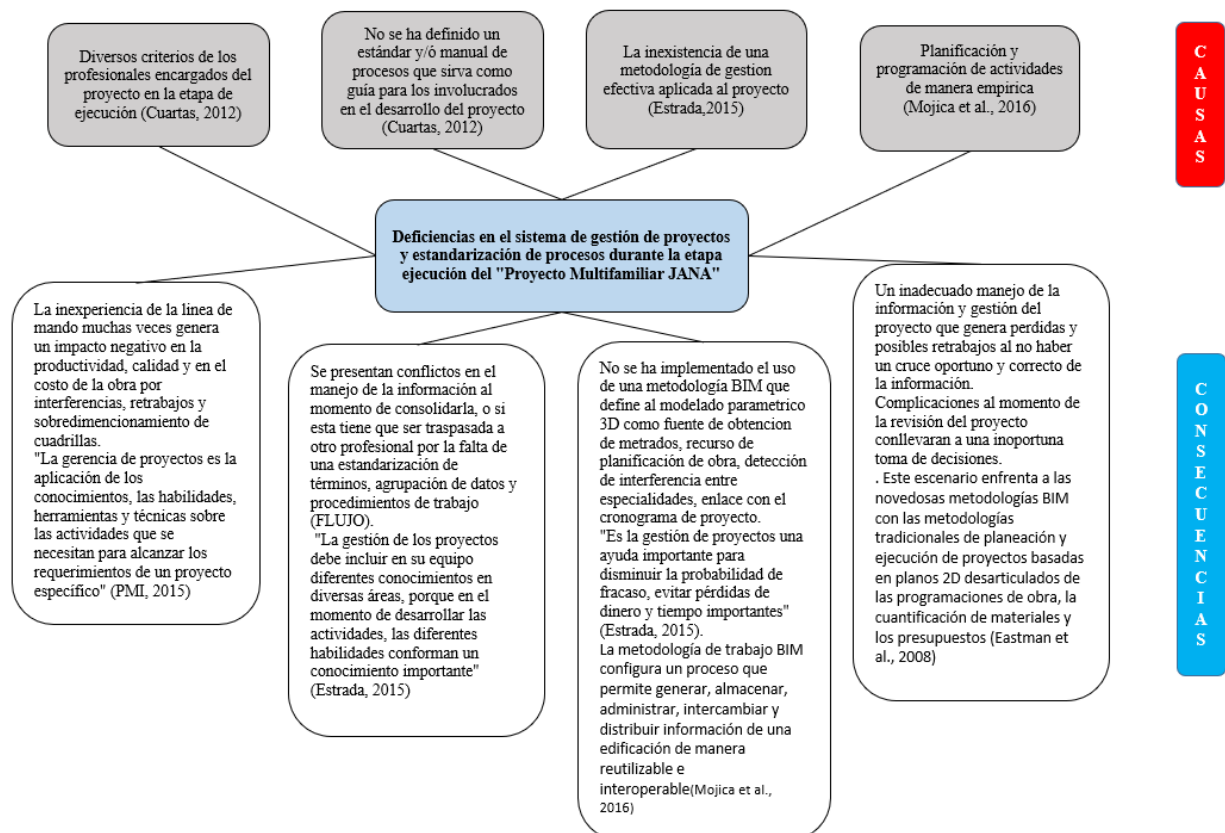


Figura 34. Causas y consecuencias.

Fuente: (Elaboración Propia, 2021)



De acuerdo con todo lo mencionado se propone resolver las siguientes incógnitas:

## **1.6. Planteamiento del problema**

### **1.6.1. Pregunta general**

¿Cómo se aplica la metodología BIM en un sistema de gestión de proyectos, caso edificio multifamiliar Jana, Surquillo - Lima, ¿2021?

### **1.6.2. Preguntas específicas**

¿Cómo se reduce las interferencias mediante la aplicación de la metodología BIM, caso edificio multifamiliar Jana, Surquillo - Lima, ¿2021?

¿Cómo se optimiza las estimaciones de metrados mediante la aplicación de la metodología BIM, caso edificio multifamiliar Jana, Surquillo - Lima, ¿2021?

¿Cómo se reduce la variación de costo por metrado mediante la aplicación de la metodología BIM, caso edificio multifamiliar Jana, Surquillo - Lima, ¿2021?

¿Cómo se optimiza el avance ejecutado mediante la aplicación de la metodología BIM, caso edificio multifamiliar Jana, Surquillo - Lima, ¿2021?

¿Cómo se reduce el porcentaje de no conformidades mediante la aplicación de la metodología BIM, caso edificio multifamiliar Jana, Surquillo - Lima, ¿2021?

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo general**

Describir como se reduce las interferencias mediante la aplicación de la metodología BIM, caso edificio multifamiliar Jana, Surquillo - Lima, 2021

### **1.7.2. Objetivos específicos**

Describir cómo se reduce las interferencias mediante la aplicación de la metodología BIM, caso edificio multifamiliar Jana, Surquillo - Lima, 2021.

Analizar cómo se optimizan las estimaciones de metrados mediante la aplicación de la metodología BIM, caso edificio multifamiliar Jana, Surquillo - Lima, 2021.

Describir cómo se reduce la variación de costo por metrado mediante la aplicación de la metodología BIM, caso edificio multifamiliar Jana, Surquillo - Lima, 2021.

Explicar cómo se optimiza el avance ejecutado mediante la aplicación de la metodología BIM, caso edificio multifamiliar Jana, Surquillo - Lima, 2021.

Indicar cómo se reduce el porcentaje de no conformidades mediante la aplicación de la metodología BIM, caso edificio multifamiliar Jana, Surquillo - Lima, 2021.

## **1.8. Experiencia Profesional**

### **1.8.1. Respecto al Bachiller Manuel Guzmán**

El proceso de incorporación a la empresa MINCOPER se llevó a cabo en el mes de abril del 2019, tras un proceso de selección realizado por el área de recursos humanos; cabe resaltar que la contratación se dio por un periodo de prueba de 3 meses, durante los primeros meses se realizaron trabajos de apoyo y seguimiento para el área de producción, revisión de metrados y levantamiento de observaciones de arquitectura, estructuras instalaciones eléctricas IIEE, instalaciones sanitarias IISS, e instalaciones mecánicas HVAC en campo para la elaboración de los planos Asbuilt de los proyectos Residencial Las Pecanas y Residencial Anahí.

Cumplido el periodo de prueba de 3 meses, se procedió a la ampliación del contrato de trabajo por concepto de “Inicio o incremento de actividades”, esta vez el cargo a ocupar fue el de asistente de oficina técnica, cuya función básica es:

Asistir al responsable de OT, en el control y la ejecución de acuerdo con el planeamiento de obra a través del cronograma general y la programación semanal, así como controlar los costos, realizar valorizaciones y apoyo en la gestión documentaria.

La renovación del contrato fue a mediados del año 2019 en el marco de inicios del anteproyecto del Multifamiliar Jana, el cual se llevó a cabo hasta el primer trimestre del 2020; en el mes de febrero del 2020 se logró obtener el grado de Bachiller de Ingeniería Civil, asumiendo nuevos retos sumados a la experiencia ganada durante el ejercicio profesional.

A comienzos de marzo del 2020 se entrega el primer paquete de planos para la ejecución de los metrados de obra, pero semanas más tarde se paralizaron las labores por las

restricciones ejercidas por el gobierno debido a la pandemia del COVID 19 dispuestas en el mensaje a la nación del día 15 de marzo del 2020.

Durante los primeros meses de la pandemia se realizó el home office (trabajo remoto), en el cual se procedió a revisar el proyecto con más detalle para detectar las incompatibilidades, y es en este periodo de tiempo en el que se propuso a la residencia de obra la aplicación de la metodología BIM, siendo denegado.

Los problemas debido a las incompatibilidades no se hicieron esperar, ya que muchas de ellas no se podían identificar en los planos 2D, esto generó una paralización en el tren de trabajo ya que se necesitaba resolver para continuar con la mayoría de las actividades programadas; pero fue bajo este escenario en donde nuevamente se presentó la idea de poder aplicar la metodología BIM, exponiendo detalladamente el plan para su aplicación, de esta forma se obtuvo el visto bueno.

### **1.8.2. Respecto al Bachiller Ysael Pacherras Giron**

Dado el proceso de selección e incorporación de personal a la empresa **MINCOPER**, realizado en julio 2016, se logró alcanzar satisfactoriamente la contratación para formar parte del staff de la empresa en el área de producción, se empezó a desarrollar la experiencia profesional en el proyecto multifamiliar Edna, realizando múltiples funciones en diversas áreas de trabajo, el primer desempeño fue en el área de topografía, se participó en la asistencia de supervisión en el área de control de calidad y metrados in situ para la adquisición de materiales, en la etapa de albañilería, desempeñando también funciones de verificación de acabados en todas las partidas durante el desarrollo total del proyecto logrando así su exitosa entrega.

Luego en enero del año 2018 en coordinación con el ingeniero residente y el jefe de campo del proyecto anterior empezamos a realizar metrados iniciales para la elaboración del presupuesto de los proyectos: Anahí y Las Pecanas; para el mes de mayo del año en curso se empezó a construir ambos proyectos en paralelo, con la experiencia adquirida en el proyecto Edna y el avance en mis estudios universitarios se me fue asignado para participar en el desarrollo total del proyecto Anahí encomendándome nuevas funciones como ser responsable de los procesos asociados a la producción involucrándome en el planeamiento, avances y costos de los mismos, también ser el encargado de liderar el cumplimiento de los procedimientos de planeamiento, programación y productividad que se cumpla el desarrollo de los trabajos con los respectivos estándares de calidad en todas las partidas descritas en el cronograma inicial de obra, cumpliendo con los entregables dicho proyecto y logrando la satisfacción de la empresa.

Así mismo en el mes de febrero del año 2020 bajo la coordinación de la alta gerencia, el ingeniero residente y el jefe de campo se me asignó la labor de realizar metrados iniciales de estructuras y arquitectura para la elaboración del presupuesto inicial del proyecto Jana, debido a la aparición del virus de la COVID 19 se continuó las labores asignadas realizando trabajo remoto durante los meses que duró la pandemia, el inicio del proyecto Jana fue en noviembre del mismo año acatando las restricciones establecidas por el gobierno, después de haber concluido dos proyectos consecutivos y demostrando la capacidad, la experiencia adquirida y ya contando con el título de Bachiller se me fue encomendado nuevas funciones para desempeñar en este nuevo proyecto tales como: liderar el cumplimiento de los procedimientos de planeamiento, programación y productividad, interactuando con las diferentes áreas de soporte de la obra, liderar el cumplimiento de los procedimientos de prevención de riesgos y gestión ambiental,

verificar los correctos procedimientos constructivos con su respectivo control de calidad, participar en el proceso de valorizaciones semanales.

En la actualidad el edificio aún se encuentra en ejecución, desarrollando la partida de albañilería, refiérase al asentado de ladrillo y tarrajeos interiores de losas aligeradas, losas macizas, placas, columnas y muros divisores de ambientes.

## **1.9. Plan de acción de las áreas en donde se aplicó la suficiencia profesional.**

### **1.9.1. Para el área de Oficina Técnica**

El departamento de oficina Técnica del “Proyecto multifamiliar Jana”, se encarga de la coordinación entre la alta gerencia, la residencia de obra, el área de producción, el área de calidad y el área de logística y almacén.

La importancia de la oficina técnica radica en sus funciones, algunas de ellas son:

- Gestionar y planificar los recursos del proyecto.
- Gestión de la documentación.
- Programación y control de las tareas asignadas y establecidas y que se cumplan de acuerdo con el cronograma del proyecto.
- Gestión y control de costos del proyecto.
- Generación y actualización de planos y documentación para el proyecto.
- Contrataciones y liquidaciones de obra.

Para llevar a cabo el plan de acción para la oficina técnica seguiremos los siguientes pasos:



*Figura 35.* Pasos para la elaboración del plan de acción para la oficina técnica.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

**Diagnóstico:** Deficiencias en el sistema de gestión y estandarización de procesos, afectando la coordinación entre las áreas responsables de las actividades de obra.

**Justificación:** El plan de acción servirá para mejorar el sistema de gestión de proyectos, mediante aplicación de la metodología BIM.

**Objetivo:** Definir los pasos a seguir para la mejora del sistema de gestión de proyectos, aplicando la metodología BIM.

**Actividades:** Dentro de las actividades a seguir para llevar a cabo el plan de acción tenemos:

- Crear una plantilla de trabajo en Autodesk Revit para el modelado del proyecto multifamiliar Jana
- Realizar el modelo 3D de estructuras del proyecto multifamiliar Jana
- Realizar el modelo 3D de arquitectura del proyecto multifamiliar Jana
- Realizar el Clash detection (detección de interferencias)
- Extraer reportes de cuantificación de materiales de las partidas más incidentes del modelo de estructuras (Concreto, encofrado, acero, curado)

- Realizar un comparativo entre el presupuesto inicial y el presupuesto con las nuevas cantidades obtenidas de los reportes del modelo y analizar su impacto en los costos.
- Generar planos actualizados a partir del levantamiento de observaciones producto de las interferencias.
- Crear un formato con los históricos de proyectos pasados y obtener ratios para estimaciones futuras.
- Retroalimentar al área de producción con información actualizada.

### **1.9.2. Para el área de Producción**

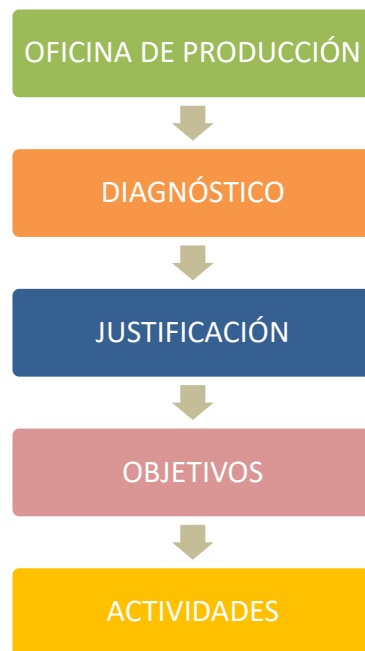
El departamento del área de producción del “Proyecto multifamiliar Jana”, es el encargado de llevar el ritmo esperado de la construcción, para poder cumplir con las metas del proyecto asignadas y definidas por la residencia de obra, también trabaja en constante coordinación con el área de oficina técnica, el área de calidad, logística y almacén.

Las principales funciones que desempeña la oficina de producción son:

- Analizar los planos y las especificaciones técnicas.
- Revisar la programación de las actividades y el cumplimiento de las metas.
- Coordinar y verificar la supervisión de los trabajos y metrados por valorizar.
- Realizar informes de producción.
- Controlar los trabajos realizados por cada contratista y sus respectivas valorizaciones semanales.
- Requerir el personal, los materiales y equipos necesarios para asegurar los rendimientos de obra.



Para definir el plan de acción del departamento de oficina de producción, utilizaremos el siguiente esquema:



*Figura 36.* Pasos para la elaboración del plan de acción para la oficina de producción.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

**Diagnóstico:** Deficiencias en el tren de trabajo, retrabajos por interferencias no detectadas a tiempo y el cumplimiento de los entregables.

**Justificación:** El plan de acción asumido por el área de producción servirá para retroalimentar a la oficina técnica con la información de actualizada de campo.

**Objetivo:** Definir los pasos a seguir para generar reportes de producción y protocolos de conformidad de los entregables, así como crear una cadena de retroalimentación con la oficina técnica.

**Actividades:**

- Coordinar trabajos con la oficina técnica y la residencia de obra.
- Cumplir con el tren de trabajo de las actividades asignadas en el cronograma de obra.
- Realizar puntualmente las actividades generadas en el Lookahead, para el desarrollo del proyecto multifamiliar Jana.
- Controlar el rendimiento de horas hombre y materiales del proyecto multifamiliar Jana.
- Hacer seguimiento del avance diario del proyecto mediante dispositivos móviles.
- Generar informes actualizados a partir del levantamiento de observaciones en campo.

Por lo tanto, este departamento será el responsable de definir el desarrollo exitoso del proyecto, permitiendo a la empresa MINCOPER lograr con los entregables a cada propietario, alcanzando así la satisfacción de estos y el reconocimiento de ser una empresa íntegra, eficaz y responsable.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes.

Los antecedentes de una investigación son aquellos referentes bibliográficos (trabajos de grados, textos) que le conceden un valor agregado al problema planteado. Según Hernández, Fernández y Baptista (2006), la revisión de la literatura “...consiste en detectar, consultar y obtener la bibliografía y otros materiales que sean útiles para los propósitos de estudio, de donde se tiene que extraer y recopilar la información relevante y necesaria que atañe a nuestro problema de investigación” (p. 65).

Las empresas a nivel mundial, como en Latinoamérica y específicamente en el Perú, han tenido contacto con lo que son las metodologías y tecnologías BIM y lo que implica, sin embargo, a pesar de conocer el software, haber trabajado en la motivación y desarrollo de liderazgo para la implementación, aún no conocen cómo deben estructurarse y enfocarse los procesos de implementación y diseño (Montellano, 2013).

A continuación, mencionaremos algunos de los trabajos que se han realizado en torno a esta metodología, a nivel internacional y nacional.

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales.

- Monfort Pitarch: “Impacto de la tecnología BIM en la gestión del proyecto y la obra de arquitectura. Un Proyecto con Revit” (2014). Tesis para optar obtener el título de ingeniero civil en la Universidad Politécnica de Valencia. Tiene como objetivo de identificar y evaluar el impacto del BIM y sus beneficios para la dirección de un proyecto de arquitectura, que será aplicado a una vivienda unifamiliar llegando a la conclusión de

que se puede apreciar que este software es más eficiente que la tradicional tecnología CAD por las siguientes razones; la información está siempre actualizada y al alcance de todos los agentes intervinientes, el intercambio de información con software BIM es más sencillo a través de formatos de interoperabilidad, su diseño paramétrico facilita el trabajo.

- Mojica y Valencia, (2012) en su tesis de pre-grado “Implementación de las metodologías BIM como herramienta para la planificación y control del proceso constructivo de una edificación en Bogotá”; tiene como objetivo implementar la tecnología BIM para planificar cada proceso constructivo en la cimentación, muros y elementos estructurales del edificio, aplicarlo a la programación y presupuestación utilizando las herramientas de diseño de edificios de Autodesk Building Design Suite para determinar las ventajas y beneficios. Llegando a las conclusiones tales como, interactuar en un ambiente de modelación en 3d con partes cuyos parámetros establecen reglas que implican un cambio muy significativo en el ambiente, en el modo de trabajo con respecto al uso de las mesas tradicional para el dibujo CAD. La asignación de factores es fundamental para crear un modelo BIM funcional y útil. Las fallas en la documentación de obra generan dudas y desencadenan retrasos para el cumplimiento del cronograma de obra, errores en el presupuesto, pérdidas de tiempo y dinero en trabajo mal realizado. Implementar metodologías BIM de manera correcta, garantiza una integración entre las partes involucradas del proyecto de construcción y conlleva a obtener resultados positivos.

- Valdés (2014). En su tesis para magister titulada “Estudio de viabilidad en el uso de la tecnología BIM en un proyecto habitacional”. Tesis para optar el grado de magister en dirección de gestión de proyectos inmobiliarios en la Universidad de Chile. Tiene como objetivo principal la evaluación del impacto que genera la activación de la tecnología

BIM sobre la rentabilidad de un proyecto inmobiliario habitacional, buscando mejorar los procesos en la etapa de administración y lograr un producto final de mejor calidad de acuerdo a ello se llegaron a resultados y/o conclusiones tales como que gracias al uso de la herramienta BIM favoreció hasta en un 12.8% el incremento de rentabilidad del proyecto al comparar con una empresa que no utiliza la herramienta BIM.

Por otro lado, cuando se requiera la contratación de un servicio de forma externa para que se haga cargo de implementar el sistema BIM, se calcula que la rentabilidad del proyecto se verá favorecido hasta en un 8%.

Todo se da al compararlo con otro proyecto en donde no se utilizó la tecnología BIM. Llegando a conclusiones tales como, interactuar en un ambiente de modelación en 3D con partes cuyos parámetros establecen reglas que implican un cambio muy significativo en el ambiente, en el modo de trabajo con respecto al uso de las mesas tradicional para el dibujo CAD. La asignación de factores es fundamental para crear un modelo BIM funcional y útil. Las fallas en la documentación de obra generan dudas y se llega a tener retrasos para el cumplimiento de la programación de obra, fallas en el presupuesto y ello conlleva a muchas pérdidas tanto de tiempo como de dinero por un mal trabajo. Implementar metodologías BIM de manera correcta, garantiza una integración entre las partes involucradas del proyecto de construcción conlleva a obtener resultados positivos.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

- Bances y Falla (2015) en su tesis: La tecnología BIM para el mejoramiento de la eficiencia del proyecto de edificación multifamiliar “Los Claveles” en Trujillo – Perú”. Tienen como objetivo principal detectar la eficiencia que logra generar el correcto uso de la tecnología BIM obteniendo resultados tales como el de demostrar que a través de

la tecnología BIM se logró generar un aumento mínimo del 6% de la eficiencia en la mano

de obra del proyecto en diferentes las diferentes especialidades de estructuras y acabados, también se demostró las ventajas de usar el software BIM a diferencia del CAD, la tecnología BIM es puntual en la programación y planificación de un proyecto en la mejora de su productividad.

- En su tesis: “Mejoramiento de la Constructabilidad mediante Herramientas BIM”, Espinoza y Pacheco (2014), plantean como objetivo, poder detectar los beneficios de aplicar la constructabilidad y la tecnología BIM en las etapas de pre-construcción de un proyecto, teniendo como resultados que en la primera revisión se encontró que la aplicación de la constructabilidad estaba por debajo de los 20% en promedio general, luego con el uso de las herramientas BIM se logró el incremento del porcentaje de la constructabilidad hasta un 83.8%.
- Salinas y Ulloa (2013), en su tesis titulada “Mejoras en la Implementación de la Tecnología BIM en los procesos de construcción y diseño de la empresa constructora Marcan”. Tienen como objetivo la mejora en los procesos de diseño y construcción de la empresa constructora Marca a través del uso del BIM, obteniendo como resultados o conclusiones que para poder implementar el BIM se necesita que los responsables generen tres condiciones básicas como son: Permitir introducir esta nueva tecnología de la mano con capacitaciones y liderado por personas comprometidas, así mismo la adecuación de estos procesos y por último usar los instrumentos adecuados. La comunicación adecuada produce uno de los primeros resultados favorables entre todos los entes involucrados. Además, recomiendan seis fases, para mejorar el proceso de diseño: Coordinación transversal, modelado BIM estructural y arquitectónico, sesiones de resolución de incompatibilidades de resultados, ingeniería arquitectónica y

estructural, modelado BIM de instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias e instalaciones mecánicas, sesiones de resolución de incompatibilidades de instalaciones eléctricas, reservas de instalaciones sanitarias y mecánicas, sesiones de trabajo con proveedores y subcontratistas. Como herramienta en la implementación de BIM para generar información, se recomienda utilizar el software Revit 2019, incluidos Revit Structure, Revit Architecture, Revit MEP y Navisworks.

- Farfán y Chavil (2016), en su tesis: “Análisis y evaluación de métodos BIM en Empresas Peruanas” indican que lo que realmente hacen las empresas es externalizar la planificación del modelo de proyecto para problemas de marketing, para ser utilizado únicamente como modelo 3D, pero no como una herramienta tecnológica con el potencial de resolver muchos de los problemas que enfrenta la industria de la construcción, también recomiendan que durante la implementación BIM, no se genere una gran “teoría” para llevarla a cabo, sino que esta debe desarrollarse de manera gradual, es decir paso a paso, para que el impacto del cambio sea positivo, casi natural.
- En Perú se ha hecho un esfuerzo por implementar BIM en casi todo tipo de proyectos, empezando por edificaciones, carreteras, centrales hidroeléctricas e instalaciones industriales, lo cual es un punto fuerte para impulsar la metodología este argumento, pero también una debilidad por la poca experiencia. ya que los intentos fallidos conducen a un mayor y más generalizado rechazo al cambio. Actualmente, las herramientas tecnológicas están siendo utilizadas en proyectos de construcción en nuestro país y los métodos tradicionales de trabajo aún no han logrado superar las dificultades relacionadas con el manejo de una gran cantidad de información y personas. La mayoría de los diseñadores no conocen el tiempo total de la fase de diseño del proyecto en el que están involucrados, solo conocen la cantidad de tiempo en meses para completar el diseño de su especialidad, es decir, el diseño aún se realiza de manera

fragmentaria. diferentes especialidades relacionadas con un proyecto de construcción (Ruiz, 2015).

- Eyzaguirre (2015), en su tesis “Potenciando la Capacidad de Análisis y Comunicación de los Proyectos de Construcción, mediante Herramientas Virtuales BIM 4D durante la Etapa de Planificación”, considera que la industria de la construcción está rezagada en cuanto a tecnología y si sigue así, poco a poco irá perdiendo productividad. En Perú, el incentivo para invertir en investigación y el desarrollo progresivo del sector de la construcción es débil. Se ha avanzado a través de procesos y procedimientos de construcción mejorados, sin embargo, se ha trabajado poco o se ha mejorado poco en las tecnologías de gestión que se están adoptando con éxito en los países desarrollados. Menarez (citado en Jara, 2017), cree que esta falta de innovación tecnológica, combinada con una mala gestión en etapas tempranas y una inadecuada planificación y control de proyectos, ello sin mencionar los problemas bien conocidos en la industria cuando la etapa de implementación es: incumplimiento de plazos, sobrecostos, baja productividad, calidad inadecuada, etc.
- Por ello, Mc Leamy (citado en Jara, 2017) afirma que las primeras etapas de la gestión de proyectos, y más concretamente de la gestión del diseño son fundamentales, por el gran esfuerzo que supone la mejor forma de optimizar y visualizar el diseño y sus documentos compatibles, debe ocurrir en esta etapa, ya que hay un mejor control sobre cualquier cambio que pueda ocurrir en el proyecto, ya que cualquier cambio en la etapa de construcción cuesta más. En la etapa de diseño no todas las necesidades se identifican desde el principio, especialmente debido a la falta de experiencia en la etapa inicial de construcción, la falta de claridad sobre los requisitos del cliente y la comunicación y coordinación, y la falta de coordinación y cooperación entre disciplinas. Posteriormente se cometieron errores de diseño, lo que resultó en altos



costos de reelaboración. El principal obstáculo o desafío para implementar las técnicas y herramientas propuestas durante la fase de diseño es la elaboración de protocolos de trabajo y estándares de modelado que deben seguir los participantes del proyecto (Ruiz, 2015).

- De manera similar, Almonacid, Navarro & Rodas (2015) recomiendan la participación de diseñadores, contratistas e ingenieros en la fase de diseño del proyecto, lo que conducirá a la creación de cambios en el diseño en una etapa temprana. Proponen incluir sesiones ICE (Ingeniería Concurrente Integrada), lo que crea una mejor comunicación entre los expertos y los participantes del proyecto, lo que resulta en la riqueza del modelo del proyecto. Concluyen que la visualización del proyecto, el intercambio de información y la cooperación interdisciplinaria a través de un modelo en el que primero se construye el edificio, juega un papel principal en el desarrollo del proyecto, porque se convierte en una herramienta importante, no solo para identificar conflictos, sino también para considerar criterios apropiados de diseño, análisis, constructibilidad, medición y funcionalidad en todas las disciplinas. En definitiva, con BIM, los diferentes actores pueden acceder a un modelo central, que contiene información clara, precisa, oportuna y completa sobre el proyecto, donde se puede visualizar gráficamente lo que se va a construir. El modelado obliga a los diseñadores a trabajar de una manera más colaborativa, coordinada e integrada, vinculando idealmente al constructor y al cliente durante las reuniones de diseño, mejorando la toma de decisiones y la calidad, al tiempo que reduce posibles pérdidas (Martínez, 2019).
- En su tesis para optar a su título profesional de Ing. Civil, “Metodología para minimizar las deficiencias de Diseño basada en la Construcción Virtual usando Tecnologías BIM”, Alcántara (2013), argumenta que con la minimización de errores en el diseño de la tecnología BIM, buscando un edificio sin pérdidas, el siguiente paso para lograrlo es la

industrialización de los procesos, con una mayor tendencia hacia las construcciones preinstaladas que de otro modo no se podría llegar a la técnica. Los planos de producción o de taller deben partir de un modelo previamente coordinado, modelo de instalación que dé confianza de que no sufrirá alteraciones o modificaciones en campo. BIM proporciona un modelo preciso del diseño requerido para cada área del proyecto, esto puede formar la base para una mejor planificación y programación del trabajo y ayudar a garantizar que las personas, los equipos y los materiales lleguen a tiempo.

- Una innovación que se está volviendo prominente en la industria es el diseño y la construcción virtual (VDC), que tiene como objetivo lograr varios objetivos comerciales, a través de un entorno soportado en información, flujos de trabajo como BIM y simultáneamente ingeniería integrada – ICE); Permite la coordinación de diferentes departamentos y evalúa virtualmente la relevancia del diseño para los múltiples objetivos del proyecto, lo que resulta en una comunicación e información más efectiva, más cooperación e integración entre la persona relevante. Se debe seguir una estrategia que involucre sistemas, procesos, equipos multidisciplinarios e información integrada, para lograr altos niveles de desempeño en los proyectos, pero en el caso de Perú, la aplicación de VDC/BIM en la coordinación de disciplinas en la fase de gestión de diseño del proceso de gestión de proyectos es rara y carece de los resultados y estudios que demuestren sus beneficios procesos que debe seguir la organización (respecto al proyecto) para gestionar bien con estas herramientas contribuyen a no apostar por este tipo de enfoques y continuar con los tradicionales (Jara, 2017). BIM puede dar solución a los problemas de comunicación, información e interacción de los participantes en el grupo de trabajo: el diseñador, el propietario del proyecto y el contratista. Asimismo, es importante identificar el potencial de modelado que trae BIM, así como la implementación de objetos en CAD arquitectónico, así como la

implementación de herramientas o métodos de intercambio de información no gráfica entre ellos. El edificio a construir ya no se considera una colección de diagramas 2D, sino objetos que contienen información en varias dimensiones. Los sistemas basados en BIM ofrecen beneficios que dependen del nivel de comprensión de los modelos creados por cada miembro del equipo. Al prestar más atención a los posibles problemas que puedan surgir en el lugar de trabajo en el momento del diseño, harán que estos sistemas integrados sean más eficientes en el futuro, tanto desde el punto de vista económico y de ahorro de tiempo (Baeza & Salazar, 2005).

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Origen y evolución del BIM**

El concepto de la metodología BIM se remonta aproximadamente 50 años atrás, pero la definición de este concepto ha ido evolucionando constantemente con la aparición de diferentes aportes tecnológicos.

En 1957, el Dr. Patrick J. Hanratty, "padre del CAD", bautizado así por sus aportes al campo del diseño asistido por computadora como el primer software CAM comercial y el comienzo de la historia del trabajo con programas de computadora (Roldan, et al., 2012); Luego J. Hanratty pasó a los gráficos generados por computadora, llegando a DAC o diseño automatizado. Fue el primer sistema CAD / CAM en utilizar gráficos interactivos, desde dibujar planos "a mano" hasta realizarlos en un ordenador, con todas las ventajas que ofrece este sistema. Esta tecnología ha pasado por diversas evoluciones a lo largo del tiempo, ya que es necesaria para cumplir con los requisitos de grandes proyectos. Como resultado, se han agregado varias características a estas herramientas, con el fin de reducir el tiempo de mano de obra, errores de diseño y lograr modelos

sólidos y superficiales. A pesar de ello, editar, actualizar, importar y extraer información de los modelos aún es complejo.

En 1960, antes de que fuera aceptado por los usuarios, CAD comenzó a florecer con gran impacto en la industria automotriz. En el año 1963, aparece el software CAD con la denominación de "Sketchpad", el cual fue creado por Iván E. Sutherland en el Laboratorio Lincoln del MIT (Silva, 2011). En 1964 General Motors adoptó el sistema DAC1 creado por IBM, que se utilizó en el diseño de automóviles (Mitchell, 1977). Paralelamente, en Europa, en la construcción se empezó a utilizar software para recuperar el recuento de trabajos y crear documentos a partir de ellos. Esto es gracias a los resultados obtenidos, producto de las encuestas realizadas sobre el uso de computadoras para la comunicación en proyectos de construcción y documentación de contratos por el arquitecto danés Bjorn Bindslev implementadas desde 1959 (Journal, 1964)

En 1968, Donald Welbourn tiene la facultad de usar computadoras para ayudar a dibujar formas tridimensionales complejas (Roldán, Martín, & De la Torre, 2012). Ya en 1970 se comenzaron a desarrollar sistemas informáticos para su aplicación en proyectos de gran envergadura, ejemplo de ello se tiene el caso del software HARNESSE empleado en la construcción del hospital del mismo nombre. Es por ello que esta época es de gran importancia para el impulso de lo que actualmente se denomina como BIM, ello por el desarrollo de los sistemas informáticos (Mitchell, 1977).

En 1973, se desarrolló una forma de construir sólidos 3D por computadora (Roldán, Martín, & De la Torre, 2012). La tecnología paramétrica se introdujo en 1975, para optimizar todo el proceso, ya que Charles Eastman, quien es conocido como el padre del BIM (Mojica & Valencia, 2012), publicó un artículo describiendo un prototipo llamado Building Description System (BDS). Este sistema es el primero en integrar las diferentes áreas de diseño en un proyecto de construcción, lo que permite documentar cantidades

para estimar costos y generar planos detallados. De hecho, es una de las concepciones actuales de BIM.

En 1979 Mike y Tom Lazear crearon el primer software CAD. En 1982, Autodesk comenzó a crear un programa CAD para PC. También en 1982, Gabor Bojar se enfrentó al gobierno comunista húngaro y fundó una empresa privada para desarrollar ArchiCAD. (Roldán, Martín, & De la Torre, 2012), al mismo tiempo la empresa GRAPHISOFT desarrolló un software informático para dibujar en 2D y 3D, llamado RADAR CH, el predecesor de ArchiCAD, introdujo 'un primer concepto BIM que incluía también objetos paramétricos conocido como "Objetos Inteligentes", así como el concepto de modelo virtual en 3 dimensiones, conceptos que lo distinguirían de los programas CAD. En 1984, se creó la primera versión de ArchiCAD llamada CH RADAR para el sistema operativo Apple Lisa, después de lo cual ArchiCAD, basado en el poderoso GDL (Geometric Description Language), que se convirtió en el primer software BIM para computadoras personales. Ese mismo año, Georg Nemetschek fundó Allplan, una empresa alemana que puede considerarse el segundo software BIM de la historia para ordenadores personales. Además, el año 1984 marcó el inicio de la empresa Graphisoft, que comenzó a desarrollar programas CAD en 3D (Roldán, Martín, & De la Torre, 2012). En 1985 apareció en el mercado Vector Works, que puede ser considerado como el tercer BIM en la historia de las computadoras personales, con el nombre comercial de MiniCAD desarrollado por Richard Diehl, solo para la plataforma MAC. También en 1985, Keith Bentley de Bentley Systems proporcionó funciones avanzadas de diseño asistido por computadora (Tjell, 2010). Robert Aish fue el primero en documentar el uso del término "Modelado" en un artículo de 1986 y lo describe como modelado tridimensional a través de factores paramétricos, bases de datos relacionadas, y ha permitido la gestión de la información y la planificación por fases., recuperación

automática de documentos, entre otros (Roldán, Martín, & De la Torre, 2012). Uno de los casos de uso exitosos de este software fue el diseño y construcción de una tercera terminal en el aeropuerto de Heathrow.

Luego, en 1992, el término completo "Modelado de información de construcción" fue acuñado por Van Nederveen y Tolman, de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Tecnológica de Delft, Países Bajos, el término apareció en su publicación en la revista *Automation in Construction*. En 1993, Graphisoft creó la primera versión de ArchiCAD para Windows, que se convirtió en el primer software CADBIM multiplataforma. En 1995 se desarrolla el formato de archivo International Foundation Class (IFC), el cual permite el flujo de datos a través de diferentes plataformas, haciendo que el archivo sea compatible con diferentes programas BIM. En 1996, Diehl Graphsoft puso a disposición la versión 6 de MiniCAD para Windows y Mac, que se convirtió en el segundo CADBIM multiplataforma. De 1997 a 2000, Leonid Raiz e Irwin Jungreis fundaron Charles River Software, más tarde rebautizado como Revit Technology Corporation (Roldán, Martín, & De la Torre, 2012). Así, en 2000, ArchiCAD con el desarrollo de Revit, revolucionó BIM mediante el uso de una herramienta que cambia parámetros gracias a la programación y creación orientada a objetos. Crea una plataforma que hace posible para agregación de la dimensión del tiempo; se trata de distribuir software de una manera nueva sin un distribuidor físico. Sin embargo, solo tiene una suscripción mensual a Internet. En 2002, Revit fue adquirida por Autodesk, una empresa que adquirió varios softwares que podrían haber sido clasificados en la categoría BIM, y ha continuado desarrollándolos hasta el día de hoy.

Así es como BIM ha logrado su ventaja a lo largo del tiempo. El trabajo colaborativo, el diseño paramétrico, la comunicación bidireccional y las bases de datos compartidas han contribuido a la misma metodología que se ha interiorizado en varias empresas, tanto

proveedores de "servicios" BIM como el mismo, otros insiders han visto importantes ventajas en su uso. Las prácticas modernas en arquitectura, ingeniería y construcción se han movido hacia la colaboración; incluso ha tenido un impacto en la industria, trasladando gradualmente las licitaciones a un sistema de entrega de proyectos integrado donde todos trabajan en un conjunto de modelos BIM mutuamente accesibles.

En el 2002, Jerry Laiserin certifica y populariza el término BIM a partir de su trabajo “Comparación de manzanas y naranjas”, donde defendió su aplicación generalizada para definir aplicaciones orientadas a la creación de modelos de información de edificios (Picó, 2011).

En 2002, Gehry Technologies creó el software Proyecto Digital, su método de trabajo denominado “Modelo de Proyecto Integrado” (Roldán, Martín, & De la Torre, 2012). Hasta 2009, Revit mantuvo la misma interfaz basada en iconos que tenía en 2002. En 2010, Revit cambió por completo su interfaz al asimilar la tecnología Ribbon que mantiene hasta el día de hoy. “Información de construcción (Roldán, Martín, & De la Torre, 2012). Dada la larga trayectoria que ha tenido esta tecnología, así como sus resultados, ya hay una serie de empresas y organizaciones que la utilizan en todo el mundo y también muchos países que adoptan esta forma de trabajar, incluso también lograron la institucionalización.



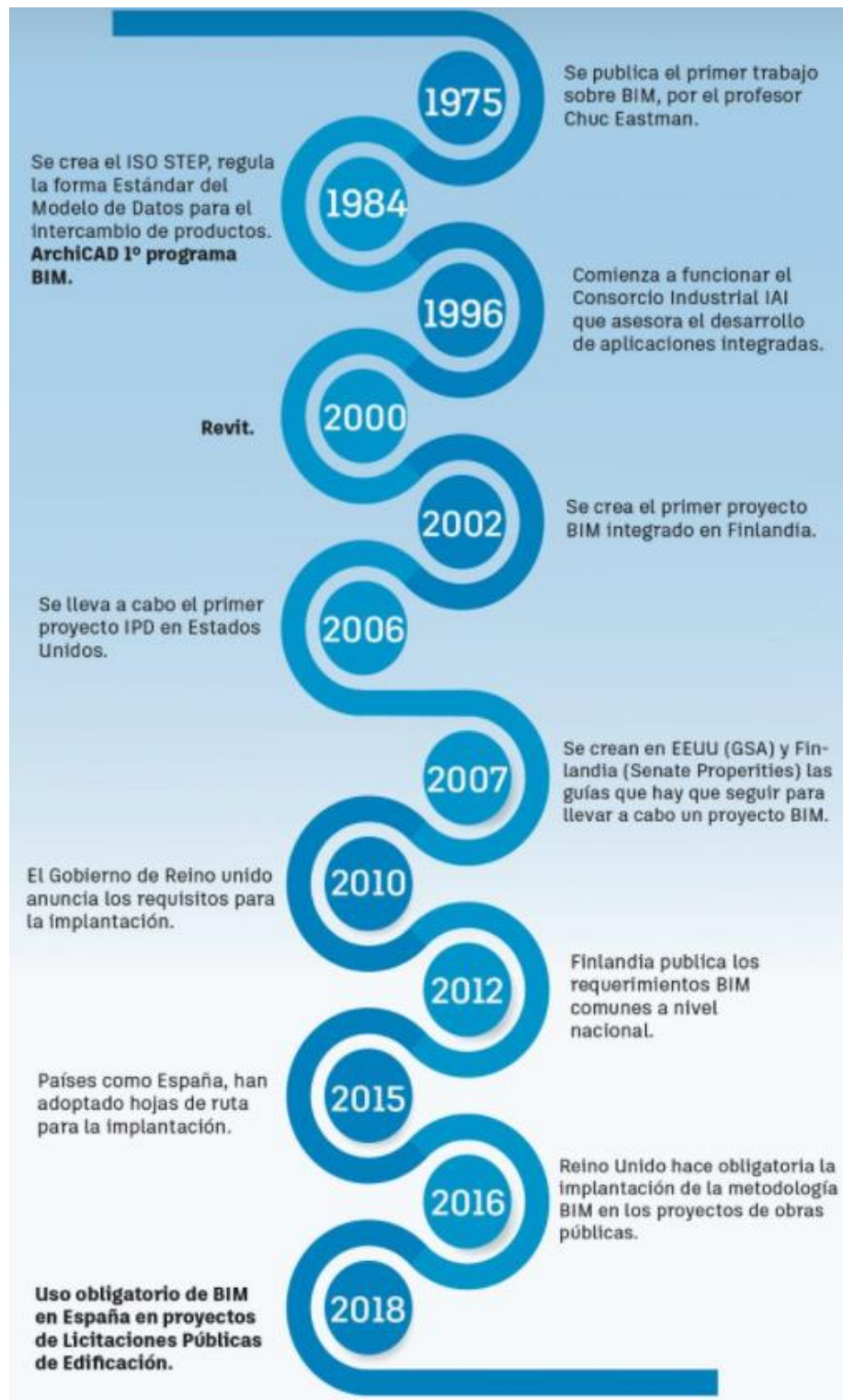


Figura 37. BIM – Orígenes y evolución.

Fuente: Seys (<https://seystic.com/bim-la-historia-del-building-information-modelling/>, 2018)



### 2.2.2. BIM y sus conceptos

Desde su aparición, por los años 70', el concepto de BIM ha ido evolucionando; es así como para definir y entender el BIM debemos mencionar lo siguiente:

Eastman et. Al. (2012), afirma que BIM, acrónimo de Building Information Modeling (Modelado de la Información de la Construcción) es el proceso de creación y modelado de datos de construcción de manera transparente. tiene mucho que ver con la gestión de la información y no solamente con el modelado. Llegando a tener un beneficio de una mayor productividad y precisión en el diseño y la construcción de edificios.

En Autodesk (2015) se señala que BIM es un proceso que se caracteriza por la creación y el empleo de un modelo 3D inteligente, el cual permite informar y comunicar las decisiones del proyecto: diseño, visualización, simulación y colaboración habilitada por soluciones BIM, es así que brindan mayor claridad para todas las partes interesadas en todo el ciclo de vida del proyecto, con lo cual el BIM facilita alcanzar las metas del proyecto y de los negocios.

En (Eastman, Teicholz, Sacks, & Liston, 2012) podemos encontrar que se considera el BIM como una tecnología de Modelado, y una serie de procesos que sirven para generar, comunicar y analizar procesos constructivos.

Mientras que en el Diario El Peruano (2019), lo encontramos definido como el conjunto de metodologías, tecnologías y estándares, mediante las cuales se pueden formular, diseñar, construir, operar y mantener una infraestructura pública de forma colaborativa en un espacio virtual.

Dos años más tarde (2021), en el Diario El Peruano, encontramos que el BIM (Building Information Modeling) es una metodología de trabajo en equipo, que nos permite

gestionar la información determinado por todas las partes que participan, ello, además, nos facilita la programación multianual, la formulación, el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento de la infraestructura pública, ello nos lleva a tener una base confiable para la toma de decisiones.

Existen profesionales que han aplicado el BIM y lo definen como una metodología que trabaja de manera colaborativa, mediante el modelado y diseño virtual del proyecto (modelo 3D), el cual contiene información relevante de una infraestructura por ser una plataforma virtual inteligente.

Hay que tener en cuenta que todavía hay personas que creen que BIM no es un método de trabajo, sino un programa de modelado y a menudo escuchamos hablar de BIM como si se tratara de Revit, ArchiCAD, Tekla u otro software de modelado, ya que existen muchas plataformas en el mercado.

Es por ello que, Núñez, Alarcón & Martínez (2018), señalan que BIM no es solamente un software, sino una metodología que nos permite el desarrollo y manejo de la información mediante un software, al proceso de modelado y entrada de datos se le llama modelado paramétrico, en donde ya no se modela en dos dimensiones sino en tres dimensiones y lo más destacable es que puede funcionar en tiempo real, mejorando el proceso de diseño del proyecto, flujo de trabajo, cronograma e información de costos, éste último debe ser de alta calidad y confiable.

Primero, todo el proceso crea un modelo de construcción, incluida la geometría, la información geográfica, la carga de trabajo y las propiedades de los componentes de la construcción; según una investigación desarrollada por el Instituto de la Construcción en Nicaragua, menciona que este nuevo método de trabajo genera la integración de todos los stakeholders (partes interesadas) en el proceso constructivo desde arquitectos, ingenieros, constructor, promotor, administrador de instalaciones, etc. y estableció un

flujo de trabajo y comunicación en todas las direcciones entre ellos, logrando crear un modelo virtual con información suficiente para poder gestionar el edificio a lo largo de su ciclo de vida, desde la etapa de concepción de la idea, durante la construcción y vida útil hasta su demolición.

La base principal del método BIM es la evaluación del proyecto desde la fase de diseño hasta la fase de demolición, optimizar la incertidumbre de un proyecto de construcción, gracias a la interoperabilidad entre el Método BIM y el Diseño.

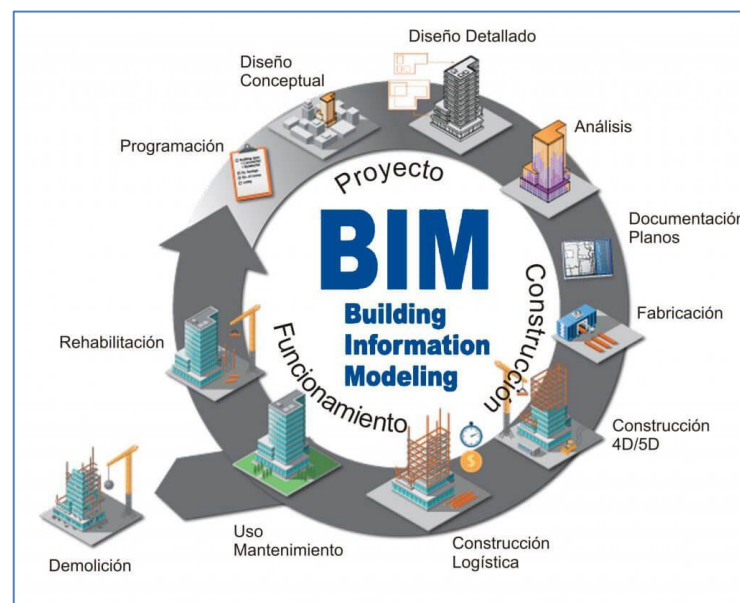


Figura 38. Proceso de desarrollo de un proyecto BIM.  
Fuente: (Ministerio de Economía y Finanzas, 2019).

Según V. Bazjanac & T. Maile (2004), la información proporcionada para los modelos BIM proviene de varios tipos de softwares, programas de modelado, cálculos estructurales, MEPs, softwares presupuestarios, análisis del comportamiento energético, etc. En dichos modelos se especifica la geometría, la información no solo espacial, sino también geográfica, montos e identificación de los diferentes componentes de construcción, estimación de costos, descripción de materiales y planificación de proyectos.

El modelo también puede ser utilizado para demostrar todo el ciclo de vida de un edificio; ya que el conocimiento de todas estas herramientas y la interoperabilidad entre ellas es fundamental para la correcta implementación de este enfoque BIM-VDC, además es importante mencionar que la Comisión BIM del Perú menciona que la gestión de la Interoperabilidad del Modelo depende de la información que contiene, por lo que también dependerá del LOD (Level of development) o su traducción al español que significa nivel de desarrollo.

### **2.2.3. Filosofía BIM**

Cuando hablamos de BIM nos referimos a un todo, a un conjunto de procesos y no solo a un tipo de software como se suele pensar, la filosofía BIM se divide en dos áreas claramente diferenciadas: Por un lado, encontramos lo que se denomina “Little BIM”. Este aspecto incluye todo lo relacionado con el software que posibilita su uso e implementación, es el lado más visible de la metodología, pero es solo la herramienta que lo habilita; es el canal a través del cual los agentes desarrollan su trabajo.

Como definición, podemos decir que es el conjunto de programas y aplicaciones que se utilizan como herramienta de la metodología para crear el modelo BIM. Cuando se habla de programas y aplicaciones, la gente suele referirse al software BIM, ya que hay muchos programas de diferentes desarrolladores.

Los más importantes y sus ventajas y desventajas se detallarán en el siguiente apartado, en cualquier caso, la prioridad más destacable es la interoperabilidad que deben tener entre estos dos elementos, aspecto fundamental de esta filosofía que independientemente del software utilizado, todos los proyectistas de las diferentes especialidades deben poder comunicarse adecuadamente.

Por otro lado, está el "Big BIM", que representa el contenido de la metodología relacionada con el continente que representa "Little BIM". Puede definirse como el fundamento de la filosofía, el camino para seguir una correcta aplicación; en este caso ya no es una herramienta como el software, sino que estamos hablando de directivas. "Big BIM" recomienda gestionar los proyectos de tal forma que la información generada sea precisa, disponible en el momento adecuado y presentada en el lugar adecuado, esta es la base que todos los agentes deben tener en cuenta al diseñar con software BIM.

Este aspecto incluye la gestión de la información a través del modelo, la gestión de los recursos técnicos y humanos del proyecto y de la organización en su conjunto, y también las interrelaciones con el entorno (proveedores, clientes, etc.).

Todo ello, limitado a la vida útil del proyecto, desde la etapa inicial y de concepción hasta el fin último de mantenimiento y conservación.

#### **2.2.4. Diseño y construcción virtual (VDC)**

La Metodología de Diseño de Construcción Virtual o VDC, por sus siglas en inglés, ha surgido como el medio más adecuado para obtener mejores proyectos, en un tiempo más corto y a un costo menor al esperado y de mejor calidad de la esperada, puesto que el beneficio de tener todo el modelo paramétrico 3D construido antes de que comience es incomparable en nuestra industria y en todo el mundo.

Además, los costos comparativos de lograr este resultado con los costos de implementación que son completamente marginales, casi inexistentes en relación con la inversión y los beneficios de un proyecto cuando se utiliza correctamente. VDC es una metodología que asegura los objetivos del proyecto (sus métricas), a través de una buena organización de todas las partes interesadas (ICE: Integrated Concurrent Engineering),

utilizando tecnología BIM y procesos de fabricación Lean Production (PPM) (Integrated Facility Engineering Center, sf).

El uso de prototipos de tecnología digital y de la información en proyectos de diseño y construcción requiere una ordenanza que establezca claramente los objetivos comerciales; por tanto, para gestionar mejor la información que obtenemos con BIM, surgirá el enfoque de Diseño y Construcción Virtual – VDC. Según Kunz y Fischer (como se cita en Almonacid et al., 2015), los pilares básicos de VDC son: gestionar el desarrollo del producto final a través del modelado de información de construcción - BIM. Gestión de Producción y Procesos, gestionar la organización del proyecto y la interacción entre equipos multidisciplinarios, gestionando el desempeño del proyecto frente a las metas a través de indicadores de desempeño.

#### **2.2.5. Concepto VDC / BIM**

Este enfoque de modelado incluye herramientas, procesos y tecnologías para llevar a cabo un proyecto de construcción completo, desde la concepción hasta el final de su vida útil, a través de la coordinación de un entorno multidisciplinario, que involucra a inversores, propietarios, arquitectos, ingenieros estructurales, ingenieros de instalación, ingenieros civiles, constructores, administradores y, en general, todos los que tienen que ver con el diseño, construcción y operación del proyecto. Esta coordinación se logra a través de una plataforma tecnológica que integra una serie de software especializados, que trabajan en conjunto sobre una base única de información, permitiendo un intercambio de datos unificado, preciso y completo en tiempo real, mejorando así aspectos como la eficiencia y la eficacia (**Pailiacho, 2014**).

### 2.2.6. Niveles de desarrollo BIM (LODs)

En este caso, LOD (Level Of Development) es el nivel de desarrollo o madurez de la información que tiene y forma parte de un elemento del modelo, sistema constructivo o complejo de obras, se tiene entendido que LOD no se refiere a todo el proyecto y no está relacionado con la fase de desarrollo o construcción (Imasgal, 2021).

El Instituto Americano de Arquitectos (AIA), en el año 2002, definió los niveles de desarrollo del proyecto (Levels of Development o su abreviatura: LOD) para cada una de sus fases y/o niveles, estos son: LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400, LOD 500.

Según Weygant, (citado en Montellano, 2013), cada uno de ellos hace referencia a contenidos específicos, derechos de uso del modelo y elementos objetos del modelo.

LOD 100: este nivel suele ser útil para estudiar el volumen y el tamaño de un proyecto, contiene información básica sobre la forma general y número de metros cuadrados del proyecto. Se utiliza para estudios de factibilidad y estimaciones presupuestarias básicas (Montellano, 2013).

LOD 200: En este nivel, el componente se identifica gráficamente, y también se puede agregar la cantidad, el tamaño, la forma y/o la posición aproximada en relación con el proyecto general, información no gráfica. En particular, este elemento se caracteriza por su ubicación, ya que tiene una definición geométrica incompleta, tiene datos aproximados de tamaño, forma, posición y orientación. Su uso está ligado a elementos genéricos o definiciones detalladas dadas por actores externos al proyecto. Este es el nivel más básico, este LOD indica la capacidad de incluir información no gráfica de un artículo, como el costo real (no estimado a partir del LOD 100), así como características de peso, instrucciones del fabricante y mantenimiento (Imasgal, 2021).

Esta granularidad contiene elementos generales del sistema, los muros ya se pueden definir como muros y tener cierto espesor, los vanos pueden aparecer como huecos, pero

no como ventanas específicas o lucernarios, se pueden especificar techos, pero no habrá especificaciones de materiales. Puede haber elementos como puertas y pasamanos, pero representarán más el lugar que las características finales que tendrá (Montellano, 2013).

LOD 300: En este nivel se identifica gráficamente el elemento, determinando el número, tamaño, forma y/o posición exactos con respecto a todo el proyecto; la información no gráfica también puede incluirse en este LOD, características de un objeto definidas en detalle en términos de su geometría, así como su posición y composición en un determinado sistema de construcción, uso y montaje en términos de cantidad, tamaño, forma, ubicación y dirección; además, se indica la posibilidad de incluir información no gráfica sobre el elemento (Imasgal, 2021).

Es posible que no tengan en cuenta los materiales exactos, pero tienen propiedades funcionales relacionadas, como preferencias y limitaciones dimensionales, e información que puede ser útil para preparar la documentación de construcción. Hay información específica del componente, pero no hay información sobre cómo instalarlo o mantenerlo, con este nivel de detalle se puede desarrollar un presupuesto más preciso (Montellano, 2013).

LOD 400: Un elemento de objeto que detalla su forma, así como su ubicación, perteneciente a un sistema particular de construcción, uso y ensamblaje en términos de número, tamaño, forma, posición y navegación. con todos los detalles, producción específica del proyecto, información de funcionamiento, montaje e instalación, así como en niveles anteriores también se puede añadir información no gráfica (Martínez, 2019).

Los objetos en este nivel deben tener suficiente precisión para generar documentos de construcción precisos y realizar análisis prácticos de la operación del sistema; la principal diferencia con el modelo anterior es la cantidad de información en el objeto y los detalles involucrados (Montellano, 2013).



LOD 500: En este nivel se define geoméricamente el elemento, así como su posición, su pertenencia a un determinado sistema constructivo, su uso y montaje en términos de cantidad, tamaño, forma, posición y orientación. En este caso también se explica la posibilidad de añadir información no gráfica al artículo.

La información a este nivel se compara con la construcción completa ("tal como se construyó" o mejor conocida como "tal como se construyó") y no se aplica a todos los elementos de juicio del proyecto. Los criterios de elegibilidad estarán determinados por los respectivos marcos y reglamentos, y, en todo caso, la información de un nivel prevalece sobre la información equivalente de los otros niveles inferiores. Los elementos del modelo se pueden definir en LOD 500 sin necesidad de hacerlo en niveles anteriores, y siempre se incluirá al autor del modelo como agente responsable de su implementación (Montellano, 2013).

### **2.2.7. Herramientas BIM**

Existen diferentes herramientas que han aplicado componentes inteligentes para hacer la información más accesible.

Según Isa, Zhang y Olbina (citados en , hay una serie de herramientas que se pueden utilizar en el mercado global para ayudar en el ajuste del concepto BIM, los instrumentos y aplicaciones pueden ser clasificadas en:

- Instrumentos BIM de autoría: Consienten en la creación de modelos; y son utilizados en los procesos a lo largo del proyecto: diseño y construcción, de las cuales destacan Autodesk Revit, Tekla Structures y ArchiCAD.
- Herramientas BIM de actualización: Consienten en las actualizaciones determinadas de los patrones creados.

- Herramientas BIM de visualización: Consienten en la visualización del contenido del patrón sin realizar alteración, para ello se emplea Revit en su programa de visualización, por ejemplo.

Los instrumentos y/o herramientas más importantes, en la actualidad son:

- Autodesk Revit:

La plataforma de software es completamente diferente de AutoCAD, ya que permite a los usuarios diseñar utilizando modelos 3D y 2D. Cuando el usuario está trabajando en dibujos, Revit recopila información sobre el proyecto de construcción y coordina esta información con todos los demás representantes en el proyecto. Las herramientas de edición paramétrica de Revit coordinan automáticamente los cambios realizados en cualquier lugar, en vistas de modelo, dibujo, programación, sección y hoja (Autodesk, 2015). Actualmente ese software es el más empleado.

- ACCA Software

Considerado el primer programa informático para arquitectura, ingeniería, sin costo alguno, basado en la representación gráfica en tercera dimensión de los diseños en la partida de arquitectura, ACCA también cuenta con tecnologías informáticas en programación de obra y de una correcta gestión en la etapa de presupuesto.

- Systems Bentley:

Es un grupo de programa informático elaborado por Bentley con la finalidad de modelar los datos para la construcción. Los programas son los siguientes: Bentley Architecture, Bentley Structural, Bentley Mechanical Systems y Bentley Electrical Systems. Es un

programa informático semejante al Revit, pero que trabaja sobre MicroStation el cual es un software similar al CAD elaborado por Bentley.

- Tekla BIMsight:

Este software es desarrollado por la empresa finlandesa TEKLA y su creación data de la década de 1990, por lo que viene a ser el más antiguo de los software, este programa ha sido creado especialmente para el modelado de estructuras de concreto armado y estructuras metálicas ya que genera directamente los sólidos paramétricos dentro del modelo integrado 3D.

A comparación de otros softwares TEKLA permite incorporar una amplia gama de perfiles y conexiones de acero, además de generar planos de planta, elevaciones, despiece y fabricación, reportes de materiales y piezas y se actualizan de forma dinámica.

Tekla también puede realizar cálculos estructurales y civiles de forma automática facilitando los resultados de una manera confiable y sobre todo también puede interactuar con otros softwares BIM mediante el exportado en formato IFC, este software brinda soluciones específicamente para el modelado estructural del proyecto, es ahí su punto fuerte.

- ArchiCAD:

El desarrollo de este software data del año 1982 y estuvo a cargo de la empresa húngara Graphisoft y su lanzamiento oficial al mercado fue en 1984 con el nombre de Radar CH, sus primeras versiones fueron diseñadas especialmente para las Macintosh, y está reconocido como el primer software de dibujo asistido por computadora personal con la capacidad de generar dibujos en 2D y 3D, cada módulo se vendió por separado. Actualmente este software BIM permite generar modelos 3D integrando objetos y elementos paramétricos enriquecidos denominados “Smart-objects”, además de contar

con una amplia librería, así como una nube de almacenamiento de datos llamada BIM-Cloud, la cual facilita el trabajo de entorno colaborativo entre los diversos especialistas del proyecto. Como característica fundamental cabe señalar que el software permite la construcción del proyecto inicialmente en 2D (planos de planta), para posteriormente continuar con el modelado paramétrico 3D para luego ser exportados.

- Sketch up:

Fue desarrollado por Last Software y es una herramienta para el modelado en 3D basado en capas para entornos de ingeniería civil, arquitectura, diseño industrial, Se utiliza para modelar urbanismo, arquitectura, paisajismo, GIS, videojuegos o películas. Es un programa desarrollado por Last Software, una empresa que fue adquirida por Google en 2006 y luego vendida a Trimble en 2012.

### 2.2.8. Dimensiones del BIM

A través de las dimensiones BIM se describen las fases del ciclo de vida de un proyecto, actualmente las fases se caracterizan desde 1D hasta 7D. Sin embargo, algunos estudios han sugerido dimensiones adicionales, hasta 10D.

Cada dimensión se describe a continuación en términos de proceso y geometría.

- Idea 1D: Este es el punto de partida de todo proyecto, idea e ideación, donde determinamos la ubicación y algunas estimaciones para crear un plan de implementación.

Esta tendencia surgió incluso antes de la implementación del software en la industria AEC, estuvo relacionada con la idea del proyecto, en la realización del BEP (BIM Execution Plan), en el análisis de las condiciones iniciales y en el campo de dibujo, será solo un punto en el espacio.

- Documentos y planos 2D: paso para sintetizar la información del proyecto en el expediente técnico, que contendrá informes e investigaciones sobre el proyecto, así como la elaboración de planos de las distintas especialidades, avance de grado inicial, presupuesto inicial, etc.

A nivel geométrico, es un vector, que se puede representar en vistas y planos generados a partir del modelo 3D. Además, esta dimensión incluye procesos de configuración y comunicación, así como definiciones iniciales de especificaciones.

- Modelado 3D paramétrico de objetos: en este paso se realiza el modelado del proyecto, el cual contendrá información y parámetros definidos para obtener resultados como materiales, tipos de elementos, altura especial de los elementos, etc. Con la evolución del término BIM, esta dimensión se ha ajustado con más impacto en la industria. Geométricamente, se define como una figura con ancho, alto y profundidad, es decir, un objeto orientado en el espacio tridimensional. A nivel de proceso, esta dimensión incluye diseño arquitectónico, estructural y MEP, representación 3D y orquestación (intersección).

- Tiempo 4D: Se refiere a la relación que existe entre la asociación de actividades planificadas construidas en el programa de trabajo y el modelo paramétrico, de esta manera los procesos de construcción pueden simularse casi iterativamente modificando operaciones hasta la mejor secuencia de operaciones o se encuentra la programación, así como la optimización de espacios y el seguimiento de horarios. Los datos de tiempo se alimentan al modelo previamente realizado en dimensión 3D, para establecer el cronograma y posiblemente hacer simulaciones previas de la secuencia del proceso de construcción, con esto, la planificación anticipada evitará el reprocesamiento.

- Costeo 5D: este paso se ocupa de la asociación de varios parámetros e información del proyecto ingresados durante el modelado 3D, procesados por el software utilizado para

la extracción a través del informe de cuantificación de materiales y luego procesados por la herramienta. gracias a su gran flexibilidad.

Los costos no son necesariamente secuenciales con la dimensión D anterior, ya que se incluyen procesos como la extracción de cantidades, el control de estimaciones de costos y la elaboración de presupuestos.

- Sostenibilidad 6D (Green BIM): Apoya en gran medida el proceso de certificación “Green”. Cada elemento representado en el modelo paramétrico 3D tiene un material que contiene información sobre su composición física, química, térmica, acústica y más, gracias a este análisis es posible obtener datos de comportamiento ante estímulos térmicos, de viento, lumínicos y sonoros, entre otros.

Esta dimensión se enfoca en la sustentabilidad de la edificación, a través de la simulación y análisis de comportamiento, en la eficiencia energética, además, en esta dimensión también se incluyen evaluaciones y certificaciones.

- 7D Mantenimiento y Operación: Puede definirse como la fase más larga del proyecto, ya que esta dimensión incluye el “uptime” del edificio; Aquí también se crea el manual de operación y el modelo “As Build”, esto permitirá detectar el tiempo de mantenimiento de los diferentes sistemas, componentes y equipos del proyecto (Nogales, 2018).

Las siguientes dimensiones pueden tener variaciones en la literatura, ya que recientemente han sido introducidas, pueden dar lugar a diferentes interpretaciones y/o variaciones (Nogales, 2018), por lo tanto, las siguientes dimensiones se determinan a su exclusivo criterio, con base en la revisión de la literatura.

- 8D: Este aspecto se refiere a la seguridad, teniendo en cuenta los riesgos laborales por un lado y previniéndolos durante la fase de construcción, por otro lado, la seguridad humana centrándose específicamente en las personas que vivirán o se utilizarán a menudo en los edificios, tales como rutas de escape simuladas.

En general, BIM se refiere al modelado de información de construcción.



Figura 39. Dimensiones del BIM.  
Fuente: (ESPACIO BIM, 2016).

### 2.2.9. Sistemas de clasificación BIM

Cuando hablamos de sistemas de clasificación, solemos pensar en catalogar, agrupar o definir varias características y/o patrones comunes en un solo lugar. El sistema de clasificación utilizado en la industria de la construcción, para organizar metódicamente la información proveniente de un proyecto de construcción, permitiendo, a partir de un estándar, identificar simplemente todos los elementos que componen el proyecto y datos consistentes con la metodología BIM, buena utilidad de elementos parametrizados.

Dentro de los tipos de sistemas de clasificación tenemos:

- Uniformat: El Sistema de Clasificación Uniformat fue creado por AIA a principios de la década de 1970, en 1992 el Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST)

creó un formato basado en el original, pero se centró en los edificios y luego fue aceptado por CSI y ASTM, y llamado Uniformat II. Hasta la fecha, se han publicado 3 versiones, la versión actual publicada en 2010 (The Construction Specification Institute, 2010). Este sistema organiza la información en 9 categorías, que son elementos comunes o agregaciones según funciones y configuraciones en un proyecto, sin necesidad de definir primero el producto (Hedges & AIA, 2017).

Project Description	E Equipment and Furnishings
A Substructure	F Special Construction and Demolition
B Shell	G Building Sitework
C Interiors	Z General
D Services	

Figura 40. Composición Uniformat.  
Fuente: (Convers, 2020)

Estas categorías forman parte del primer nivel (N01) de la codificación, identificadas por las letras al frente de cada categoría, a excepción de la "Descripción del Proyecto" para permitir que se configure siempre primero.

Al igual que el último, "General Z" permite más información más allá de la sección de compilación, el segundo nivel (N02) obtiene la letra N01 y agrega dos dígitos, así como el título.

El tercer nivel (N03), conserva la estructura de su predecesor y agrega dos números y un nombre asignado; hasta este nivel, es aplicable a la fase anterior del proyecto. El cuarto nivel (N04) conserva la estructura alfanumérica del nivel anterior, sin embargo, el usuario debe asignar los dos últimos dígitos, así como el título.

El nivel 5 (N05) tiende a agregar caracteres adicionales a los códigos N0 que identifican los títulos asignados por el usuario y tiende a estar asociado con el sistema de clasificación MasterFormat ((CSI), 2011).



Nivel	Código Alfanumérico X=Letra #=Número	Título	Ejemplo (UniFormat - A Uniform Classification of Construction Systems and Assemblies, 2010)	
			Código	Título
N01	X	Categoría	A	SUBSTRUCTURE
N02	X##	Clase	A10	Foundations
N03	X####	Subclase	A1010	Standard Foundations
N04	X####.##	Subclase	A1010.10	Wall Foundations
N05	X####.## WY	Subclase	A1010.10 CF	Continuous Footing

Figura 41. Codificación Uniformat.  
Fuente: (Convers, 2020)

La codificación uniforme se utiliza comúnmente debido a su amplia aplicabilidad a lo largo de la vida de un proyecto, ya que puede implementarse desde las etapas iniciales como se describe. Este último se adopta como un uso de BIM, porque, además, permite la organización jerárquica de las familias BIM, facilitando así su nomenclatura funcional. (Instituto de Especificación de la Construcción, 2010, citado en Convers, 2020).

b) Masterformat: Este sistema de clasificación fue creado en 1961 por CSI (Construction Engineering Institute) y CSC (Construction Engineering Canadá). Sin embargo, la primera publicación se realizó en 1973; hasta la fecha, se han lanzado versiones, la última en el 2016 con cambios adicionales en 2018 (Miller, 2005).

La información consta de dos grupos, el primer grupo principal se centra en las condiciones, requisitos y relaciones del proceso constructivo.

En el segundo grupo, hay otras secciones que son especificaciones que se enfocan en los aspectos tangibles de la construcción y se dividen en categorías, requisitos generales (01), instalaciones del edificio (0219), ubicación e infraestructura (2029) y finalmente equipamiento.



Figura 42. Composición MasterFormat.

Fuente: (Convers, 2020)

Esta clasificación se basa en una codificación de 6 dígitos, divididos en 3 pares o niveles a su vez, para cada una de las 50 partes existentes, a veces con pares adicionales para algún contenido.

El contenido es muy específico, además cada par representa un nivel de clasificación que es flexible, se puede aplicar a cualquier tipo de proyecto (The Construction Specifications Institute (CSI), 2011). Sin embargo, en Estados Unidos se tiende a utilizar en proyectos de construcción de centros comerciales, centrándose en el resultado de cada construcción y no solo en el tiempo en el material o producto, a menos que se agreguen más niveles, esto puede complicarse. Esta clasificación se utiliza principalmente para coordinar la documentación del proyecto, la información de costos y para relacionar las anotaciones del plan con las especificaciones (Hedges & AIA, 2017).

El uso principal de BIM al que se aplicará este sistema será en la estimación de costos durante la fase de construcción.

- c) Omniclass: Omniclass Classification System (OCCS), conocido por su excelencia en su enfoque basado en BIM y más utilizado en el mundo, fue creado en 2005 por la Comisión de Desarrollo OCCS, que es un consorcio de varias organizaciones que forman parte de la industria, para lograr un sistema de clasificación que permita

integrar el concepto en la información, obtiene la aplicabilidad necesaria para los diferentes niveles de complejidad, entre proyectos, así como para todas las fases del ciclo de vida de un proyecto (Hedges & AIA, 2017). Este sistema de clasificación contiene 15 tablas (Ver Figura. Tabla Omniclass), cada una independiente, con una versión actualizada diferente. Asimismo, cada tabla tiene un origen de creación diferente, las tablas hacen referencia a los resultados basados en MasterFormat, ya que se enfocan en los elementos según Uniformat y Tabla 23 del Producto basado en EPIC (Product Information Collaboration Electronic Products).

Este sistema puede operar individualmente o en combinación entre las mismas tablas para representar información a diferentes escalas (The Construction Specifications Institute (CSI), 2011). Las tablas incluyen en el código, una descripción de la jerarquía en la que reside el artículo y descripciones adicionales.

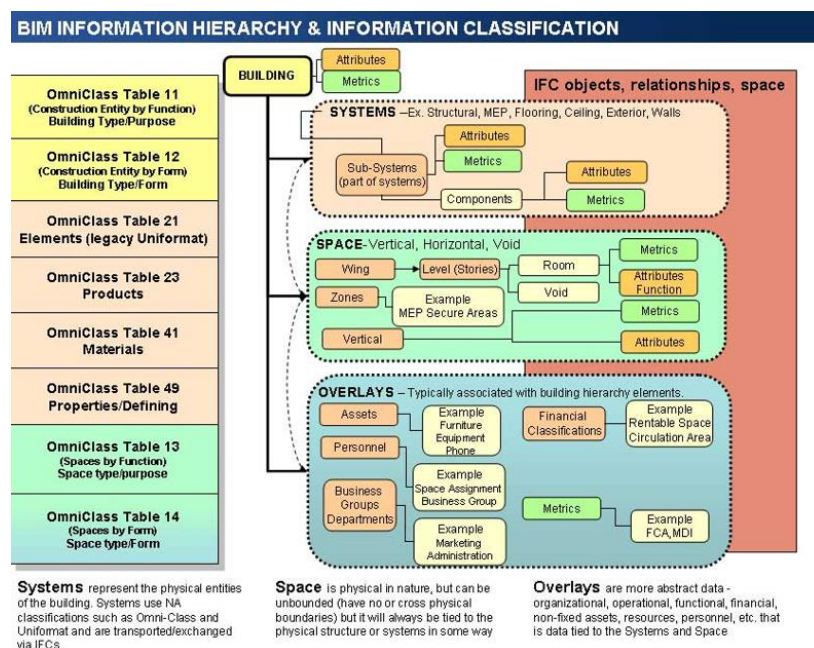


Figura43. Sistemas de clasificación BIM. Tablas Omniclass.  
Fuente: (BuilBIM, 2019)

Ahora bien, en cuanto a la codificación, está compuesta por ocho pares numéricos, el primer par indica la tabla, y los siguientes se definen dependiendo del nivel en el cual se ubique el elemento. Algunos objetos o funciones incluyen un par adicional lo que

implica un nivel de detalle adicional Este sistema de clasificación no presenta ninguna limitación, por lo cual es aplicable a cualquier uso BIM planteado y en cualquier fase del ciclo de vida de un proyecto.

d) Uniclass: Llamado así por su significado en inglés, The Unified Classification for the Construction Industry, fue creado en el año 1997 en el Reino Unido por CPIC, Construction Project Information Committee, se publicó otra versión el 2012 y luego con la creación de la NBS, The National Building Specification, se oficializó Uniclass 2015 (Gelder, 2015), en colaboración con la mesa de trabajo de Omniclass. El sistema se organiza jerárquicamente por tablas, grupos, subgrupos, sección, objetos y títulos (Conejera, 2019). Este sistema está compuesto por las siguientes tablas:

00 Trabajos previos y replanteo general	50 Sistemas de acondicionamiento, instalaciones y servicios
10 Adecuación del terreno y sustentación del edificio	60 Equipamientos y mobiliario
20 Sistema estructural	70 Urbanización de los espacios exteriores
30 Sistemas de envolvente y de acabados exteriores	80 Construcciones e instalaciones temporales
40 Sistemas de compartimentación y de acabados interiores	

Figura 44. Tabla Uniclass.  
Fuente: (Convers, 2020)

Es importante señalar que este sistema es bastante flexible y, por lo tanto, permite correlacionar tablas entre sí. Además, incluye agrupaciones por tabla (NBS & Delany, 2015). Desde ahí el sistema codificado comienza con dos letras que representan la tabla a la que corresponde, luego se compone de 3 o pares de dígitos que representan grupos, subgrupos, etc. Según la NBS, este sistema centralizado se utiliza para categorizar y organizar información sobre presupuestos, especificaciones y crear documentos (NBS, What is Uniclass 2015, 2017).

## 2.2.10. Reglamentación del BIM

### 2.2.10.1. Normas Internacionales

ISO 19650: Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) – Information management using building information modelling.

Esta normativa se creó en el año 2018 a partir de las bases sólidas de los estándares PAS y BS, creados en Reino Unido para el desarrollo de BIM nivel 2; para este año se realizaron dos entregas: ISO 19650-1, la cual informa acerca de “Conceptos y Principios” que se enfoca principalmente en las bases para utilizar la metodología BIM a partir de un CDE y por otro lado, ISO 1650-2 la cual se titula “Desarrollo de activos” (ISO, 2014), se enfoca en definir para el proceso de contratación, los diferentes flujos que se deben tener en cuenta para la gestión de la información.

Posteriormente, en el año 2019 se ajustaron las ediciones anteriores las cuales poseen una mejor definición que la edición de transición del 2018.



Figura 45. Ciclo de información durante el ciclo de vida de un activo ISO 19650-3.  
Fuente: (MSI Studio, 2021).

ISO 12006: “Building Construction Organization of information about construction Works”. Esta normativa es de vital importancia para la presente investigación, ya que es el lineamiento actual a nivel mundial enfocado en la información de la construcción. Está compuesto por dos entregas:

- La primera ISO 12006-2 Marco de la información orientado a la clasificación de la información y la segunda, ISO 12006-3 es el Marco de la información de los objetos orientados (ISO, 2014).
- La segunda ISO 12006 – 2 se presenta a modo general, como se indica en la figura 4, la estructura bajo la cual, un sistema de clasificación debe constituirse dependiendo de su función, así como, del planteamiento al cual se quiera enfocar los elementos.

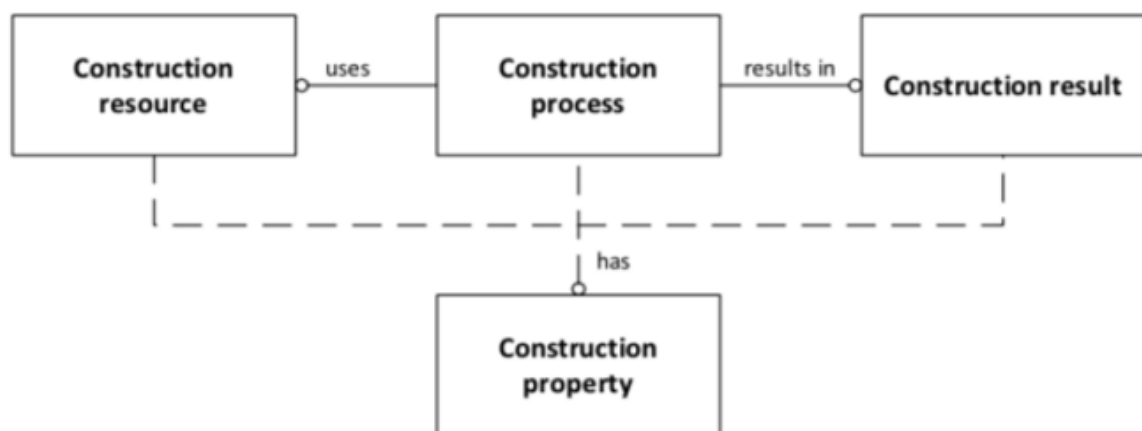


Figura 46. Modelo conceptual de agrupación de clases de objetos según ISO 12006-2.  
Fuente: (Friborg & Gelder, 2017)

Adicionalmente, existe la siguiente tabla la cual, describe, a nivel general, el contenido que debe tener cada anexo.

Class	Table	Annex reference
	Classified by	
<b>CLASSES RELATED TO RESOURCE</b>		
Construction information	Content	A.1
Construction product	Technical function or form or material or any combination of these	A.2
Construction agent	Discipline or role or any combination of these	A.3
Construction aid	Technical function or form or material or any combination of these	A.4
<b>CLASSES RELATED TO PROCESS</b>		
Management	Management activity	A.5
Construction process	Construction activity or construction process lifecycle or any combination of these	A.6
<b>CLASSES RELATED TO RESULT</b>		
Construction complex	Function or user activity or any combination of these	A.7
Construction entity	Function or user activity or any combination of these	A.8
Built space	Form or function or user activity or any combination of these	A.9
Construction element	Technical function or form or position or any combination of these	A.10
Work result	Work activity	A.11
<b>CLASSES RELATED TO PROPERTY</b>		
Construction property	Property	A.12

Figura 47. Tabla de descripción general de agrupación por niveles según ISO 12006-2  
Fuente: (Friborg & Gelder, 2017)



### 2.2.10.2. Normas Nacionales

Plan BIM: Actualmente en el Perú se viene desarrollando el Plan BIM, el cual contendrá la normativa para la correcta implementación y ejecución de esta metodología de trabajo en todos los niveles del estado, el Ministerio de Economía y Finanzas (MEF), a través de la Dirección General de Programación Multianual de Inversiones (DGPMI), en el artículo N° 5 del DL N° 1486, establece disposiciones para mejorar y optimizar la ejecución de las inversiones públicas y es complementado con el artículo N° 8 del DL N° 1252, donde establece el proceso de implementación BIM en el Perú, cuyo objetivo es promover la incorporación progresiva del Plan BIM Perú, en todas las entidades públicas del estado, con la finalidad de mejorar la calidad, eficiencia y transparencia de los proyectos de inversión pública (Martínez, 2019).

En dicho contexto se lanza el resumen de acciones para la marcha del Plan BIM Perú hasta el 2030, en el cual establece los resúmenes de acciones que va a desarrollar el gobierno peruano en vista a la adaptación y a la adecuación de esta metodología a todos los niveles del sector público.

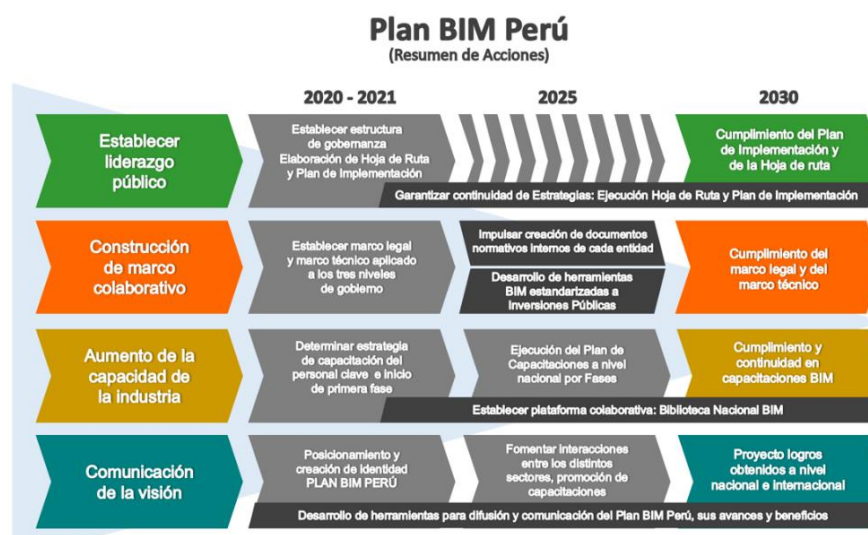


Figura48. Resumen de acciones del Plan BIM Perú.

Fuente: (MEF, 2021)



La presidenta ejecutiva de INACAL, Lic. Clara Gálvez resalto que:

La aplicación de estas normas ofrece resultados beneficiosos para los propietarios, operadores de activos, clientes y los involucrados en el financiamiento de proyectos que, al incorporar modelos digitales de información de sus procesos de diseño, construcción y operación de edificios e infraestructuras, tendrán una base confiable que les permitirá una mejor toma de decisiones, optimizando su desempeño y reduciendo sus costos económicos y ambientales (Instituto Nacional de Calidad, 2021).

Estas normas son:

- NTP-ISO/TS 12911:2018 Guía marco para el modelado de información de la edificación (BIM).
- NTP-ISO 29481-2:2018 Modelado de la información de los edificios. Manual de entrega de la información.

### **2.3. Definición de términos**

BEP: por sus siglas en inglés Building Execution Plan, es como el Acta de Inicio de un proyecto del PMI (Project Management Institute) donde se enfoca en la metodología BIM. También existen diferentes modelos de protocolos avanzados en todo el mundo.

CDE: Con sus siglas en inglés Common Data Environment, se define como el entorno inicial que se debe considerar para el trabajo colaborativo en un proyecto y para el almacenamiento y transmisión de los datos de un proyecto.

Detección de colisión: El proceso de desarrollar diferentes pruebas para ayudar a identificar la interferencia entre varios elementos, con un solo patrón o con varios. Este proceso es comúnmente conocido por la herramienta Navisworks (Autodesk). Sin

embargo, hay muchos programas de software que pueden realizar este proceso.

IPD: Integrated Project Delivery, es un enfoque para la entrega de proyectos que integra personas, sistemas, subsistemas, estructuras y prácticas comerciales en un proceso colaborativo que aprovecha el talento y las contribuciones de todas las partes interesadas.

ICE: Integrated Concurrency Engineering, como su nombre lo indica, integra y organiza a todos los actores en un proyecto de construcción.

IFC: Industry Foundation Classes, es un formato de datos de especificación abierta que facilita la interoperabilidad entre los programas de la industria de la construcción.

Sistema de planificador final: O planificador final, es un sistema de control destinado a mejorar el desempeño de las actividades y el uso correcto de los recursos de un proyecto de construcción.

Lookahead Planning: esta es una herramienta de planificación basada en la planificación maestra de nivel medio en la que se genera información para ejecutar un plan a corto plazo, lo que ayuda a controlar la asignación del trabajo.

RFI (Request for Information): Proceso mediante el cual un participante de un proyecto envía una comunicación a otro participante para confirmar la interpretación de lo expuesto en el documento o para aclarar lo especificado en un modelo.

Revit: Es un programa para trabajar en el modelado BIM, con una base de datos relacional que administra y coordina la información para el modelado del diseño arquitectónico, constructivo y de ingeniería de un edificio, incluyendo abarca todas las carreras.

Navisworks: Este es un programa de Autodesk que permite un mayor control sobre el proyecto de construcción. Esto es posible gracias a la integración del archivo de información de construcción (BIM) y el archivo temporal, obteniendo así un archivo D.

**BIM Standard:** Directrices internacionales para la implementación de BIM establecidas por ISO (Organización Internacional de Normalización).

**Misión de BIM:** Normativa que se aplica a las políticas de un país, en particular a la aplicación de la metodología BIM.

**BIM Standard:** Reglamentos emitidos por asociaciones, a menudo a nivel nacional, para establecer directrices basadas en estándares internacionales.

**Protocolo BIM:** Documento en el que, en base a normas y reglamentos, se establecen las bases del trabajo colaborativo para una empresa o un proyecto industrial AEC. **Orientado a Objetos:** Representa un elemento parametrizado de un diseño y es parte de un modelo tridimensional. Estos objetos suelen tener una clasificación estándar basada en el formato IFC (Industry Foundation Classes), que es OpenBIM, que permite intercambiar información sin pérdida de datos, gracias a las entidades puede ser una nueva versión, si se modifica, cambia solo al elemento seleccionado, en caso contrario puede ser un Tipo que afecte a toda la familia en general.

**Modelo Asociado:** Este modelo, también conocido como el maestro, es un archivo vacío que, a través de asociaciones, incorpora todas las carreras que forman parte del proyecto.

**Como Modelo de Construcción:** El modelo tridimensional presenta cada elemento realmente construido durante la fase de construcción del edificio, obteniendo así un modelo de registro.

## CAPÍTULO III. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA

### 3.1. Experiencia 1 – Respecto al Bachiller Manuel Guzman Rojas

#### 3.1.1 Sobre la experiencia laboral

El proceso de incorporación a la empresa MINCOPER se llevó a cabo en el mes de abril del 2019, tras un proceso de selección realizado por el área de recursos humanos; cabe resaltar que la contratación se dio por un periodo de prueba de 3 meses, durante los primeros meses se realizaron trabajos de apoyo y seguimiento para el área de producción, revisión de metrados y levantamiento de observaciones de arquitectura, estructuras instalaciones eléctricas IIEE, instalaciones sanitarias IISS, e instalaciones mecánicas HVAC en campo para la elaboración de los planos Asbuilt de los proyectos Residencial Las Pecanas y Residencial Anahí.

Cumplido el periodo de prueba de 3 meses, se procedió a la ampliación del contrato de trabajo por concepto de “Inicio o incremento de actividades”, esta vez el cargo a ocupar fue el de asistente de oficina técnica, cuya función básica es:

Asistir al responsable de OT, en el control y la ejecución de acuerdo con el planeamiento de obra a través del cronograma general y la programación semanal, así como controlar los costos, realizar valorizaciones y apoyo en la gestión documentaria.

La renovación del contrato fue a mediados del año 2019 en el marco de inicios del anteproyecto del Multifamiliar Jana, el cual se llevó a cabo hasta el primer trimestre del 2020; en el mes de febrero del 2020, se logró obtener el grado de Bachiller de Ingeniería.

Civil, asumiendo nuevos retos sumados a la experiencia ganada durante el ejercicio profesional.

A comienzos de marzo del 2020 se entrega el primer paquete de planos para la ejecución de los metrados de obra, pero semanas más tarde se paralizaron las labores por las restricciones ejercidas por el gobierno debido a la pandemia del COVID 19 dispuestas en el mensaje a la nación del día 15 de marzo del 2020.

### **3.1.2 Descripción de labores y colaboradores.**

El área de oficina técnica se ubica en el departamento 201 del Proyecto Multifamiliar Jana, a su vez el proyecto se ubica en la Calle Víctor Alzamora 681, Barrio Medico, distrito de Surquillo, provincia de Lima – Lima, dentro de las funciones específicas como asistente de oficina técnica tenemos:

- Asistir en el desarrollo y supervisión del expediente del anteproyecto y proyecto para licencia de edificación (coordinación con proyectistas de arquitectura y especialidades).
- Realizar el armado de los expedientes para la licencia de edificación, demoliciones (incluyendo el permiso de vías).
- Monitorear el control de la ejecución de acuerdo con lo planificado a través del seguimiento al cronograma general y de la programación semanal.
- Monitorear el control y la evaluación de la producción y productividad.
- Asistir en el control de costos del Proyecto.
- Ingeniería de Acompañamiento, revisión y compatibilización de planos, generación de documentos de ingeniería, administración de consultas al Cliente, normas, especificaciones, etc.

- Apoyo en el Control Documentario Técnico.
- Asistir en los aspectos administrativos en general: Valorizaciones, adicionales o deductivos, subcontratistas y/o proveedores, etc.
- Soporte en la Gestión Contractual con los clientes.

El Proyecto Multifamiliar Jana, cuenta con un equipo de trabajo liderado por el ingeniero residente, le sigue un ingeniero supervisor de campo quien tiene a su cargo un asistente de arquitectura, un asistente de producción y un asistente de oficina técnica, además de contar con el administrador de obra, un jefe de logística, un almacenero, un jefe de SSOMA y una persona en el área de ventas.

A continuación, se detalla al personal Staff del proyecto multifamiliar Jana:

Tabla 1

*Colaboradores del proyecto multifamiliar Jana.*

<b>PUESTO</b>	<b>NOMBRES Y APELLIDOS</b>	<b>ABREV.</b>
Ingeniero Residente	Rafael Rios Tejada	RR
Ingeniero Supervisor de Campo	Armando Encinas Marroquín	AE
Asistente de Arquitectura	Katherine Arroyo Gutiérrez	KA
Asistente de Producción	Ysael Pacherras Girón	YP
Asistente de Oficina Técnica	Manuel Guzmán Rojas	MG
Administrador de Obra	José Encinas Marroquín	JE
Logística	Edna Encinas Marroquín	EE
Almacenero	Johan Vílchez Cervantes	JV
SSOMA	Carlos Campos	CC
Ventas	Daniel Encinas	DE

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

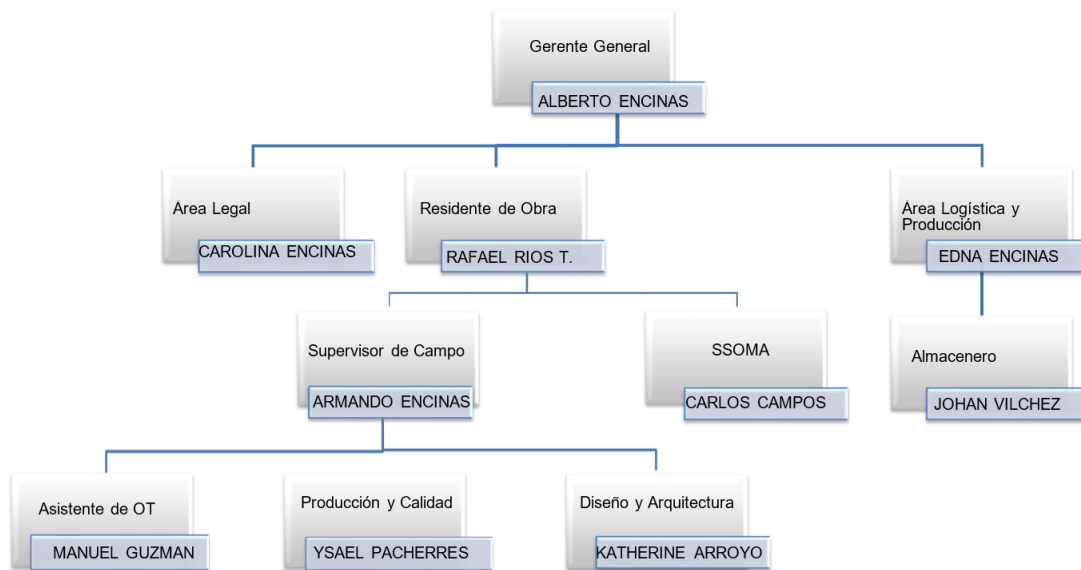


Figura 49. Organigrama del Staff del Proyecto multifamiliar Jana.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Durante los primeros meses de la pandemia el trabajo se realizó de manera remota, debido a las restricciones dispuestas por el gobierno de turno, y para salvaguardar la integridad y salud tanto de los colaboradores como la de sus familias.

En esta etapa de trabajo se revisó a detalle los planos de las especialidades y se empezaron a realizar las primeras estimaciones del proyecto, pero los resultados que se obtenían no eran los esperados, debido a la gran cantidad de incompatibilidades entre las diferentes especialidades, ya que al detectar una interferencia u observación, se enviaba la información al proyectista que correspondía, este generaba la actualización de la información, la reenviaba y muchas veces interfería con otra especialidad, este suceso fue repetitivo durante esta etapa de revisión del proyecto, lo cual hizo evaluar la situación mediante las siguientes preguntas:

- ¿Como sería la situación del proyecto si es que no se hubieran parado las actividades por la pandemia?
- ¿A cuánto ascenderían las perdidas por interferencias y observaciones en los planos del proyecto?
- ¿Cómo se podría evitar esta situación?
- ¿Sería viable la implementación de la metodología BIM para controlar y mejorar la gestión del proyecto?

No se cuenta con antecedentes en la empresa MINCOPER, de haber implementado o aplicado el BIM para mejorar los procesos y procedimientos del proyecto, es por lo que se solicitó una reunión con la residencia de obra, a la cual también asistió el Gerente General de la empresa, en esta reunión se expuso la problemática que se venía atravesando y el impacto negativo que tendría si es que no se tomaban las medidas correctivas que el caso amerita.

De tal forma que se propuso llevar a cabo un plan para la aplicación de la metodología BIM del proyecto multifamiliar Jana, en primera instancia hubo cierto escepticismo, argumentando que:

- No se obtendrían los resultados esperados.
- Se perdería tiempo valioso en la generación de los modelos.
- No aportaría una solución real al problema.
- El costo beneficio no justificaría la inversión.

A pesar de ello no se obtuvo la aprobación requerida, fue así como en el mes de noviembre del 2020 se empezó a realizar los trabajos de demolición, seguido de



movimiento de tierras y la estabilización de taludes mediante el sistema de muro anclado, hasta llegar al nivel de las cisternas para empezar a subir con la construcción.

Los problemas debido a las incompatibilidades no se hicieron esperar, una de las principales causas se dio con las rampas de los estacionamientos, ya que el desarrollo que se mostraba en los planos de estructuras no coincidía con lo que se mostraba en los planos de arquitectura, generándose cambios bruscos en su desarrollo, inclusive un desnivel a modo de grada.

Estos desperfectos no fueron detectados en su debido momento, ya que era muy difícil poder hacerlo mediante la compatibilización de planos 2D, lamentablemente esto generó una paralización en el tren de trabajo ya que se necesitaba resolver para continuar con la mayoría de las actividades programadas; pero fue bajo este escenario en donde nuevamente se presentó la idea de poder aplicar la metodología BIM, exponiendo detalladamente el plan para su aplicación, de esta forma se obtuvo el visto bueno catalogando al Proyecto Multifamiliar Jana como Proyecto Piloto para la Aplicación de la Metodología BIM en la empresa MINCOPER.

A continuación, se mencionan los pasos a seguir dispuestos en el Plan:

- Crear las plantillas de trabajo en Autodesk Revit para el modelado del proyecto multifamiliar Jana.
- Configuración de las familias de elementos.
- Realizar el modelo paramétrico 3D de estructuras.
- Realizar el modelado del acero de refuerzo de elementos representativos.
- Extraer reportes de cuantificación de materiales de las partidas más incidentes del modelo de estructuras (Movimiento de tierras, concreto, encofrado, acero).
- Realizar la sectorización del proyecto.

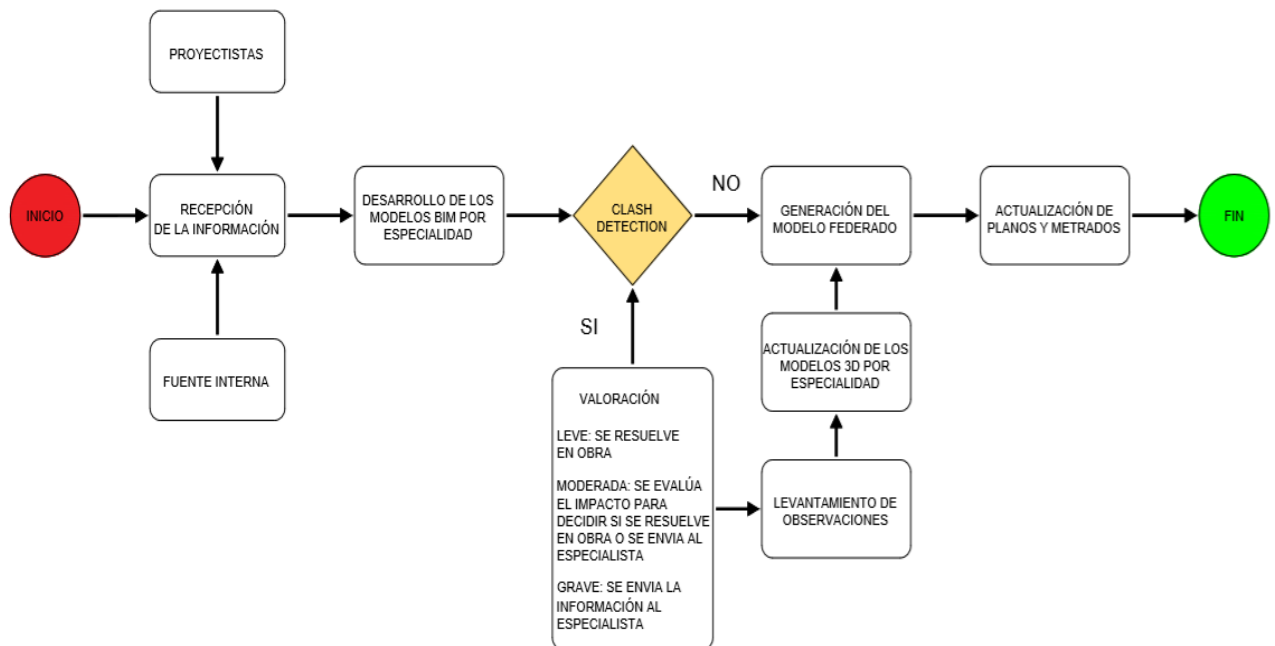


Figura 50. Flujo de aplicación del BIM en el proyecto Jana.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

## 3.2. Caso de estudio

### 3.2.1 Descripción del proyecto

El proyecto multifamiliar Jana está ubicado en la Av. Víctor Alzamora N° 681, distrito de Surquillo, Provincia de Lima, departamento de Lima; y consta de un edificio de 2 sótanos y 9 pisos más azotea, está construido sobre un terreno de 387.80 m<sup>2</sup>, cuyos linderos son los siguientes:

- Por el fondo (colinda con Edificio Multifamiliar de 4 pisos): 13.85 ml
- Por la derecha (colinda con una Iglesia de 2 pisos, una Vivienda Multifamiliar de 8 pisos): 28.00 ml
- Por la izquierda (colinda con una Vivienda Unifamiliar de 4 pisos): 28.00 ml
- Por el frente (colinda la Av. Víctor Alzamora): 13.85 ml

El edificio multifamiliar Jana tiene un aforo total de 123 personas (incluyendo al recepcionista), distribuidos en 9 pisos y azotea totalizando 35 departamentos.

Cuenta con 2 sótanos, el primer sótano tiene 9 estacionamientos, el segundo tiene 11 estacionamientos, y 18.00 m<sup>2</sup> de estacionamiento para bicicletas, además de 1 estacionamiento para las visitas en el primer nivel.

El acceso se da en el primer nivel, por medio de una escalera hacia el ingreso principal, y un elevador para discapacitados, que comunican a un nivel +1.20, en donde se ingresa al counter de atención, continuando al hall de ascensores que forma parte del núcleo de circulación vertical, junto con la escalera de evacuación, que comunica al primer piso con los sótanos y a los niveles superiores.

En el primer nivel se tiene 3 departamentos, (1 flat de 3 dormitorios, 1 flat de 2 dormitorios, 1 flat de 1 dormitorio) además del Counter.

Desde el segundo piso hasta el octavo piso se tiene 4 departamentos, (2 flats de 3 dormitorios, 1 flat de 2 dormitorios, 1 flat de 1 dormitorio).

En el noveno nivel se tiene 4 departamentos, (3 flats de 2 dormitorios, 1 flat de 1 dormitorio).

En la azotea se tienen las extensiones de los departamentos de noveno piso, estos espacios se dividen en sala de juegos, terraza, patio tendal, lavandería, azotea, área verde, etc.

	FICHA TECNICA DEL PROYECTO	
	EDIFICIO MULTIFAMILIAR JANA	
	PROPIETARIO:	MINEROS CONTRATISTAS DEL PERU SAC
	CONSTRUCTOR:	MINEROS CONTRATISTAS DEL PERU SAC
	UBICACION:	AV. VICTOR ALZAMORA N° 6811
	DISTRITO:	SURQUILLO
	PROVINCIA:	LIMA
	N° PISOS:	9
	N° DEPARTAMENTOS:	35
	N° SOTANOS:	02 SOTANOS Y CISTERNA
	N° ESTACIONAMIENTOS:	21
	INICIO DE OBRA:	09/11/2020
	PLAZO DE EJECUCION:	14 MESES
	RESIDENTE:	ING RAFAEL RIOS T.
	SUPERVISOR DE CAMPO:	ING ARMANDO ENCINAS M.

Figura 51. Cuadro de datos generales del proyecto Jana.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

El proyecto se encuentra acorde al RNE, y se acoge a lo establecido en el Reglamento Especial de Habilitación Urbana y Edificaciones, aprobado por DS N.º 010-2018-VIVIENDA y modificado por DS N.º 012-2019-VIVIENDA.

### 3.2.2 Cronograma inicial

A continuación se presenta el cronograma inicial del proyecto multifamiliar Jana, en el cual se aprecia que la fecha de inicio de las actividades fue el lunes 9 de noviembre del 2020, además se consideró un tiempo de ejecución de 385 días, por lo que la obra debería acabar el 29 de enero del 2022; sin embargo ocurrieron sucesos, como las restricciones debido a la pandemia del COVID 19, además de paralizaciones internas.

▲ EDIFICIO MULTIFAMILIAR "JANNA"	384.56 días	lun 09/11/20	sáb 29/01/22
Inicio de obra	0 días	lun 09/11/20	lun 09/11/20
▷ OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	8 días	lun 09/11/20	mar 17/11/20
▲ ESTRUCTURA	207.25 días	mié 18/11/20	vie 16/07/21
▷ Movimiento de Tierras	78 días	mié 18/11/20	mar 16/02/21
▷ Rellenos compactados y solados	14.06 días	vie 29/01/21	lun 15/02/21
▲ Cimentación	53 días	mié 23/12/20	lun 22/02/21
Sub Cimiento C:H 1:12 + 30%PG	6.94 días	mié 23/12/20	mié 27/01/21
▷ Cimiento Corrido C:H 1:10 + 30%PG	5 días	jue 04/02/21	mié 10/02/21
▷ Zapatas	8.94 días	jue 04/02/21	lun 15/02/21
▲ Cisterna	12.88 días	lun 08/02/21	lun 22/02/21
Acero	5 días	lun 08/02/21	vie 12/02/21
Encofrado	6 días	sáb 13/02/21	sáb 20/02/21
Concreto	1 día	dom 21/02/21	lun 22/02/21
▲ Elementos Concreto Armado	187.13 días	vie 11/12/20	vie 16/07/21
▷ Sotanos	90.06 días	vie 11/12/20	jue 25/03/21
▷ 1er nivel	20.38 días	mié 10/03/21	vie 02/04/21
▷ 2do Nivel	10 días	vie 02/04/21	mié 14/04/21
▷ 3er nivel	10 días	mié 14/04/21	lun 26/04/21
▷ 4to nivel	10 días	lun 26/04/21	vie 07/05/21
▷ 5to nivel	10 días	vie 07/05/21	mié 19/05/21
▷ 6to nivel	10 días	mié 19/05/21	lun 31/05/21
▷ 7mo nivel	10 días	lun 31/05/21	vie 11/06/21
▷ 8vo nivel	10 días	vie 11/06/21	mié 23/06/21
▷ 9no nivel	10 días	mié 23/06/21	lun 05/07/21
▷ Azotea	10 días	lun 05/07/21	vie 16/07/21
▷ ALBANILERIA	105 días	vie 16/04/21	mar 17/08/21
▷ TARRAJEO Y REVOQUES	119 días	vie 30/04/21	jue 16/09/21
▷ ACABADOS	233.5 días	mar 04/05/21	sáb 29/01/22
▷ INSTALACIONES	250 días	jue 10/12/20	mar 28/09/21
▷ SEDAPAL Y EDELNOR	45 días	mar 17/08/21	vie 08/10/21
Limpieza final	60 días	sáb 20/11/21	sáb 29/01/22
Fin de obra	0 días	sáb 29/01/22	sáb 29/01/22

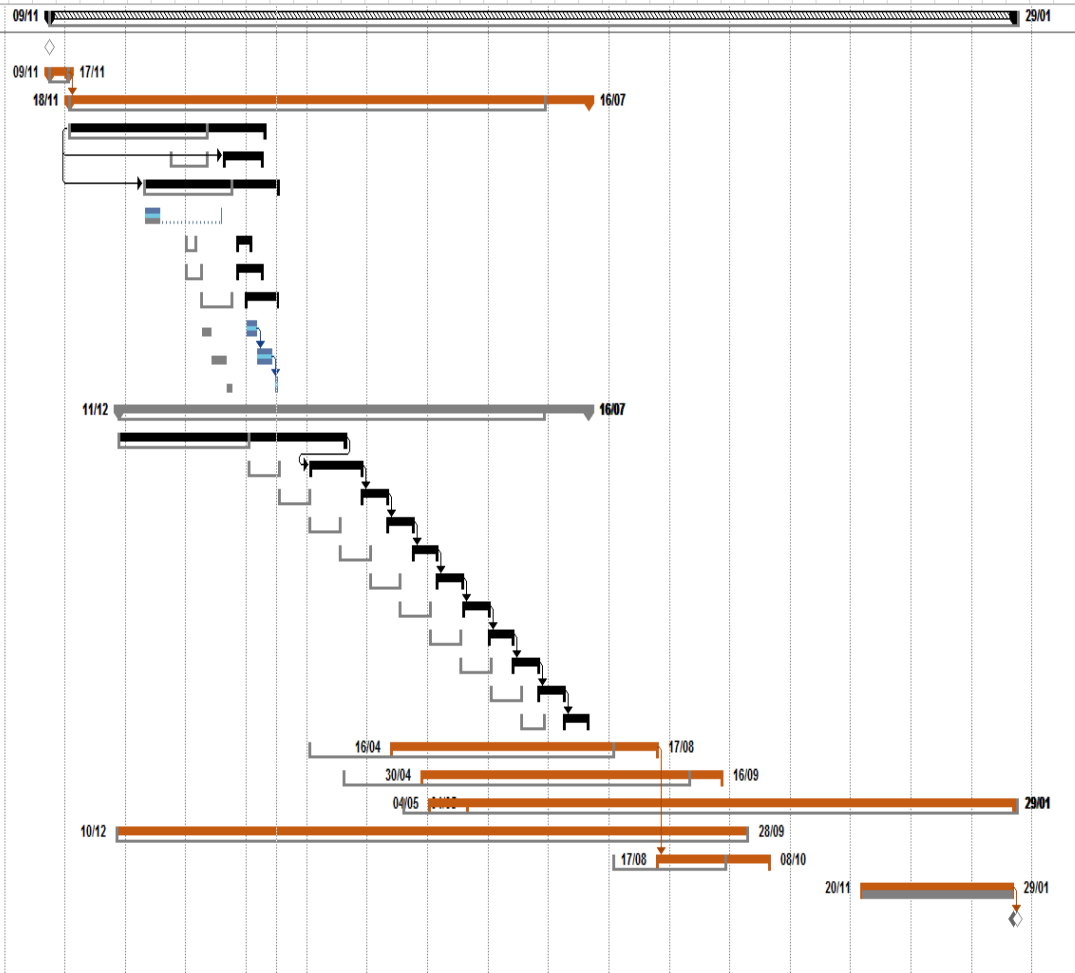


Figura 52. Cronograma inicial del proyecto Jana.  
Fuente: MINCOPER (MINCOPER, 2021)

### 3.2.3 Presupuesto inicial

En el siguiente cuadro se puede apreciar el presupuesto inicial del proyecto multifamiliar Jana, en donde vemos que la mayor incidencia la tiene la especialidad de estructuras con un 37.18% respecto al total.

Las restricciones COVID, así como los eventos que se dieron en el proyecto, impactaron directamente con el presupuesto; sumado a ello la incertidumbre política por el cambio de gobierno ocasionaron que el precio del dólar americano se dispare, llegando a los S/ 4.018.

Este incremento genera fuertes alzas en los materiales de construcción, así como en el combustible, etc.

Por lo que es preciso optimizar los metrados mediante la aplicación del BIM, para reducir los gastos.

#### RESUMEN PRESUPUESTO EDIFICIO JANA

PRESUPUESTO MULTIFAMILIAR JANA				
ITEM	DESCRIPCION		TOTALES S/.	S/./ m2
I	OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	7.02%	376,388.77	111.54
II	SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE	1.61%	86,458.92	25.62
III	ESTRUCTURAS	37.18%	1,994,483.61	591.04
IV	ARQUITECTURA	32.31%	1,733,138.17	513.59
V	INSTALACIONES ELECTRICAS	5.88%	315,308.35	93.44
VI	INSTALACIONES SANITARIAS	3.53%	189,363.15	56.12
VII	INSTALACIONES SCI	3.69%	198,123.06	58.71
VIII	INSTALACIONES MECANICAS	6.51%	349,291.21	103.51
IX	OBRAS COMPLEMENTARIAS	2.28%	122,096.91	36.18
<b>COSTO DIRECTO</b>			<b>5,364,652.14</b>	<b>1,589.75</b>
<b>GASTOS GENERALES</b>		12.259%	657,633.04	
<b>UTILIDAD</b>				
<b>TOTAL</b>			<b>6,022,285.18</b>	<b>1,784.63</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO S/IGV</b>			<b>6,022,285.18</b>	
		IGV	18.00%	<b>1,084,011.33</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO SUMA ALZADA</b>			<b>7,106,296.51</b>	<b>2,105.86</b>

Figura 53. Resumen general del presupuesto del proyecto Jana.  
Fuente: MINCOPER (MINCOPER, 2021)

### **3.3. Desarrollo de la experiencia**

El modelo se realizó durante la fase de construcción del edificio, y se empleó los planos CAD de estructuras y arquitectura, ya que nos brindan información, como la forma, alturas, distribuciones y características de los elementos.

El nivel de desarrollo que se utilizó es un LOD 300, debido a la cantidad de detalle requerida para la extracción de información del modelo, además de que el modelo servirá para fines constructivos a nivel estructural.

Se propuso utilizar el modelo BIM para generar la sectorización, el tren de actividades, el seguimiento de los avances ejecutados y para las reuniones semanales, ya que mejora la visualización del proyecto, y genera un mejor entendimiento de la forma y distribución del edificio, así como de las actividades programadas para llevar a cabo durante cada semana.

Otro uso importante que se le dio al modelo BIM es la generación de tablas de metrados de materiales, debido a la precisión que aporta en la cuantificación de las áreas y volúmenes de materiales, generándose reportes para luego ser contrastados con los metrados iniciales del proyecto, de esta forma ir actualizando los metrados, controlándolos y optimizando los pedidos y compras de materiales, con cantidades cada vez más precisas, de esta forma se evita el desperdicio o el déficit de material por metrado.

A continuación, se describen los pasos a seguir para el desarrollo de la aplicación del BIM, llevada a cabo desde el área de oficina técnica del proyecto multifamiliar Jana, para continuar con el desarrollo de los objetivos planteados para el presente trabajo de suficiencia profesional.

### 3.3.1 Elaboración de las plantillas de trabajo

Las plantillas de trabajo de Autodesk Revit se pueden definir como el punto de inicio para un proyecto nuevo, ya que contiene la agrupación de familias y configuraciones necesarias para el manejo de la información.

Cuando se inicia un proyecto nuevo en el Revit, el software pedirá que se seleccione la plantilla de trabajo, existen plantillas genéricas que vienen por defecto en el programa, como se muestra en la imagen:

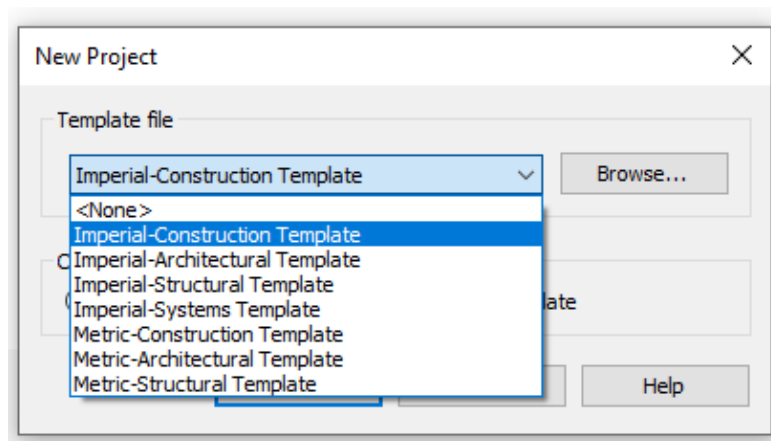


Figura 54. Selección de plantillas genéricas de Revit.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Sin embargo, estas plantillas por ser genéricas no necesariamente cuentan con las familias de elementos o configuraciones que requerimos para realizar el modelado, por lo que se configuro una plantilla de elementos propios para el presente trabajo, como se muestra en la siguiente imagen:



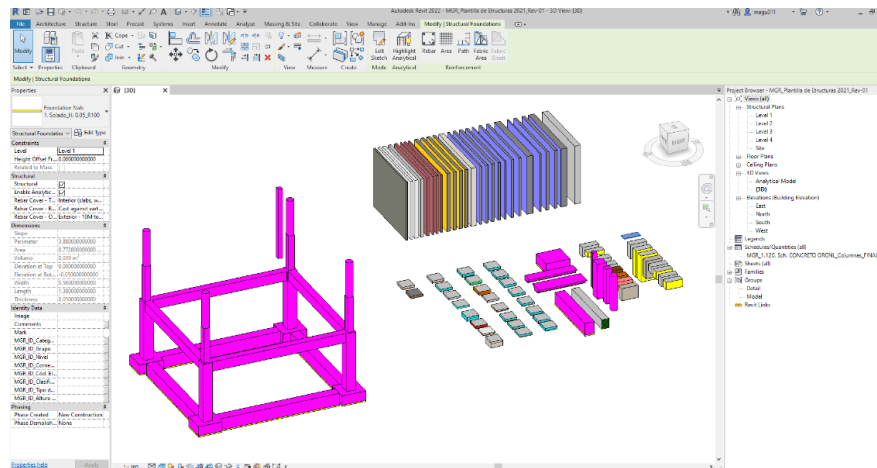


Figura 35. Vista de la plantilla personalizada de estructuras.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Esta plantilla además de contener las familias de elementos también cuenta con la configuración de los parámetros de proyecto (Project parameters), en donde agruparemos, seleccionaremos y filtraremos la información que requiramos a la hora de realizar las tablas de cuantificación de materiales, para luego exportarlas.

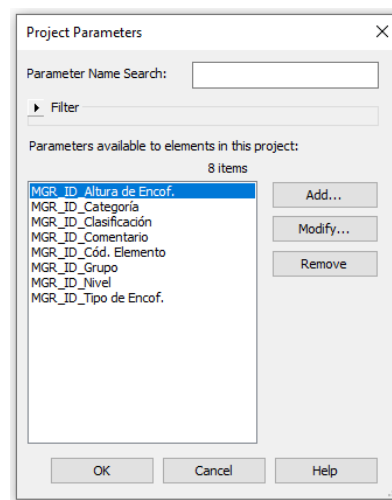


Figura 56. Parámetros de proyecto.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

### 3.3.2 Familias de elementos

Las familias son entidades complejas que además de contener la geometría necesaria para cada tipo de elemento, contienen propiedades y configuraciones (parámetros).

Existen tres tipos de familias en Revit:

- Familias de sistema: Crean elementos básicos que pueden ser ensamblados en emplazamientos tipo muros, losas, suelos, etc.
- Familias cargables: Son elementos que pueden ser creados, aportando configuraciones especiales, así como geometrías variables; se caracterizan por ser elementos muy personalizados que pueden guardarse como archivos Rfa, para ser importados en otros proyectos.
- Familias in situ: Son elementos que se crean exclusivamente en un proyecto, bajo alguna necesidad especial de forma o contenido.

Para el modelo de estructuras del proyecto multifamiliar Jana se crearon familias cargables de zapatas, columnas, placas y vigas, que contienen una configuración especial para activar los encofrados y se realice los descuentos de las intersecciones de elementos horizontales con elementos verticales de una manera más precisa.

En la siguiente imagen podemos observar la intersección de las vigas con las columnas, al seleccionar una columna podemos observar una casilla señalada por la flecha de color rojo, en donde podemos activar o desactivar los encofrados de las columnas, lo mismo sucede con las vigas, al momento de activar el encofrado de estos elementos aparecen los paneles de encofrado, con la visualización de color marrón que nos indica que están activos.

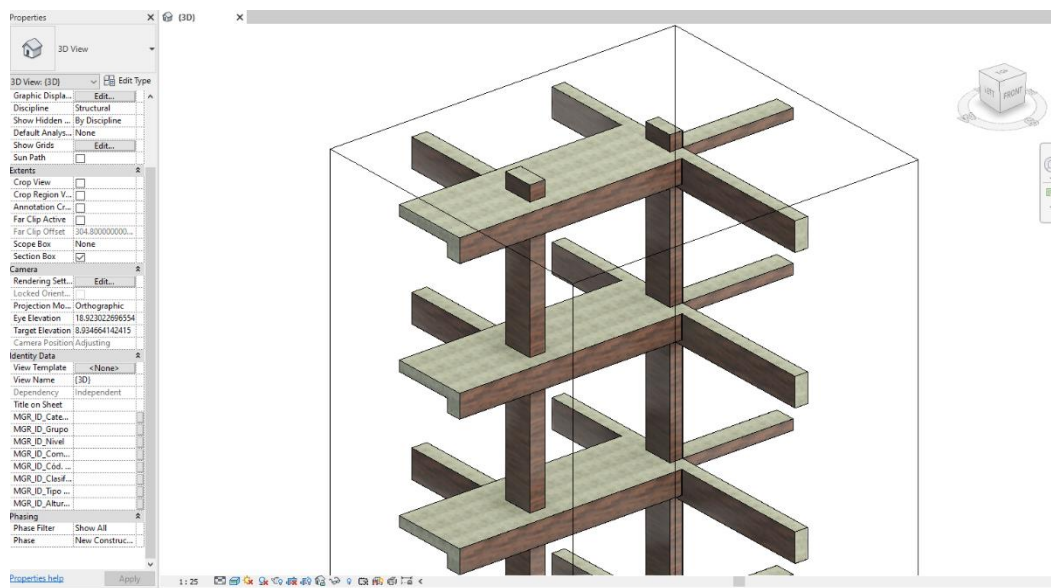


Figura 57. Activación de los encofrados en familias cargables de vigas y columnas.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Al momento de desactivar esa casilla los encofrados se desactivan y queda la superficie de los elementos como si estuvieran desencofrados.

Cuando se realice la cuantificación de encofrado se tendrá que activar todos los encofrados.

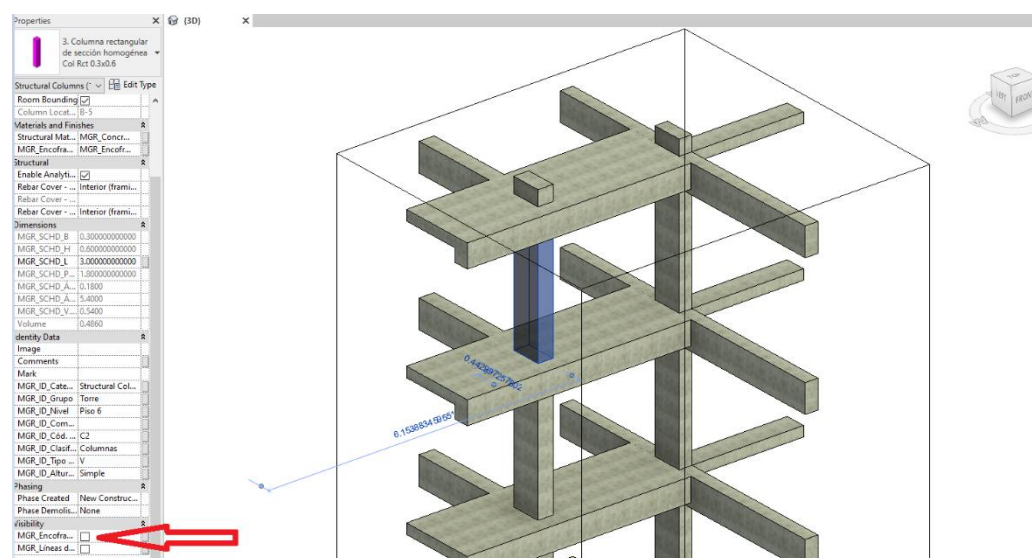


Figura 58. Desactivación de los encofrados en familias cargables de vigas y columnas.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

### 3.3.3 Criterios de modelado

Se puede llamar así al conjunto de reglas que se deben de respetar para obtener un modelo que cumpla con los requisitos deseados, posteriormente poder obtener una cuantificación precisa, un manejo ordenado de la información y una planificación detallada.

A continuación se muestra una tabla en donde se ha clasificado la agrupación de elementos, así como la jerarquía correspondiente y la manera en cómo se deben de nombrar los elementos de cada tipo:

Respetar Mayúsculas y Minúsculas.	
<b>1</b>	<b>MGR-Grupo:</b>
-	Cimentacion
-	Sotanos
-	Torre
-	CISTERNA
-	MP
<b>2</b>	<b>MGR-Nivel del Elemento:</b>
-	Cimentacion
-	Sotano (N°)
-	Piso (N°)
<b>3</b>	<b>MGR-Código del Elemento:</b>
-	Z-1 (Zapatas)
-	VC-1 (Vigas de Cimentación)
-	VC-CORTE 1 (Corte de viga de Cimentación)
-	C-CORTE 1 (Corte de Cimentación)
-	M-CORTE 1 (Muros)
-	M- 1 (Muros)
-	C-1 (Columnas)
-	PL-1 (Placas)
-	V-1 (Vigas)
-	V-Corte 1 (Vigas-Corte)

Figura 59. Tabla para la agrupación y nomenclatura de elementos.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

A continuación se muestra una imagen en la que podemos apreciar cómo debe de desarrollarse el modelo de elementos estructurales y la forma en que debe de ser ingresada la información de los elementos, teniendo en consideración los siguientes parámetros:

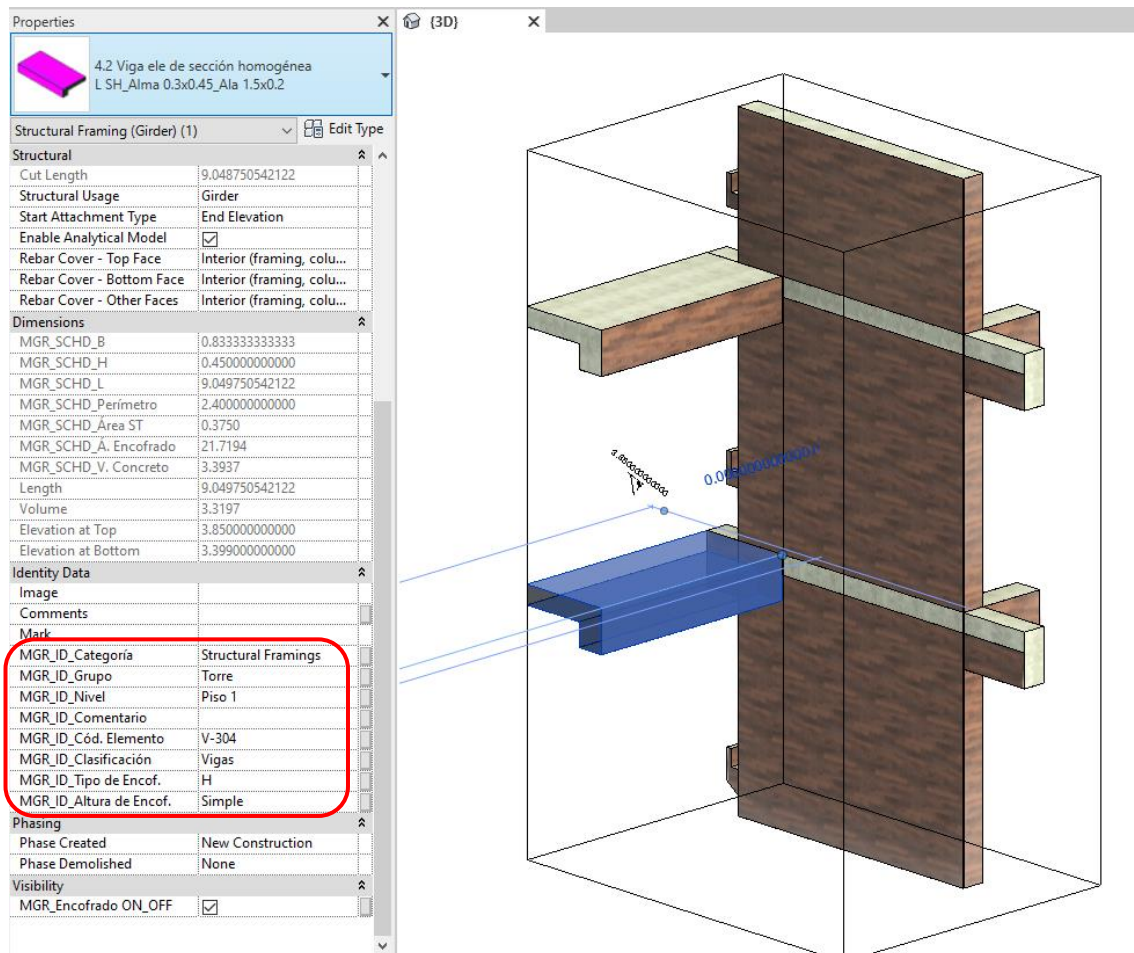


Figura 60. Parámetros de elementos modelados.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

- MGR\_ID\_Categoría: Se considera el tipo de elemento Structural Foundations (cimentaciones), Structural Framings (vigas), Structural Columns (columnas), Walls (muros), Floors (losas), Stairs (escaleras).

- MGR\_ID\_Grupo: Se considera tres grandes grupos de elementos, por niveles o características similares, estos grupos son, Cimentaciones, Sótanos y Torre.
- MGR\_ID\_Nivel: Se coloca el nivel al que corresponde cada elemento.
- MGR\_ID\_Comentario: Este parámetro sirve para colocar algún comentario adicional para identificar algún elemento con características especiales.
- MGR\_ID\_Cod. Elemento: Este parámetro sirve para nombrar al elemento.
- MGR\_ID\_Clasificación: En este parámetro se considerará la partida a la que pertenece el elemento.
- MGR\_ID\_Tipo Encof.: Colocaremos el tipo de encofrado correspondiente a cada elemento V para elementos verticales como muros, placas o columnas y H para elementos horizontales como vigas, losas y escaleras.
- MGR\_ID\_Altura de Encof.: Sirve para colocar un parámetro de distinción de alturas simples  $\leq 3.50\text{m}$ . dobles  $> 3.50 < 4.50 \text{ m}$ . y especiales  $> 4.50\text{m}$ . para con ello realizar el análisis de encofrados y poder cotizarlo.

Esta información nos servirá para llevar un orden en el trabajo, además con ella generaremos los metrados, la sectorización, la programación, la detección de interferencias, ya que nos permitirá identificar cada elemento y su ubicación en el proyecto, siendo de gran importancia para el manejo de la información mediante el uso de filtros.

### 3.3.4 Modelado de estructuras

A continuación, se muestra el flujo de trabajo para llevar a cabo el modelado de estructuras del edificio multifamiliar Jana

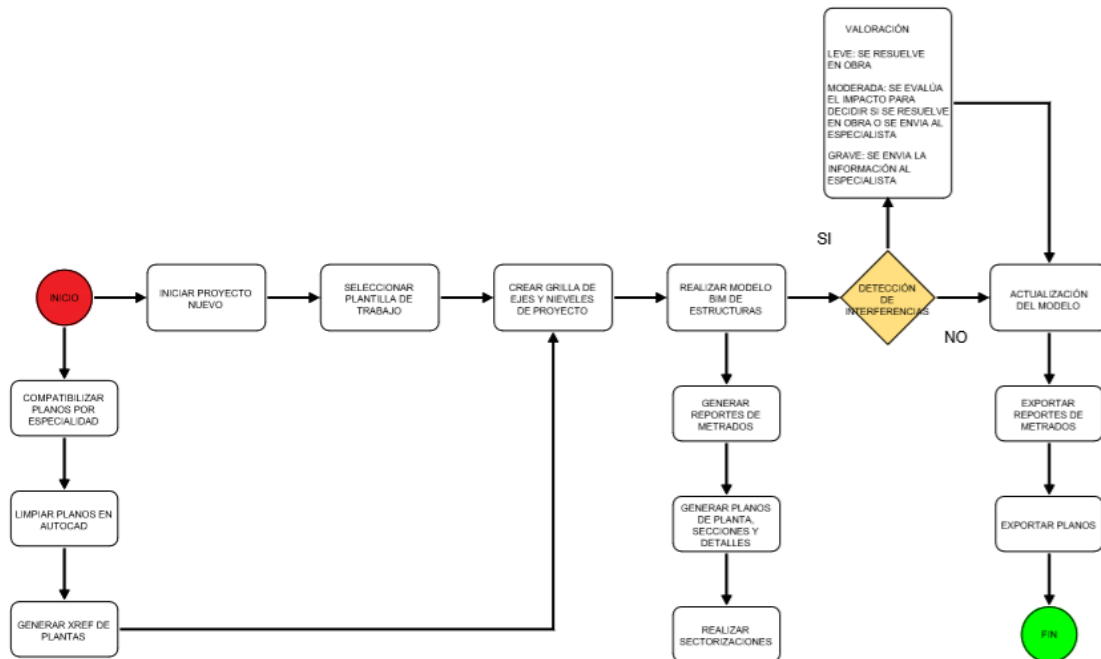


Figura 61. Flujo de trabajo para el modelo de estructura del edificio multifamiliar Jana.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Para realizar el modelo de estructuras, primero se debe de establecer el punto de origen o inicio de coordenadas, en este caso situamos el origen de coordenadas en la intersección del eje D con el eje 2, nos apoyamos del AutoCAD para generar un plano con los ejes del proyecto ubicando la intersección mencionada en el origen de coordenadas.

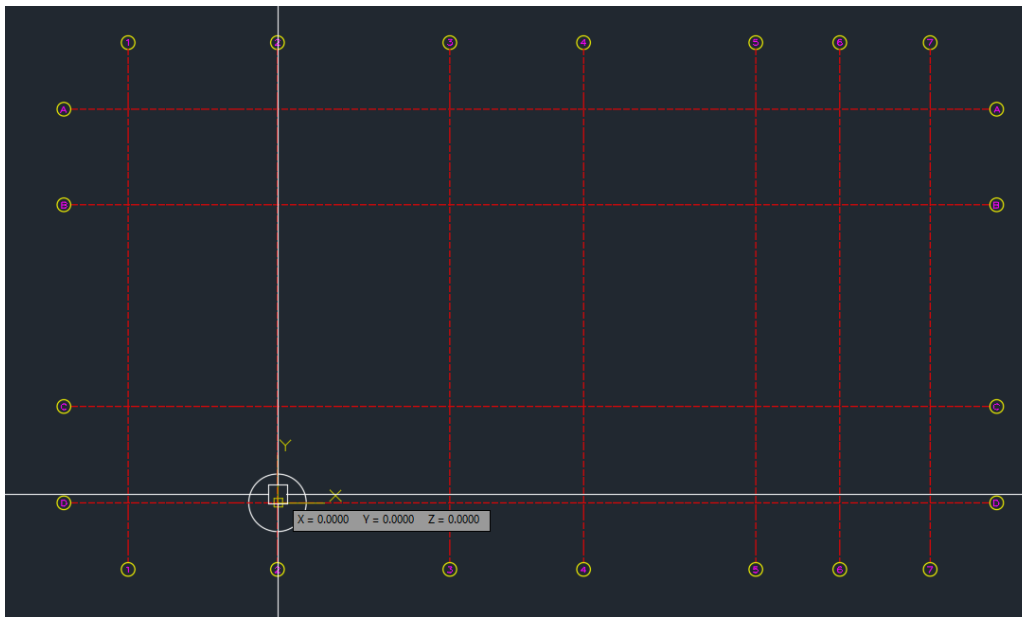


Figura 62. Ubicación de ejes en origen de coordenadas de proyecto.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Una vez ubicada la malla de ejes en el origen de coordenadas, procedemos a configurar las alturas de los pisos para generar las vistas de los niveles del proyecto.

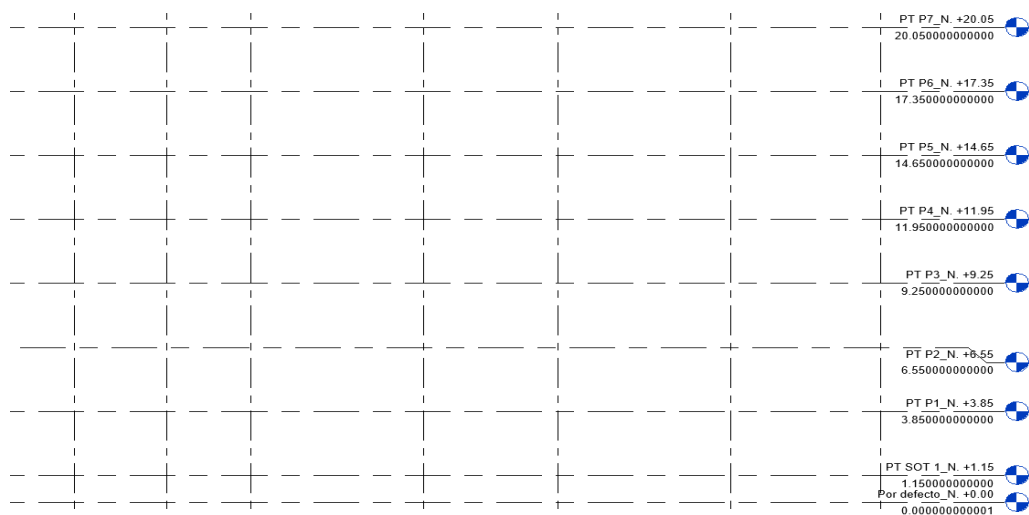


Figura 63. Niveles de pisos del proyecto.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)



Continuamos con el modelado de los elementos de cimentación y los agrupamos en el grupo de cimentaciones, luego con los elementos verticales y horizontales del sótano, agrupándolos en el grupo de sótanos, hasta llegar al primer nivel donde continuaremos con el modelado del edificio agrupando todos sus elementos en un grupo al cual denominamos torre.

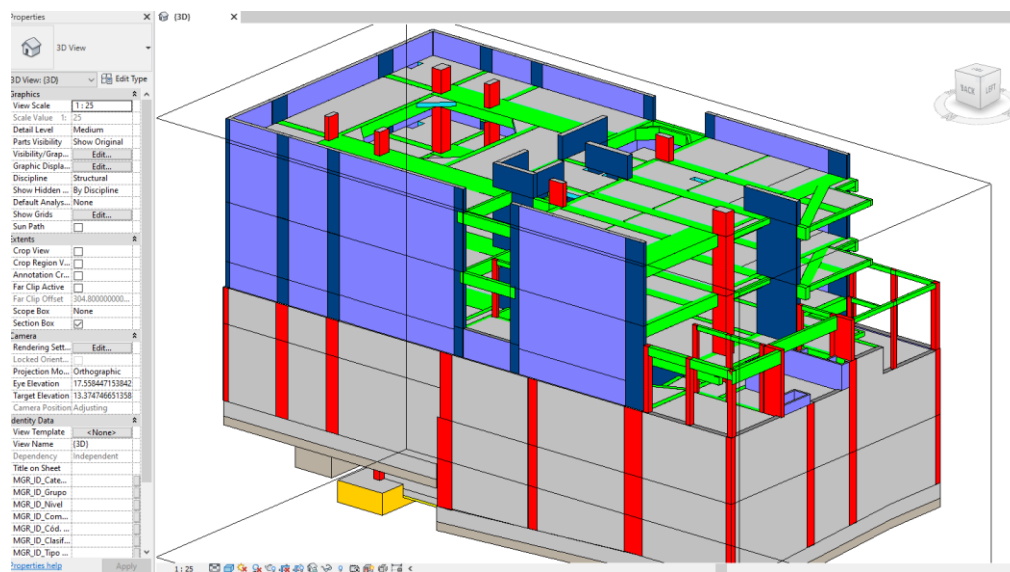


Figura 64. Modelado de la estructura.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

### 3.3.5 Modelado del acero de refuerzo

En el siguiente apartado se describe la técnica que se utilizó para la cuantificación de cantidades de acero de refuerzo del proyecto Jana, mediante la aplicación del BIM.

El primer paso fue analizar el proyecto desde un plano de planta, cuadro de columnas, detalles de vigas, desarrollos de placas, cortes de muros anclados, cortes de muros, encofrado de techos entre otros detalles en AutoCAD, de esta forma se pudo detectar aquellos elementos que tendrían ciertas similitudes entre sí, para llevar a cabo el

modelado del acero de refuerzo, ya que por temas de tiempo era inviable poder modelar el acero de refuerzo de todo el edificio, es así como se eligió a los siguientes elementos:

- Columnas: C1, C3, C5, así como núcleo 6 (embebidos en el muro anclado)
- Placas: PL3, Caja de ascensor, PL5, PL6 y PL 9 (embebidas en el muro anclado)
- Vigas: V-102, V-103, V-105, V-200, (en Sótanos) V-300, V-302, V-303, V-305
- Muros Anclados: M1, M2, M9
- Losas: Losas macizas en todos los pisos, y tramos de losas aligeradas (Ejes 2-3 y 4-7)

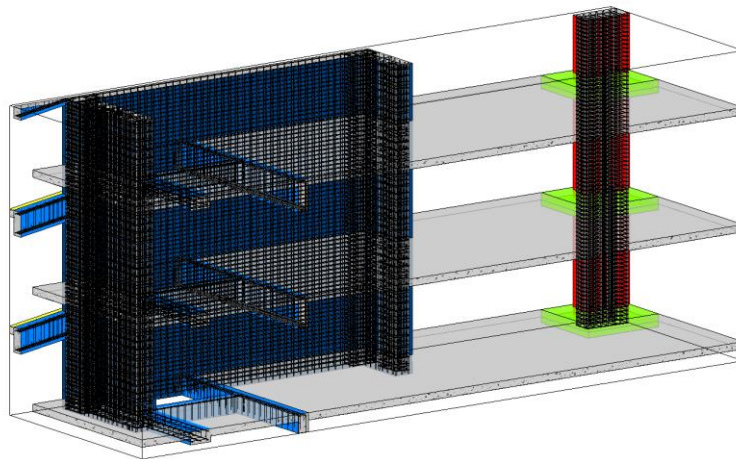


Figura 65. Modelado de acero de elementos representativos.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Una vez modelado el acero de los elementos en mención se procederá a realizar la extracción de las cantidades mediante un reporte de cuantificación, con estos resultados se pueden establecer ratios de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\text{Ratio} = \frac{\text{Kg. de Acero de refuerzo}}{m^3 \text{ de concreto}}$$

Ecuación 1. Ratios de acero por metro cúbico de concreto.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Obteniendo esta relación que puede ser aplicable a los demás elementos (sin acero modelado), de esta forma obtener una primera estimación, la cual iremos afinando, utilizando ratios de los históricos de proyectos pasados.

Con esta información podremos crear una base de datos con ratios confiables para posteriores estimaciones en nuevos proyectos.

### **3.3.6 Estimación de materiales**

Uno de los objetivos del modelado BIM es obtener mediciones y estimaciones de la cuantificación de materiales, en el caso del modelo de estructuras analizaremos las partidas con mayor incidencia, cabe resaltar que el presupuesto de estructuras representa el 37.18% del presupuesto total, de esa forma se justifica la aplicación del BIM para la optimización de los metrados de las partidas de estructuras, para este caso en puntual nos centraremos en las siguientes partidas:

- Movimiento de tierras
- Concreto
- Encofrado
- Acero de refuerzo
- Curado

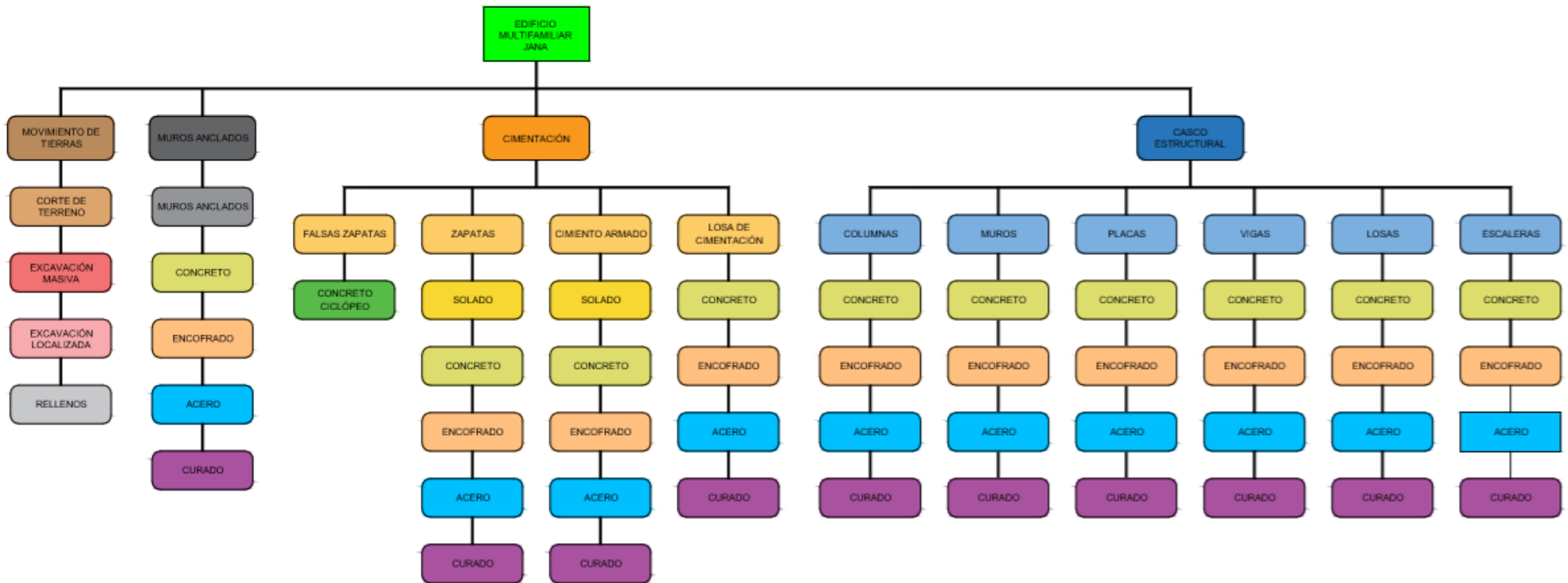
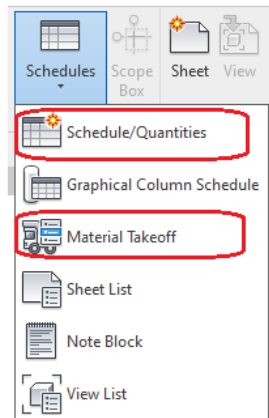


Figura 66. Lista de metrados por elemento

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Para realizar el reporte de metrados de materiales debemos realizar los siguientes pasos:  
Menú View / Create / Schedule, una vez desplegado este menú nos mostrara un listado de opciones siendo los más usados el modo Schedule/Quantities y el modo Material Takeoff.



*Figura 67.* Menú desplegable para la generación de reportes de cuantificación de materiales.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

- **Schedule/Quantities:** Significa contar cantidades, este tipo de reporte nos ayuda a realizar una cuantificación de elementos, lo cual puede ser muy útil para contables como puertas, ventanas, mamparas, etc. En donde necesitamos tener un metrado por unidades.
- **Material Takeoff:** Nos permite desglosar la lista de materiales mediante filtros, el objetivo de esta modalidad es poder trabajar con los parámetros de proyecto previamente establecidos en el modelo, ya que es ahí en donde tenemos la identificación de cada elemento y con ella podremos generar los reportes de metrado.

Para este caso utilizaremos la opción Material Takeoff, al darle clic nos abre una nueva ventana, nombramos la tabla de acuerdo con el metrado que generaremos, por ejemplo si queremos metrar el concreto de las columnas colocaremos Concreto en Columnas.

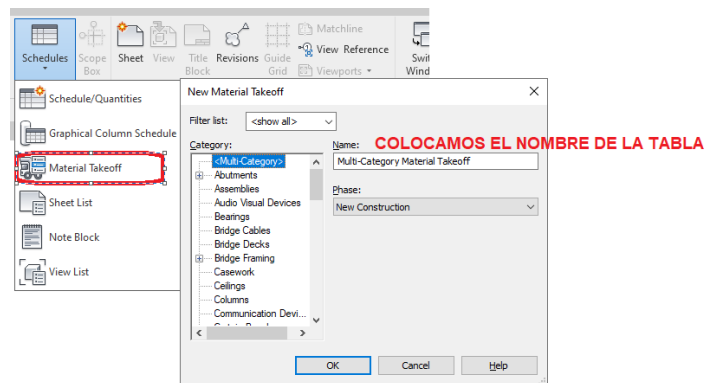


Figura 68. Selección de la opción Material Takeoff.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Lo siguiente será seleccionar los parámetros de proyecto con los que hemos trabajado, esto nos servirá para identificar los elementos y también para poder realizar filtros dentro del mismo reporte y realizar cualquier modificación, además de las propiedades del elemento como área, volumen, longitud, etc.

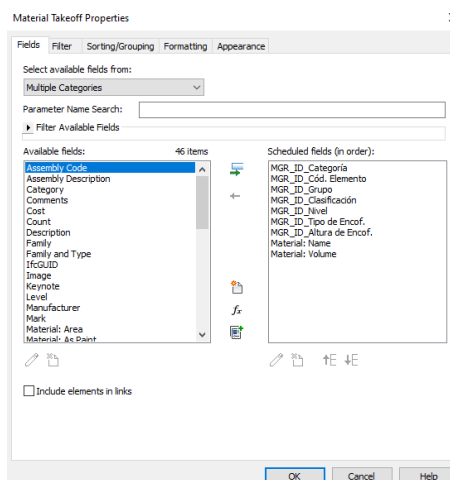


Figura 69. Selección de los parámetros de proyecto.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En la pestaña Filter es en donde podremos realizar los filtros que necesitemos para elaborar el reporte, cabe señalar que los parámetros de proyecto nos ayudan a identificar los elementos. El filtro nos ayuda a colocar si es que queremos que los elementos contengan algún nombre en especial, o que sean iguales, o que no sean iguales, etc.

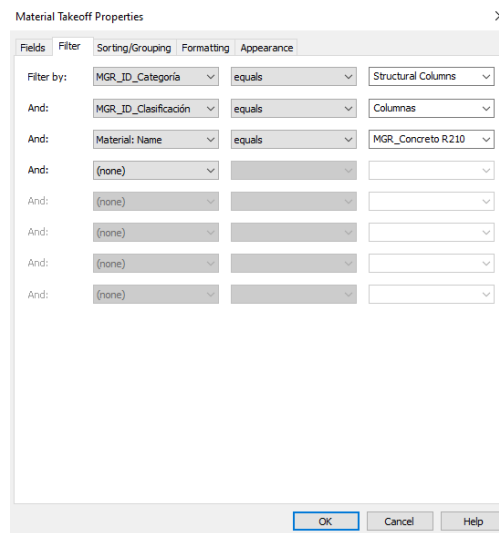


Figura 70. Selección de filtros.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

La pestaña Sorting/Grouping: Nos permite realizar configuraciones para agrupar de mejor manera el metrado, siempre en función a algún parámetro de proyecto que hayamos utilizado en los elementos del modelo

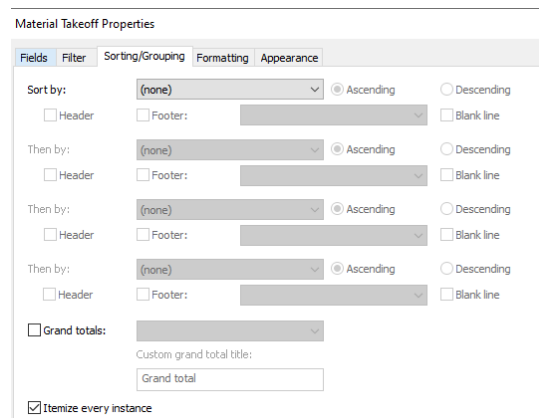


Figura 71. Agrupación de datos mediante filtros.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En la pestaña Formatting podremos configurar los encabezados del reporte, dándole tipos de personalización.

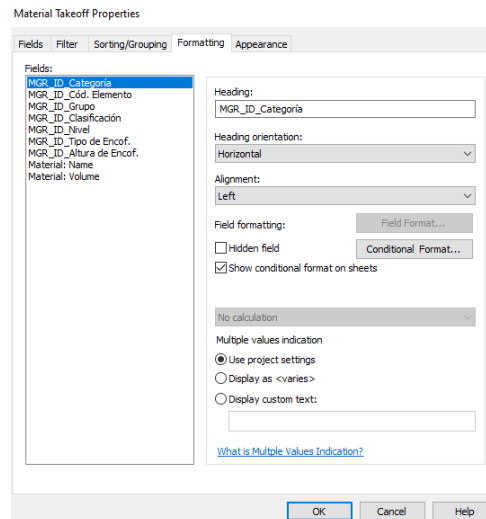


Figura 72. Selección de formato.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En la pestaña Appearance se configura la apariencia que tendrá el reporte de metrados, considerando tipo, color y estilo de letra.

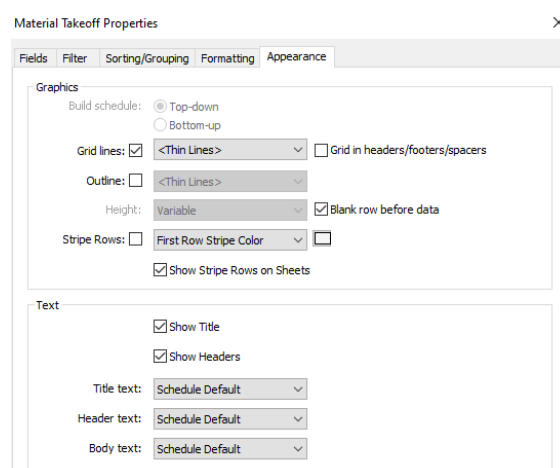


Figura 73. Selección de apariencia.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)



Finalmente obtenemos la tabla de reporte de los elementos que deseamos metrar, es importante tener la información lo más detallada, precisa y ordenada posible, ya que al exportarla la trabajaremos en MS-Excel para generar nuestras planillas de metrados.

<002.3 JANA - SCHDL Concreto - Columnas>								
A	B	C	D	E	F	G	H	I
MGR_ID_Categoría	MGR_ID_Cód. Elem	MGR_ID_Grupo	MGR_ID_Clasificaci	MGR_ID_Nivel	MGR_ID_Tipo de E	MGR_ID_Altura de	Material: Name	Material: Volume
Structural Columns	C1	Sótanos	Columnas	Sótano 2	V	Simple	MGR_Concreto R210	1.1625
Structural Columns	C2	Cisterna	Columnas	Cisterna	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.7980
Structural Columns	C3	Cisterna	Columnas	Cisterna	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.7280
Structural Columns	C4	Sótanos	Columnas	Sótano 2	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.4650
Structural Columns	C5	Sótanos	Columnas	Sótano 2	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.9812
Structural Columns	C2	Sótanos	Columnas	Sótano 2	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.5670
Structural Columns	C3	Sótanos	Columnas	Sótano 2	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.6143
Structural Columns	C1	Sótanos	Columnas	Sótano 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	1.2750
Structural Columns	C1	Torre	Columnas	Piso 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	1.4625
Structural Columns	C4	Sótanos	Columnas	Sótano 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.4200
Structural Columns	C5	Sótanos	Columnas	Sótano 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	1.1050
Structural Columns	C2	Sótanos	Columnas	Sótano 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.5880
Structural Columns	C3	Sótanos	Columnas	Sótano 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.7735
Structural Columns	C6	Torre	Columnas	Piso 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.5063
Structural Columns	C4	Torre	Columnas	Piso 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.4050
Structural Columns	C5	Torre	Columnas	Piso 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.8712
Structural Columns	C2	Torre	Columnas	Piso 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.4860
Structural Columns	C3	Torre	Columnas	Piso 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.5265
Structural Columns	C14	Torre	Columnas	Piso 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.6831
Structural Columns	C14	Torre	Columnas	Piso 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.4163
Structural Columns	C10	Torre	Columnas	Piso 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.1125
Structural Columns	C10	Torre	Columnas	Piso 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.1125
Structural Columns	C13	Torre	Columnas	Piso 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.1875
Structural Columns	C10	Torre	Columnas	Piso 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.1144
Structural Columns	C10	Torre	Columnas	Piso 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.1125
Structural Columns	C10	Torre	Columnas	Piso 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.1125
Structural Columns	C10	Torre	Columnas	Piso 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.1144
Structural Columns	C10	Torre	Columnas	Piso 1	V	Simple	MGR_Concreto R210	0.1144

Figura 74. Reporte de metrado de columnas.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

### 3.3.7 Sectorización del proyecto

La programación, la planificación y el control son esenciales para la ejecución de obra.

La sectorización es un método que consiste en equilibrar los metrados, creando lotes de producción, es decir, distribuir proporcionalmente los elementos del proyecto para su realización diaria, con esta herramienta podemos crear el tren o los trenes de trabajo, acompañando a la programación diaria (Lookahead) y al plan semanal.

Tradicionalmente la sectorización es llevada a cabo sobre un plano, el cual es coloreado diferenciando los distintos sectores del proyecto, pero con el BIM podemos realizar la sectorización directamente sobre el modelo el cual aportara:

- Mejor visualización del proyecto.
- Se pueden generar secuencias de trabajo hasta llegar a la óptima secuencia.
- Generar hitos en la programación diaria, semanal y mensual.
- Conocer los cambios y su impacto en el proyecto de manera anticipada.

Para llevar a cabo la sectorización del proyecto se deben de realiza los siguientes pasos:

- Al iniciar la sectorización se debe de contar con los metrados de materiales (partidas de estructuras).
- Definir los hitos del proyecto mediante el cronograma del proyecto.
- Generar una sectorización inicial o tentativa, para lo que debemos de tener en cuenta los procesos constructivos que vamos a seguir.
- Se procede a generar aproximaciones mediante los metrados de los sectores tentativos, hasta llegar a una equivalencia muy aproximada.
- Se calcula la duración en días para realizar las actividades y la cantidad de personal para llevar a cabo las actividades

### 3.4. Desarrollo de los objetivos

#### 3.4.1 Objetivo específico N° 1: “Describir cómo se reduce las interferencias mediante la aplicación de la metodología BIM, caso edificio multifamiliar Jana, surquillo - Lima, 2021”.

La construcción del proyecto multifamiliar Jana inició utilizando los métodos tradicionales de gestión, para poder comprender mejor las diferencias que existen entre la gestión tradicional y la gestión BIM, se presenta la siguiente tabla:

Tabla 3

*Diferencias entre el método tradicional y el método BIM.*

Método Tradicional	Método BIM
Las actividades son realizadas con un nivel muy deficiente de planificación	Las actividades son realizadas con una detallada planificación.
Las especialidades son trabajadas de forma aislada, lo que genera más incompatibilidades en el proyecto.	Las especialidades son trabajadas en colaboración de los involucrados.
Las decisiones son tomadas en base a la experiencia de los proyectos anteriores.	Se realizan reuniones de feedback (retroalimentación), con la participación de los trabajadores.
El manejo de información se hace a través de los planos 2D, trasponiendo uno sobre otro para detectar interferencias.	La utilización de los modelos 3D facilitan el manejo de la información, debido a que cualquier cambio que se genere, se actualizara de forma dinámica.
El planeamiento se lleva en base a la experiencia del profesional a cargo.	La planificación se lleva en equipo.
Se carece de una gestión adecuada sumado a ello un control deficiente de obra, en donde se carece de un seguimiento de la productividad.	Se mejora la gestión del proyecto, pudiendo controlarlo desde fases tempranas de la implementación.

Los requerimientos y compras de materiales se realizan del momento, debido a que no se cuenta con una adecuada planificación	Los requerimientos son atendidos con anticipación, disminuyendo notoriamente los imprevistos de obra.
Por lo general, no se respetan los plazos.	Se reducen los plazos en la ejecución del proyecto, impactando positivamente en la rentabilidad del proyecto.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

A pesar de las innumerables interferencias que se encontraban al momento de ejecutar los proyectos anteriores, basándose en el cumplimiento de actividades de acorde al cronograma inicial y ejecutando los trabajos de acuerdo con la experiencia concebida, es decir no se contaba con una adecuada metodología de trabajo y una estandarización de procesos, que permita sobre todo organizar las fases del proyecto, manejar adecuadamente la información y generar formatos que permitan registrar los acontecimientos que se dieron en el proyecto.

Es decir, no se llevaba un adecuado registro de observaciones o interferencias, por lo que muchas de ellas se dejaban pasar, lo que posteriormente desencadenaba en un evento mucho más drástico, que conllevaba muchas veces a retrabajos que pudieron ser evitados, y peor aún, a la paralización de actividades afectando seriamente a la precaria programación de obra que se tenía.

Como podemos ver, cuando hablamos de interferencias entre especialidades, las cuales no son detectadas con anticipación y resueltas en su debido momento, hablamos de dos factores importantes los cuales son directamente proporcionales, el costo y el tiempo.

Debido a que necesitaremos de ambos recursos para corregir, resanar o en el peor de los casos demoler y volver a construir.

A continuación se muestra como era el registro de las interferencias y observaciones del proyecto multifamiliar Jana antes de la aplicación del BIM.

Tabla 4

*Formato de interferencias del proyecto*

CUADRO DE INTERFERENCIAS			
ESPECIALIDAD	Proyecto:	Edificio Multifamiliar Jana	
	Ubicación:	Calle Víctor Alzamora 681, Barrio Medico, Surquillo.	
	Fecha:	18 de febrero del 2021	
	ITEM	INTERFERENCIA	SOLUCIÓN
E S T R U C T U R A S	1	El nivel de vaciado de la zapata Z-5 se encuentra al mismo nivel de la losa del cuarto de bombas y de las cisternas, el nivel en mención es el -8.15.	Se profundiza la zapata 40 cm
	2	El nivel de vaciado de la zapata Z-6 se encuentra al mismo nivel de la losa del cuarto de bombas y de las cisternas, el nivel en mención es el -8.15.	Se profundiza la zapata 40 cm
	3	El nivel de vaciado de la zapata Z-3 se encuentra al mismo nivel de la losa del cuarto de bombas y de las cisternas, el nivel en mención es el -8.15.	Se profundiza la zapata 40 cm
	4	Las rampas de los sótanos difieren en alturas y desarrollos respecto a los planos de estructuras y arquitectura.	No se tiene respuesta del especialista hasta la fecha
	5	Las cajuelas de las vigas del sótano 2 en el tramo del muro anclado M2 que se ubica en el eje L tienen diferentes alturas, especificar el nivel correspondiente para ubicar las cajuelas.	No se tiene respuesta del especialista hasta la fecha

Fuente: (MINCOPER,2021)

Como se aprecia en la tabla 4 (Formato de interferencias del proyecto), no se puede evidenciar lo que demanda un Log de RFI's, como por ejemplo un plano de referencia, la fecha de envió, fecha de respuesta, número de días para el levantamiento de observaciones, el impacto que se genera, etc. Un Log de RFI's necesita de toda esta información para dar seguimiento a las incompatibilidades o interferencias y sobre todo al levantamiento de observaciones.

Sin embargo, podemos ver que en este formato las descripciones de las interferencias son muy generales, en las tres primeras podemos observar que en el apartado "Solución" se señala que dichas zapatas cuyo nivel de vaciado se encuentra al mismo nivel (-8.15 m.)

con la losa de las cisternas y cuartos de bombas, deben de profundizarse 40 cm. Sin el sustento del especialista que certifique la acción.

En la cuarta interferencia, donde se hace referencia a que el desarrollo de las rampas de los sótanos se ve afectada por el desnivel que se genera entre lo que se muestra en el plano de estructuras y el plano de arquitectura, no se obtuvo una respuesta oportuna del especialista, lo que genero un paro en las actividades programadas, afectando el tren de actividades dispuestos en la programación del cronograma de obra.

La quinta interferencia vendría a ser una consecuencia de la cuarta, ya que se necesitan los niveles de las rampas para ubicar las cajuelas.

Después de verificar como se generaban perdidas y retrasos por interferencias en el proyecto, la residencia de obra dio su aprobación para la aplicación del BIM en el proyecto Jana, como herramienta de mejora, la aplicación en términos de interferencias fue dada de la siguiente manera:



Figura 75. Flujo de actividades para detección de interferencias.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Paso 1: Para realizar la detección de interferencias trabajamos con el software Navisworks Manage en la versión 2022, en este software abrimos el modelo de estructuras de Revit de la siguiente manera:

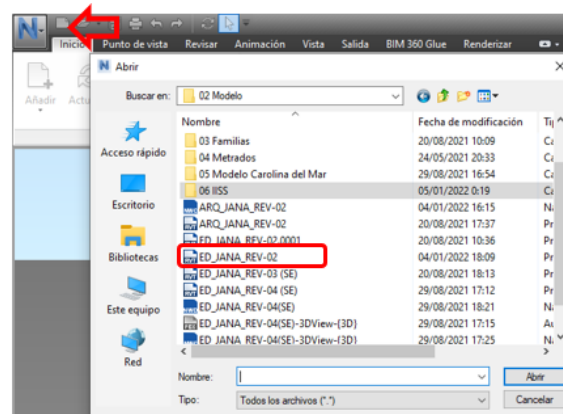


Figura 76. Abriendo el modelo en Navisworks Manage 2022.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En la figura 76 (Abriendo el modelo en Navisworks Manage 2022), podemos apreciar que al darle clic al icono de abrir, nos aparecerá una ventana en la cual debemos de seleccionar la ruta en donde tenemos guardado el modelo de estructuras, seguidamente le damos abrir y el Navisworks habrá cargado el modelo en su interfaz.

Paso 2: Una vez que tenemos cargado el modelo de estructuras procedemos a linkear los demás modelos del proyecto, como por ejemplo el modelo de arquitectura y los modelos de instalaciones, para ello vamos a la pestaña inicio, le damos clic al icono que nos indica Añadir y aparecerá una ventana en donde debemos de buscar la ruta en la que tenemos guardados los modelos.

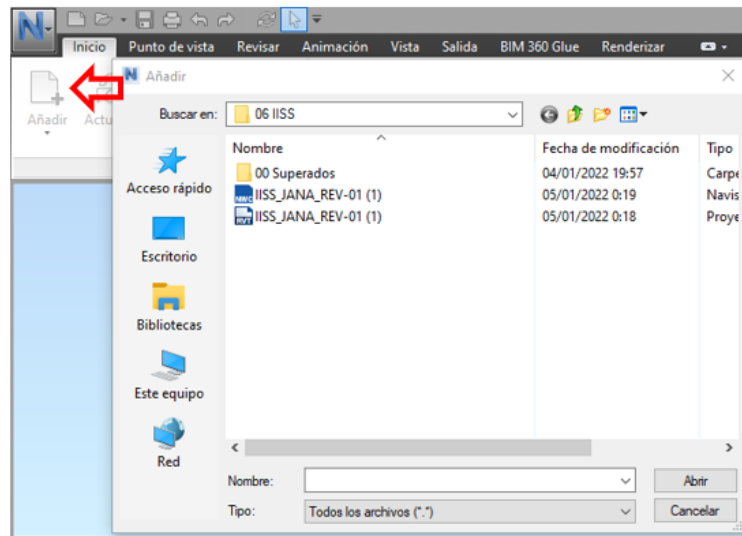


Figura 77. Linkeado de modelos en Navisworks Manage 2022.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Habiendo realizado los pasos anteriores se cargarán todos los modelos en uno solo y es ahí en donde interactuamos entre los modelos.

Paso 3: Para llevar a cabo la detección de interferencias, le damos clic a la herramienta Clash detection, como se muestra a continuación:

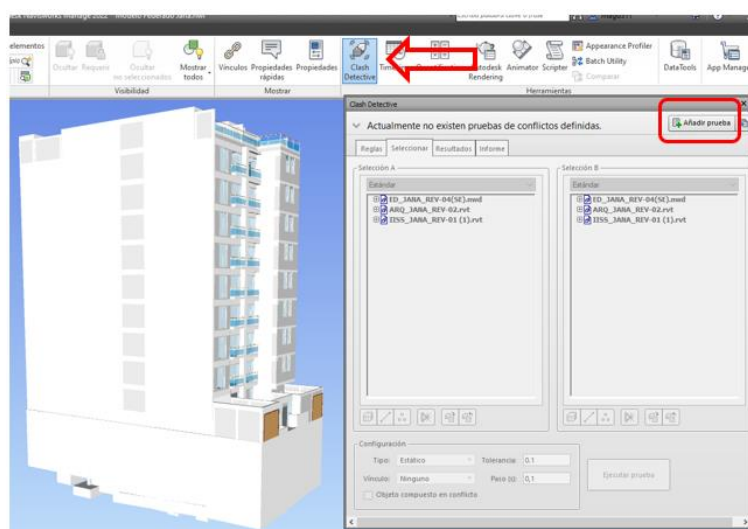


Figura 78. Activación del Clash detection.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)



Se abrirá una ventana en la que aparecen los modelos que tenemos cargados y le damos clic en la opción Añadir prueba, en seguida la ventana cambia y nos muestra las opciones para interactuar entre los modelos. En tipo elegimos la opción Estático (conservador) y ejecutamos la prueba.

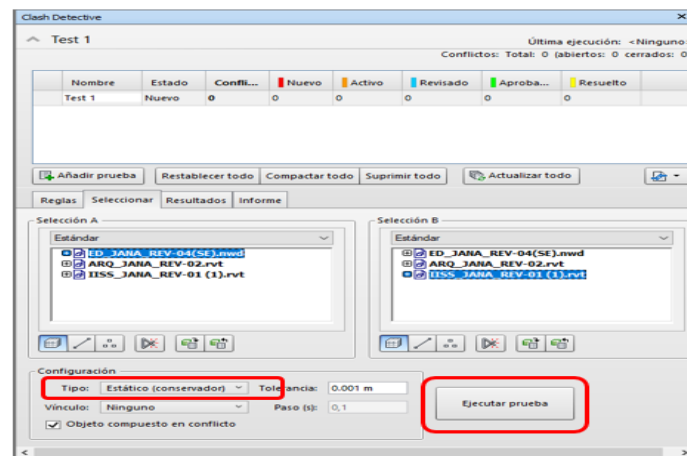


Figura 79. Interacción entre modelos.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Paso 4: El programa ha generado un listado de interferencias las cuales podemos observar

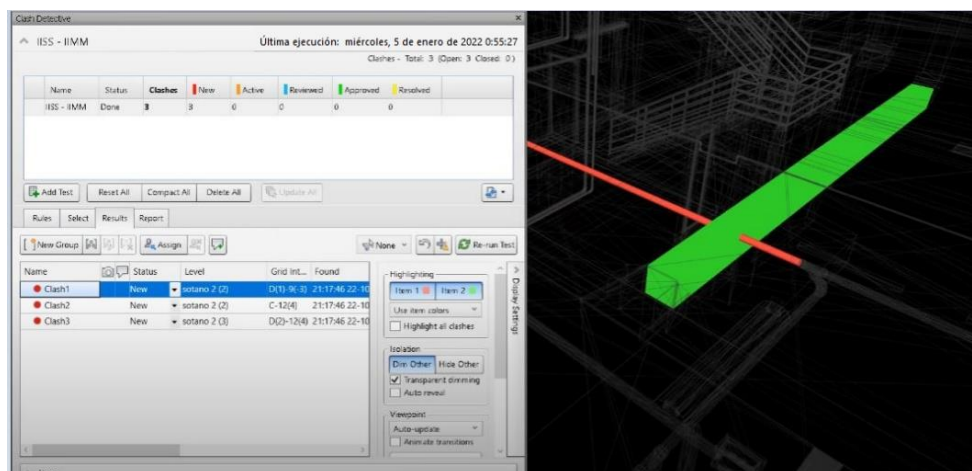


Figura 80. Listado de interferencias.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Pasamos a revisar la información arrojada por el programa para identificar los tipos de interferencias, dejando anotaciones con nubes de revisión y comentarios sobre la observación, es importante guardar las vistas que se nos generan al picar en cada interferencia detectada.

Paso 5: A continuación, creamos el reporte de interferencias, para ello le damos clic a la pestaña de reporte, seguidamente seleccionamos el formato de reportes, dentro de los cuales tenemos las siguientes opciones:

- XML: El programa genera un archivo de texto y una carpeta con imágenes de las interferencias.
- As viewpoints: En español significa puntos de vista, en este formato el programa guarda de manera automática y masiva la información de las interferencias.
- HTML: Es un formato de internet en donde podremos configurar la información que deseamos mostrar, a continuación se muestra la presentación del archivo que se genera en esta opción.

Name	Clash1
Distance	-0.153m
Description	Hard (Conservative)
Status	New
Clash Point	0.179m, 4.088m, -6.310m
Grid Location	D-9 : sotano 2
Date Created	2016/10/23 02:17:46

Item 1

Element ID	762675
Layer	sotano 2
Item Name	Pipe Types
Item Type	Pipes: Pipe Types: PVC Sanitario

Item 2

Element ID	948617
Layer	sotano 2
Item Name	Rectangular Duct
Item Type	Ducts: Rectangular Duct: Ducto Aire Fresco

---

Name	Clash2
Distance	-0.069m
Description	Hard (Conservative)
Status	New
Clash Point	-5.910m, 2.751m, -6.293m
Grid Location	C-12 : sotano 2
Date Created	2016/10/23 02:17:46

Item 1

Element ID	761903
Layer	sotano 1
Item Name	Pipe Types
Item Type	Pipes: Pipe Types: PVC Sanitario

Item 2

Element ID	948779
Layer	sotano 2
Item Name	Rectangular Duct
Item Type	Ducts: Rectangular Duct: Ducto Aire Fresco

Figura 81. Reporte HTML de interferencias.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Paso 6: Una vez corregidas las interferencias se procede a realizar la actualización del modelo. En la figura 82 (Interferencias detectadas) se muestra la interferencia que se generó entre una tubería de desagüe que cruza por un ducto de extracción de monóxido.

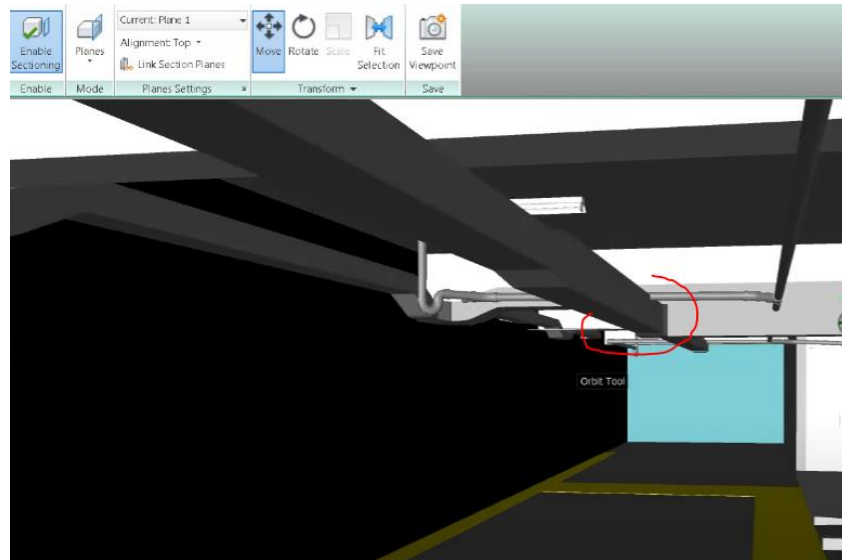


Figura 82. Interferencia detectada.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Para corregirla debemos de abrir el archivo en Revit, ubicar dicha tubería, desplazar la tubería, guardar el archivo, y actualizar el modelo en Navisworks. De este modo habremos corregido esa interferencia, lo mismo aplicaríamos para las demás interferencias que se generen.

Paso 7: Habiendo aplicado el uso del Navisworks Manage 2022 para la detección de interferencias en el proyecto Jana, se procedió a implementar un de Log de RFI's, en este formato se consolidan las interferencias con imágenes, ubicación, descripción, fecha de envío de la información, fecha de respuesta de la información, respuesta del especialista, y el impacto que se generó.

A continuación se muestra en la figura 83 el Log de RFI's:

ESPECIALIDAD	CIM	DESAGÜE	EST VERT	EST HORZ	FACHADAS	TABICUERIA	FCR	RED AGUA	ELEC/COM	HVAC
CIM										
DESAGÜE										
EST VERT										
EST HORZ										
FACHADAS										
TABICUERIA										
FCR										
RED AGUA										
ELEC/COM										
HVAC										




LOG DE RFI'S										
Proyecto:	Edificio Multifamiliar Jana									
Ubicación:	Calle Victor Alzamora 681, Barrio Medico, Surquillo.									
Fecha:	12 de abril del 2021									
IMAGEN	UBICACIÓN	ESPECIALIDAD	VALORACIÓN	DESCRIPCIÓN DE INTERFERENCIA	REQUERIDO POR	FECHA DE SOLICITUD	FECHA DE RESPUESTA	RESPUESTA DEL ESPECIALISTA	NOTA	
	Sótano 1 entre los ejes 2-3/C	I/SS	Leve	La tubería colgada de desagüe interfiere con el ducto de monóxido de carbono	OT. Manuel Guzmán	12/04/2021	26/04/2021		Se resuelve en obra.	
	Piso 1 entre los ejes 6-7/C-D	I/SS	Moderado	La tubería de desagüe interfiere con la viga chata del corte XXI.	OT. Manuel Guzmán	12/04/2021	16/04/2021	Se debe de colocar un refuerzo de acero adicional de 3 8" en el paso de la tubería.		
			Grave							

Figura 83. Log de RFI's.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Como se puede apreciar en la figura 83 (Log de RFI's), se realiza una revisión de los tipos de interferencia para otorgarles una valoración en función a las tolerancias expresadas en cm.

Esto también dependerá de los tipos de elementos que se tienen en la interferencia, por ejemplo si se trata de alguna instalación que esta colisionando con algún elemento estructural, se tendrá que evaluar el impacto que generaría y de acuerdo con ello se toman decisiones.

Nivel	Color	Tolerancia
Estudio de importancia alta	Red	0.05 cm.
estudio de importancia moderada	Amarillo	3 cm.
estudio de importancia baja	Verde	5 cm.

Figura 84. Valoración de interferencias.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Paso 8: Se generan reuniones de coordinación en las cuales se realizará el seguimiento de la programación semanal, para tratar los siguientes puntos:

- Se presenta el listado de interferencias que afectan la producción de la obra.
- Se revisan los formatos de cumplimiento de actividades.
- Se actualizan los procesos constructivos.
- Se evalúan las solicitudes de permisos y aprobaciones que estén pendientes.

La oficina técnica tiene la función de elaborar las fichas de seguimiento y control de actividades, con la finalidad de detectar posibles conflictos en la gestión, de igual forma la presentación de planos actualizados para los diferentes procesos.

Se pudieron identificar 132 interferencias en el proyecto mediante el uso del modelo BIM, a continuación en la figura 85 (Porcentaje de interferencias por especialidad con la aplicación BIM), se detalla el porcentaje de interferencias por especialidad, las cuales fueron levantadas oportunamente por los especialistas, y responsables de obra.

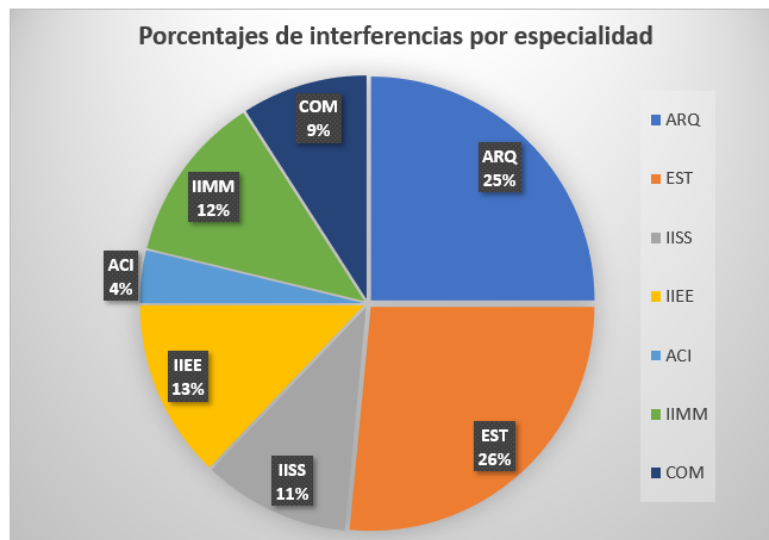


Figura 85. Porcentaje de interferencias por especialidad con la aplicación BIM.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Se generó una subdivisión de acuerdo con los impactos de las interferencias, catalogándolas de leves, medias y altas, por su impacto en los procesos constructivos, siendo las de la especialidad de estructuras la que generan mayor impacto en el presupuesto como se puede apreciar en la figura XXX.

Impacto de incompatibilidades en los procesos constructivos									
	ARQ	EST	IISS	IIEE	ACI	IIMM	COM	Total	%
Bajo	0	1	0	0	1	1	0	3	2.3%
Leve	29	22	10	14	3	11	8	97	73.5%
Alto	4	12	4	3	1	4	4	32	24.2%
Total	33	35	14	17	5	16	12	132	100%

Figura 86. Impacto por incompatibilidad en procesos constructivos.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

### **3.4.2 Objetivo específico N° 2: “Analizar cómo se optimizan las estimaciones de metrados mediante la aplicación de la metodología BIM, caso edificio multifamiliar Jana, Surquillo - Lima, 2021”.**

Los metrados constituyen una parte primordial en la conformación del presupuesto de obra, ya que nos brindan la estimación o contabilización de las cantidades de materiales e insumos para llevar a cabo las actividades requeridas, por ende es muy importante poder contar con metrados precisos y confiables ya que de ello dependerá las compras y requerimientos de materiales, para tener un flujo constante de los avances del proyecto.

Los proyectos ejecutados por la empresa MINCOPER, han sido gestionados de manera tradicional, ver tabla 3 (Diferencias entre el método tradicional y el método BIM),

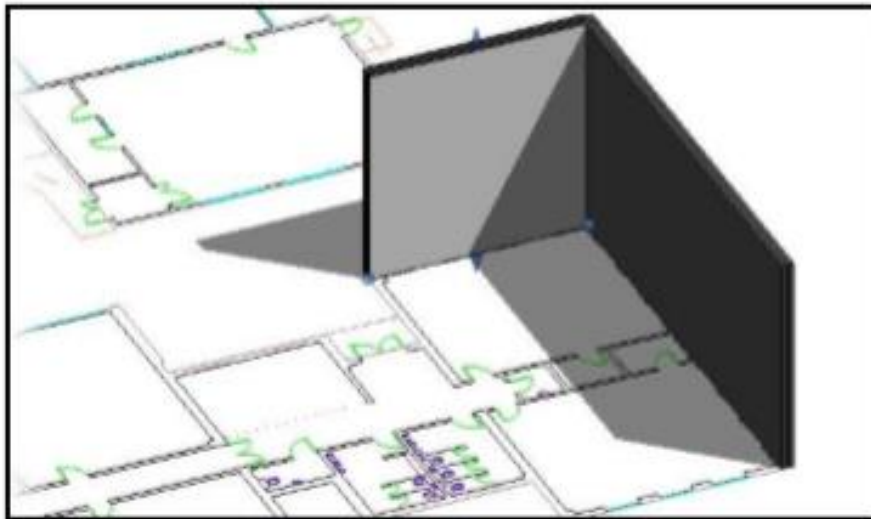
en lo que respecta a los metrados, estos han sido generados utilizando una hoja formulada en MS-Excel y el AutoCAD, pero cuando trabajamos de esta forma lo que generamos es un montón de polilíneas y hatches, estos elementos tienen capacidades muy limitadas, que nos ofrecen información de longitudes y áreas, para completar los trabajos se necesita la interacción con la hoja formulada en MS- Excel, y de esta forma es como se va realizando el metrado.

Pero en muchos casos existen elementos que son difíciles de interpretar con las vistas que nos presentan los planos en 2D lo que genera un conflicto de mala interpretación, esto produce que los metrados sean erróneos.

Existen programas que brindan un poco más de funcionalidad, los cuales permiten obtener cantidades más complejas como por ejemplo el Structural Detail, cuyo punto fuerte está abocado para el metrado de acero de refuerzo, pero al igual que el AutoCAD

presenta limitaciones y requiere de condiciones específicas para su funcionamiento, y si no se cumplen generaran una información errónea.

Mientras que con el desarrollo del modelo BIM se puede obtener los metrados de manera más precisa y rápida, debido a que contamos con un modelo dinámico el cual al ser actualizado, internamente va actualizando las áreas y volúmenes involucrados en los elementos que fueron modificados, así como las vistas y demás.



*Figura 87.* Diseño en Revit Architecture 2019 a través del plano CAD.  
Fuente: (BIMscap, 2018)

Habiendo realizado esta precisión entre la forma tradicional de metrar y la realización de los metrados a través del modelo BIM, presentamos a continuación unos cuadros en los que podemos apreciar el resumen de metrados de estructuras de los últimos proyectos ejecutados por MINCOPER, incluyendo en esta lista al proyecto multifamiliar Jana, que viene a ser nuestro caso de estudio para el presente trabajo de suficiencia profesional.



RESUMEN DE METRADOS DE ESTRUCTURAS DE RESIDENCIAL CATARI						
ITEM	PARTIDAS	CONCRETO (m3)	ENCOFRADOS (m2)	ACERO (KG)	RATIOS	
1	ZAPATAS	91.44	114.83	2548.54	27.87	Kg/m3
2	CIMENTOS REFORZADOS	54.71	63.23	3226.81	58.98	Kg/m2
3	MUROS	151.27	534.41	17162.23	113.45	Kg/m3
4	PLACAS	275.33	2591.81	37871.79	137.55	Kg/m3
5	COLUMNAS	18.89	211.88	5561.16	294.42	Kg/m3
6	VIGAS	267.02	1894.74	43013.18	161.09	Kg/m3
7	LOSAS ALIGERADAS	109.44	1191.15	10638.24	97.21	Kg/m2
8	LOSAS MACIZAS	184.09	876.61	34412.51	186.94	Kg/m2
9	ESCALERAS	24.18	158.19	1751.94	72.45	Kg/m3
10	RAMPAS	11.20	8.96	311.65	27.83	Kg/m3
11	CISTERNA	51.52	244.46	4801.56	93.19	Kg/m3
		1239.08	7890.26	161299.61		

Figura 88. Resumen de metrados de estructuras de residencial Catari.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En esta tabla podemos apreciar el resumen de metrados de estructuras de Residencial Catari.

RESUMEN DE METRADOS DE ESTRUCTURAS DE RESIDENCIAL EDNA						
ITEM	PARTIDAS	CONCRETO (m3)	ENCOFRADOS (m2)	ACERO (KG)	RATIOS	
1	ZAPATAS	62.27	46.32	2984.15	47.92	Kg/m3
2	CIMENTOS REFORZADOS	45.40	70.77	521.57	11.49	Kg/m2
3	MUROS	132.41	537.59	15255.28	115.21	Kg/m3
4	PLACAS	219.86	2163.18	19846.86	90.27	Kg/m3
5	COLUMNAS	48.93	444.61	16529.14	337.82	Kg/m3
6	VIGAS	192.38	1608.51	39206.62	203.79	Kg/m3
7	LOSAS ALIGERADAS	132.84	1608.79	9980.34	75.13	Kg/m2
8	LOSAS MACIZAS	104.27	707.99	13497.83	129.46	Kg/m2
9	ESCALERAS	23.16	187.38	1850.24	79.88	Kg/m3
10	RAMPAS	5.24	23.47	512.02	97.77	Kg/m3
11	CISTERNA	85.54	491.82	7157.07	83.67	Kg/m3
		1052.30	7890.42	127341.11		

Figura 89. Resumen de metrados de estructuras de residencial Edna.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En esta tabla podemos apreciar el resumen de metrados de estructuras de Residencial Edna.

RESUMEN DE METRADOS DE ESTRUCTURAS DE MULTIFAMILIAR JANA						
ITEM	PARTIDAS	CONCRETO (m3)	ENCOFRADOS (m2)	ACERO (KG)	RATIOS	
1	ZAPATAS	65.48	89.97	3331.28	50.87	Kg/m3
2	CIMIENTOS REFORZADOS	108.13	61.47	3053.12	28.23	Kg/m2
3	MUROS	134.57	492.61	19619.82	145.79	Kg/m3
4	PLACAS	438.30	3669.88	63611.30	145.13	Kg/m3
5	COLUMNAS	51.64	525.22	10023.23	194.10	Kg/m3
6	VIGAS	283.22	1827.80	43339.32	153.02	Kg/m3
7	LOSAS ALIGERADAS	187.50	1925.73	12835.42	68.46	Kg/m2
8	LOSAS MACIZAS	131.71	676.31	8474.98	64.35	Kg/m2
9	ESCALERAS	33.27	256.24	2357.58	70.86	Kg/m3
10	RAMPAS	6.43	2.25	170.76	26.57	Kg/m3
11	CISTERNA	75.76	408.29	5957.28	78.64	Kg/m3
		1516.01	9935.78	172774.08		

Figura 90. Resumen de metrados de estructuras del edificio multifamiliar Jana.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En esta figura podemos apreciar el resumen de metrados de estructuras del edificio multifamiliar Jana.

A pesar de tratarse de proyectos muy parecidos entre sí, tanto en área como en forma vemos que los ratios de control (relación que existe entre kg de acero de refuerzo / m3 de concreto) son muy dispares, si realizamos un análisis por agrupación de partidas podemos observar las diferencias notorias que existen entre las partidas de los proyectos, como se muestra en la siguiente figura:

AGRUPACION DE METRADOS DE ESTRUCTURAS POR PROYECTOS										
ITEM	PARTIDAS	CATARI			EDNA			JANA		
		CONCRETO m3	ENCOF. M2	ACERO kg.	CONCRETO m3	ENCOF. M2	ACERO kg.	CONCRETO m3	ENCOF. M2	ACERO kg.
1	ZAPATAS	91.44	114.83	2548.54	62.27	46.32	2984.15	65.48	89.97	3331.28
2	CIMENTOS REFORZADOS	54.71	63.23	3226.81	45.40	70.77	521.57	108.13	61.47	3053.12
3	MUROS	151.27	534.41	17162.23	132.41	537.59	15255.28	134.57	492.61	19619.82
4	PLACAS	275.33	2591.81	37871.79	219.86	2163.18	19846.86	438.30	3669.88	63611.30
5	COLUMNAS	18.89	211.88	5561.16	48.93	444.61	16529.14	51.64	525.22	10023.23
6	VIGAS	267.02	1894.74	43013.18	192.38	1608.51	39206.62	283.22	1827.80	43339.32
7	LOSAS ALIGERADAS	109.44	1191.15	10638.24	132.84	1608.79	9980.34	187.50	1925.73	12835.42
8	LOSAS MACIZAS	184.09	876.61	34412.51	104.27	707.99	13497.83	131.71	676.31	8474.98
9	ESCALERAS	24.18	158.19	1751.94	23.16	187.38	1850.24	33.27	256.24	2357.58
10	RAMPAS	11.20	8.96	311.65	5.24	23.47	512.02	6.43	2.25	170.76
11	CISTERNA	51.52	244.46	4801.56	85.54	491.82	7157.07	75.76	408.29	5957.28

Figura 91. Agrupación de los metrados de estructuras de los proyectos Catari, Edna y Jana.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Como podemos apreciar en la figura 91 (Agrupación de estructuras de los proyectos Catari, Edna y Jana), se muestra la agrupación de los resúmenes de metrados por partidas de estructuras, empezaremos analizando las partidas de zapatas de los tres proyectos Catari, Edna y Jana.

En el proyecto Catari tenemos un metrado de concreto de 91.44 m<sup>3</sup>, de encofrado tenemos 114.83 m<sup>2</sup>, de acero tenemos 2548.54 kg, mientras que en el proyecto Edna tenemos un metrado de concreto de 62.27 m<sup>3</sup>, de encofrado tenemos 46.32 m<sup>2</sup>, de acero tenemos 2984.15 kg.

Entre estos dos proyectos podemos ver que en la partida de zapatas Catari tiene más concreto que Edna, además tiene una mayor cantidad de metrado de encofrado que a su vez es mucho mayor que el metrado de Edna, sin embargo Edna tiene una mayor cantidad de acero de refuerzo con respecto a Catari, si pasamos a ver los metrados de zapatas del proyecto Jana tenemos un metrado de concreto de 65.48 m<sup>3</sup>, de encofrado 89.97 m<sup>2</sup>, de

acero 3331.28 kg, por lo que a pesar que Jana tiene mucho menos concreto que Catari, tiene mucho más acero que los otros dos proyectos. Respecto a los encofrados la situación es aún más confusa debido a que Catari por tener más concreto tiene más encofrado, sin embargo Edna y Jana poseen metrados de concreto parecidos, pero Jana tiene casi el doble de metrado de encofrados que Edna.

Si analizamos las partidas de columnas en el proyecto Catari tenemos un metrado de concreto de 18.89 m<sup>3</sup>, de encofrado tenemos 211.88 m<sup>2</sup>, de acero tenemos 5561.16 kg, mientras que en el proyecto Edna tenemos un metrado de concreto de 48.93 m<sup>3</sup>, de encofrado tenemos 444.61 m<sup>2</sup>, de acero tenemos 16529.14 kg, por último en el proyecto Jana los metrados de columnas se dan de la siguiente manera, en concreto tenemos 51.64 m<sup>3</sup>, en encofrado tenemos 525.22 m<sup>2</sup>, en acero tenemos 10023.23 kg.

Como podemos ver en el proyecto Catari tenemos mucho menos concreto, encofrado y acero que en Edna y Jana, sin embargo las cantidades de concreto entre Edna y Jana se aproximan, Edna tiene 2.71 m<sup>3</sup> menos que Jana pero a la vez tiene 6505.91 kg. de acero más que Jana, en el caso de los encofrados se mantiene un mayor metrado de encofrado en el proyecto Jana con 80.61 m<sup>2</sup> más que en Edna.

Podríamos realizar este análisis comparativo para cada una de las partidas de los tres proyectos en mención, pero finalmente llegaríamos a la conclusión de que estas distorsiones en los metrados se vienen dando debido a que los metrados están mal elaborados, entre los factores que pueden influir en estos resultados tenemos, la inexperiencia de las personas que realizaron los metrados, la elaboración de los mismos mediante hojas formuladas de Ms-Excel en colaboración con el AutoCAD, lo que puede inducir al error humano producto de las malas interpretaciones de los planos o requerimientos del proyecto, y también por las limitaciones que se dan en los planos 2D

para poder interpretar zonas con mucho detalle que a simple vista y por medio de un plano de corte no pueden ser apreciadas.

Como resultado de este análisis entre proyectos gestionados de manera tradicional tenemos la siguiente figura 92 (Resumen de ratios de control de los proyectos Catari, Edna y Jana), que muestra el resumen de ratios de las partidas de estructuras más incidentes de los tres proyectos mencionados.

<b>RATIOS kg / m<sup>3</sup> DE LOS PROYECTOS CATARI, EDNA Y JANA</b>				
<b>ITEM</b>	<b>PARTIDAS</b>	<b>CATARI (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>EDNA (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>JANA (kg/m<sup>3</sup>)</b>
1	ZAPATAS	27.87	47.92	50.87
2	CIMIENTOS REFORZADOS	58.98	11.49	28.23
3	MUROS	113.45	115.21	145.79
4	PLACAS	137.55	90.27	145.13
5	COLUMNAS	294.42	337.82	194.10
6	VIGAS	161.09	203.79	153.02
7	LOSAS ALIGERADAS	97.21	75.13	68.46
8	LOSAS MACIZAS	186.94	129.46	64.35
9	ESCALERAS	72.45	79.88	70.86
10	RAMPAS	27.83	97.77	26.57
11	CISTERNA	93.19	83.67	78.64

Figura 92. Resumen de ratios de control de los proyectos Catari, Edna y Jana.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En la figura 93 (Comparativa de ratios de control de los tres proyectos), podemos observar gráficamente la distorsión que existe al comparar los ratios de control de los proyectos Catari, Edna y Jana, demostrando las deficiencias en los metrados pasados.

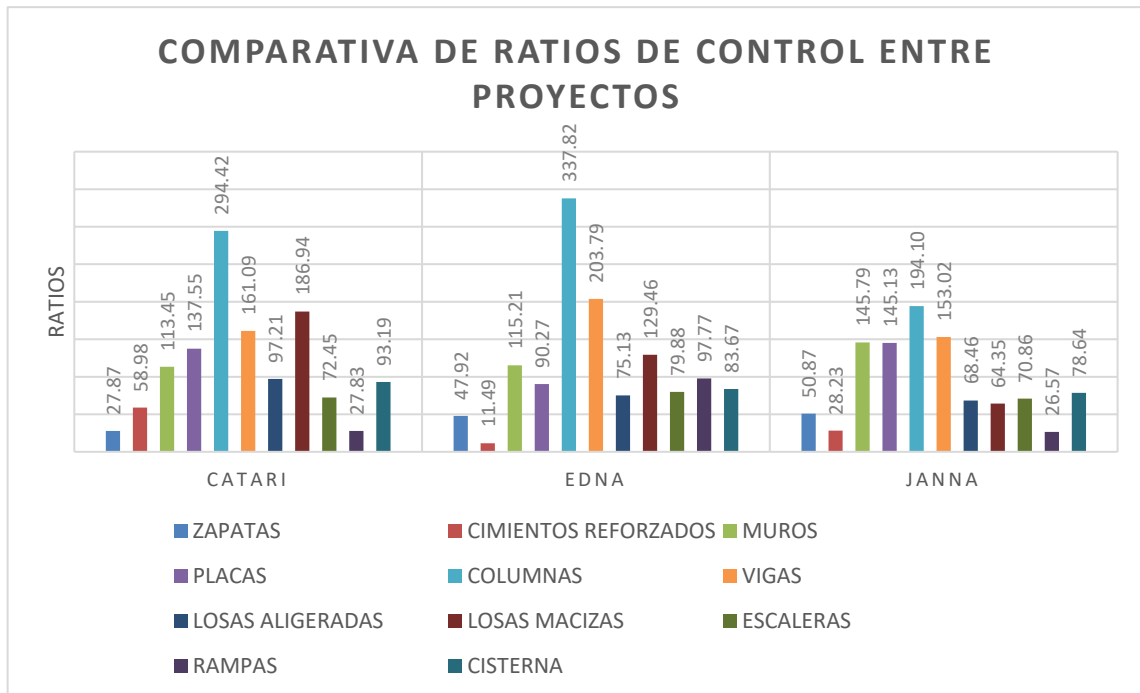


Figura 93. Comparativa de ratios de control de los tres proyectos.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Como vemos se han producido distorsiones en los ratios de control de los proyectos pasados, evidenciando las deficiencias en los metrados.

Enfocándonos en los metrados del edificio multifamiliar Jana, pasaremos a describir la situación de cómo es que se encontraban los metrados iniciales.

A continuación se presenta la figura 94 (Resumen de metrados tradicional), la cual muestra el resumen de metrados de estructuras de las partidas más incidentes del proyecto multifamiliar Jana.

RESUMEN DE METRADOS DE ESTRUCTURAS DE JANA (Modo tradicional)						
ITEM	PARTIDAS	CONCRETO (m3)	ENCOFRADOS (m2)	ACERO (KG)	RATIOS	
1	ZAPATAS	65.48	89.97	3331.28	50.87	Kg/m3
2	CIMENTOS REFORZADOS	108.13	61.47	3053.12	28.23	Kg/m2
3	MUROS	134.57	492.61	19619.82	145.79	Kg/m3
4	PLACAS	438.30	3669.88	63611.30	145.13	Kg/m3
5	COLUMNAS	51.64	525.22	10023.23	194.10	Kg/m3
6	VIGAS	283.22	1827.80	43339.32	153.02	Kg/m3
7	LOSAS ALIGERADAS	187.50	1925.73	12835.42	68.46	Kg/m2
8	LOSAS MACIZAS	131.71	676.31	8474.98	64.35	Kg/m2
9	ESCALERAS	33.27	256.24	2357.58	70.86	Kg/m3
10	RAMPAS	6.43	2.25	170.76	26.57	Kg/m3
11	CISTERNA	75.76	408.29	5957.28	78.64	Kg/m3
		1516.01	9935.78	172774.08		

Figura 94. Resumen de metrados tradicional.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En esta figura podemos apreciar que el metrado de concreto de los cimientos reforzados tiene 42.65 m<sup>3</sup> más que el metrado de concreto de zapatas, sin embargo tiene 278.16 kg. de acero menos que las zapatas.

Otra partida que revisaremos es la de las rampas, debido a que tiene un metrado de concreto de 6.43 m<sup>3</sup> y de acero tiene 170.76 kg. lo que nos da un ratio de control de 26.57 kg/m<sup>3</sup>, es decir que en cada metro cubico de concreto hay 26.57 kg. de acero, lo cual es un indicador de que posiblemente el metrado este mal elaborado.

De acuerdo con la problemática presentada y al no contar con información confiable de los proyectos pasados para realizar estimaciones de forma precisa, es que se decidió aplicar el BIM.

En el apartado 3.3.6 Estimación de materiales, se detalla cómo es que se lleva a cabo el procedimiento de configuración, generación y extracción de los reportes de metrados de estructuras del proyecto multifamiliar Jana, es por ello que en este apartado nos

centraremos en los grandes totales de las cantidades que conseguimos mediante el modelo BIM, y como es que se han ido mejorando los metrados mediante la aplicación del BIM, a continuación se muestra la figura 95 (Resumen de metrados de estructuras BIM), en la que podemos apreciar el resumen de metrados de estructuras extraídos del modelo BIM.

RESUMEN DE METRADOS DE ESTRUCTURAS JANA (BIM)						
ITEM	PARTIDAS	CONCRETO (m3)	ENCOFRADOS (m2)	ACERO (KG)	RATIOS	
1	ZAPATAS	62.32	85.32	2998.46	48.12	Kg/m3
2	CIMIENTOS REFORZADOS	61.07	57.60	1897.25	31.07	Kg/m2
3	MUROS	131.82	489.11	18365.92	139.33	Kg/m3
4	PLACAS	427.98	3641.90	60724.18	141.88	Kg/m3
5	COLUMNAS	54.46	539.13	10675.63	196.04	Kg/m3
6	VIGAS	279.84	2104.26	40362.27	144.23	Kg/m3
7	LOSAS ALIGERADAS	134.27	1670.55	7563.28	56.33	Kg/m2
8	LOSAS MACIZAS	124.46	622.30	8152.34	65.50	Kg/m2
9	ESCALERAS	24.66	217.91	1704.21	69.10	Kg/m3
10	RAMPAS	26.02	130.08	1303.78	50.12	Kg/m3
11	CISTERNA	46.90	268.90	3554.77	75.80	Kg/m3
		<b>1373.79</b>	<b>9827.06</b>	<b>157302.09</b>		

Figura 95. Resumen de metrados de estructuras BIM.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Como podemos observar en la figura 95 (Resumen de metrados de estructuras BIM), los metrados se encuentran más parejos entre sí, de igual forma los ratios de control ya no presentan cantidades exageradas, entre las partidas que analizamos tenemos la de cimientos reforzados, la cual presenta un metrado de concreto de 61.07 m3, en encofrado tenemos 57.60 m2 y en acero tenemos 1897.25 kg. De igual forma analizamos la partida de rampas para la cual tenemos un metrado de concreto de 26.02 m3, en encofrado tenemos 130.08 m2 y en acero tenemos 1303.78 kg.



Como podemos ver estas cantidades han cambiado respecto al metrado inicial, de igual manera las cantidades de las demás partidas.

A continuación presentamos la figura 96 (Comparativa de ratios del metrado inicial vs. metrado el BIM), en la que podemos observar una comparativa de los ratios de los metrados iniciales y los metrados BIM.

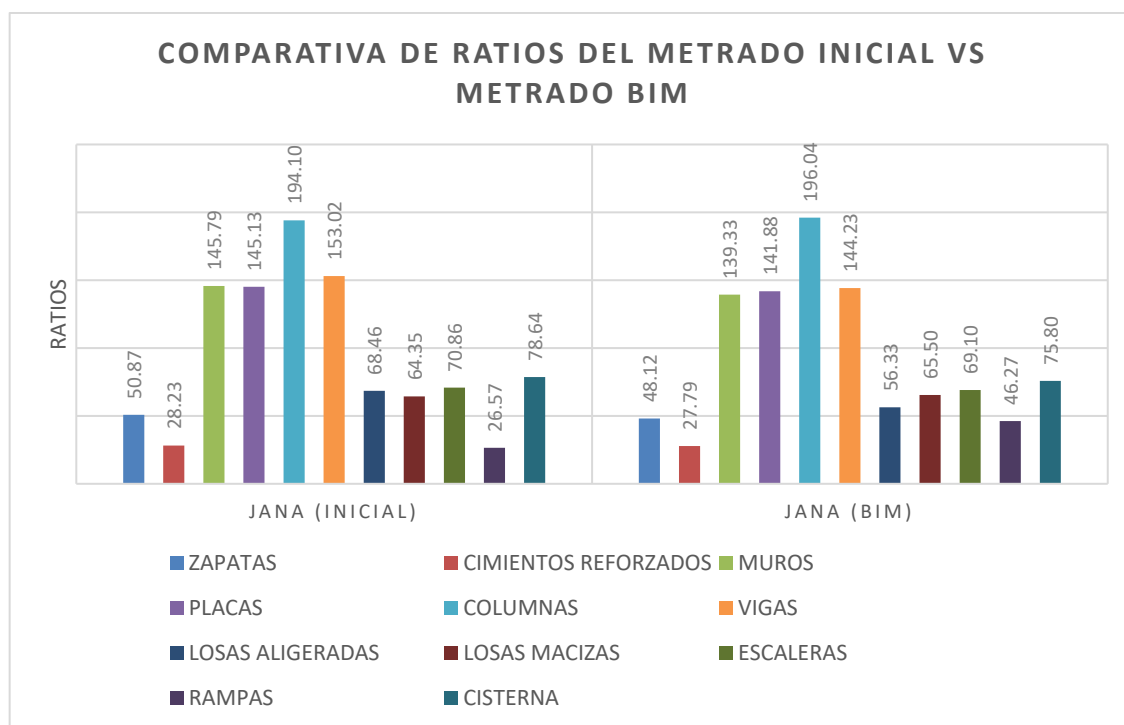


Figura 96. Comparativa de ratios del metrado inicial vs. metrado el BIM.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

### **3.4.3 Objetivo específico N° 3: “Describir cómo se reduce la variación de costo por metrado mediante la aplicación de la metodología BIM, caso edificio multifamiliar Jana, Surquillo - Lima, 2021”.**

En el apartado anterior, analizamos la optimización de las estimaciones de los metrados mediante la aplicación del BIM en el proyecto multifamiliar Jana, por lo que en el objetivo específico N° 3 describiremos como es que se reduce la variación de los costos del proyecto, como consecuencia de la optimización de los metrados.

Para el presente trabajo de suficiencia profesional se optó por realizar la optimización de una de las variables más incidentes en el presupuesto de estructuras, el metrado del acero de refuerzo.

Para el caso de acero de refuerzo se contaba con los metrados iniciales del proyecto, los cuales fueron realizados de manera manual utilizando la interacción entre el AutoCAD y la hoja formulada en MS-Excel, en el apartado anterior analizamos estos metrados y pudimos observar que las cantidades presentadas eran erróneas. Cuando se empezó con la aplicación de la metodología BIM se pudo obtener metrados de concreto, encofrado, curado entre otros, sin embargo para el caso del acero de refuerzo había la limitación del tiempo, ya que realizar el modelado del acero de refuerzo es una labor más detallosa y que involucra una mayor cantidad de tiempo para su desarrollo, esto se debe a los múltiples detalles que hay que tomar en cuenta, como por ejemplo el espaciado de los estribos en los elementos, los refuerzos adicionales, las longitudes de desarrollo, los empalmes de varillas, etc.

Esta coyuntura originó que se empiece a estudiar más al respecto con el fin de encontrar alguna alternativa viable, para la obtención de las cantidades de acero del proyecto

mediante el BIM, es ahí cuando nace la idea de seleccionar elementos con características similares, dentro de los criterios de búsqueda de estos elementos se considera lo siguiente:

- Pisos típicos del proyecto.
- En el caso de columnas verificar el cuadro de columnas para establecer que tan variables puede ser la sección transversal y el acero de los elementos seleccionados.
- En el caso de vigas verificar en los planos de desarrollos de vigas que tan variables pueden ser, de acuerdo con las cantidades de refuerzos positivos o negativos del acero de refuerzo y el espaciamiento de los estribos por cortante.

De acuerdo con los criterios de búsqueda establecidos se decidió elegir a los siguientes elementos:

- Columnas: C1, C3, C5 así como núcleo 6 (embebidos en el muro anclado)
- Placas: PL3, Caja de ascensor, PL5, PL6 y PL 9 (embebidas en el muro anclado)
- Vigas: V-102, V-103, V-105, V-200, (en Sótanos) V-300, V-302, V-303, V-305
- Muros Anclados: M1, M2, M9
- Losas: Losas macizas en todos los pisos, y tramos de losas aligeradas (Ejes 2-3 y 4-7)

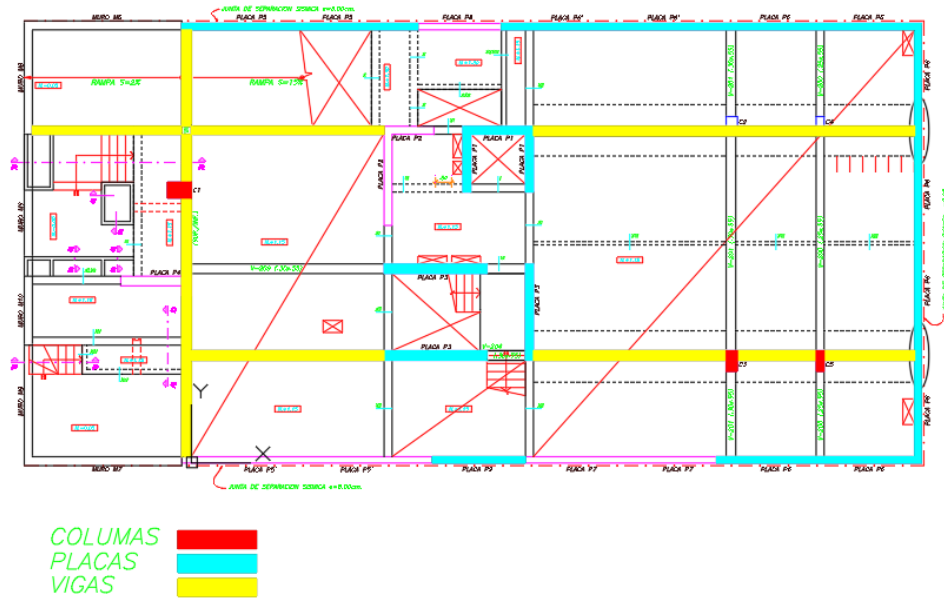


Figura 97. Elementos representativos seleccionados.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Habiendo seleccionado los elementos procedemos a modelar el acero de refuerzo por elemento, a continuación se muestra la figura 98 (Modelado del acero de refuerzo de la columna C1), en la que se aprecia el modelado del acero de refuerzo de la columna C1.

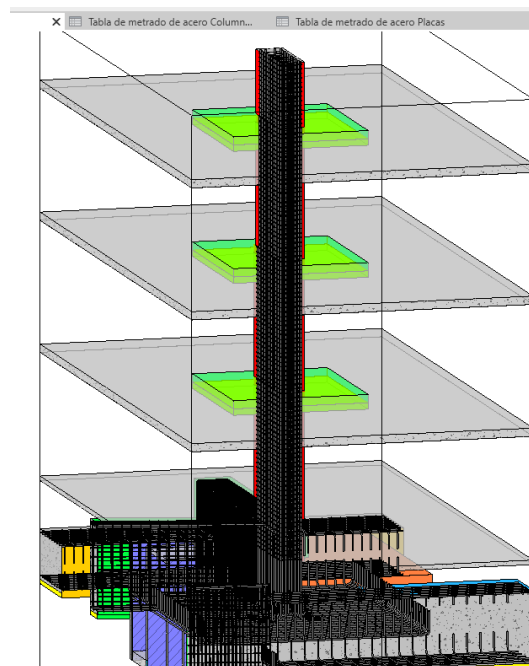
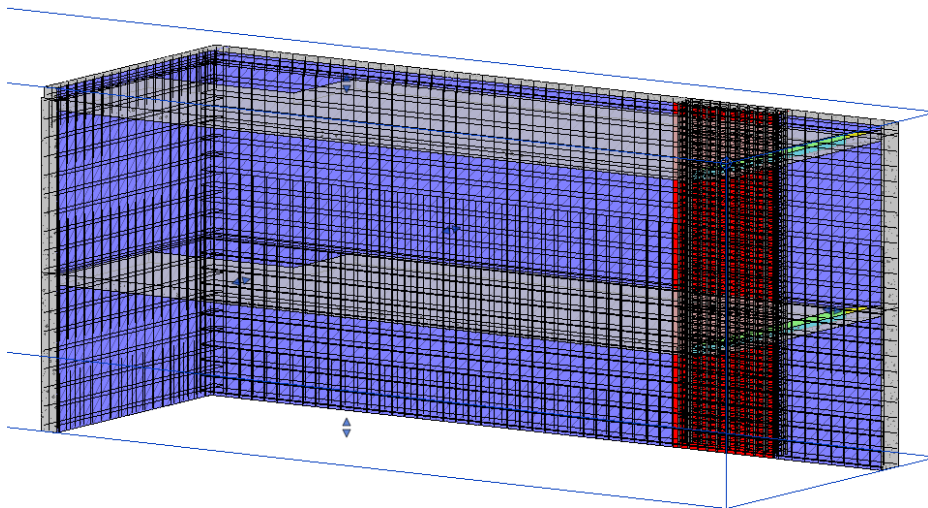


Figura 98. Modelado del acero de refuerzo de la columna C1.  
Fuente: (Elaboración propia, 2021)

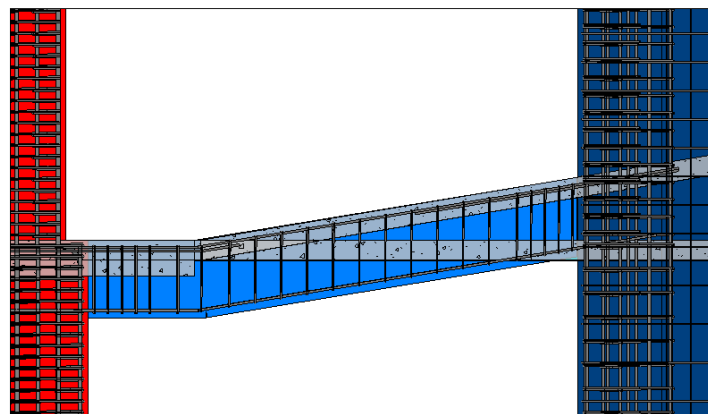
La figura 99 (Modelado del acero de refuerzo de la placa PL6), muestra el modelado del acero de refuerzo de la placa PL6.



*Figura 99.* Modelado del acero de refuerzo de la placa PL6.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

La figura 97 (Modelado del acero de refuerzo de la viga V102), muestra el modelado del acero de refuerzo de la viga V102.



*Figura 100.* Modelado del acero de refuerzo de la viga V102.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Una vez realizado el modelado del acero de refuerzo de los elementos seleccionados, se generan los reportes de metrados como se aprecia en la siguiente figura 101 (Reporte de acero de refuerzo de columnas).

<Metrado de acero de refuerzo en Columnas>							
A	B	C	D	E	F	G	H
MGR_ID_Cód. Elem	MGR_ID_Clasificaci	MGR_ID_Grupo	MGR_ID_Nivel de Et	Type	Bar Length	Reinforcement Volume	Peso (kg)
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/4"	3200 mm	5501.20 cm <sup>3</sup>	43.184452
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/4"	3200 mm	5501.20 cm <sup>3</sup>	43.184456
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/4"	3200 mm	2750.60 cm <sup>3</sup>	21.592232
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/4"	3200 mm	2750.60 cm <sup>3</sup>	21.592229
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	2640 mm	1496.82 cm <sup>3</sup>	11.750059
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	1556 mm	882.32 cm <sup>3</sup>	6.926188
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	970 mm	550.05 cm <sup>3</sup>	4.317859
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	1468 mm	832.66 cm <sup>3</sup>	6.536361
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	1468 mm	832.66 cm <sup>3</sup>	6.536361
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	2640 mm	1496.82 cm <sup>3</sup>	11.750059
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	1556 mm	882.32 cm <sup>3</sup>	6.926188
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	970 mm	550.05 cm <sup>3</sup>	4.317859
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	1468 mm	832.66 cm <sup>3</sup>	6.536361
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	1468 mm	832.66 cm <sup>3</sup>	6.536361
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	2640 mm	935.51 cm <sup>3</sup>	7.343787
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	1556 mm	551.45 cm <sup>3</sup>	4.328867
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	970 mm	343.78 cm <sup>3</sup>	2.698662
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	1468 mm	520.41 cm <sup>3</sup>	4.085225
C-03	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	1468 mm	520.41 cm <sup>3</sup>	4.085225
C-01	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/4"	3200 mm	4584.38 cm <sup>3</sup>	35.987384
C-01	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/4"	3200 mm	4584.35 cm <sup>3</sup>	35.987186
C-01	Columnas	Sótanos	Sótano 2	1"	3200 mm	6485.91 cm <sup>3</sup>	50.914413
C-01	Columnas	Sótanos	Sótano 2	1"	3200 mm	6485.74 cm <sup>3</sup>	50.91303
C-01	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	2831 mm	2008.67 cm <sup>3</sup>	15.753905
C-01	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	1773 mm	1256.94 cm <sup>3</sup>	9.866957
C-01	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	1202 mm	851.90 cm <sup>3</sup>	6.687389
C-01	Columnas	Sótanos	Sótano 2	3/8"	1202 mm	851.90 cm <sup>3</sup>	6.687389

Figura 101. Reporte de acero de refuerzo de columnas.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Las cantidades están expresadas en Kg. que es lo que finalmente necesitaremos para cuantificar la cantidad total de acero de refuerzo requerido en el proyecto.

El siguiente paso será el de extrapolar los resultados obtenidos de los metrados, la extrapolación vendrá dada por elemento, es decir el metrado de acero de refuerzo obtenido de las columnas seleccionadas, será dividido entre el metrado de concreto expresado en m<sup>3</sup> de las mismas columnas seleccionadas, de esta forma obtendremos el ratio de kg. / m<sup>3</sup>, finalmente este ratio será multiplicado por la cantidad total de metros cúbicos de concreto de las columnas faltantes y obtendremos la cantidad total de acero de refuerzo estimada para las columnas, de la misma forma para las placas, las vigas, las losas, los muros, etc.

$$\text{Acero total} = (\text{Ratio kg./m}^3) \times (\text{m}^3 \text{ de concreto rest.})$$

En donde:

$$\text{Ratio} = \left( \frac{\text{kg. Acero modelado de elemento representativo}}{\text{m}^3 \text{ de concreto modelado elemento representativo}} \right)$$

m<sup>3</sup> concreto rest = Concreto de elementos restantes

Ecuación 2. Extrapolación del acero total.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En la siguiente figura 102 (Cálculo del acero total de columnas), podemos apreciar cómo es que se realiza el cálculo del acero total de columnas aplicando los conceptos ya explicados.

Modelado de concreto para columnas (BIM)											
Columnas	Sótano 2	Sótano 1	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4	Piso 5	Piso 6	Piso 7	Piso 8	Piso 9
C1	1.16	1.28	1.46	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
C3	0.61	0.77	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
C5	0.98	1.11	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.86

Modelado de acero para columnas (BIM)											
Columnas	Sótano 2	Sótano 1	Piso 1	Piso 2	Piso 3	Piso 4	Piso 5	Piso 6	Piso 7	Piso 8	Piso 9
C1	211.75	227.45	283.72	201.56	202.56	202.56	202.56	202.56	202.56	202.56	202.56
C3	136.45	165.60	103.50	103.50	103.50	103.50	103.50	103.50	103.50	103.50	103.50
C5	200.45	180.64	171.20	171.20	171.20	171.20	171.20	171.20	171.20	171.20	171.20

Concreto Columnas modeladas	28.04 m <sup>3</sup>
Acero Columnas modeladas	5497.84 kg
Ratio	196.04 kg/m <sup>3</sup>
Acero Total de columnas	10675.63 kg

Concreto de columnas	
Etiquetas de fila	Suma de M.
Columnas	54.4567
Azotea	3.522
Piso 1	8.1783
Piso 2	4.415
Piso 3	4.415
Piso 4	4.415
Piso 5	4.415
Piso 6	4.415
Piso 7	4.415
Piso 8	4.415
Piso 9	3.8999
Sótano 1	4.1615
Sótano 2	3.79
<b>Total general</b>	<b>54.4567</b>

Figura 102. Cálculo del acero total de columnas.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

El cuadro 1 nos presenta el metrado de concreto modelado de las columnas C1, C3, C5.

El cuadro 2 nos presenta el metrado de acero modelado de las columnas C1, C3, C5.

En el área 4 tenemos una tabla dinámica con los datos del concreto de todas las columnas modeladas.

Finalmente el numero 3 nos indica el área de cálculo en donde podemos observar el resultado de la sumatoria de las cantidades de concreto de las columnas modeladas que es igual a 28.04 m<sup>3</sup>, también la sumatoria de las cantidades de acero de las columnas modeladas que es igual a 5497.84 kg.

Al aplicar la Ecuación 1 (Ratios de acero por metro cubico de concreto) obtenemos como resultado un ratio igual a 196.04 kg/m<sup>3</sup>, finalmente multiplicamos esta cantidad por la cantidad total de metros cúbicos de concreto de columnas que es igual a 54.4567 m<sup>3</sup> y obtenemos como resultado final la estimación del acero de refuerzo que es igual a 10675.63 kg.

Este mismo procedimiento lo aplicamos a las demás partidas como se muestra a continuación.

RESUMEN DE METRADOS DE ESTRUCTURAS JANA (BIM)						
ITEM	PARTIDAS	CONCRETO (m <sup>3</sup> )	ENCOFRADOS (m <sup>2</sup> )	ACERO (KG)	RATIOS	
1	ZAPATAS	62.32	85.32	2998.46	48.12	Kg/m <sup>3</sup>
2	CIMENTOS REFORZADOS	61.07	57.60	1897.25	31.07	Kg/m <sup>2</sup>
3	MUROS	131.82	489.11	18365.92	139.33	Kg/m <sup>3</sup>
4	PLACAS	427.98	3641.90	60724.18	141.88	Kg/m <sup>3</sup>
5	COLUMNAS	54.46	539.13	10675.63	196.04	Kg/m <sup>3</sup>
6	VIGAS	279.84	2104.26	40362.27	144.23	Kg/m <sup>3</sup>
7	LOSAS ALIGERADAS	134.27	1670.55	7563.28	56.33	Kg/m <sup>2</sup>
8	LOSAS MACIZAS	124.46	622.30	8152.34	65.50	Kg/m <sup>2</sup>
9	ESCALERAS	24.66	217.91	1704.21	69.10	Kg/m <sup>3</sup>
10	RAMPAS	26.02	130.08	1303.78	50.12	Kg/m <sup>3</sup>
11	CISTERNA	46.90	268.90	3554.77	75.80	Kg/m <sup>3</sup>
		<b>1373.79</b>	<b>9827.06</b>	<b>157302.09</b>		

Figura 103. Resumen de metrados de estructuras del multifamiliar Jana mediante el BIM.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)



La siguiente figura 104 (Modelado de acero de elementos representativos), nos muestra un comparativo entre las cantidades de acero en el metrado inicial y las cantidades de acero en el metrado BIM.

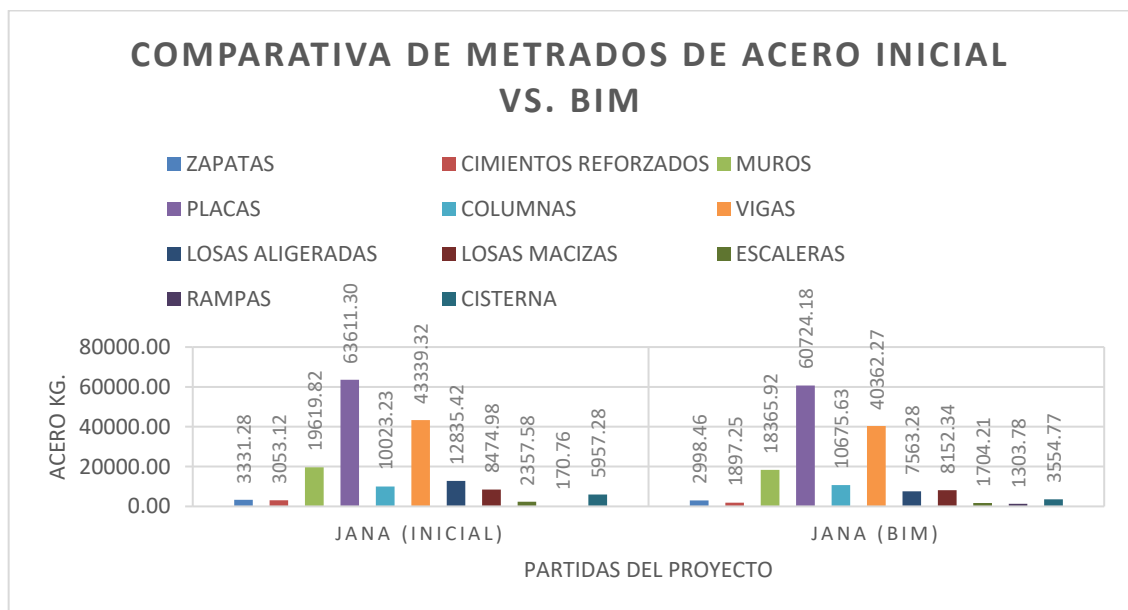


Figura 104. Modelado de acero de elementos representativos.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Como podemos ver, hemos obtenido nuevas cantidades del modelo BIM, estas cantidades son ingresadas al presupuesto de obra inicial y el producto del metrado BIM por el precio unitario nos dará como resultado un nuevo parcial, optimizando los costos del proyecto.

### **3.5. Experiencia 2 – Respecto al Bachiller Ysael Pacherras Giron**

#### **3.5.1 Sobre la experiencia laboral**

Recogiendo lo más importante del proceso de selección de personal e incorporación a la empresa MINCOPER, logrando alcanzar satisfactoriamente la contratación de manera indefinida en julio del 2016; cabe mencionar que la contratación para los trabajos asignados estaban enfocados en el área de topografía, pero con la experiencia adquirida en proyectos anteriores de diversas empresas que había transcurrido, contando con un título profesional a nombre de la nación con nivel técnico superior y cursando el tercer ciclo de la carrera ingeniería civil, se logró apoyar en labores de supervisión en el área de control de calidad, apoyo en la cuantificación de materiales y extracción de metrados in situ a lo largo de la ejecución de los proyectos multifamiliares Edna y Anahí, logrando así el éxito rotundo en la culminación y entrega satisfactoria en ambos proyectos.

Gracias a los resultados demostrados en los proyectos antes mencionados, la alta gerencia y entes involucrados decidieron seguir contando con los servicios prestados llegando a formar parte del staff, siendo designado en el área de producción para iniciar la ejecución del edificio multifamiliar Jana en el mes de junio del 2020.

Con respecto a la ejecución del proyecto Jana, se tuvo que postergar, porque empezó la pandemia del COVID 19, acatando las restricciones dispuestas por el gobierno en el mensaje a la nación el día 15 de marzo del 2020, en efecto de continuar con el plan de desarrollo del proyecto, se realizaron los trabajos de metrados de arquitectura y estructuras en hojas formuladas de Excel de manera remota, obteniendo información para la elaboración del presupuesto inicial del proyecto.

Durante el tiempo de cuarentena se organizaban reuniones virtuales, entre el gerente de la empresa y los entes involucrados, es ahí donde nace la idea de presentar la propuesta de utilizar la aplicación de la metodología BIM en el proyecto multifamiliar Jana, siendo el caso de estudio para el presente trabajo de suficiencia profesional regular, si bien es cierto al inicio se obtuvo cierto escepticismo ante la propuesta, debido a que muchos de los involucrados desconocían de la metodología BIM y se decidió seguir trabajando de manera tradicional.

Después en el mes de noviembre del año 2020, contando con el permiso de reactivación de trabajos presenciales y acatando las normas de bioseguridad impuestas por el gobierno se inició la ejecución del proyecto, teniendo la gran dicha de continuar con el desarrollo de la experiencia laboral en el caso de estudio denominado proyecto multifamiliar Jana.

Después de haber iniciado la ejecución del proyecto Jana, y trabajar de manera tradicional, encontrándonos en la etapa de excavación y construcción de sótanos en el proyecto empezaron a surgir interferencias que eran muy difícil de detectar en un plano en dos dimensiones(2D).

Teniendo en cuenta la capacidad y experiencia adquirida para dirigir un proyecto, ganada en los proyectos anteriores de manera consecutiva desde las etapas de demolición, excavación y construcción, y contando con el grado de Bachiller se encomendó asumir nuevas funciones para desempeñar en este nuevo proyecto tales como:

- Liderar el cumplimiento de los procedimientos de planeamiento, programación y productividad, interactuando con las diferentes áreas de soporte de la obra.
- Liderar el cumplimiento de los procedimientos de prevención de riesgos y gestión ambiental.

- Verificar los correctos procedimientos constructivos con su respectivo control de calidad.
- Participar en el proceso de valorizaciones semanales.
- Gestionar la metodología BIM para cuantificar y minimizar los materiales logrando así la reducción de la variación del costo por metrado.
- Levantamiento de información en campo, para la generación de los planos Asbuilt.
- **Descripción del proyecto**
- El proyecto multifamiliar Jana, se desarrolla en un área de 387.80 m<sup>2</sup>, se encuentra acorde al RNE y se adscribe al DS-012-2019 VIV y DS-010-2018 VIV, cuenta con las medidas perimetrales colindantes por la parte frontal y del fondo siendo el ancho del terreno 13.85 ml y por la parte derecha e izquierda con un largo de 28 ml, está ubicado en la Calle. Víctor Alzamora 681 lote 183, urbanización Barrio Medico, Surquillo. El proyecto cuenta con tres sótanos, dos de ellos con uso exclusivo para estacionamientos de vehículos y bicicletas y en el tercero se encuentran ubicados el cuarto de bombas para el sistema de abastecimiento de agua y las cisternas de ACI (agua contra incendio) y consumo humano, además cuenta con diez niveles en total, desarrollando un total de treinta y cinco departamentos, en el primer piso existen tres departamentos flats uno de ellos con un único detalle que lo caracteriza, siendo este el departamento 101 que cuenta con su propio estacionamiento, desde el segundo al octavo piso el proyecto se distribuye en cuatro departamentos por nivel todos son flats y típicos a la vez, además en el noveno nivel cuenta con cuatro departamentos dúplex teniendo éstos conexión directa con su respectiva azotea.

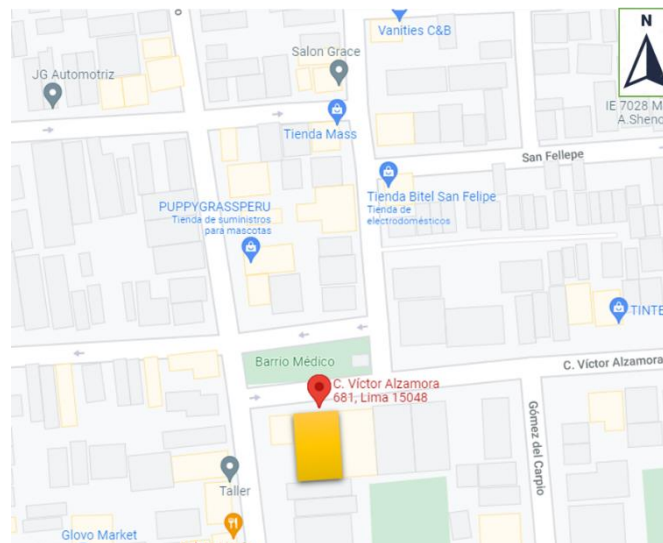


Figura 105. Ubicación del Proyecto Multifamiliar Jana

Fuente: Google Maps

Tabla 1.

*Información técnica del Proyecto Multifamiliar Jana*

<b>Nombre del Proyecto</b>	<b>Proyecto Multifamiliar Jana</b>
<b>Ubicación</b>	<b>Calle Víctor Alzamora 681, Barrio Medico, Surquillo.</b>
<b>Tipo de proyecto</b>	<b>Construcción Nueva</b>
<b>Área del Terreno</b>	<b>387.80 m<sup>2</sup></b>
<b>Área total Construida</b>	<b>1763.65 m<sup>2</sup> incluido sótanos</b>
<b>Niveles</b>	<b>2 sótanos, 10 pisos con un total de 35 departamentos entre flats y dúplex.</b>

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

### **3.5.2 Desarrollo del objetivo específico N°4. “Explicar cómo se optimiza el avance ejecutado mediante la aplicación de la metodología BIM, caso edificio multifamiliar Jana, Surquillo - Lima, 2021”.**

Antes de abordar la aplicación de la metodología BIM, la empresa MINCOPER, contaba con una gestión de productividad muy deficiente en sus proyectos, ya que no existía un equipo de trabajo especializado con estandarización de procesos definidos para que realice esta tarea, por lo general la oficina técnica estaba constituida por el ingeniero residente, un jefe de campo y asistentes. Esto se debe a que el gerente de la empresa prefiere ahorrar dinero disminuyendo personal en el área técnica, por lo tanto, el ingeniero residente era el encargado de planificar, y controlar las actividades en oficina y campo, lo cual no le permitía cubrir todas sus funciones de manera óptima.

Al no tener un control de avance ejecutado cada día, la productividad se mostraba discontinua y las metas eran más difícil de cumplir en el tiempo establecido, en la mayoría de oportunidades se contrataba el doble personal para lograr cumplir con cada actividad, generando gastos excesivos en la mano de obra, se exigía mayor presión a los trabajadores, lo cual hacía que su producción disminuya debido al cansancio, por ende, existía sobredimensionamiento de cuadrillas, lo cual generaba exceso de personal obrero, que a la vez se volvía algo contraproducente, porque teníamos que cumplir con un límite de aforo (cantidad de personas) establecido por el gobierno por causa de la pandemia.

En este proyecto, se observó que no se realizaba ningún seguimiento a las actividades, ni se controlaba el avance ejecutado a diario, muchas veces el avance se realizaba de acuerdo con las tareas que se presentaban a seguir y estos eran tomados por experiencia del maestro de obra y los jefes de cuadrillas, evidentemente no existía un flujo continuo ni mucho menos un tren de actividades.

Por lo tanto, desde ya el proyecto se desfasaba de sus fechas programadas en el cronograma inicial.

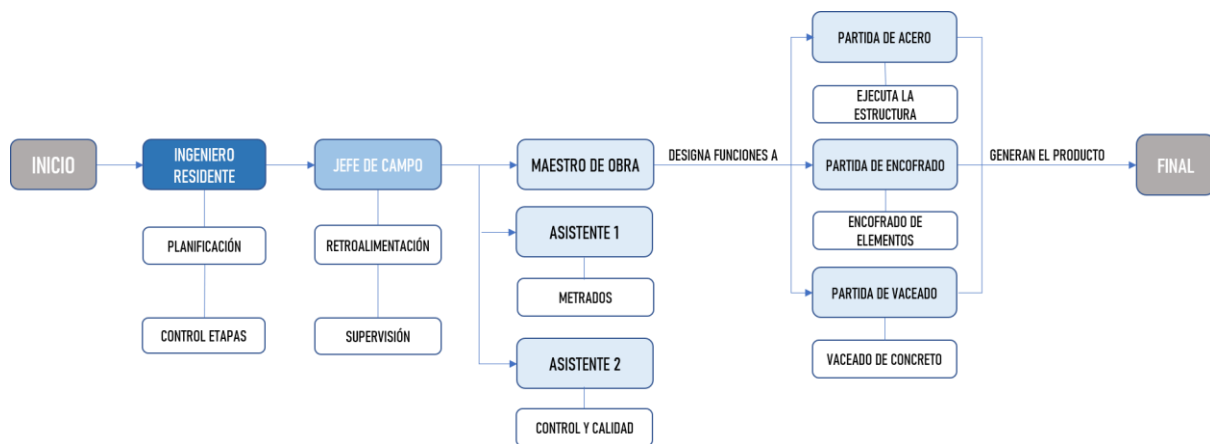


Figura 106. Flujo de Funciones de los involucrados en el Proyecto Multifamiliar Jana.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

Durante la aprobación de la aplicación de la metodología BIM, observamos el flujo y el orden de actividades, para lo cual el área de oficina técnica presentó como alternativa el Lookahead, que viene a ser un cronograma de ejecución a mediano plazo y el modelado paramétrico (3D) que se refiere a todas las relaciones entre los elementos de un proyecto utilizando el software Revit, desarrollando dicha alternativa con la creación de un tren de actividades con un flujo organizado y continuo.

Gracias a la información extraída del modelo BIM, la oficina del área técnica en conjunto con la residencia de obra, el área de calidad, SSOMA y el área de administración generan el Lookahead creando trenes de trabajo óptimos utilizando los recursos en obra y elaborando un plan estratégico para poder medir los avances ejecutados durante el periodo de cada semana.

Después de recibir dicha información, nosotros como encargados del área de producción somos los responsables de cumplir con los entregables de cada semana, observando a

detalle cada suceso que se pueda presentar en la ejecución de las actividades programadas.

A inicios era muy complicado cumplir con dichas programaciones, ya que, al no contarse con un modelo paramétrico en tercera dimensión (3D), las interferencias no se detectaban con facilidad hasta encontrarnos en la zona específica, debido a la falta o la no compatibilización entre las especialidades involucradas, por ende, los avances ejecutados en la etapa de excavación y construcción de sótanos no eran los esperados.

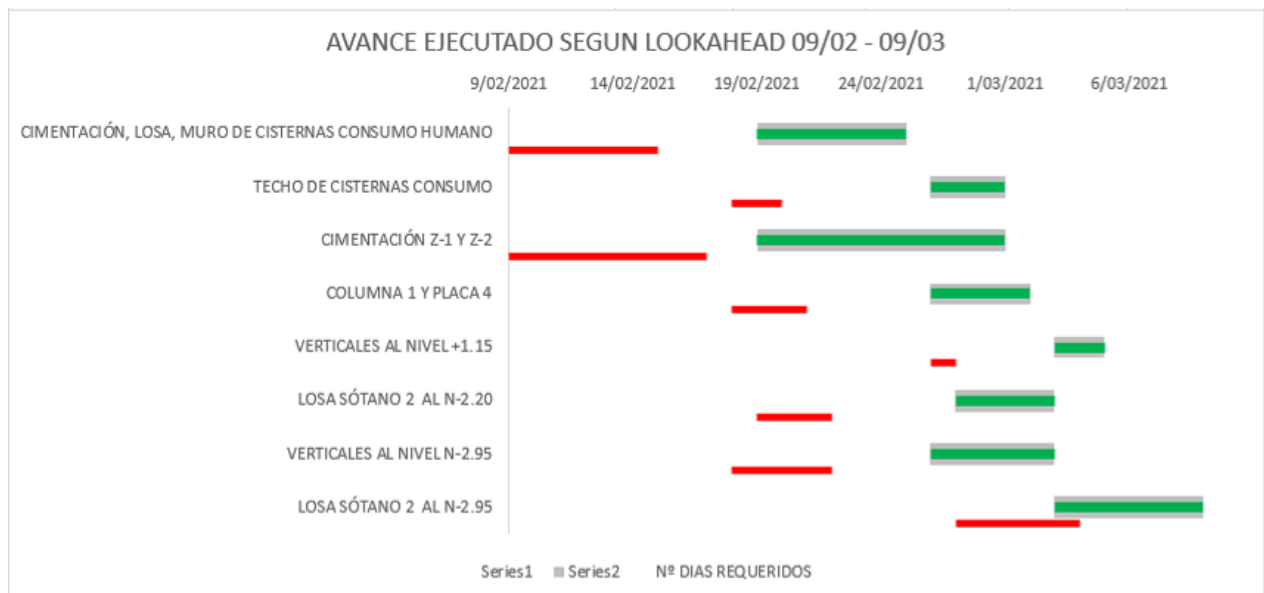


Figura 107. Avance ejecutado vs avance planificado en el mes de febrero del 2021 del proyecto multifamiliar Jana.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En la figura 107 (Avance ejecutado vs avance planificado en el mes de febrero del 2021 del proyecto multifamiliar Jana), se aprecia que el avance programado (barras de color rojo), versus el avance ejecutado real (barras de color gris) se encuentran totalmente desfasadas, debido a que se realizaban las actividades de manera tradicional, por ende, los avances no se cumplían, también se muestra las barras de color verde que indica el porcentaje de avance de cada actividad.



PREPARACION DEL GRAFICO							
Actividad	Inicio real	Nº DIAS EJECUTADOS	DIAS TERMINADOS	INICIO PLANEADO	Nº DIAS REQUERIDOS	PARA BARRA PLANIFICADO	HOY
CIMENTACIÓN, LOSA, MURO DE CIST CONS HUM	19/02/2021	6	6	9/02/2021	6	7.2	4/03/2021
TECHO DE CISTERNAS CONSUMO	26/02/2021	3	3	18/02/2021	2	6.2	4/03/2021
CIMENTACIÓN Z-1 Y Z-2	19/02/2021	10	10	9/02/2021	8	5.2	4/03/2021
COLUMNA 1 Y PLACA 4	26/02/2021	4	4	18/02/2021	3	4.2	4/03/2021
VERTICALES AL NIVEL +1.15	3/03/2021	2	1	26/02/2021	1	3.2	4/03/2021
LOSA SÓTANO 2 AL N-2.20	27/02/2021	4	4	19/02/2021	3	2.2	4/03/2021
VERTICALES AL NIVEL N-2.95	26/02/2021	5	5	18/02/2021	4	1.2	4/03/2021
LOSA SÓTANO 2 AL N-2.95	3/03/2021	6	1	27/02/2021	5	0.2	4/03/2021

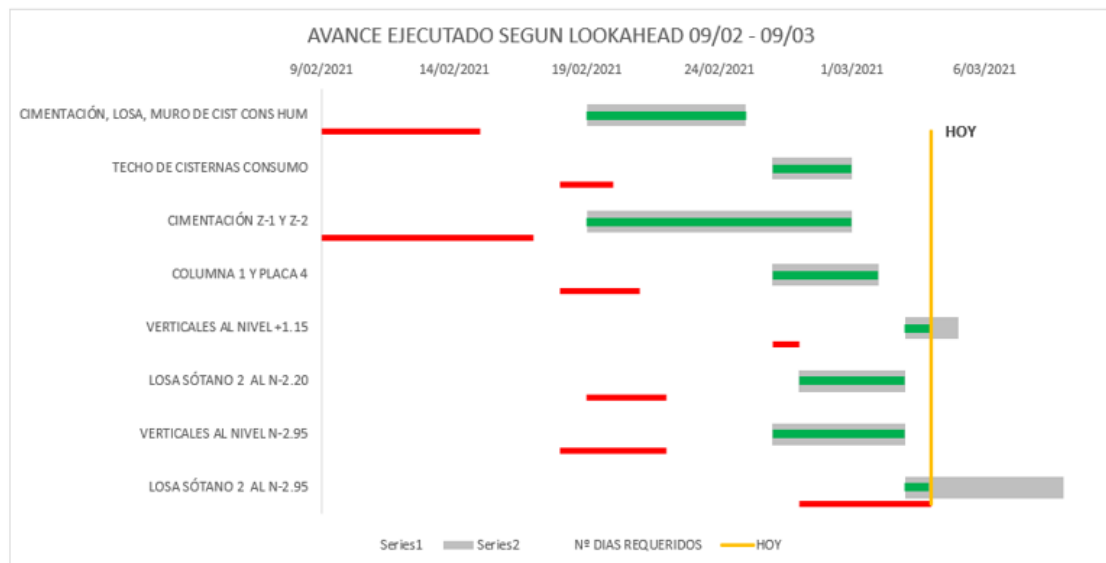


Figura 108. Avance ejecutado vs planificado, porcentaje de avance del proyecto multifamiliar Jana. Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En la figura 108 (Avance ejecutado vs planificado, porcentaje de avance del proyecto multifamiliar Jana), al igual que la figura anterior se aprecia el avance programado (barras de color rojo), el avance ejecutado real (barras de color gris), también se muestra las barras de color verde que indica el porcentaje de avance de cada actividad y adicional a ello se generaba una línea de corte (línea de color mostaza) para medir el porcentaje de avance ejecutado en cada actividad programada.

Para explicar cómo se optimiza el avance ejecutado con la aplicación de la metodología BIM, presentamos los siguientes cuadros.

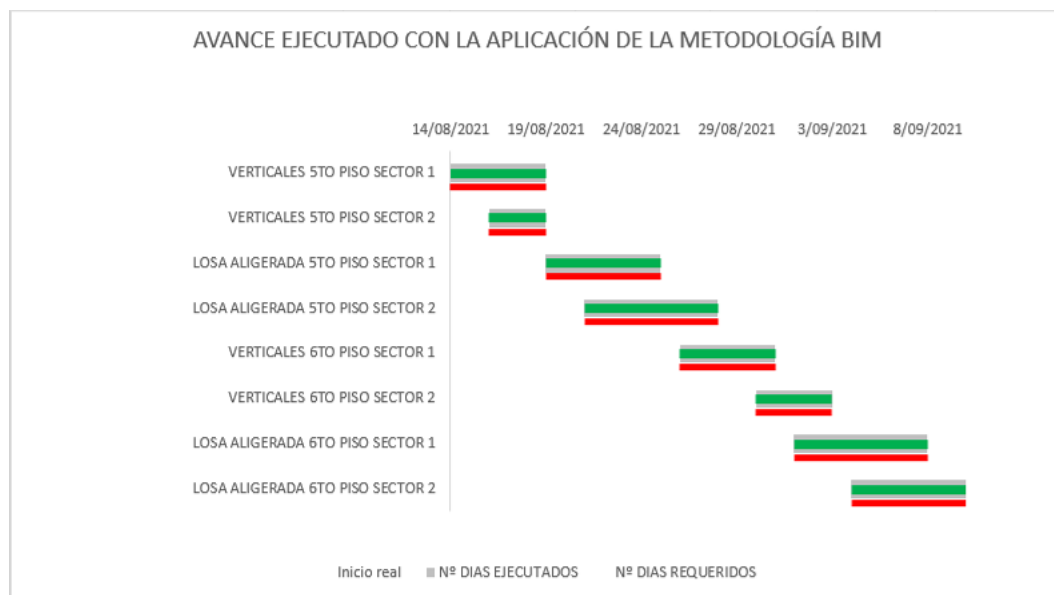


Figura 109. Avance ejecutado en el mes de agosto 2021 aplicando la metodología BIM en el proyecto multifamiliar Jana.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En la figura 109 (Avance ejecutado en el mes de agosto 2021 aplicando la metodología BIM en el proyecto multifamiliar Jana), se demuestra que las actividades reformuladas en el cronograma inicial después de aprobar la aplicación de la metodología BIM, se cumplen con las actividades mencionadas en el LOOKAHEAD, siguiendo el tren de trabajo planteado. En tanto las barras de color rojo que viene a ser el avance programado se encuentra en las mismas fechas de las barras color gris que viene a ser avance real ejecutado y teniendo como un tercer elemento a las barras de color verde que son las que describen el porcentaje de avance de cada actividad.

PREPARACION DEL GRAFICO							
Actividad	Inicio real	Nº DIAS EJECUTADOS	DIAS TERMINADOS	INICIO PLANEADO	Nº DIAS REQUERIDOS	PARA BARRA PLANIFICADO	HOY
VERTICALES 5TO PISO SECTOR 1	14/08/2021	5	5	14/08/2021	5	7.2	10/09/2021
VERTICALES 5TO PISO SECTOR 2	16/08/2021	3	3	16/08/2021	3	6.2	10/09/2021
LOSA ALIGERADA 5TO PISO SECTOR 1	19/08/2021	6	6	19/08/2021	6	5.2	10/09/2021
LOSA ALIGERADA 5TO PISO SECTOR 2	21/08/2021	7	7	21/08/2021	7	4.2	10/09/2021
VERTICALES 6TO PISO SECTOR 1	26/08/2021	5	5	26/08/2021	5	3.2	10/09/2021
VERTICALES 6TO PISO SECTOR 2	30/08/2021	4	4	30/08/2021	4	2.2	10/09/2021
LOSA ALIGERADA 6TO PISO SECTOR 1	1/09/2021	7	7	1/09/2021	7	1.2	10/09/2021
LOSA ALIGERADA 6TO PISO SECTOR 2	4/09/2021	6	6	4/09/2021	6	0.2	10/09/2021

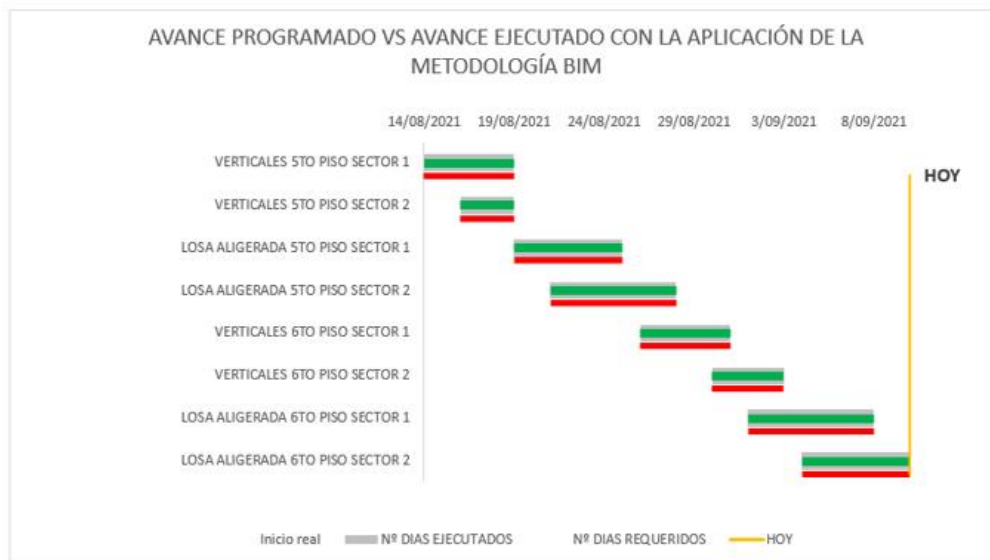


Figura 110. Avance ejecutado aplicando la metodología BIM en el proyecto multifamiliar Jana.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En la figura 110 (Avance ejecutado aplicando la metodología BIM en el proyecto multifamiliar Jana), después de verificar que el avance programado es igual al avance ejecutado generamos una línea de corte (línea color mostaza), se puede ubicar en cualquier fecha y sirve para verificar como se van desarrollando nuestras actividades mediante las barras de color verde que describen el porcentaje de avance y también nos alertaría saber si se llegaría a cumplir con la meta de los entregables.

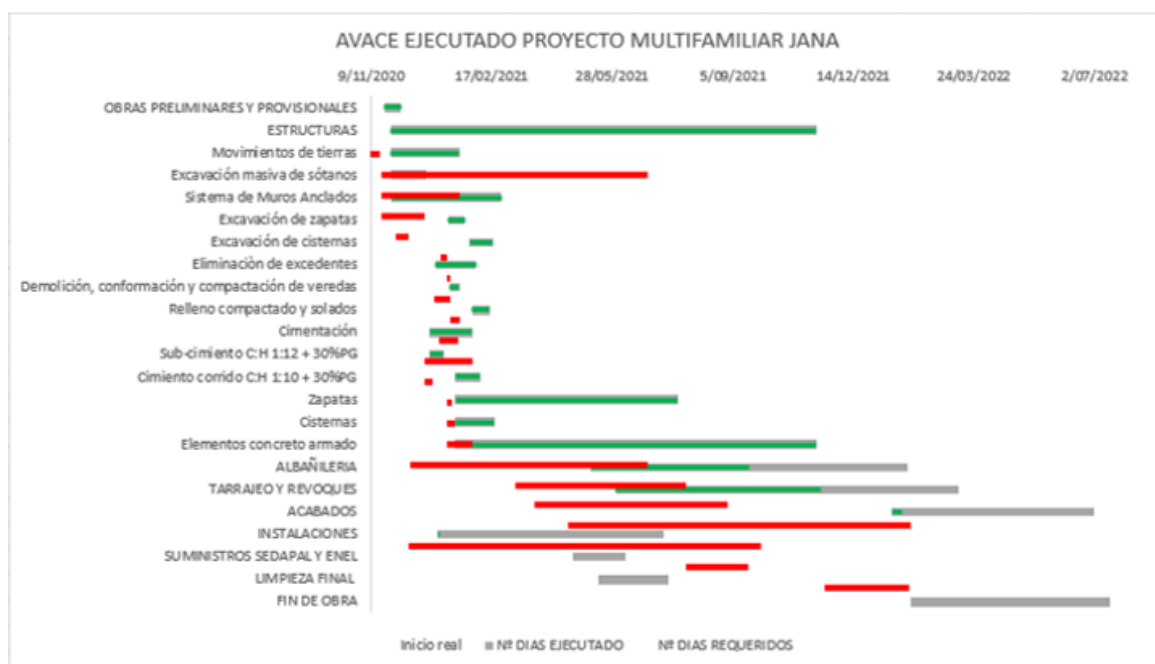


Figura 111. Resumen general del avance ejecutado aplicando la metodología BIM en el proyecto multifamiliar Jana.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En la figura 111 (Resumen general del avance ejecutado aplicando la metodología BIM en el proyecto multifamiliar Jana), hemos desarrollado el gráfico del cronograma inicial del proyecto Jana para verificar la optimización del avance ejecutado respecto al cronograma actual, encontrado un desfase de 5 meses entre diversos problemas, siendo uno de ellos el más potencial el no uso de la aplicación de la metodología BIM, encontrando un verdadero retraso de actividades de 2 meses. El avance programado son las barras de color rojo, el avance real ejecutado son las barras de color gris y el porcentaje de avance de cada actividad está definido por las barras de color verde.

### **3.5.3 Desarrollo del objetivo específico N°5. “Indicar cómo se reduce el porcentaje de no conformidades mediante la aplicación de la metodología BIM, caso edificio multifamiliar Jana, Surquillo - Lima, 2021”.**

En el inicio del proyecto Jana, seguíamos construyendo de manera tradicional, debido a que no se quería aplicar la metodología BIM, esto sucedía porque una parte del conjunto de personas que eran las encargadas de la toma de decisiones tenían cierto escepticismo y conceptos erróneos de esta metodología, con el pasar de los días mientras el proyecto seguía su desarrollo, ya empezaba a tomar forma refiriéndose a que ya nos encontrábamos cimentado los primeros muros anclados en el sótano 2 y en paralelo dábamos inicio a la excavación más profunda que es el área de cisterna y cuarto de bombas, entonces fue en ese preciso momento que empezaron a presentarse diversas no conformidades que se detallaran a continuación.

Cabe precisar que esto ocurría debido que no se contaba con una estandarización de procesos y a la falta o mala compatibilización entre las especialidades involucradas, cada vez la aparición de estas no conformidades era más frecuente, generando retrasos en la productividad de la obra y generando cambios bruscos en el presupuesto inicial del proyecto.



*Figura 112.* Secuencia y definición de las no conformidades, correcciones y acción correctiva.  
Fuente: (Elaboración Propia, 2021)

En la figura N°112 (Secuencia y definición de las no conformidades, correcciones y acción correctiva), se describe las definiciones de los factores que se involucran en todo el proceso de levantamiento de las no conformidades antes de la aplicación de la metodología BIM.

Este flujo de procesos viene a ser un patrón elaborado para identificar las no conformidades, corregirlas de manera inmediata y verificar el costo de reparación en cada una de ellas.

Tabla 6

*Antes de la metodología BIM.*

No Conformidades	Corrección	Costo de Corrección
Nivel de excavación masiva inadecuado en área de cisternas por carencia de detalles en plano de cortes de cimentación y falta de compatibilización de especialidades estructuras, arquitectura y sanitarias, se ubica entre los ejes 2-5 / B-C.	Se realizó excavación de forma manual en ambas cisternas para llegar al nivel deseado, ya que había zapatas que se comprometían con el nivel del piso de dichas cisternas, esto generó 4 días de retraso en la programación semanal.	18000.00 soles
PIT de ascensor con dimensiones equivocadas, ubicado en el nivel -8.15 entre los ejes 3-4 / B-C.	Se corrigió las dimensiones de ascensor, lo cual conllevó a picar su zapata, cambiar todo el acero corrugado, ya que en estructuras las dimensiones eran de 1.70 x 1.55 y en el plano de arquitectura es de 1.70 x 1.70.	15000.00 soles
Debido a que no se compatibilizó el plano de anclajes con el de arquitectura y	Se tuvo que corregir las dimensiones del muro anclado M2, generando 3 días de	12000.00 soles

estructura, se realizó una mala ubicación del punto de anclaje N° 10, ubicado en el sótano 2 en el eje A / 3-4. retraso, el acero de dicho muro ya estaba habilitado y armado, esto generó muchas perdidas a la empresa.

Pases o cajuelas de Tecnopor para vigas peraltadas en mala posición, ubicados en los muros anclados eje A-D / 1-7. se procedió a picar las nuevas cajuelas, como el concreto es de alta resistencia, nos tomó más tiempo de lo esperado, se tuvo que rellenar los pases que estaban en mala ubicación, con aditivos especiales, esto generó días de retraso y sobrecostos. 6000.00 soles

Ubicación de viga peraltada (V-107) incorrecta, situada en el eje 2 / A-D, por falta de compatibilización entre especialidades. Modificación en la ubicación de la viga peraltada, ya que habíamos respetado los detalles y ubicación establecida en el plano de estructuras, pero el plano de arquitectura mandaba otra ubicación, esto genero bastante retrabajo retrasando 3 días el avance. 10000.00 soles



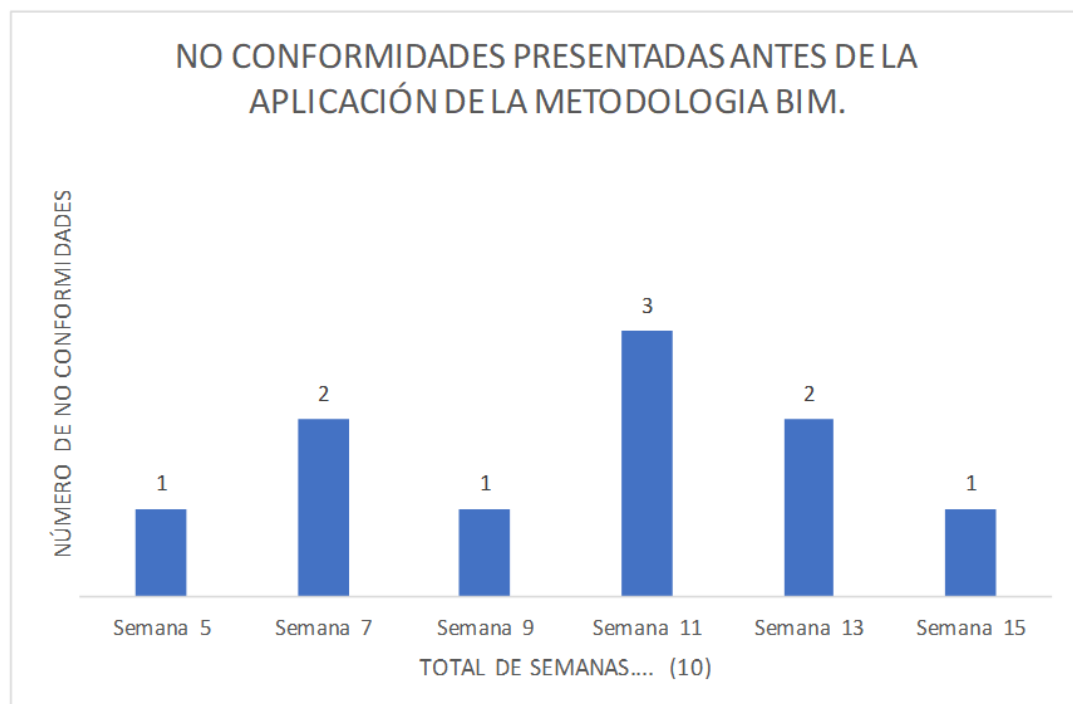
<p>Ensanche de muro en cisterna contra incendio (corte j-j) ubicado en el eje 4 / B-C debido a la ejecución de un encofrado incorrecto.</p>	<p>Después del desencofrado, se procedió a picar el muro, ya que se había ensanchado debido al mal apuntalamiento y aseguramiento de los espárragos, afectando un área de 3 m<sup>2</sup>.</p>	<p>8000.00 soles</p>
<p>Viga peraltada (V-100) mal diseñada, dejando altura libre para tránsito vehicular de 1.90m ubicada en el sótano2 entre el eje 3 / A-B.</p>	<p>antes de vaciar dicha losa, nos percatamos que la viga V-100 dejaba una altura libre no permitida, por ende, se envió la consulta al especialista y la convirtió en viga chata, para ello ya se generaron días de retraso en el proyecto y los materiales tuvieron que ser reemplazados.</p>	<p>6000.00 soles</p>
<p>Altura de vaciado de concreto inadecuado en muros de cisterna consumo humano, comprendido entre los ejes 2-3 / B-C.</p>	<p>El vaciado de concreto era en pendiente, la altura del vaciado no quedó uniforme y se procedió al picado de los dos muros laterales más largos, generando así retrasos en la</p>	<p>4000.00 soles</p>

	productividad y pérdidas al contratista.	
Cangrejeras en placas de caja de ascensor, ubicado en el sótano 1, entre los ejes 3-4 / B-C.	Picado en la zona afectada a causa del mal vibrado y concreto con baja trabajabilidad, esto conllevó a un nuevo encofrado y vaciado con sus respectivos aditivos que garanticen su funcionamiento, generando pérdidas al contratista.	3000.00 soles
Mala colocación de Tecnopor en niveles y pendientes de rampas, por carencia de un modelo paramétrico (3D) en losa del sótano 1, sector 1 entre los ejes del 4-7 / A-D.	Después de encofrar dicha losa, se procedió al picado en el correcto nivel y pendiente de rampas, generando días de retraso y pérdidas al contratista.	10000.00 soles

---

En la tabla N°2 se describe como es que se presentaban las no conformidades en el proyecto Jana, como se identificaban y también como se corregían de manera inmediata, obteniendo más allá de la respectiva solución un incremento en los costos, el cual se veía reflejado en el presupuesto inicial.

Cabe recalcar que no se tomaban en cuenta las acciones correctivas, lo único que siempre se solía hacer era identificar la no conformidad, aplicar la corrección inmediata y se continuaba ejecutando el proyecto, no se hacían seguimientos, ni se generaba alguna especie de data ya que no se contaba con profesionales expertos con conocimientos al respecto, dejando siempre abierto la posibilidad de que esto vuelva a ocurrir.



*Figura 113.* No conformidades presentadas en cada semana desde el inicio del proyecto Jana.  
Fuente: (Elaboración Propia, 2021)

En la figura N° 113, (No conformidades presentadas en cada semana desde el inicio del proyecto Jana), se demuestra cómo se iban presentando la cantidad de no conformidades cada semana en el transcurso de la ejecución del proyecto Jana, desde el inicio hasta la semana 15 tal y como se muestra.

Desde la aparición de la octava no conformidad descrita en la figura anterior tanto el gerente como los demás entes involucrados, cambiaron de opinión y decidieron poner en marcha la aplicación de la metodología BIM.

Dando paso al inicio de la aplicación de la metodología BIM en este proyecto, en adelante indicaremos como se reduce el porcentaje de no conformidades.

Tabla 7

*Durante la aplicación de la metodología BIM.*

No Conformidad	Corrección	Acción Correctiva	Costo de Corrección
Aplicación incorrecta de yeso proyectado como acabado en departamento piloto, ubicado en el 2do piso entre los ejes 2-3 / B-D.	Se procedió a retirar las zonas con hongos en paredes y techos, afectando el tiempo de entrega y generando mucha pérdida económica a la empresa.	Se evaluó las causas del problema, y el principal factor es la presencia del alto contenido de humedad en la ciudad de Lima, no obstante, la empresa decidió continuar desarrollando sus acabados con tarrajeo tradicional.	4000.00 soles

Cangrejeras en columnas C-4 y C5, ubicadas en el tercer piso entre los ejes 6 / B-C.

Se procedió a picar, retirando la zona segregada para posterior a ello aplicar aditivos correspondientes y volver a encofrar si así lo amerita.

Al evaluar las causas, se determinó que una de las vibradoras se encontraba en mal estado y el concreto no era muy trabajable, 2000.00 soles se cambió dicha vibradora y se hizo el reclamo respectivo a la concretera.

Métodos inadecuados en el vaciado de concreto sobrepasándose la altura deseada en las columnas C-2 y C-3 del cuarto piso comprendidas en el eje 5 / B - C y las placas p6, p7 en el eje D / 4 -7.

De manera inmediata después del desencofrado se picó la altura excedente del concreto, hasta llegar al nivel deseado.

evaluando las causas, se decidió cambiar al personal a cargo del control de vaciado, reemplazándolo con un personal más experto, de igual manera se removió todo el grupo de vaciado para evitar que esto vuelva a ocurrir.

---

<p>Alineamiento incorrectos y desplome de 1cm en contra en las placas p6' y p7' ubicadas en el eje A / 4-7 del octavo piso.</p>	<p>Se iniciaron trabajos de picado en un área afectada de 6m2, corrigiendo el alineamiento y desplome de dichas placas, utilizando materiales adecuados para la adherencia.</p>	<p>Se verificó las causas que ocasionaron esta no conformidad, se capacitó más a los encargados del área de control de calidad, encofradores y grupo de vaciado de concreto, evitando que esto vuelva a generar retrabajos.</p> <p>1500.00 soles</p>
<p>Colocación de acero corrugado incorrecto en placa PL-3, ubicado en el eje 4 / B - C Noveno piso.</p>	<p>Cómo la placa ya se encontraba enmallada en su totalidad, se procedió a desarmar y cambiar los aceros a las dimensiones estipuladas en los planos de estructuras.</p>	<p>La causa fue porque el encargado de dicha área no asistió a laborar, y los sub - encargados que le siguen mal interpretaron la información, generando retrabajos y pérdida de materiales.</p> <p>1000.00 soles</p>

Después de obtener la aprobación de la aplicación de la metodología BIM, ésta se pone en marcha y se iba adecuando de acuerdo con el desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta que este ya estaba en plena ejecución, si bien es cierto en ningún proceso encaminado se logra obtener un cambio radical, sin embargo, con el pasar de los días se logra reducir el porcentaje de no conformidades significativamente.

Para ello presentamos la tabla N°3 donde se detalla las no conformidades encontradas desde el momento de la aprobación para aplicar la metodología BIM, el cómo se corrigieron y sobre todo como es que se aplica la acción correctiva para evitar que ya no vuelva a ocurrir.

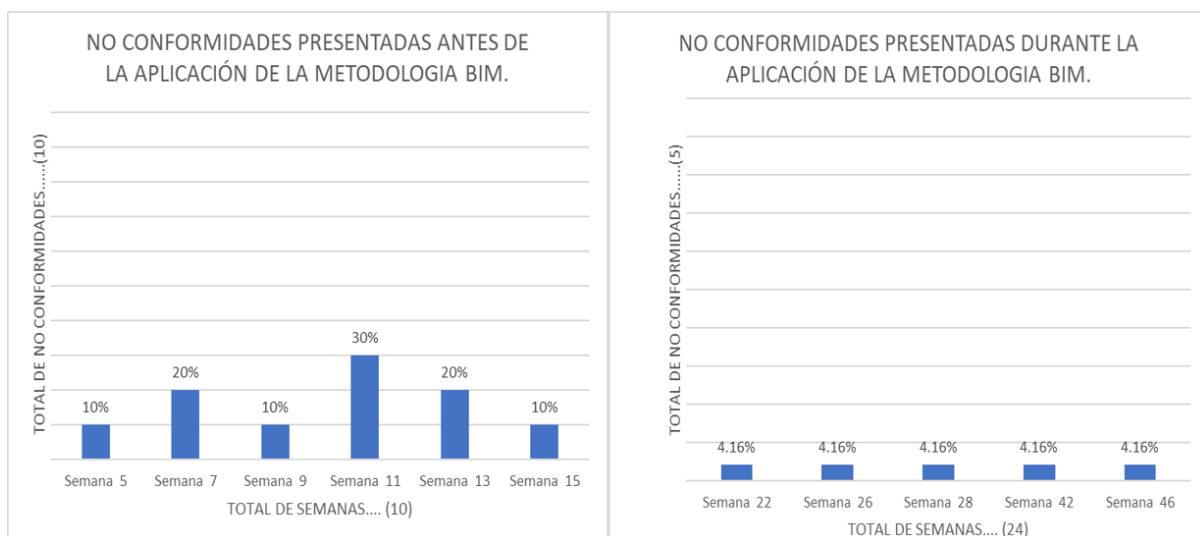


Figura 114. Porcentaje de no conformidades durante la aplicación de la metodología BIM proyecto Jana.  
Fuente: (Elaboración Propia, 2021)

En la figura N° 114 (Porcentaje de no conformidades durante la aplicación de la metodología BIM proyecto Jana), se aprecia la diferencia de porcentajes de no conformidades de acuerdo de cómo se iban presentando en la ejecución del proyecto en cada una de las etapas.

Para ello el cuadro de la izquierda de no conformidades antes de la aplicación de la metodología BIM, hace referencia a la cantidad de no conformidades presentadas en cada semana desde el inicio del proyecto hasta antes de contar la aplicación de dicha metodología.

Y en el cuadro de la derecha podemos apreciar cómo se reduce significativamente el porcentaje de no conformidades presentadas desde el inicio de la semana 22 hasta el final de la etapa estructural, etapa en la que se recibió la aprobación para la aplicación de la metodología BIM.



## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

Como se pudo evidenciar en el capítulo anterior, los proyectos de la empresa MINCOPER han sido ejecutados de manera tradicional, esto quiere decir que se han utilizado metodologías basadas en los planos 2D para la detección de incompatibilidades, estimación de los metrados, estimación del cronograma inicial y realización del presupuesto inicial, sin embargo esta forma de gestionar los proyectos no ha sido suficientemente efectiva, ya que en el proyecto Jana se evidenciaron deficiencias que pudieron ser detectadas a tiempo si es que se hubiese aplicado la metodología BIM desde sus inicios y controlado el proyecto de una mejor manera. Esta tardía reacción en la aplicación del BIM en el proyecto multifamiliar Jana produjo múltiples impactos, tanto en el cronograma de obra como en el presupuesto inicial, sumado a ello existen factores externos como las restricciones por la pandemia del COVID 19, y la inestabilidad económica que repercute directamente en el alza de los precios y en la inestabilidad del dólar. Estos factores externos no los podemos controlar, pero mediante la aplicación del BIM se pudo optimizar los flujos de trabajo, generar trenes de actividades más eficientes y productivas, también se pudo controlar de mejor manera las interferencias del proyecto, detectándolas a tiempo permitiendo la toma anticipada de decisiones y optimizando los metrados de obra.

A continuación se presentan los resultados de los objetivos específicos planteados para el presente trabajo de suficiencia profesional.

## 4.1. Análisis de los resultados

### 4.1.1 Reducción de interferencias mediante el BIM

La aplicación de la metodología BIM permitió el empleo de herramientas tecnológicas como el uso del programa Revit 2022 con el cual se realizó el modelado de las especialidades de estructuras, arquitectura, IIEE, IISS, ACI, IIMM, lo que dio como resultado al modelo federado del edificio multifamiliar Jana. De esta forma se pudo interactuar entre los modelos detectando de manera oportuna y eficiente las interferencias que se presentaban entre las distintas especialidades, estas interferencias fueron registradas en el nuevo formato o LOG de RFI's, para ser remitidas a los especialistas correspondientes y darles un adecuado seguimiento hasta su respuesta con la solución presentada.

Antes de la aplicación del BIM en el proyecto Jana no se llevó un adecuado registro de incompatibilidades, ya que no se contaba con un LOG de RFI's, solo se llenaba un formato simple en MS-Excel a manera de registro de incidencias, el cual no ha permitido una correcta cuantificación de las interferencias.

Desde la aplicación del BIM en el proyecto Jana se detectaron un total de 132 interferencias, las cuales fueron resueltas oportunamente aplicando un criterio de valoración basado en las tolerancias expresadas en centímetros y su impacto en los procesos constructivos, tal como se muestra en la figura 84 (Valoración de interferencias), esta acción tuvo como fin el de resolver las incompatibilidades catalogadas como leves en obra, las catalogadas como moderadas dependiendo el impacto con otra especialidad se pueden resolver en obra como también se pueden enviar al especialista, y las altas son todas aquellas que deben ser resueltas por el especialista, ya que involucran factores más complejos como diseño o funcionalidad.

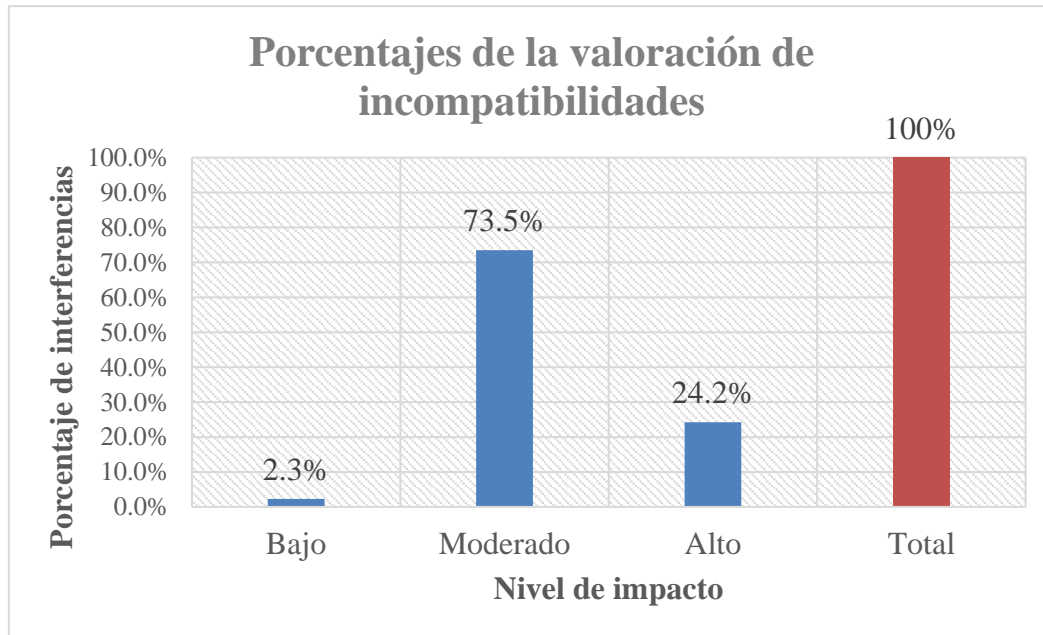


Figura 115. Porcentajes en la valoración de interferencias.

Fuente: (Elaboración Propia, 2021)

El gráfico nos muestra los porcentajes en la valoración de interferencias, el 2.3% corresponde al nivel leve es decir que fueron resueltas en obra sin mayor complicación, sin embargo el 73.5% de las interferencias corresponde al nivel moderado, lo que indica que tienen un mayor grado de impacto en los procesos constructivos y es necesario evaluar su repercusión sobre las demás especialidades comprometidas, de esta manera se determina si es que se puede resolver en obra o es necesario enviarlas a los especialistas, el 24.2% de las interferencias corresponden al nivel alto, lo que significa que deben de ser tratadas por los especialistas.

En la figura 116 (Histograma general de interferencias entre especialidades), nos muestra cómo es que las interferencias venían dándose de manera desmedida hasta la semana 16, la línea punteada nos indica el comienzo de la aplicación del BIM para la detección de interferencias, que se dio a inicios de la semana 17 arrojando los primeros reportes y como es que fueron reduciéndose en el transcurso de las semanas 17, 18, 19 y 20.

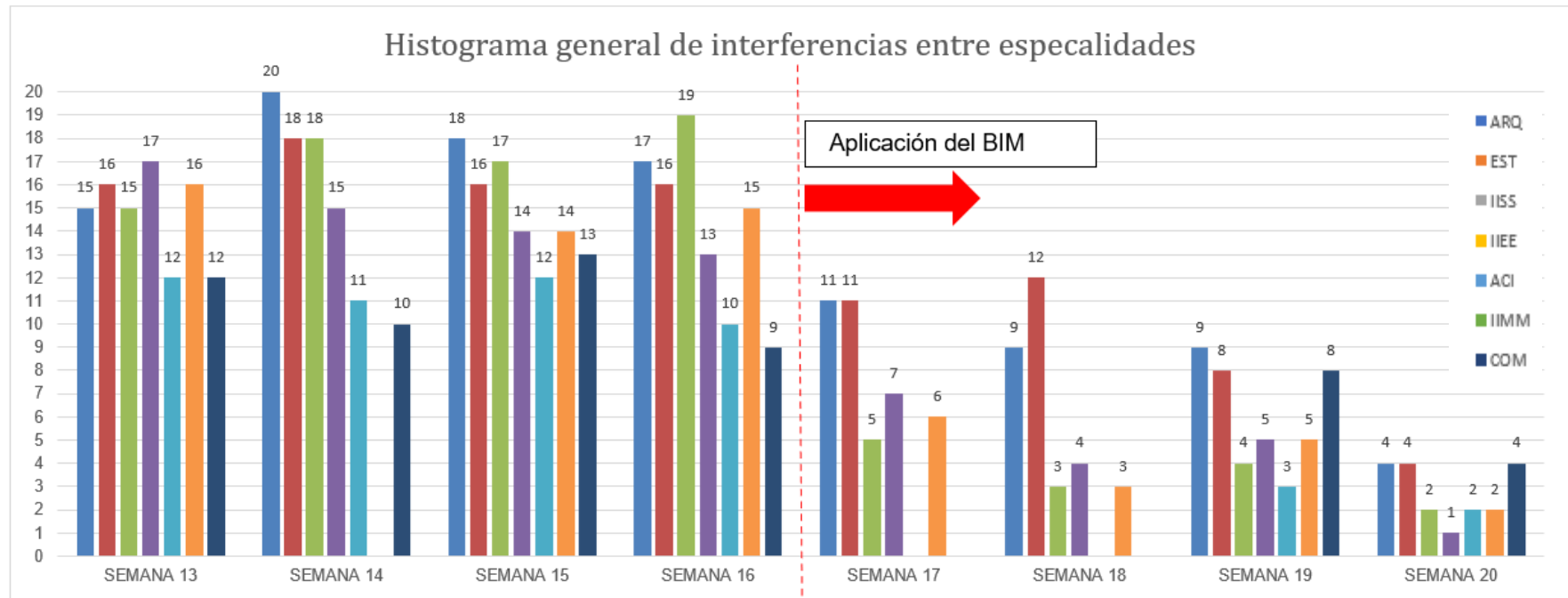


Figura 116. Histograma general de interferencias entre especialidades.

Fuente: (Elaboración Propia, 2021)

#### **4.1.2 Optimización de metrados mediante el BIM**

En el desarrollo del objetivo específico2 referente a la optimización de los metrados del edificio multifamiliar Jana, se detalló como es que se realizaron los metrados en el proyecto, al comienzo fueron hechos de manera tradicional, y una vez aprobada la aplicación del BIM se generó el modelo de estructuras del proyecto con el cual se obtuvieron las cantidades de material más incidentes en el presupuesto de obra, tales como concreto, encofrado y acero de refuerzo.

Los reportes de cantidad de material se obtuvieron del modelado de estructuras mediante la utilización del software Revit 2022, y se generó una carpeta para almacenarlos y posteriormente poder trabajarlos mediante un archivo hecho en MS- Excel, ya que este programa nos permite generar filtros de los elementos por categoría o tipo, para luego filtrarlos una vez más y separarlos por material o cualquier característica especial que posea y sea necesario contar con su metrado, finalmente se agrupa la información mediante el uso de tablas dinámicas desde donde podemos enlazar los datos que necesitamos hacia el archivo que requiera de dicha información.

Habiendo procesado la información de los metrados del modo tradicional vs. Los metrados BIM, presentamos los siguientes resultados:

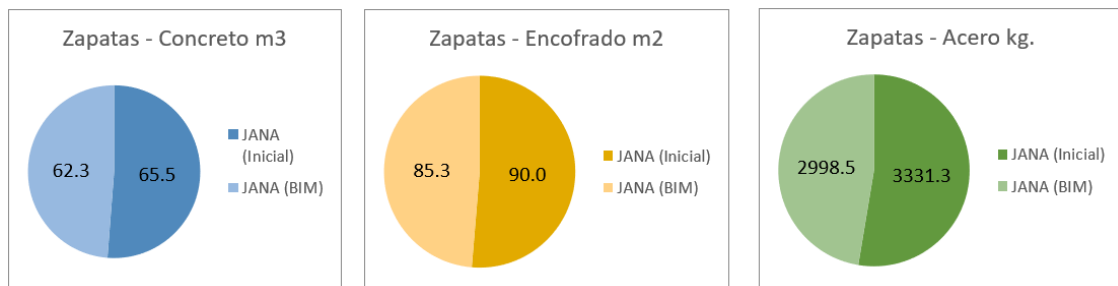


Figura 117. Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en zapatas.

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

- Comparativo en Zapatas: En el metrado de concreto inicial contamos con una cantidad de 65.5 m<sup>3</sup>, en encofrado 90.0 m<sup>2</sup> y en acero 3331.3 kg. Mientras que en el metrado BIM contamos con un metrado de concreto de 62.3 m<sup>3</sup>, encofrado 85.3 m<sup>2</sup> y acero 2998.5 kg. Como podemos ver en el BIM las cantidades se han reducido debido a la optimización mediante el modelado.

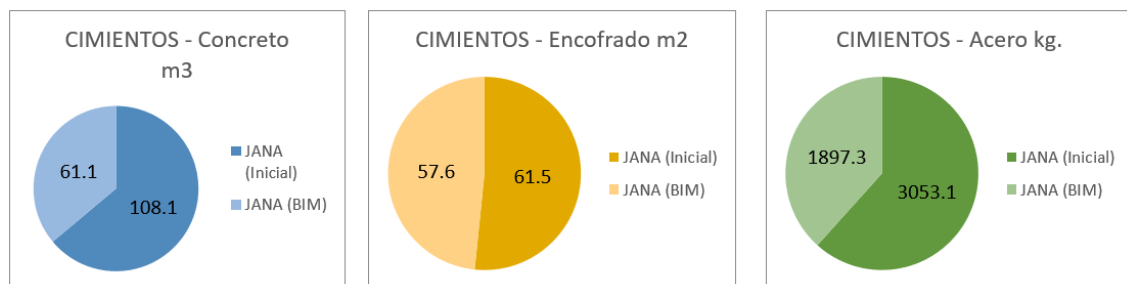


Figura 118. Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en cimientos.

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

- Comparativo en cimientos corridos: En el metrado de concreto inicial contamos con una cantidad de 108.1 m<sup>3</sup>, en encofrado 61.5 m<sup>2</sup> y en acero 3053.1 kg. Mientras que en el metrado BIM contamos con un metrado de concreto de 61.1 m<sup>3</sup>, encofrado 57.6 m<sup>2</sup> y acero 1897.3 kg. Como podemos ver en el BIM las cantidades se han reducido debido a la optimización mediante el modelado.

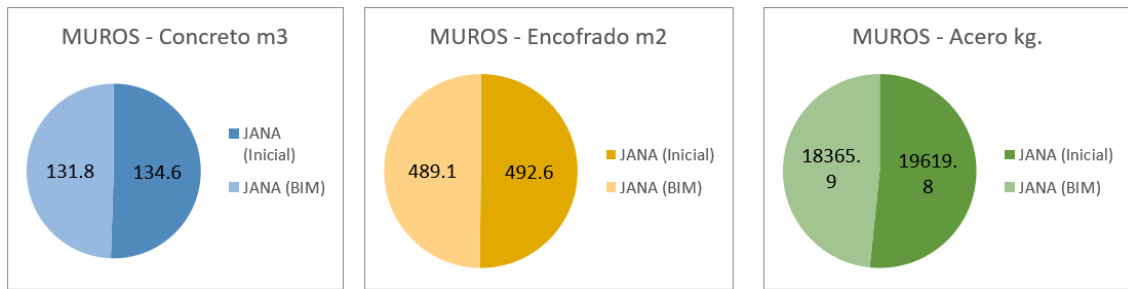


Figura 119. Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en muros.

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

- Comparativo en muros: En el metrado de concreto inicial contamos con una cantidad de 134.6 m<sup>3</sup>, en encofrado 492.6 m<sup>2</sup> y en acero 19619.8 kg. Mientras que en el metrado BIM contamos con un metrado de concreto de 131.8 m<sup>3</sup>, encofrado 489.1 m<sup>2</sup> y acero 18365.9kg. Como podemos ver en el BIM las cantidades se han reducido debido a la optimización mediante el modelado.

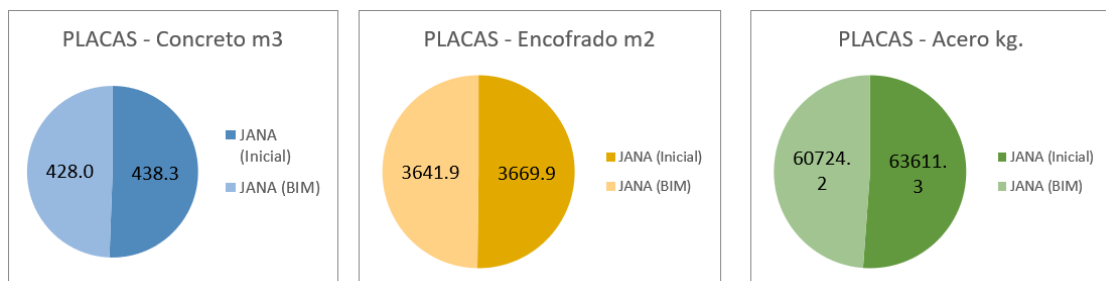


Figura 120. Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en placas.

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

- Comparativo en placas: En el metrado de concreto inicial contamos con una cantidad de 438.3 m<sup>3</sup>, en encofrado 3669.9 m<sup>2</sup> y en acero 63611.3 kg. Mientras que en el metrado BIM contamos con un metrado de concreto de 428.0 m<sup>3</sup>, encofrado 3641.9 m<sup>2</sup> y acero 60724.2 kg. Como podemos ver en el BIM las cantidades se han reducido debido a la optimización mediante el modelado.

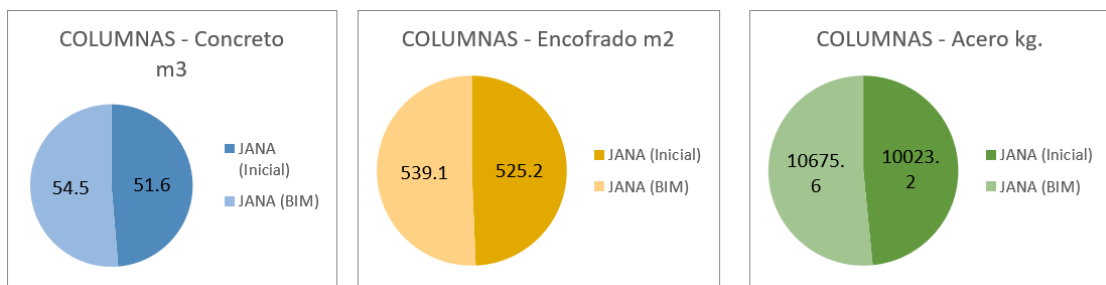


Figura 121. Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en columnas.

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

- Comparativo en columnas: En el metrado de concreto inicial contamos con una cantidad de 51.6 m3, en encofrado 525.2 m2 y en acero 10023.2 kg. Mientras que en el metrado BIM contamos con un metrado de concreto de 54.5 m3, encofrado 539.1 m2 y acero 10675.6 kg. Como podemos ver en este caso en particular las cantidades BIM han aumentado debido a la optimización mediante el modelado.

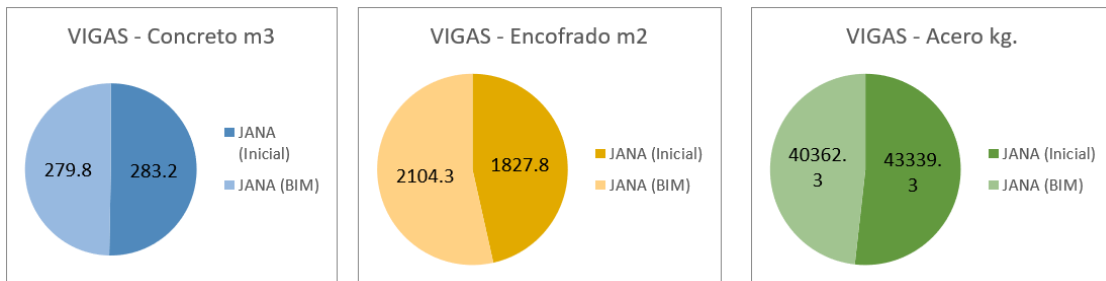


Figura 122. Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en vigas.

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

- Comparativo en vigas: En el metrado de concreto inicial contamos con una cantidad de 283.2 m3, en encofrado 1827.8 m2 y en acero 43339.3 kg. Mientras que en el metrado BIM contamos con un metrado de concreto de 279.8 m3, encofrado 2104.3 m2 y acero 40362.3 kg. Como podemos ver en el BIM las cantidades se han reducido debido a la optimización mediante el modelado.



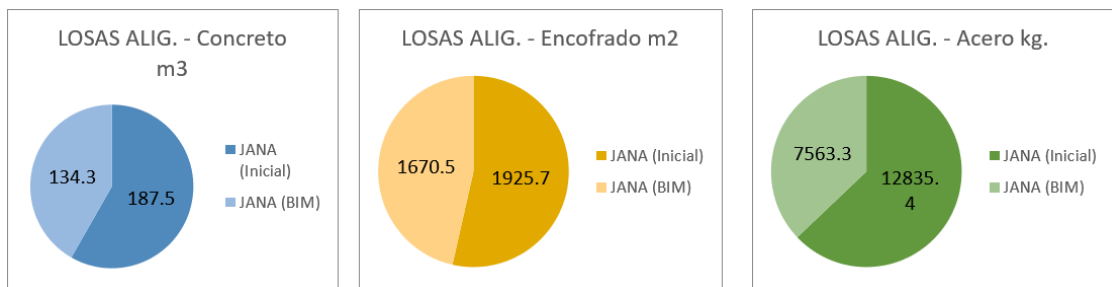


Figura 123. Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en losas aligeradas.

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

- Comparativo en losas aligeradas: En el metrado de concreto inicial contamos con una cantidad de 187.5 m<sup>3</sup>, en encofrado 1925.7 m<sup>2</sup> y en acero 12835.4 kg. Mientras que en el metrado BIM contamos con un metrado de concreto de 134.3 m<sup>3</sup>, encofrado 1670.5 m<sup>2</sup> y acero 7563.3 kg. Como podemos ver en el BIM las cantidades se han reducido debido a la optimización mediante el modelado.

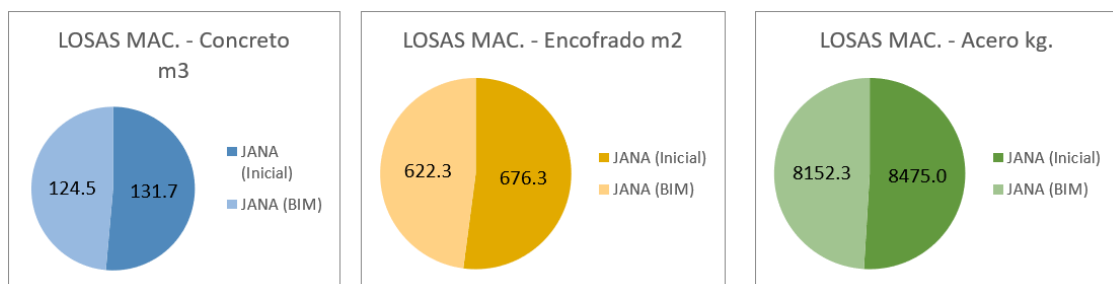


Figura 124. Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en losas macizas.

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

- Comparativo en losas macizas: En el metrado de concreto inicial contamos con una cantidad de 131.7 m<sup>3</sup>, en encofrado 676.3 m<sup>2</sup> y en acero 8475.0 kg. Mientras que en el metrado BIM contamos con un metrado de concreto de 124.5 m<sup>3</sup>, encofrado 622.3 m<sup>2</sup> y acero 8152.3 kg. Como podemos ver en el BIM las cantidades se han reducido debido a la optimización mediante el modelado.

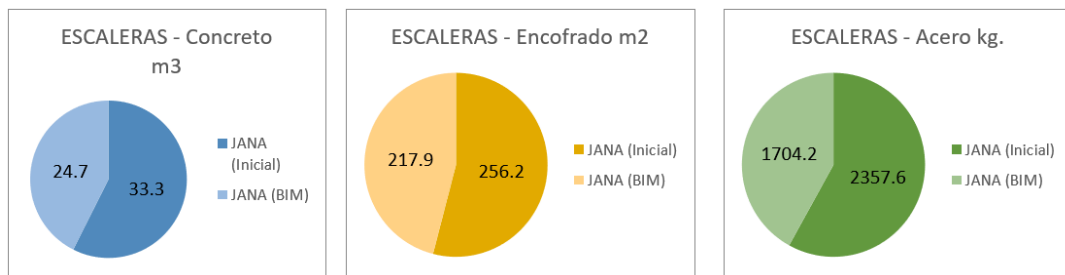


Figura 125. Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en escaleras.

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

- Comparativo en escaleras: En el metrado de concreto inicial contamos con una cantidad de 33.3 m<sup>3</sup>, en encofrado 256.2 m<sup>2</sup> y en acero 2357.6 kg. Mientras que en el metrado BIM contamos con un metrado de concreto de 24.7 m<sup>3</sup>, encofrado 217.9 m<sup>2</sup> y acero 1704.2 kg. Como podemos ver en el BIM las cantidades se han reducido debido a la optimización mediante el modelado.

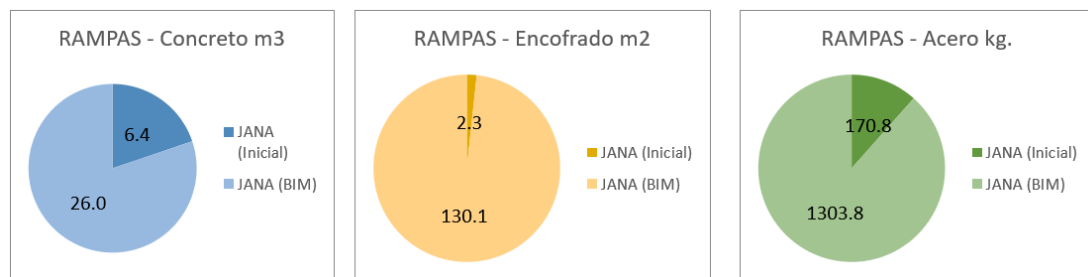


Figura 126. Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en rampas.

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

- Comparativo en rampas: En el metrado de concreto inicial contamos con una cantidad de 6.4 m<sup>3</sup>, en encofrado 2.3 m<sup>2</sup> y en acero 170.8 kg. Mientras que en el metrado BIM contamos con un metrado de concreto de 26.0 m<sup>3</sup>, encofrado 130.1 m<sup>2</sup> y acero 1303.8 kg. En este caso los metrados iniciales están muy por debajo de cantidades extraídas del modelo, debido a una mala agrupación de datos.

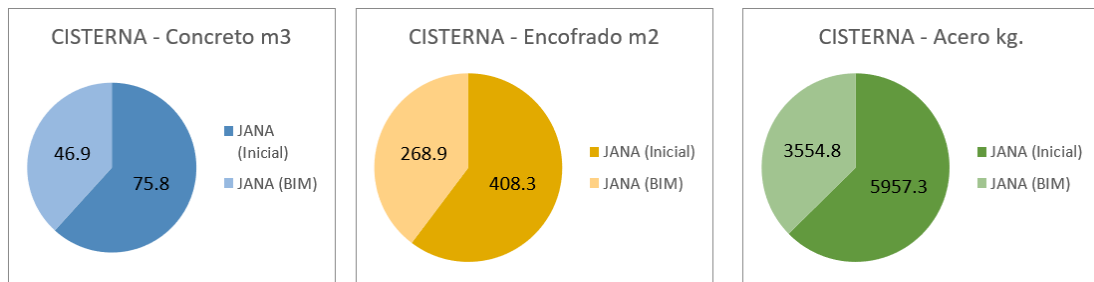


Figura 127. Comparativa de metrados modo tradicional vs. BIM en cisterna.

Fuente: (Elaboración Propia, 2022)

- Comparativo en cisternas: En el metrado de concreto inicial contamos con una cantidad de 75.8 m<sup>3</sup>, en encofrado 408.3 m<sup>2</sup> y en acero 5957.3 kg. Mientras que en el metrado BIM contamos con un metrado de concreto de 46.9 m<sup>3</sup>, encofrado 268.9 m<sup>2</sup> y acero 3554.8 kg. Como podemos ver en el BIM las cantidades se han reducido debido a la optimización mediante el modelado.

El 81.82% de las actividades presentaron metrados con tendencia a la baja cuando se aplicó la metodología BIM, esto debido a que mediante el modelado se puede interpretar mejor los detalles más complejos del proyecto en comparación a la forma tradicional en la que se emplea planos de planta, cortes y detalles y la interpretación que se les dé, dependerá del grado de experiencia y destreza del metradista.

Mientras que el 18.18 % de las actividades reflejaron un incremento en las cantidades, principalmente en columnas y rampas (como se observa en la figura 127), ello debido a factores como la mala agrupación de datos en el metrado inicial, esto ha generado una distorsión ya que las cantidades que faltan en estas partidas fueron consideradas dentro de otras, lo cual impacta negativamente en el presupuesto inicial de obra.

Las consecuencias del error humano siempre estarán presentes durante el desarrollo de un proyecto, pero al aplicar el BIM podemos disponer de modelos 3D, que nos permitan visualizar el edificio y todos sus componentes, detectando oportunamente los posibles errores.

#### **4.1.3 Reducción de costos por metrado mediante el BIM**

En el desarrollo del objetivo específico N° 3 se detalló el procedimiento para la estimación del acero de refuerzo mediante la aplicación del BIM en el proyecto multifamiliar Jana, ya que al dividir los metrados iniciales de acero entre los metros cúbicos de concreto obtuvimos ratios de control, los cuales presentaban valores muy dispersos, lo que conllevó a reformular los metrados pero esta vez mediante la aplicación del BIM, también se explicó cómo se dio este procedimiento, ya que no fue necesario modelar el acero de todo el proyecto, sino que se realizó una selección de elementos representativos de cada tipo para el modelamiento del acero, de esta forma se obtuvieron ratios de esos elementos y finalmente estos ratios fueron extrapolados para la estimación total del acero de refuerzo del proyecto.

Con los resultados obtenidos de los reportes de metrados generados mediante la aplicación del BIM procedimos a enlazarlos en el presupuesto inicial, cada una de estas cantidades fue multiplicada por el precio unitario correspondiente, obteniendo como resultado un nuevo costo parcial, y con la sumatoria de ellos un nuevo costo directo.

Es decir, para poder determinar el costo de cada actividad es necesario realizar el análisis de precios unitarios (APU), de esta forma podemos detallar el valor de cada una de las actividades desglosando la mano de obra, los materiales y los equipos e insumos, al resultado de la multiplicación de los metrados y los precios unitarios lo llamaremos

parcial, y la sumatoria de todos los parciales nos dará como resultado el costo directo de obra. A continuación se presenta el presupuesto de estructuras inicial del proyecto multifamiliar Jana.

Tabla 8

*Presupuesto inicial de estructuras*

<b>PRESUPUESTO - INICIAL</b>					
Proyecto: Ejecuta: Lugar	<b>PRESUPUESTO DE OBRA "BARRIO MEDICO - SURQUILLO" MINEROS CONTRATISTAS DEL PERÚ S.A.C. LIMA - LIMA - SURQUILLO</b>				
Item	Descripción	UND.	Cantidad	PU (S/.)	P. Parcial
<b>01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES PROVISIONALES Y DE SOPORTE</b>				<b>376,388.77</b>
<b>02</b>	<b>SEGURIDAD CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>				<b>86,458.917</b>
<b>03</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS Y ESTABILIZACION</b>				<b>209,197.213</b>
<b>04</b>	<b>CONCRETO SIMPLE</b>				<b>28,087.162</b>
04.01	CONCRETO PARA SUB-ZAPATA f'c=100 kg/cm2	m3	75.50	191.80	14,480.65
04.02	ENCOFRADO SUB-ZAPATA	m2	25.47	35.13	894.84
04.03	SOLADOS	m2	283.57	20.50	5,813.19
04.04	CONCRETO FALSO PISO FROTACHADO f'c=175 kg/cm2	m2	256.12	26.93	6,898.49
<b>05</b>	<b>CONCRETO ARMADO</b>				<b>1,757,199.232</b>
05.01	LOSA SOTANO				-
05.01.01	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1,275.57	3.60	4,592.05
05.03	ZAPATAS				-
05.02.01	CONCRETO ZAPATAS, f'c=210 kg/cm2	m3	65.48	285.00	18,661.80
05.02.01	ENCOFRADO ZAPATAS	m2	100.97	39.00	3,937.83
05.02.02	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	3,331.28	3.60	11,992.61
05.03	CIMIENTO ARMADO Y VIGA DE CIMENTACION				-
05.02.01	CONCRETO DE CIMENTACION, f'c=210 kg/cm2	m3	108.13	285.00	30,817.05
05.02.01	ENCOFRADO CIMENTACION	m2	61.47	39.00	2,397.33
05.02.02	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	3,053.12	3.60	10,991.23
05.10	CISTERNA				-
05.10.01	CONCRETO PARA CISTERNA, f'c=210 kg/cm2	m3	79.54	290.00	23,066.60

05.10.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO METALICO EN CISTERNA	m2	388.85	45.00	17,498.25
05.10.03	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	6,255.14	3.60	22,518.50
05.04	MUROS CONCRETO (ANCLAJE)	-	-	-	-
05.03.01	CONCRETO PARA MURO DE CONTENCIÓN, f'c=210 kg/cm2 *	m3	150.14	290.00	43,540.60
05.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO METALICO M.C. (UNA CARA)	m2	510.20	45.00	22,959.00
05.03.03	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	20,620.82	3.60	74,234.95
05.05	PLACAS	-	-	-	-
05.05.01	CONCRETO PARA PLACAS, f'c=210 kg/cm2	m3	460.21	290.00	133,460.90
05.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO METALICO EN PLACAS (DOS CARAS)	m2	4,495.13	45.00	202,280.85
05.05.03	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	63,611.30	3.60	229,000.68
05.06	COLUMNAS	-	-	-	-
05.06.01	CONCRETO PARA COLUMNAS, f'c=210 kg/cm2	m3	54.22	290.00	15,723.80
05.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN COLUMNAS (DOS CARAS)	m2	500.21	45.00	22,509.45
05.06.03	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	11,524.39	3.60	41,487.80
05.07	VIGAS	-	-	-	-
05.07.01	CONCRETO PARA VIGAS, f'c=210 kg/cm2	m3	383.22	290.00	111,133.80
05.07.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS	m2	2,827.80	42.00	118,767.60
05.07.03	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	46,339.32	3.60	166,821.55
05.08	LOSA ALIGERADA h=0.20	-	-	-	-
05.08.01	CONCRETO PARA LOSA ALIGERADA, f'c=210 kg/cm2	m3	187.50	290.00	54,375.00
05.08.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN LOSA ALIGERADA	m2	1,925.73	38.00	73,177.74
05.08.03	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	13,835.42	3.60	49,807.51
05.08.04	LADRILLO HUECO DE ARCILLA, h=20 cm TECHO ALIGERADO	u	16,850.22	4.55	76,587.81
05.09	LOSA MACIZA, H = 0.20 M	-	-	-	-
05.09.01	CONCRETO PARA LOSA MACIZA, f'c=210 kg/cm2	m3	168.29	290.00	48,804.10
05.09.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO METALICO EN LOSA MACIZA	m2	844.10	38.00	32,075.80
05.09.03	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	11,898.73	3.60	42,835.43
05.11	ESCALERAS	-	-	-	-
05.11.01	CONCRETO PARA ESCALERAS, f'c=210 kg/cm2	m3	35.27	290.00	10,228.30
05.11.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESCALERAS	m2	274.04	45.00	12,331.80
05.11.03	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	3,475.46	3.60	12,511.66
05.12	RAMPAS	-	-	-	-
05.12.01	CONCRETO PARA RAMPA, f'c=210 kg/cm2	m3	6.43	290.00	1,864.70
05.12.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO RAMPA RELLENO	m2	2.25	38.00	85.50
05.12.02	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	170.76	3.60	614.74
05.13	VARIOS	-	-	-	-
05.13.01	CURADO DE CONCRETO SUPERFICIAL	m2	7,236.24	1.05	7,598.05

05.13.02	CONTROL DE PRUEBAS DE CONCRETO	glb	1.00	2,500.00	2,500.00
05.13.03	COLOCACION TECKNOPORT PARA JUNTAS Y BRUÑAS EN RAMPA	m2	681.37	5.00	3,406.85
<b>SUBTOTAL COSTO DIRECTO (S/.)</b>					<b>1,994,483.61</b>

Fuente: MINCOPER (MINCOPER, 2021)

Como podemos ver, el presupuesto inicial de estructuras del proyecto multifamiliar Jana tiene un costo directo de S/ 1' 994, 483.61, cuyo valor porcentual representa el 37.18% respecto al presupuesto general, como se muestra en la figura xxx Resumen general del presupuesto del proyecto Jana.

PRESUPUESTO MULTIFAMILIAR JANA			
ITEM	DESCRIPCION		TOTALES S/.
I	OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	7.02%	376,388.77
II	SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE	1.61%	86,458.92
III	ESTRUCTURAS	37.18%	1,994,483.61
IV	ARQUITECTURA	32.31%	1,733,138.17
V	INSTALACIONES ELECTRICAS	5.88%	315,308.35
VI	INSTALACIONES SANITARIAS	3.53%	189,363.15
VII	INSTALACIONES SCI	3.69%	198,123.06
VIII	INSTALACIONES MECANICAS	6.51%	349,291.21
IX	OBRAS COMPLEMENTARIAS	2.28%	122,096.91
<b>COSTO DIRECTO</b>			<b>5,364,652.14</b>
<b>GASTOS GENERALES</b>		12.259%	657,633.04
<b>UTILIDAD</b>			
<b>TOTAL</b>			<b>6,022,285.18</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO S/IGV</b>			<b>6,022,285.18</b>
		IGV	18.00%
			<b>1,084,011.33</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO SUMA ALZADA</b>			<b>7,106,296.51</b>

Figura 128. Presupuesto inicial del proyecto Jana  
Fuente: MINCOPER (MINCOPER, 2021)

De acuerdo con la aplicación del BIM en el proyecto multifamiliar Jana, se pudo extraer los reportes de metrados del modelo de estructuras, esta información fue procesada mediante una hoja de Ms-Excel que nos permitió realizar agrupaciones y filtros en la información, en el caso del acero de refuerzo el primer paso fue la obtención de ratios

dividiendo el metrado de acero de cada elemento entre el metrado de concreto de concreto de cada elemento, con este resultado denominado ratio (kg / m<sup>3</sup>) se procedió a multiplicarlo por las cantidades totales de cada elemento y así obtener la estimación total del acero de refuerzo del proyecto. Finalmente con estas nuevas cantidades obtenidas se procedió a enlazarlas en el presupuesto inicial, estos metrados se multiplicaron por el precio unitario y dieron como resultado un nuevo costo parcial de cada actividad.

Tabla 9

*Presupuesto BIM de estructuras*

PRESUPUESTO - BIM					
Proyecto: Ejecuta: Lugar	PRESUPUESTO DE OBRA "BARRIO MEDICO - SURQUILLO" MINEROS CONTRATISTAS DEL PERÚ S.A.C. LIMA - LIMA - SURQUILLO				
Item	Descripción	UND.	Cantidad	PU (\$/.)	P. Parcial
<b>01</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES PROVISIONALES Y DE SOPORTE</b>				<b>376,388.77</b>
<b>02</b>	<b>SEGURIDAD CALIDAD Y MEDIO AMBIENTE</b>				<b>86,458.917</b>
<b>03</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS Y ESTABILIZACION</b>				<b>209,197.213</b>
<b>04</b>	<b>CONCRETO SIMPLE</b>				<b>28,087.162</b>
04.01	CONCRETO PARA SUB-ZAPATA f'c=100 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	75.50	191.80	14,480.65
04.02	ENCOFRADO SUB-ZAPATA	m <sup>2</sup>	25.47	35.13	894.84
04.03	SOLIDOS	m <sup>2</sup>	283.57	20.50	5,813.19
04.04	CONCRETO FALSO PISO FROTACHADO f'c=175 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	256.12	26.93	6,898.49
<b>05</b>	<b>CONCRETO ARMADO</b>				<b>1,479,237.262</b>
05.01	LOSA SOTANO				-
05.01.01	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	1,275.57	3.60	4,592.05
05.03	ZAPATAS				-
05.02.01	CONCRETO ZAPATAS, f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	62.32	285.00	17,760.46
05.02.01	ENCOFRADO ZAPATAS	m <sup>2</sup>	85.32	39.00	3,327.48
05.02.02	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	2,998.46	3.60	10,794.46
05.03	CIMIENTO ARMADO Y VIGA DE CIMENTACION				-
05.02.01	CONCRETO DE CIMENTACION, f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	61.07	285.00	17,405.06
05.02.01	ENCOFRADO CIMENTACION	m <sup>2</sup>	57.60	39.00	2,246.40



05.02.02	ACERO CORRUGADO $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	1,897.25	3.60	6,830.10
05.10	CISTERNA				-
05.10.01	CONCRETO PARA CISTERNA, $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	46.90	290.00	13,600.13
05.10.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO METALICO EN CISTERNA	m <sup>2</sup>	268.90	45.00	12,100.59
05.10.03	ACERO CORRUGADO $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	3,554.77	3.60	12,797.17
05.04	MUROS CONCRETO (ANCLAJE)		-		-
05.03.01	CONCRETO PARA MURO DE CONTENCIÓN, $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> *	m <sup>3</sup>	131.82	290.00	38,226.93
05.03.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO METALICO M.C. (UNA CARA)	m <sup>2</sup>	489.11	45.00	22,009.95
05.03.03	ACERO CORRUGADO $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	18,365.92	3.60	66,117.31
05.05	PLACAS		-		-
05.05.01	CONCRETO PARA PLACAS, $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	427.98	290.00	124,114.95
05.05.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO METALICO EN PLACAS (DOS CARAS)	m <sup>2</sup>	3,641.90	45.00	163,885.50
05.05.03	ACERO CORRUGADO $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	60,724.18	3.60	218,607.05
05.06	COLUMNAS		-		-
05.06.01	CONCRETO PARA COLUMNAS, $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	54.46	290.00	15,792.44
05.06.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN COLUMNAS (DOS CARAS)	m <sup>2</sup>	539.13	45.00	24,260.81
05.06.03	ACERO CORRUGADO $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	10,675.63	3.60	38,432.27
05.07	VIGAS		-		-
05.07.01	CONCRETO PARA VIGAS, $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	279.84	290.00	81,153.63
05.07.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS	m <sup>2</sup>	2,104.26	42.00	88,378.92
05.07.03	ACERO CORRUGADO $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	40,362.27	3.60	145,304.17
05.08	LOSA ALIGERADA $h=0.20$		-		-
05.08.01	CONCRETO PARA LOSA ALIGERADA, $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	134.27	290.00	38,938.05
05.08.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN LOSA ALIGERADA	m <sup>2</sup>	1,670.55	38.00	63,480.89
05.08.03	ACERO CORRUGADO $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	7,563.28	3.60	27,227.81
05.08.04	LADRILLO HUECO DE ARCILLA, $h=20$ cm TECHO ALIGERADO	u	16,782.22	4.55	76,278.74
05.09	LOSA MACIZA, $H = 0.20$ M		-		-
05.09.01	CONCRETO PARA LOSA MACIZA, $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	124.46	290.00	36,093.60
05.09.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO METALICO EN LOSA MACIZA	m <sup>2</sup>	622.30	38.00	23,647.50
05.09.03	ACERO CORRUGADO $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	8,152.34	3.60	29,348.42
05.11	ESCALERAS		-		-
05.11.01	CONCRETO PARA ESCALERAS, $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	24.66	290.00	7,152.10
05.11.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO EN ESCALERAS	m <sup>2</sup>	217.91	45.00	9,806.13
05.11.03	ACERO CORRUGADO $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> GRADO 60	kg	1,704.21	3.60	6,135.16
05.12	RAMPAS		-		-
05.12.01	CONCRETO PARA RAMPA, $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup>	m <sup>3</sup>	26.02	290.00	7,544.41
05.12.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO RAMPA RELLENO	m <sup>2</sup>	130.08	38.00	4,942.90

05.12.02	ACERO CORRUGADO fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	1,303.78	3.60	4,693.59
05.13	VARIOS		-		-
05.13.01	CURADO DE CONCRETO SUPERFICIAL	m2	9,827.06	1.05	10,318.42
05.13.02	CONTROL DE PRUEBAS DE CONCRETO	glb	1.00	2,500.00	2,500.00
05.13.03	COLOCACION TECKNOPORT PARA JUNTAS Y BRUÑAS EN RAMPA	m2	678.34	5.00	3,391.70
<b>SUBTOTAL COSTO DIRECTO (S/.)</b>					<b>1,716,521.64</b>

Fuente: MINCOPER (MINCOPER, 2021)

Como podemos apreciar, al cargar las cantidades extraídas del modelo 3D de estructuras, se generó una disminución en el costo directo cuyo valor calculado es S/ 1'716,521.64, eso quiere decir que existe una diferencia entre el presupuesto inicial menos el presupuesto BIM de S/ 277,961.97, lo que significa que hemos conseguido optimizar los costos del proyecto por concepto de metrados en un 13.94% en el presupuesto de estructuras. De acuerdo con una publicación hecha por “Global Institute of Technology” señala que se genera un ahorro en los costos del proyecto al momento de diseñar, ejecutar y operar un proyecto de construcción, este ahorro puede encontrarse entre un 10% a un 30%, por lo que para el caso del edificio multifamiliar Jana estaría dentro del rango.

A continuación se muestra un resumen del presupuesto general con las cantidades del presupuesto inicial y las cantidades del presupuesto BIM de estructuras.

PRESUPUESTO MULTIFAMILIAR JANA			INICIAL	BIM
ITEM	DESCRIPCION		TOTALES S/.	TOTALES S/.
I	OBRAS PRELIMINARES Y PROVISIONALES	7.02%	376,388.77	376,388.77
II	SEGURIDAD, SALUD Y AMBIENTE	1.61%	86,458.92	86,458.92
III	ESTRUCTURAS	37.18%	1,994,483.61	1,716,521.64
IV	ARQUITECTURA	32.31%	1,733,138.17	1,733,138.17
V	INSTALACIONES ELECTRICAS	5.88%	315,308.35	315,308.35
VI	INSTALACIONES SANITARIAS	3.53%	189,363.15	189,363.15
VII	INSTALACIONES SCI	3.69%	198,123.06	198,123.06
VIII	INSTALACIONES MECANICAS	6.51%	349,291.21	349,291.21
IX	OBRAS COMPLEMENTARIAS	2.28%	122,096.91	122,096.91
<b>COSTO DIRECTO</b>			<b>5,364,652.14</b>	<b>5,086,690.17</b>
<b>GASTOS GENERALES</b>			12.259%	657,633.04
<b>UTILIDAD</b>				
<b>TOTAL</b>			<b>6,022,285.18</b>	<b>5,710,248.87</b>
<b>TOTAL PRESUPUESTO S/IGV</b>			<b>6,022,285.18</b>	<b>5,710,248.87</b>
IGV			18.00%	1,084,011.33
<b>TOTAL PRESUPUESTO SUMA ALZADA</b>			<b>7,106,296.51</b>	<b>6,738,093.67</b>

Figura 129. Presupuesto inicial vs. Presupuesto BIM  
Fuente: MINCOPER (MINCOPER, 2021)

En la figura 129 (Presupuesto inicial vs. Presupuesto BIM), podemos observar las diferencias entre el presupuesto inicial y el presupuesto BIM de estructuras, finalmente podemos apreciar que el presupuesto general de obra se redujo a S/ 6'738,093.67.

#### 4.1.4 Optimización del avance ejecutado.

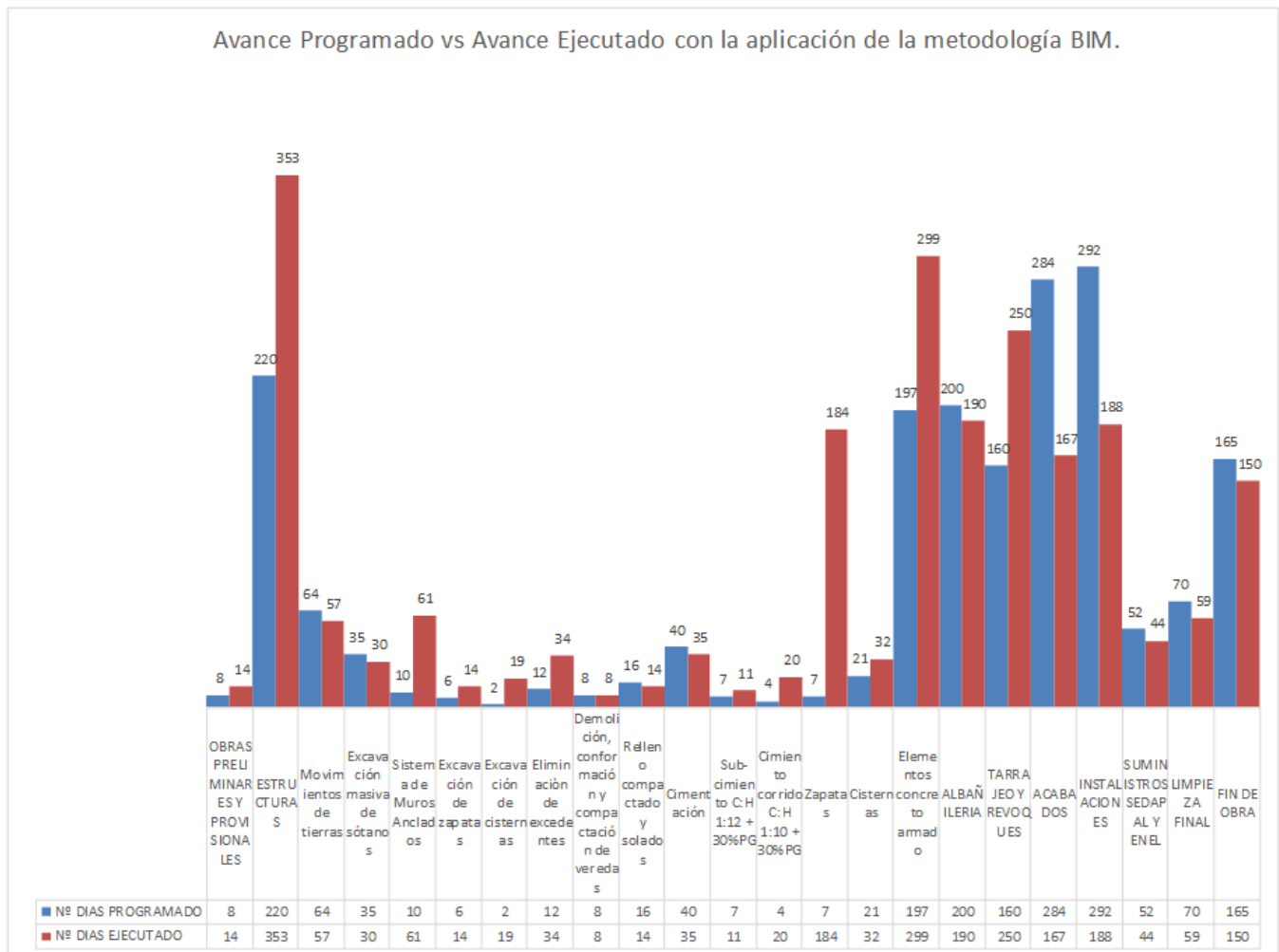


Figura 130. Avance Programado vs Avance Ejecutado aplicando la metodología BIM en el proyecto multifamiliar Jana.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En la figura N°130, se muestra el resultado para este específico, siendo las barras de color azul los días programados en el cronograma inicial y las de color rojo determinan la cantidad de días empleados en el desarrollo de las actividades, mostrando así la optimización de estos avances con el uso de la aplicación de la metodología BIM en el proyecto Jana.

Cabe mencionar en el caso de la partida de Estructuras y elementos de concreto armado descritos en esta figura se desfasan por motivos de paralizaciones de obra por temas

económicos y por factores externos como las restricciones por la pandemia del COVID

19.

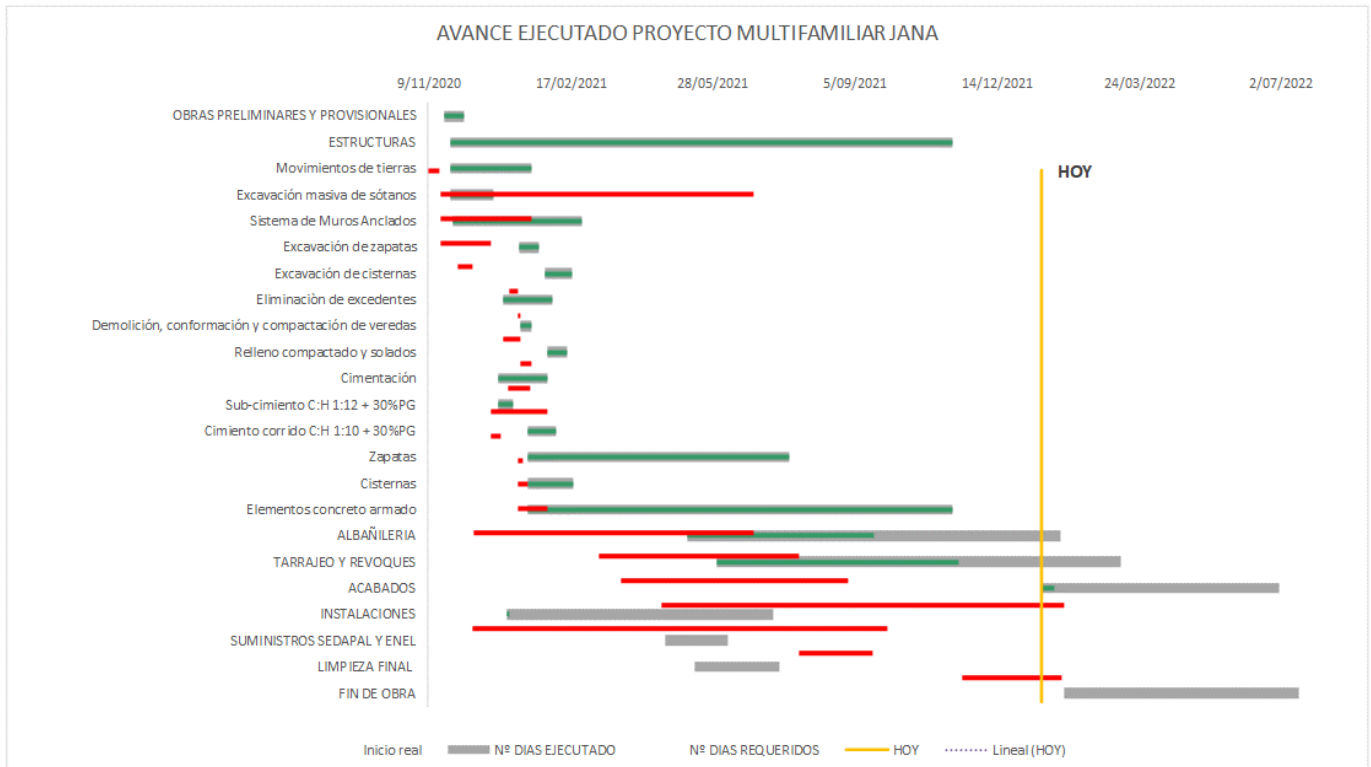


Figura 131. Avance ejecutado aplicando la metodología BIM en el Proyecto Multifamiliar Jana.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En la figura 131, también se muestra cómo se realizó una línea de corte vertical (color mostaza) el día 15 de enero del 2022 para medir el avance ejecutado de cada partida descrita en el cronograma inicial, teniendo como resultado un gran desfase en las fechas de los entregables, gran parte de la problemática de no cumplir con las fechas, es por las paralizaciones ocasionados por temas económicos, por las restricciones de la pandemia del COVID 19 y otro motivo que marcó este suceso es por no haber utilizado la aplicación de la metodología BIM desde el inicio del proyecto.

Asimismo, apoyándonos en la barra apilada de color verde podemos describir como se manifiesta el porcentaje de avance ejecutado de cada actividad, esto se apreciará y se actualizará con datos reales en cada fecha que se decide aplicar dicho corte.

#### 4.1.5 Reducción del porcentaje de no conformidades

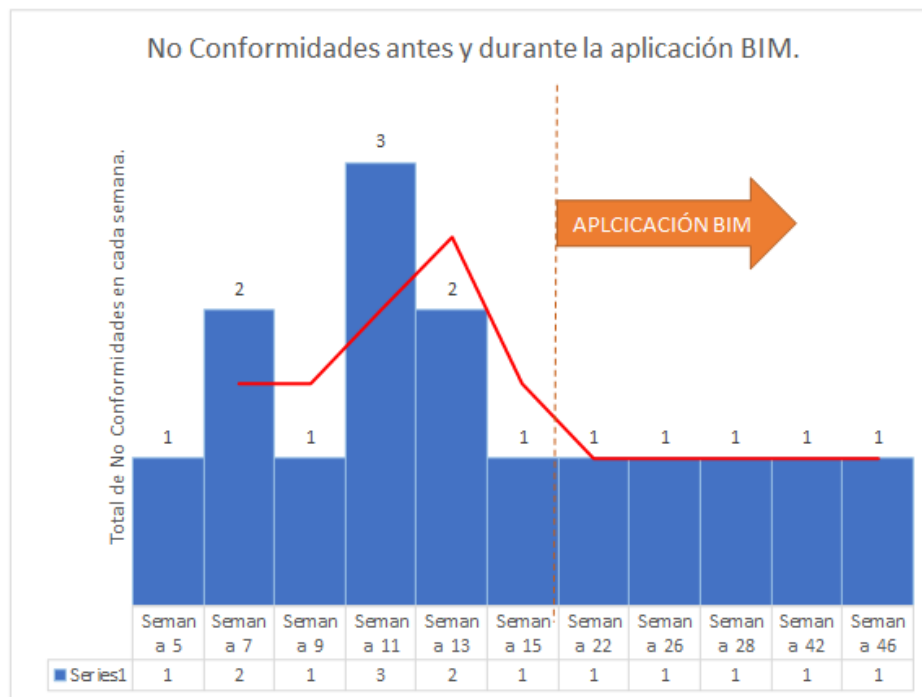


Figura 132. Reducción de no conformidades después de aplicar la metodología BIM en el proyecto multifamiliar Jana.

Fuente: (Elaboración propia, 2021)

En la figura 132, se muestra el resultado para este específico generando una línea de tendencia donde nos demuestra que al inicio del proyecto Jana cuando aún no se aplicaba la metodología BIM la aparición de las no conformidades eran con mayor frecuencia y de manera distorsionada.

Asimismo, se demuestra con notoriedad que a partir de la semana 15, el uso de la aplicación de la metodología BIM, ayudó significativamente, haciendo que el porcentaje de no conformidades reduzcan y estas aparezcan después de un tiempo más prolongado y de manera gradual.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMEDADIONES

### 5.1 Conclusiones

1. La aplicación de la metodología BIM en el proyecto multifamiliar Jana permitió poder detectar oportunamente las interferencias que se venían generando en el proyecto de forma desmedida y sin control alguno para poder ser registradas, consultadas, evaluadas y respondidas por los especialistas y no afectar el tren de actividades y el presupuesto de obra por conceptos de retrabajos. A partir de la semana 17 se empezó a extraer los primeros reportes de interferencias del proyecto y se extendió a lo largo de 4 semanas, tiempo en el que se concluyó con el modelado de todas las especialidades del proyecto, el resultado final de interferencias detectadas mediante el uso del Clash detection (herramienta del Navisworks Manage 2022) dio un total de 132 interferencias, pudiendo ser resueltas a tiempo, cabe resaltar que fue de mucha ayuda poder darles una valoración de acuerdo a sus tolerancias expresadas en centímetros, de las cuales el 2.3% corresponde a un nivel bajo es decir se solucionaron sin problemas en obra; el 73% son de nivel moderado para lo cual se tuvo que evaluar factores como los procesos constructivos y las especialidades involucradas para ser derivadas al especialista correspondiente; y el 24.2% son de nivel alto, esto quiere decir que generan un alto impacto en la obra por factores como diseño, por lo que tienen que ser absueltos por los especialistas. Esta evaluación permitió una respuesta mucho más certera para el levantamiento de observaciones.

2. La aplicación de la metodología BIM aportó mejoras significativas en la gestión de los metrados de obra, debido a que se contaba con metrados iniciales que presentaban cantidades anómalas, en cierto modo se debe al factor humano ya que depende de la experiencias y capacidad del trabajador a cargo en la elaboración de los metrados, así como una comunicación continua con el ingeniero residente para fines de agrupación de datos, sin embargo la complejidad del proyecto y la mala interpretación del mismo generaron una mala elaboración en los metrados iniciales, pero es mediante el modelado de estructuras que se pudo obtener reportes de cantidades de materiales con lo que se pudo revisar y corregir los metrados de estructuras, de este análisis tenemos que el 81.82% de las actividades presentaron metrados con tendencia a la baja cuando se aplicó la metodología BIM, mientras que el 18.18 % de las actividades reflejaron un incremento en las cantidades, principalmente en columnas y rampas, debido a la mala agrupación de datos en el metrado inicial, generando distorsión en las cantidades.  
  
Se concluye también que las familias de elementos cargables diseñadas para este proyecto tuvieron un aporte significativo en el proyecto generando metrados mucho más precisos y confiables, en especial los metrados de encofrado, debido a su capacidad de poder encender y/o apagar los encofrados, de esta forma se realizan los descuentos de áreas entre elementos.
3. La aplicación de la metodología BIM en el proyecto multifamiliar Jana generó una reducción significativa por conceptos de metrados de estructuras en el proyecto, esto debido que, al contar con el modelo 3D de estructuras fue más fácil la interpretación del proyecto pudiendo observar detalles que no se podían detectar mediante el uso de los planos 2D; de acuerdo con los resultados obtenidos se generó una disminución en el costo directo por conceptos de metrados del 13.94% en el presupuesto de estructuras.



Para poder contar con estimaciones de materiales más precisas es necesario generar un histórico de los metrados de proyectos anteriores, estandarizar el proceso de metrados para el manejo de la información y la agrupación de los datos, de esta forma se puede realizar estimaciones en base a estos ratios para proyectos futuros.

4. La propuesta de implementar la aplicación de la metodología BIM en el proyecto multifamiliar Jana, fue todo un éxito y se hizo con la finalidad de obtener una mejora de la empresa MINCOPER, para ello resultó viable porque se demostró como es que optimiza el avance ejecutado en todo el desarrollo del proyecto, en el presente caso de estudio se logró optimizar un 17.52% en el avance ejecutado real según la duración de los días que duró la etapa de estructuras, desde su aplicación hasta la actualidad y a la vez esto servirá como patrón de muchas empresas del sector con características similares, tanto para las pequeñas, como las medianas y porque no decir las grandes empresas que aún no cuentan con esta grandiosa metodología.
5. La esencia que presenta la aplicación de la metodología BIM en el proyecto multifamiliar Jana, es el trabajar de manera colaborativa, centralizando la información en un solo modelo logrando así el propósito de reducir al máximo el porcentaje de no conformidades detectadas en el proyecto y creando patrones de trabajo definidos para que ello no vuelva a ocurrir en futuros proyectos, queda demostrado en el presente caso de estudio se alcanzó reducir al 4.16% la aparición de porcentaje de no conformidades en el lapso de tiempo que se utilizó la aplicación de la metodología BIM.

## 5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda implementar un estándar de procesos y procedimientos en los cuales se defina las funciones de los involucrados, de esta manera se garantiza un flujo constante en las actividades del proyecto, además de la capacitación constante del personal a cargo.
2. Se recomienda generar modelos paramétricos 3D de cada especialidad con el fin de enlazarlos de esta forma se crea el modelo federado desde donde podremos interactuar entre especialidades con el fin de detectar las interferencias e incompatibilidades oportunamente, anticipando la toma de decisiones sobre todo en la etapa de diseño, evitando tener que llegar a la etapa constructiva en donde las correcciones cuestan más.
3. Se recomienda generar cuadros con los históricos de proyectos pasados, de esta forma se puede contar con ratios que nos ayuden a estimar y controlar mejor los metrados de proyectos en ejecución y a futuro.
4. Se recomienda a las empresas pequeñas, medianas y grandes dedicadas al rubro de construcción, empiecen a capacitarse con esta enriquecedora metodología y que la pongan en práctica, porque queda demostrado que tiene múltiples beneficios en el desarrollo de un proyecto de edificación.
5. Se recomienda a los profesionales y empresarios del sector optar por la aplicación de la metodología BIM desde la etapa de diseño del proyecto, esto les permitirá evaluar y aplicar la metodología de acuerdo con sus dimensiones y sacar el máximo provecho, evitando retrabajos, sobrecostos y planteando un estándar de procesos constructivos.

## CAPITULO VI. REFERENCIAS

- (CSI), T. C. (2011). *The CSI Construction Specifications Practice Guide*.
- Abarca, L., & Leandro, A. (2016). *Manejo Eficiente De Materiales De Construcción*. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica y Cámara Costarricense de la Construcción.
- Alcántara, V. (2013). *Metodología para minimizar las deficiencias de Diseño en la Construcción Virtual usando Tecnologías BIM*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Almeida, A. (11 de abril de 2019). BIM en el Perú. (G. RPP, Entrevistador) Grupo RPP.
- Altuna, L., & Alva, I. (2018). "Lead time" y su influencia en el nivel de servicio de las empresas de servicio de entrega rápida para las importaciones de Estados Unidos. Lima, Perú: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- América Economía. (13 de Octubre de 2020). Estas son las 500 empresas más grandes del Perú 2020. Recuperado el 25 de Enero de 2021, de <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/estas-son-las-500-mayores-empresas-del-peru-2020>
- Amonacid, K., Navarro, J., & Rodas, I. (2015). *Propuesta de Metodología para la Implementación de la Tecnología BIM en la Empresa Constructora e Inmobiliaria "IJ Poryecta"*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Arce, S. (2009). *Identificación de los principales problemas en la logística de abastecimiento de las empresas constructoras Bogotanas y propuesta de mejoras*. Bogota, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.
- ArchDaily. (2012). *Edificio Educativo Universidad del Pacífico / Metrópolis*. Obtenido de Universidad / Santiago de Surco, Perú: <https://www.archdaily.pe/pe/02-315679/edificio-educacional-universidad-del-pacifico-metropolis>
- ASIDEK. (12 de diciembre de 2016). *Asidek CT Solutions*. Obtenido de La Situación del BIM en el Mundo Evolucionan Exponencialmente: <https://www.asidek.es/la-situacion-del-bim-mundo/>
- Autodesk. (2015). *Autodesk*. Obtenido de Design and build with BIM: <https://www.autodesk.com/industry/aec/bim>
- Baeza, J., & Salazar, G. (2005). Integración de Proyectos utilizando el Modelo Integrado de Información para la Construcción. *Ingeniería N° 9*, 67-75.
- Bances, P., & Falla, S. (2016). *La Tecnología BIM para el Mejoramiento de la eficiencia del Proyecto Multifamiliar "Los Claveles" en Trujillo- Perú*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Barrett, P., & Sexton, M. (1998). Integrating to Innovate: Report for the Construction Industry Council. *Construction Industry Council - Department of the Environment, Transport and the Regions*, 2.
- Barrios, J. (2011). *Desarrollo del Programa de Requerimientos de Materiales para la Construcción de Viviendas en Serie*. San José, Costa Rica: Universidad para la Cooperación Internacional.
- Bazjanac, V., & Maile, T. (2004). IFC HVAC Interface to EnergyPlus- A Case of Expanded Interoperability for Energy Simulation. *National Conference Boulder* (págs. 1-7). IBPSA-USA.
- Braul, A., & Ríos, R. (2018). *Automatización en la Elaboración del Presupuesto y Calendario Valorizado a Nivel de Casco Estructural en la etapa de Licitación de un Proyecto de Edificación*. Tesis para título profesional, Pontificia Universidad Católica del Perú - PUCP, Lima.
- Burgos, M., & Vela, D. (2015). *Análisis de las causas del incumplimiento de la programación en las obras civiles*. Bogota, Colombia: Universidad Militar de Nueva Granada.
- Cabrera, C. (2018). *Gestión de compras en empresas constructoras*. Lima, 2017. Lima, Perú: Universidad César Vallejo.
- Camara Peruana de la Construcción CAPECO. (30 de Diciembre de 2020). Empresas del sector construcción aumentarían sus inversiones en 2021. *Construcción e Industria*. Recuperado el 25 de Enero de 2021, de <http://www.construccioneindustria.com/el-75-de-las-empresas-del-sector-construccion-aumentaria-sus-niveles-de-inversion-en-2021/>

- Canta, J. (2018). *Gestión de proyectos bajo el enfoque PMI-PMBOK y los plazos de liquidación de los proyectos Cash Qali Warma promovidos por FONCODES, Perú, 2017*. Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma.
- Cappuyns, M. (2020). *Estudio de Implementación de Herramientas BIM en una Ingeniería*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Chacón, D., & Cuervo, G. (2017). *Implementación de la Metodología BIM para elaborar Proyectos mediante el Software Revit*. Bárbula: Universidad de Carabobo.
- Choquesa, L. (2019). *Mejora de la Productividad en Proyectos de Edificación mediante el Sistema de Gestión BIM - LEAN*. Tesis para título profesional, Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna.
- Collantes, J. (2018). *Evaluación de los Factores Claves para la aceptación y uso de BIM en Proyectos de Edificación de Lima y Callao*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- COSAPI. (2013). *Novedades / Noticias*. Obtenido de Otorgan Certificación Leed Silver al edificio del Banco de la Nación construido por Cosapi: <https://www.cosapi.com.pe/Site/Index.aspx?aID=1734>
- COSAPI. (2020). *Memoria anual COSAPI ejercicio 2019*. Lima, Perú.
- COSAPI. (2021). *COSAPI S.A.* Recuperado el 25 de Enero de 2021, de <https://www.cosapi.com.pe/Site/Index.aspx?aID=7>
- COSAPI S.A. (2015). *Procedimiento para la Gestión de Compra de Bienes y Servicios*. Lima, Lima, Perú.
- COSAPI S.A. (2015). *Procedimiento para la Gestión del Almacén en Transito de Cosapi*. Lima, Lima, Perú.
- COSAPI S.A. (2019). *Procedimiento para la Gestión de Compra de Bienes y Servicios*. Lima, Lima, Perú.
- COSAPI S.A. (Agosto de 2020). Organigrama interno del grupo COSAPI. Perú.
- Cuenca, J. (30 de Octubre de 2017). Área de Compras: los 10 errores más comunes en las empresas. *La Voz*. Recuperado el 15 de Febrero de 2021, de <https://www.lavoz.com.ar/negocios/area-de-compras-los-10-errores-mas-comunes-en-las-empresas>
- CUMBRA. (2021). *Edificaciones*. Obtenido de Hospital INEN: <https://www.cumbra.com.pe/proyectos/hospital-inen/>,
- CUMBRA. (2021). *Infraestructura*. Obtenido de Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez de Lima: <https://www.cumbra.com.pe/proyectos/ampliacion-del-aeropuerto-de-lima/>
- Dainty, A., Leiringer, R., Fernie, S., & Harty, C. (2017). BIM and the small construction firm: a critical perspective. *Building Reserarch and information*, 696-709.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). *Guía para la construcción y análisis de indicadores*. Bogotá, Colombia.
- Diaz, J. (2017). *Informe final – práctica empresarial Distraves S.A.S*. Bucaramanga, Colombia: Universidad Santo Tomas.
- Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2012). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Desingers, Engineers and Contractors*. EE.UU: John Wiley & Sons.
- El Comercio. (22 de Diciembre de 2020). *Capeco: "Hay mucha incertidumbre para el próximo año, pero creemos que el sector construcción crecerá a dos dígitos"*. Recuperado el 2021 de Enero de 25, de <https://elcomercio.pe/economia/peru/capeco-hay-mucha-incertidumbre-para-el-proximo-ano-pero-creemos-que-el-sector-construccion-crecera-a-dos-digitos-capeco-sector-construccion-sector-inmobiliario-ncze-noticia/?ref=ecr>
- El Comercio. (24 de Diciembre de 2020). *Construcción: 75% de las empresas del sector aumentará sus niveles de inversión en el 2021*. Recuperado el 25 de Enero de 2021, de <https://elcomercio.pe/economia/negocios/construccion-75-de-las-empresas-del-sector-aumentara-sus-niveles-de-inversion-en-el-2021-capeco-sector-inmobiliario-ncze-noticia/?ref=ecr>
- El Comercio. (30 de Abril de 2020). *El sector construcción sufriría este año la peor caída en su historia: la actividad se hundiría un 30%*. *El Comercio*. Recuperado el 16 de Febrero de 2021, de <https://elcomercio.pe/economia/peru/coronavirus-peru-el-sector-construccion-sufriria-este->

ano-la-peor-caida-en-su-historia-se-hundiria-30-capeco-construccion-civil-inversion-publica-noticia/

- Escrivá, J., Savall, V., & Martínez, A. (2014). *Gestión de compras*. Madrid, España: McGraw-Hill.
- ESPACIO BIM. (09 de diciembre de 2016). *Blog de BIM*. Obtenido de Dimensiones BIM, las 7 y Blanca-BIM: <https://www.espaciobim.com/dimensiones-bim/>
- Espinoza, J., & Pacheco, R. (2014). *Mejoramiento de la Constructabilidad mediante Herramientas BIM*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Eyzaguirre, R. (2015). *Potenciando la Capacidad de Análisis y Comunicación de los Proyectos de Construcción mediante Herramientas Virtuales BIM 4D durante la Etapa de Planificación*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Farfán, E., & Chavil, J. (2016). *Análisis y Evaluación de la Implementación de la Metodología BIM en Empresas Peruanas*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Gento, Á., & Redondo, A. (2005). Evaluación de proveedores: Un proceso de mejora continua. *IX Congreso de Ingeniería de Organización*. Gijón, España.
- Gestión. (18 de agosto de 2020). Sector construcción: balance negativo y perspectivas no tan favorables, según Capeco. *Gestión*. Recuperado el 25 de enero de 2021, de <https://gestion.pe/economia/sector-construccion-balance-negativo-y-perspectivas-no-tan-favorables-revelo-capeco-noticia/#:~:text=La%20C%C3%A1mara%20Peruana%20de%20la,de%20obras%20durante%20varias%20semanas>.
- Godsell, J., & Van Hoek, R. (2009). Fudging the supply chain to hit the number: five common practices that sacrifice the supply chain and what financial analysts should ask about them. (E. Group, Ed.) *Supply Chain Management: An International Journal*, 14(3), 172.
- GRUPO DIGAMMA. (s.f.). *Empresas y Entidades se unen a "Alianza BIM" para promover la competitividad en la Construcción*. Obtenido de Perú Construye: <https://peruconstruye.net/2021/03/30/empresas-y-entidades-se-unen-a-alianza-bim-para-promover-la-competitividad-en-la-construccion>
- Guerrero, G. (2011). *Proyecto de planificación recursos empresariales - ERP modulo de adquisiciones - UTN*. Ibarra, Ecuador: Universidad Técnica del Norte.
- Hedges, K., & AIA. (2017). *Architectural Graphic Standards*. New Jersey: WILEY.
- Hernandez, J. A., & Hernandez, J. (Marzo de 2005). El control interno operativo del área de compras. *Partida Doble*(146), 42, 43.
- Huamán Baldeón, D. L. (2017). *La Gestión Logística y su incidencia en el avance de obra de edificaciones 2017*. Lima, Perú: Universidad Cesar Vallejo.
- HV Contratistas S.A. (2014). *Construcción*. Obtenido de Mall Aventura Plaza Cayma: <http://www.hvcontratistas.com.pe/obras/construccion/5/>
- Imasgal, (. (23 de Noviembre de 2021). *Nivel de Desarrollo LOD en BIM*. Obtenido de <https://imasgal.com/nivel-desarrollo-bim-lod/>.
- Instituto Nacional de Calidad. (13 de julio de 2021). *Plataforma Única del Estado Peruano*. Obtenido de <https://www.gob.pe/es/institucion/inacal/noticias/505825>
- Instituto Nacional de Tecnologías de la comunicación - INTECO. (2009). *Curso de Introducción a la Gestión de Adquisiciones*. España.
- ISO. (16 de enero de 2014). *SS ISO 12006-2 Building Construction - Organization of Information about Construction Works Part 2: Framework for Classification*. London.
- Jara, D. (2017). *VDC/BIM en la Coordinación de Especialidades durante el Gerenciamiento de Proyectos de Construcción. 2017*. Cusco: Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco.
- Joan, E., Savall, V., & Martínez, A. (2014). *Gestión de compras*. Madrid, España: McGraw-Hill.
- Journal, A. S. (1964). CBC: Coordinated Building Communication. *Architect's Journal*, 670-672.
- La República. (21 de Diciembre de 2019). Presidente y directorio de COSAPI renuncian y dan paso a nueva dirección. Recuperado el 2021 de Enero de 25
- Lucena, J. (2013). *Propuesta de mejoramiento del proceso de planeación y gestión de inventarios de la empresa nacional de eléctricos H.H. LTDA. para garantizar su nivel de servicios y generar una ventaja competitiva*. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.



- Marín, N., Correa, L., & Marín, R. (Abril - Junio de 2021). Implementación de la Metodología BIM en el Perú: una revisión. *Revista Pakamuros*, 29-42.
- Martínez, S. (2019). *Propuesta de una Metodología para Implementar las Tecnologías VDC/BIM en la Etapa de Diseño de los Proyectos de Edificación*. Piura: Universidad Nacional de Piura.
- Mecalux S.A. (29 de Abril de 2019). *Mecalux*. Recuperado el 5 de Febrero de 2021, de <https://www.mecalux.es/blog/lead-time-logistica>
- Millán, J. (2015). *Retrasos en la industria de la construcción: El caso del estado de México*. México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Miller, K. R. (06 de abril de 2005). *MasterFormat 2004 Impact on Construction Organizations*. (U. o. Cincinnati, Ed.) Recuperado el 2021, de <https://www.researchgate.net/publication/264884996>
- MINCOPER. (2014). *Nosotros*. Obtenido de <https://mincoper.com/conocenos/>
- Ministerio de Economía y Finanzas. (28 de julio de 2019). *Plan BIM - Perú*. Obtenido de El Plan BIM Perú: [https://www.mef.gob.pe/es/?option=com\\_content&language=es-ES&Itemid=102596&lang=es-ES&view=article&id=5898#:~:text=El%20Plan%20BIM%20Per%C3%BA%20es,Programaci%C3%B3n%20Multianual%20y%20Gesti%C3%B3n%20de](https://www.mef.gob.pe/es/?option=com_content&language=es-ES&Itemid=102596&lang=es-ES&view=article&id=5898#:~:text=El%20Plan%20BIM%20Per%C3%BA%20es,Programaci%C3%B3n%20Multianual%20y%20Gesti%C3%B3n%20de)
- Miranda, M., & Muñoz, J. C. (2015). *Tecnología BIM y la Optimización de la Productividad en Obras Retail*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Mitchell, W. J. (1977). *Computer aided Architectural Design*. Van Nostrand Reinhold Company.
- Mojica, A., & Valencia, D. (2012). *Implementación de las Metodologías BIM como Herramienta para la Planificación y Control del Proceso Constructivo de una Edificación en Bogotá*. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana.
- Monfort, C. (2014). *Impacto del BIM en la Gestión del Proyecto y la Obra de Arquitectura. Un proyecto con Revit*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Montellano, C. (2013). *Procesos de implementación de Tecnologías BIM y diseño bajo las mismas empresas de Ingeniería*. Cochabamba: FUNIBER.
- Mora, L. (2012). *Indicadores de la gestión logística*. Bogotá, Colombia: Ecoe Ediciones.
- mora, L. (2012). *Indicadores de la gestión logística KPI*. Bogotá, Colombia: Ecoediciones.
- MSI Studio. (13 de enero de 2021). *¿Qué nos marca la tercera parte de la ISO 19659?* Obtenido de <https://msistudio.com/que-nos-marca-la-tercera-parte-de-la-iso-19650/>
- Muñoz, R., & Roland, S. (2016). Competitividad y cadenas de abastecimiento en el sector productivo del Valle del Cauca, Colombia. *Revista Global de Negocios*, 4(1), 79. Obtenido de [www.theIBFR.com](http://www.theIBFR.com)
- Murguía, D. (2020). *Segundo Estudio de Adopción BIM en Proyectos de Edificación en Lima y Callao*. Lima: PUCP.
- Nahmias, S. (2010). *Gestión de operaciones. Trucos para manejar los recursos* (Profit Editorial ed., Vol. 4). (P. Navarro, Ed., & C. Ganzinelli, Trad.) Nueva York, Estados Unidos: Universidad Metropolitana.
- NBS. (20 de marzo de 2017). *The National Building Specification*. Recuperado el 2021, de <https://www.thenbs.com/knowledge/what-is-uniclass-2015>
- NBS, & Delany, S. (. (s.f.). *FISH Forum of Information Standards in Heritage* . Obtenido de 2015: <http://heritage-standards.org.uk/wp-content/uploads/2005/08/nbs-classification-and-uniclass-table-examples.pdf>
- Nogales, J. A. (2018). *La Digitalización en la fase de Ejecución de Proyectos Constructivos*. Barcelona.
- Núñez, P., Alarcón, I., & Martínez, D. (2018). Machine Learning en Modelos BIM. *EUBIM 2018 - BIM International Conferencia / 7° Encuentro de Usuarios BIM* (págs. 99-109). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Ojeda, S. (2016). *Sistema de gestión de abastecimiento de productos y materias primas para la empresa SOUDAL S.A*. Santiago, Chile: Universidad Técnica Federico Santa María.
- Orellana, R., & Roncal, L. (2019). *Propuesta de un modelo logístico para mejorar la gestión de compras de una compañía minera del sur del Perú*. Lima, Perú: Universidad Ricardo Palma.
- Padilla, N., & Quispe, K. (2017). *Implementación del VDC (Virtual Design and Construction) en la etapa de planeamiento del proyecto Aloft, para minimizar la cantidad de Solicitudes de Información*

- (SI) y No Conformidades (NC), en la etapa de ejecución. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Pailiacho, M. (2014). *Identificar los Impactos de los Indicadores Calve de Desempeño (KPI) dentro de la Industria AEC por la Aplicación VDC*. Riobamba, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo.
- Palomino, J., Hennings, J., & Echevarría, V. (2017). Análisis macroeconómico del sector construcción en el Perú. *Quipukamayoc*, 25(47), 95.
- Perez, D. (2018). *Propuesta para la elaboración de un plan de compras aplicada al sector de la construcción*. (U. M. Granada, Ed.) Nueva Granada, España.
- Peruano, D. O. (08 de Setiembre de 2019). Decreto Supremo N° 289-2019-EF. *Normas Legales*, N° 15073. Lima, Lima, Perú: Diario Oficial El Peruano.
- Peruano, D. O. (15 de Mayo de 2021). Decreto Supremo N° 108-2021-EF. *Normas Legales*, N°16018. Lima, Lima, Perú: Diario Oficial El Peruano.
- Picó, C. (2011). *Tecnología BIM per al Disenny Arquitectonic*. Catalunya: Universidad Politécnica de Catalunya.
- Pimenta, C., & Pessoa, m. (2015). *Gestión financiera pública en América Latina. La clave de la eficiencia y la transparencia*. Washington, EE.UU.: Banco Interamericano de Desarrollo.
- PMI Mexico Chapter. (2021). *Project Management Institute: Capítulo México*. Recuperado el 2021 de Febrero de 01, de <https://pmi-mexico.org/mesa-directiva/sobre-el-pmi-capitulo-mexico/7-historia-del-project-management-institute>
- PMI Paraguay Chapter. (2021). *Project Management Institute, Asunción, Paraguay*. Recuperado el 09 de Febrero de 2021, de <https://pmi.org.py/index.php/pmi/que-es-el-pmi>
- PRAGMA Arquitectos. (2012). *Barlovento Oficinas*. Obtenido de Edificio de 32 pisos: <http://www.pragmaarquitectos.com.pe/barlovento.html>
- PRAGMA Arquitectos. (2015). *Torre Orquídeas*. Obtenido de Oficinas: <http://www.pragmaarquitectos.com.pe/torre-orquideas>
- Project Management Institute. (2019). *Project Management Institute*. Recuperado el 01 de Febrero de 2021, de Informe anual 2019: <https://www.pmi.org/annual-report-2019>
- Project Management Institute, Inc. (2017). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía PMBOK)* (Sexta ed.). (I. Project Management Institute, Ed.) Pennsylvania, EE.UU.
- Ramos, E. (2019). *Metodología Building Information en la construcción de Viviendas Multifamiliares en el distrito de Miraflores - Lima*. Lima: Universidad Peruana Los Andes.
- Ramos, L. (16 de Octubre de 2020). *Cobli*. Recuperado el 05 de Febrero de 2021, de [https://www.cobli.co/blog/o-que-e-otif/#Como\\_calcular\\_OTIF](https://www.cobli.co/blog/o-que-e-otif/#Como_calcular_OTIF)
- Real Academia Española. (2021). *Diccionario de la lengua española*. (R. A. Española, Editor) Recuperado el 21 de Febrero de 2021, de <https://dle.rae.es/%C3%ADtem>
- Roldán, M., Martín, N., & De la Torre, J. (2012). *Tecnología BIM: del dibujo literal al dibujo paramétrico*. Universidad Politécnica de Valencia.
- Ruiz, P. (2015). *Propuesta de Técnicas y Herramientas para Optimizar la Gestión Visual y de las Comunicaciones durante la Etapa de Diseño de un Proyecto de Construcción*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Salinas, J., & Ulloa, K. (2013). *Mejoras en la Implementación de BIM en los Procesos de Diseño y Construcción de la Empresa Marcan*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- Sanz, R. (12 de Abril de 2018). *NEXTOP*. Recuperado el 01 de Febrero de 2021, de <https://nextop.es/cambios-pmbok-6-edicion/>
- Silva, V. (2011). *BIM the Sumary. Long History*.
- Soto, J. (2012). *Como lograr ventajas competitivas en el sector construcción a través de la logística*. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Taboada, J., & Alcántara, P. (2015). *Toma de decisiones y revisión de diseño a partir de la construcción digital y la Aplicación de la Metodología VDC*. Lima.
- Thong, D. J. (1999). An integrated model of information systems adoption in small businesses. *Journal of Management Information Systems*, 187-214.

- Torres, R., & Chavez, J. (Setiembre de 2011). Midiendo desde los zapatos del cliente: El Fill Rate y el OTIF. *NEGOCIOS GLOBALES*, 26, 27.
- Ulloa, K. (2009). *Técnicas y herramientas para la gestión del abastecimiento*. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Universidad ESAN. (21 de Marzo de 2017). *Conexión ESAN*. (U. ESAN, Ed.) Recuperado el 2021 de Enero de 29, de <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2017/03/los-errores-mas-comunes-en-la-gestion-de-compras/>
- Urbanova. (2013). *Torre Begonias*. Obtenido de <https://www.urbanova.com.pe/proyectos/torres-begonias>
- Useche, M., & Anis, I. (2013). *Calidad de servicio de la gestión de procura de Petróleos de Venezuela*, S. A. Bogota, Colombia.
- Valdés, A. M. (2014). *Estudio de Viabilidad del uso de la Tecnología BIM en un Proyecto Habitacional en Altura*. Santiago: Universidad de Chile.
- Vargas, C. (2014). *Propuesta de mejora para el proceso de abastecimiento de materiales de Obra en la Constructora C&C S.A.* Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Villena, F., García, T., Ballesteros-Pérez, P., & Pellicer, E. (2019). Influence of BIM in Construction Companies Innovation. *23 International Congress on Project Management and Engineering* (págs. 524-533). AEIPRO.
- Xu, H., Feng, J., & Li, S. (2014). Users - orientated evaluation of building information model in the Chinese construction industry. *Automation in Construction*, 32-46.



## APÉNDICE

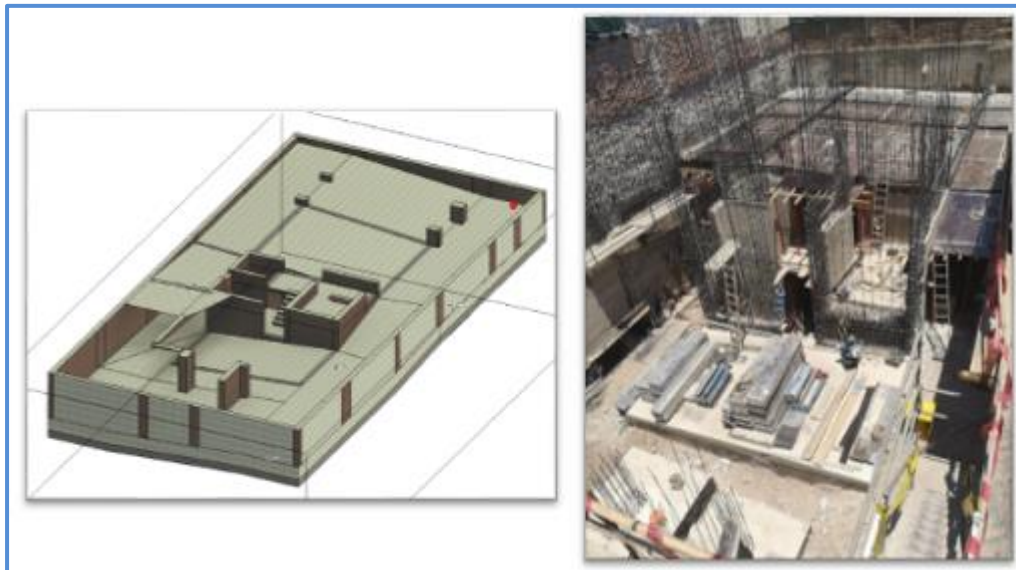
### PANEL FOTOGRÁFICO



**Figura 133.** Inicio del proyecto multifamiliar Jana, limpieza de terreno, demolición y excavación masiva del primer anillo de los muros anclados.

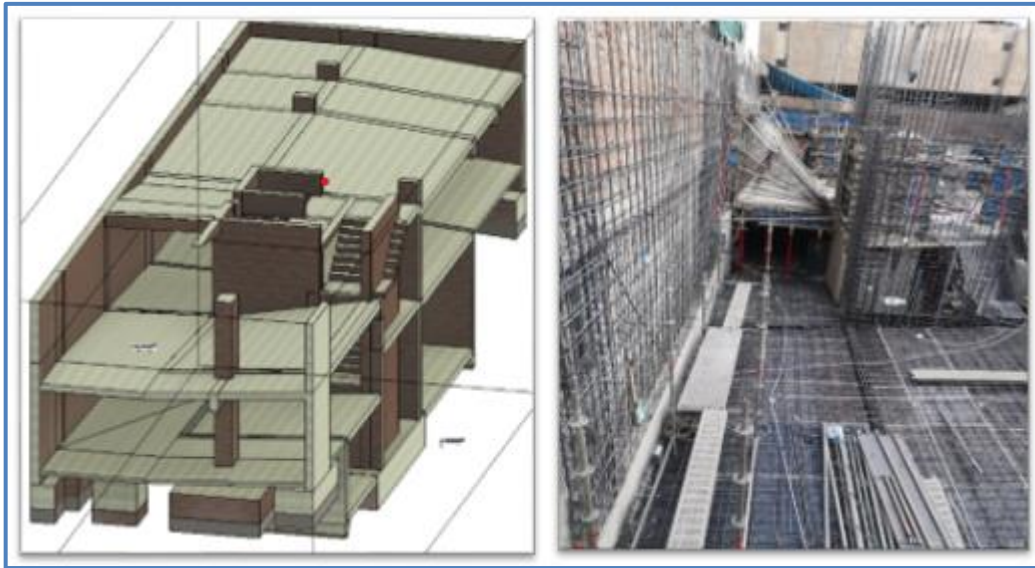


**Figura 134.** perforación e inyección de anclajes para la construcción de muros anclados.



**Figura 135.** Modelo 3D y construcción de cisternas e inicio de encofrados en losas de sótanos.





**Figura 136.** Modelo 3D y conformación de muros perimetrales y losas de sótanos.



**Figura 137.** Verificación de niveles en vaciado de concreto en losas macizas y/o aligeradas.

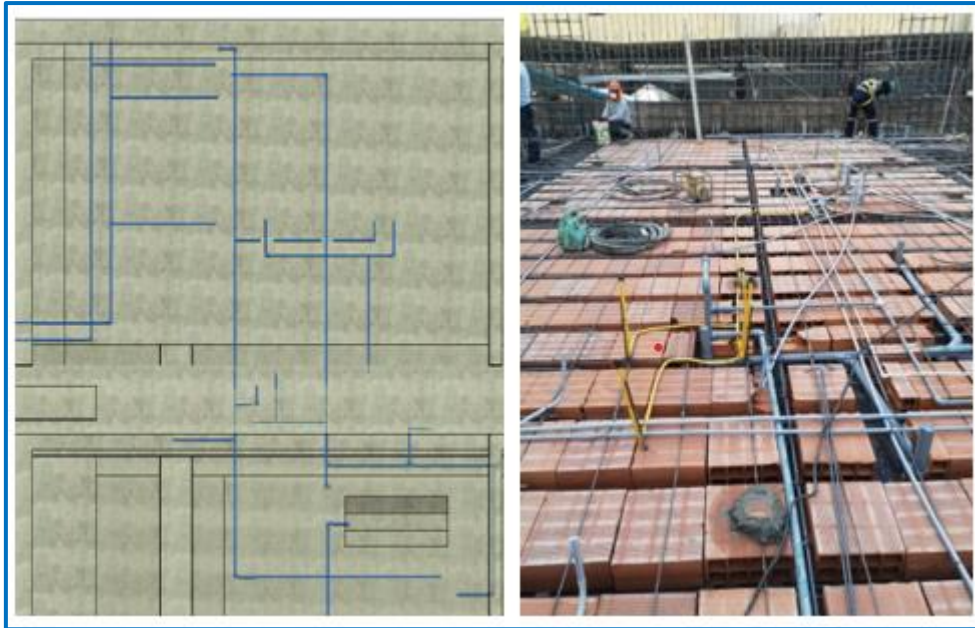


**Figura 138.** Colocación de acero, encofrado y vaciado de concreto con su respectivo vibrado en elementos verticales.



**Figura 139.** Curado superficial de concreto con aditivo plastificante.





**Figura 140.** Modelado de redes de instalaciones sanitarias, eléctricas e instalaciones de gas.



**Figura 141.** Modelo 3D y la colocación de barandas de seguridad, colocación de acero en placas, columnas, vigas peraltadas, vigas chatas y losas.



**Figura 142.** Verificación de prueba hidráulica en todos los departamentos antes del vaciado de la losa aligerada y/o maciza.



**Figura 143.** Supervisión de la cuantía de acero, verificación en instalaciones de agua, desagüe, eléctricas, colocación de ladrillos y encofrado de losa en el sector 2.





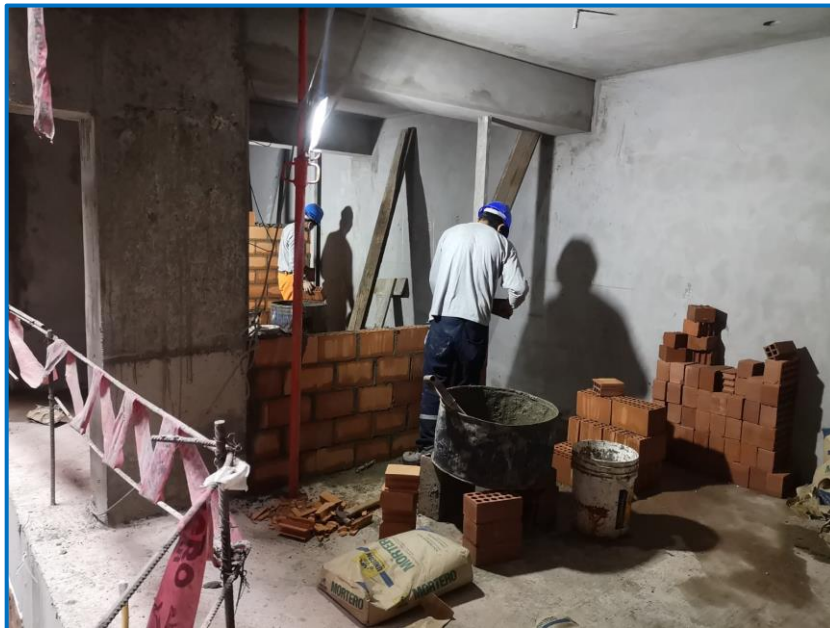
**Figura 144.** Tarrajeo pulido impermeabilizado en cisterna de agua contra incendio y cisterna de consumo doméstico.



**Figura 145.** Modelo 3D y la culminación de la etapa estructural (casco terminado).



**Figura 146.** Inicio de la etapa de albañilería, instalaciones de tomacorrientes e interruptores y colocación de mallas electrosoldadas de refuerzo.

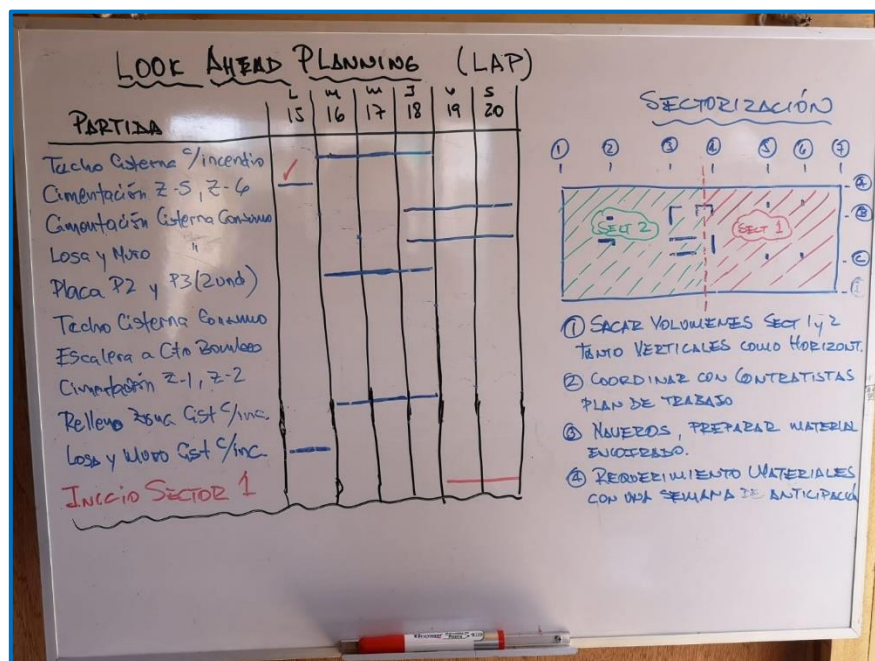


**Figura 147.** Asentado de ladrillo tabicón en muros divisores de ambientes.





**Figura 148.** Modelo de arquitectura del ducto principal del edificio y foto real del ducto principal del edificio.



**Figura 149.** Programaciones semanales en campo.



**Figura 150.** Verificación de planos de arquitectura en oficina técnica reubicada en el departamento piloto.



**Figura 151.** Tarrajeo en muros interiores, losas aligeradas, vigas peraltadas, verificación y control de calidad en las dimensiones de vanos y alfeizar en campo.



**Figura 152** Modelo federado del edificio multifamiliar Jana.