

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PUCP

**IMPACTO DE LA FILOSOFÍA BIM EN EL PLAZO Y PRESUPUESTO DE UN
PROYECTO MULTIFAMILIAR DE VIVIENDAS MASIVAS**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTORES:

**GRACE ROMINA GUEVARA CONTRERAS
CARLOS ELIAS QUINTO CRUZADO**

ASESOR:

LUIS HUMBERTO BRAVO SALOMÓN

Lima, Junio, 2021

RESUMEN

La presente tesis de ingeniería a realizar tiene como propósito analizar el ratio de la productividad de la primera etapa, comparándolas con los ratios de la segunda y tercera etapa en la cual se aplicará la filosofía BIM con la intención de mejorar su productividad. La aplicación de la filosofía BIM permitirá detectar incongruencias y errores del proyecto en la etapa de diseño en la cual se espera mejorar. Además, se hará la comparación de los indicadores de plazo y costo para la evaluación, la cuantificación de materiales y su presupuesto. Logrando un mejor alcance, reducción de tiempo y costo del proyecto, facilitando que la información esté clara para poder trabajar con elementos prefabricados y sin interrumpir el flujo de la obra para siguiente etapa 4 del proyecto Condominio Nuevo Nogales ubicado en la ciudad de Lima. El proyecto Condominio Nuevo Nogales consta de seis etapas destinadas al sector de población C. Cada etapa tiene dos edificios. La primera, segunda y tercera etapa se encuentra ejecutada y entregada al cliente. En estas dos primeras etapas, los edificios tienen 20 pisos y 8 departamentos por piso. El último piso es de tipo dúplex. La tercera etapa tiene 2 edificios de 20 pisos. Un edificio con 8 departamentos por piso y el otro con 10 departamentos por piso. La cuarta etapa tiene 2 edificios con 20 pisos cada uno y 10 departamentos por piso. En ambas etapas los 2 últimos pisos tienen dúplex. La cuarta etapa está por iniciar su ejecución; la quinta y sexta etapa se encuentran aún en diseño.

AGRADECIMIENTO

“La presente tesis está dedicada a mi madre Teresa Contreras por su motivación incondicional y sus consejos para hacer de mí una mejor persona y poder terminar la carrera de ingeniería civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú y a mis hermanas Gremy Yeleny y Jennifer por siempre apoyarme en los momentos más difíciles lo que ha contribuido para el logro de mis objetivos.

También, un agradecimiento especial a mi asesor el Ing. Luis Bravo por su compromiso y su constante orientación para la elaboración de la tesis”

Grace Romina Guevara Contreras

“Agradezco a mis padres por su incesante apoyo y motivación en mi carrera universitaria y, por enseñarme el valor del esfuerzo constante para lograr cada una de mis metas”

También, un agradecimiento a mi asesor Luis Bravo por su impecable orientación y por brindar su valioso tiempo en la elaboración de la tesis”

Carlos Elias Quinto Cruzado

ÍNDICE

Capítulo 1.0 Introducción	8
1.1 Introducción general	8
1.2 Planteamiento del Problema	9
1.3 Pregunta de Investigación.....	10
1.3.1 Preguntas Específicas	10
1.4 Objetivos.....	10
1.4.1 Objetivo General.....	10
1.4.2 Objetivos específicos	10
1.5 Justificación	11
Capítulo 2.0 Marco Teórico.....	12
2.1 Antecedentes.....	12
2.2 La Filosofía BIM	14
2.3 Antecedentes Internacionales	16
2.4 Antecedentes Nacionales	21
2.5 Beneficios del uso del BIM en el diseño y la construcción	24
2.6 Brechas en proyectos Mi Vivienda	25
2.7 Reenfoco estratégico.....	26
2.8 Aspectos de la implementación BIM.....	28
2.8.1 Nivel de desarrollo.....	28
2.8.2 Modelamiento BIM 3D.....	29
2.8.2.1 Herramientas 3D.....	31
2.8.3 Modelamiento BIM 4D.....	33
2.8.3.1 Herramientas 4D.....	34
2.9 Herramientas en la gestión de ingeniería.....	35
Capítulo 3.0 Metodología e implementación BIM en el proyecto	36
3.1 Descripción del proyecto	36
3.1.1 Descripción etapa I y II.....	38
3.1.2 Descripción etapa III.....	40
3.1.3 Descripción del proceso de construcción en el proyecto	43
3.2 Gestión de ingeniería de las etapas II y III	45
3.2.1 El alcance de la gestión de ingeniería en las etapas II y III	45
3.2.2 Organigrama del equipo de trabajo en la gestión de ingeniería.....	47
3.3 Gestión e implementación BIM.....	48
3.3.1 Lineamientos de gestión BIM.....	49
3.3.2 Procedimiento para la implementación BIM	52
3.3.3 Mejora de procesos	55
3.3.4 Consultas de obra: Request for information (RFI's)	57

Capítulo 4.0 Análisis y comparativos de las partidas del proyecto	60
4.1 Procedimiento de la sectorización BIM.....	61
4.2 Implementación del BIM.....	62
4.3 Manejo de información de metrados.....	66
4.3.1 Análisis del concreto.....	66
4.3.2 Análisis del encofrado	73
4.4 Análisis y comparativo de costo y tiempo en las tres etapas del proyecto	78
4.4.1 Análisis y comparativo de tiempo por etapa:.....	78
4.4.1.1 Análisis y comparativo de horas hombre en la partida del encofrado por etapa	80
4.4.1.2 Análisis y comparativo de horas hombre en la partida del concreto por etapa ..	82
4.4.2 Análisis y comparativo del costo por etapa:	85
4.4.2.1 Análisis y comparativo del costo en la partida del acero por etapa:.....	85
4.4.2.2 Análisis y comparativo del costo en la partida del encofrado por etapa:	88
4.4.2.3 Análisis y comparativo del costo en la partida del concreto por etapa:.....	91
4.5 Resumen del análisis y comparativo en las 3 etapas del proyecto:	98
4.5.1 Resumen del comparativo volumétrico del concreto.....	98
4.5.3 Matriz de resultados del análisis y comparación del costo y tiempo.....	99
Capítulo 5.0 Conclusiones y recomendaciones	102
5.1 Conclusiones.....	102
5.2 Recomendaciones	103
BIBLIOGRAFÍA:.....	105

LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Ciclo de vida de una edificación.....	14
<i>Figura 2.</i> Los involucrados del proyecto. (stakeholders).....	16
<i>Figura 3.</i> Países con mandato BIM.....	17
<i>Figura 4.</i> Niveles de adopción del BIM en norteamérica.....	19
<i>Figura 5.</i> BIM en el Reino Unido.....	20
<i>Figura 6.</i> Adopción del BIM en Chile.....	21
<i>Figura 7.</i> Adopción del BIM en las empresas chilenas.....	21
<i>Figura 8.</i> Especialidades del Velódromo (Videna).....	24
<i>Figura 9.</i> Nivel de desarrollo.....	28
<i>Figura 10.</i> Secuencia de plano 2D a un modelo 3D y el modelo 4D.....	31
<i>Figura 11.</i> What is Navisworks?.....	33
<i>Figura 12.</i> Etapas del Proyecto Condominio Nuevo Nogales.....	37
<i>Figura 13.</i> Límites de la propiedad.....	38
<i>Figura 14.</i> Modelado de la etapa 1.....	40
<i>Figura 15.</i> Modelado de la etapa 2.....	40
<i>Figura 16.</i> Modelado de la etapa 3.....	42
<i>Figura 17.</i> Ubicación de la torre 14.....	42
<i>Figura 18.</i> Vaciado monolítico.....	43
<i>Figura 19.</i> Encofrado metálico de muros.....	44
<i>Figura 20.</i> Encofrado metálico de losas.....	44
<i>Figura 21.</i> Encofrado monolítico.....	44
<i>Figura 22.</i> Macroproceso de la gestión de ingeniería.....	47
<i>Figura 22.</i> Macroproceso de la gestión de ingeniería.....	47
<i>Figura 23.</i> Organigrama del equipo de trabajo.....	48
<i>Figura 24.</i> About worksharing.....	52
<i>Figura 25.</i> Plan de implementación BIM etapa de inicio y diseño.....	54
<i>Figura 26.</i> Etapa 3, torre 14.....	56
<i>Figura 27.</i> Etapa 3, torre 13.....	56
<i>Figura 28.</i> Tipos de observaciones.....	58
<i>Figura 29.</i> Sectorización por día.....	62
<i>Figura 30.</i> Parametrización de los objetos.....	63
<i>Figura 31.</i> Parametrización de los objetos.....	63
<i>Figura 32.</i> Programa Dynamo.....	64

<i>Figura 33.</i> Sectorización del proyecto.....	64
<i>Figura 34.</i> Total de días por etapa.....	80
<i>Figura 35.</i> Total de horas hombre por sector de encofrado.....	82
<i>Figura 36.</i> Total de horas hombre por sector de concreto.	84

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Estimación de desperdicios en obras de edificación, Picchi.	13
Tabla 2 Bono del Buen Pagador para el Nuevo Crédito MI VIVIENDA	27
Tabla 3 Nivel de desarrollo BIM	29
Tabla 4 Log de control de cambios.....	55
Tabla 5 Tabla de cambios en obra.	57
Tabla 6 Tabla de subsanación de errores de diseño con BIM.	59
Tabla 7 Descripción de las etapas del proyecto.....	60
Tabla 8 Volumen de concreto horizontal (losas).....	65
Tabla 9 Volumen de concreto horizontal (losas).....	65
Tabla 10 Encofrado horizontal (losas).....	66
Tabla 11 Encofrado vertical (placas).	66
Tabla 12 Comparativo del volumen de concreto real y BIM torre 9.	70
Tabla 13 Comparativo del volumen de concreto real y BIM torre 10.....	70
Tabla 14 Comparativo del volumen de concreto real y BIM torre 11.....	71
Tabla 15 Comparativo del volumen de concreto real y BIM torre 12.....	71
Tabla 16 Comparativo del volumen de concreto real y BIM torre 13.....	72
Tabla 17 Comparativo del volumen de concreto real y BIM torre 14.....	72
Tabla 18 Comparativo de encofrado obra y BIM torre 9.	75
Tabla 19 Comparativo de encofrado de obra y BIM torre 10.	75
Tabla 20 Comparativo de encofrado obra y BIM torre 11.....	76
Tabla 21 Comparativo de encofrado obra y BIM torre 12.....	76
Tabla 22 Comparativo de encofrado real y BIM torre 13.	77
Tabla 23 Comparativo de encofrado real y BIM torre 14.....	77
Tabla 24 Comparativo del análisis del tiempo por etapa.....	78
Tabla 25 Cuadrilla de encofrado por etapas.	81
Tabla 26 Comparativo del análisis de las horas hombre por sector y etapa en la partida de encofrado	82
Tabla 27 Cuadrilla de concreto por etapas.....	83

Tabla 28 Comparativo del análisis de las horas hombre por sector y etapa en la partida de Concreto.	84
Tabla 29 Compra de acero de la torre 9.	86
Tabla 30 Costo de acero de la torre 10.	86
Tabla 31 Costo de acero de la torre 11.	86
Tabla 32 Costo de acero de la torre 12.	87
Tabla 33 Costo de acero de la torre 13.	87
Tabla 34 Costo de acero de la torre 14.	87
Tabla 35 Costo de encofrado de la torre 9.	89
Tabla 36 Costo de encofrado de la torre 10.	89
Tabla 37 Costo de encofrado de la torre 11.	89
Tabla 38 Costo de encofrado de la torre 12.	90
Tabla 39 Costo de encofrado de la torre 13.	90
Tabla 40 Costo de encofrado de la torre 14.	90
Tabla 41 Costo del concreto de la torre 9.	92
Tabla 42 Costo del concreto de la torre 10.	93
Tabla 43 Costo del concreto de la torre 11.	94
Tabla 44 Costo del concreto de la torre 12.	95
Tabla 45 Costo del concreto de la torre 13.	96
Tabla 46 Costo del concreto de la torre 14.	97
Tabla 47 Desperdicio de concreto de los edificios.	98
Tabla 48 Matriz de resultados.	101

Capítulo 1.0 Introducción

1.1 Introducción general

A lo largo de la edificación de proyectos de viviendas multifamiliares podemos asegurar que se presentan múltiples incompatibilidades y problemas que se producen en una construcción de viviendas masivas. El principio de estos problemas se origina a partir del inicio del proyecto, y esto se debe a un escaso desarrollo de diseño y planificación.

Durante la construcción hay una gran separación entre lo proyectado y lo existente, lo que nos demuestra que el proceso de un proyecto, no se realiza de forma pactada, esto dificulta en los tiempos de entrega y costo, produciendo un retraso entre las distintas especialidades y procesos involucrados.

Todas estas incongruencias y/o deficiencias podrían en realidad ser resueltas de manera correcta si se conociera la tecnología y/o metodología que actualmente se cuentan en nuestro medio, como por ejemplo el BIM. Esta tecnología nos permite gestionar, modelar y visualizar de forma virtual, los diferentes tipos de procesos de diseño de todas las especialidades, y no solo ello, sino revisar las distintas incompatibilidades que se producen mientras se diseña, consiguiendo un adecuado monitoreo de los procesos constructivos en el entorno antes de ejecutado el proyecto. Con lo cual, tenemos la ventaja de poder prever todos los problemas e incidencias que se pueda dar en el proyecto y, así mismo, cuando se vaya a construir el edificio seamos lo más eficientes, dándonos la posibilidad de optimizar procesos, innovar planteamientos, visualizar posibles cambios tanto a nivel de diseño como de planificación. De esta manera, la herramienta BIM, nos permite ver de manera virtual la proyección de la planificación en 3D.

Al inicio de esta tesis de gestión de ingeniería, se realizará una revisión de la evolución de las herramientas innovadoras en los países europeos, en algunos países de nuestro continente y en el Perú. En ella se definirá las más importantes herramientas y como han influenciado positivamente a distintos proyectos inmobiliarios. Posteriormente, se revisará la literatura de las filosofías más importantes o con mayores éxitos, como Modeling Information Building/ Virtual Design and Construction (BIM/VDC) junto a sus distintos tipos de software, cuyo objetivo es agilizar los avances de la implementación de las filosofías en el proyecto, además de generar recorridos virtuales que ayuden al cliente a visualizar sus proyectos y supervisar el avance de los mismos.

Con la información de nuestro marco teórico, nos enfocaremos en analizar la primera, segunda y tercera etapa del proyecto Condominio Nuevo Nogales (proyecto que aún se encuentra en ejecución). Se hará un análisis de las áreas como producción, control de avance del proyecto, control de presupuestos, restricciones constructivas y logística, que ayudarán de base para el análisis comparativo cuantitativo y con ello monitorear las distintas mejoras empleadas.

1.2 Planteamiento del Problema

En un proyecto de construcción masiva, que consta de muchas etapas, se ha observado que se generan constantes sobrecostos y sobretiempos en la realización del proyecto. Por lo tanto, la problemática que se quiere resolver es la baja productividad en los proyectos, muchas veces afectado por retrasos en ejecución de los mismos y la poca retroalimentación (feedback) o evaluación de lecciones aprendidas en las distintas etapas del proyecto, además de los procedimientos erróneos en la aplicación de determinadas herramientas nuevas de construcción, también de la poca comunicación u organización de trabajo.

1.3 Pregunta de Investigación

¿Cuál es el impacto en el plazo y el costo del casco, al aplicar la filosofía BIM en una etapa del proyecto Condominio Nuevo Nogales?

1.3.1 Preguntas Específicas

- ¿Cuál es el impacto en el plazo de ejecución del casco, al aplicar la filosofía BIM en una etapa del proyecto Condominio Nuevo Nogales?
- ¿Cuál es el impacto en el costo del casco, al aplicar la filosofía BIM en una etapa del proyecto Condominio Nuevo Nogales?
- ¿Cuáles es el impacto generado al aplicar la filosofía BIM en una etapa del proyecto Condominio Nuevo Nogales y subsanar los errores de diseño cometidos en el casco de la etapa 1?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Determinar la influencia de la filosofía BIM, en el plazo y el costo del casco de una etapa del proyecto de construcción masiva Condominio Nuevo Nogales.

1.4.2 Objetivos específicos

- Evaluar el impacto en el plazo de ejecución del casco de la etapa 2 del proyecto Condominio Nuevo Nogales, al aplicar la filosofía BIM.
- Evaluar el impacto en el costo del casco de la etapa 2 del proyecto Condominio Nuevo Nogales, al aplicar la filosofía BIM.

- Identificar el impacto al aplicar la filosofía BIM en el casco de la etapa 2 del proyecto Condominio Nuevo Nogales, y subsanar los errores cometidos en el diseño de la etapa 1.

1.5 Justificación

En la década pasada nuestro país tuvo una crisis en el sector de la construcción, debido a este marco se tuvo que cambiar el modelo de la planificación y con ello empezar a tomar decisiones con la finalidad de tener una mejora en la rentabilidad. No obstante, al realizar una nueva propuesta, no tuvo el resultado deseado ya que aún había resistencia al cambio.

Por ello, conforme a las diversas industrias que se van automatizando para conseguir una mayor productividad en sus diversos procesos productivos se irá reduciendo el tiempo, costo y calidad en la elaboración de sus productos. La industria de la construcción no se encuentra inmersa de dicha exigencia. Por consiguiente; en los últimos años, con el estudio de diversos sistemas de gestión y el avance de la informática, se han desarrollado filosofías y herramientas que buscan satisfacer las exigencias de los clientes. No sólo se buscan mejores precios, sino calidad en los trabajos y menores tiempos de entrega de las edificaciones. La búsqueda de mejoras ha impulsado a grandes equipos humanos, a que se dediquen a estudiar los patrones de variabilidad en las etapas de diseño, ejecución y mantenimiento. Por lo cual, esta tesis busca identificar estos patrones y desarrollar metodologías o técnicas innovadoras para un mejor control de los proyectos.

Capítulo 2.0 Marco Teórico

2.1 Antecedentes

En las últimas décadas hemos estado presentando esfuerzos para la evolución de las actuales construcciones de viviendas. Desde el 2002, se ha generado diferentes tipos de iniciativas que se han concretado en un desarrollo de objetivos, ideas, proyectos, buenas prácticas, sistemas de control, etc. Actualmente existe una gran y ardua competitividad en el rubro de la construcción, lo que obliga a las empresas pertenecientes a este rubro a optimizar al máximo sus desarrollos y sus procesos. Estos tienen distintas etapas como: información, observación, estudio, análisis, modelados (mediante software de diseño en dos o tres dimensiones), adecuaciones previas a la elaboración definitiva del objeto, edificación de obras de ingeniería en espacios exteriores o interiores, etc.

Alcántara (2013) afirma que actualmente los proyectos de ingeniería necesitan herramientas más eficientes para dirigir y gestionar el requerimiento del proyecto, no obstante, en el sector de la construcción se tiene los niveles más bajos de implementación TIC (Tecnologías de la información y comunicación), por consiguiente, se tiene que optimizar y perfeccionar sus procesos, economizar costos en procesos deficientemente diseñados (p.10).

No obstante, en estudios en Brasil (Picchi, 1993) se da a conocer las diferentes razones de los desperdicios en construcción y los errores de diseño, además nos enseña las pérdidas más importantes que se producen durante la edificación de viviendas que son la no optimización de los proyectos y el inapropiado alcance durante la fase de edificación. Como respuesta, se obtuvo que el 30% del costo total de las obras de construcción en las edificaciones son desperdicios y uno de los problemas más resaltantes de producción de desechos son los proyectos no optimizados con 6% (ver la tabla 1).

Tabla 1.

Estimación de desperdicios en obras de edificación, Picchi.

ESTIMADO DE DESPERDICIO EN OBRAS DE EDIFICACIONES		
(% del costo total de la obra)		
ITEM	DESCRIPCION	%
Restos del material	Restos de mortero	5.00%
	Restos de ladrillo	
	Restos de madera	
	Limpieza	
Espesores adicionales de mortero	Tarrajes de techos	5.00%
	Tarrajes de paredes ex/ int	
	Contrapisos	
Dosificaciones no optimizadas	Concreto	2.00%
	Mortero de tarrajeo de techos	
	Mortero de tarrajeo de paredes	
	Mortero de Contrapisos	
Reparaciones y re trabajos no computados	Repintando	2.00%
	Retoques	
	Corrección de otros servicios	
Proyectos no optimizados	Arquitectura	6.00%
	Estructuras	
	Instalaciones Sanitarias	
	Instalaciones Eléctricas	
Pérdidas de productividad debido a problemas de calidad	Parada de operaciones adicionales por falta de calidad de los materiales y servicios anteriores	3.50%
Costos debido a atrasos	Pérdidas financieras por atrasos de las obras y costos adicionales de administración, equipos y multas	1.50%
Costos de obras entregadas	Repaso de patologías ocurridas después de la entrega de obra	5.00%
	TOTAL	30.00%

Nota. Adaptado de “estimación de desperdicios en obras de construcción” por Picchi, 1993.

Alarcón & Mardones (1998) reconocieron las distintas causas en la etapa de diseño-construcción, llegando a la determinación que los daños más frecuentes eran los relativos por falta de detalles, y esto normalmente se da en los dibujos de diseño de las distintas especialidades, lo que genera incompatibilidades entre ellas (p.4-5).

En el trayecto de vida de una construcción pasa por múltiples fases, desde su programación hasta su renovación. Estas fases se conocen como Fases del Ciclo de vida del Proyecto (Project Lifecycle Phases), estas fases están agrupadas en 3 etapas, la primera es la pre-construcción (Diseño, gestión de ingeniería y programación), la segunda es la construcción (logística y ejecución) y la tercera la post-construcción (operación y mantenimiento). Las fases del ciclo de vida del proyecto tienen distintas formas de representarse, sin embargo, se optó por una subdivisión simplificada, como la siguiente: (Ver figura 1)



Figura 1. Ciclo de vida de una edificación.

Tomado de "Plan BIM" por El Ministerio de Obras Públicas (Chile), 2017.

2.2 La Filosofía BIM

La metodología BIM por sus siglas en inglés *Building Information Modeling*, busca agilizar y mejorar las fases de la gestión de la construcción durante el ciclo de vida del proyecto. Su implementación se basa en la utilización de un software o plataforma virtual que trabaja dinámicamente en base a un modelo en 3 dimensiones que está elaborado por elementos u objetos en un entorno en tiempo real (trabajo en diversas vistas en simultáneo). Además, dicho

software está totalmente implementado y equipado para realizar trabajos colaborativos, en el cual cada integrante de un equipo va ensamblando cada componente u objeto constructivo sin generar obstáculos al otro integrante. Hay que resaltar lo expuesto por Adam Strafaci (2008) en su artículo “¿What does BIM mean for civil Engineers?” en donde define que el BIM no es un producto o programa de software, más bien es un proceso basado en la información coordinada y confiable desde el diseño hasta sus operaciones (p.62).

La primera persona que empleo el concepto BIM fue Eastman et al. (1974), en su artículo de investigación “Un esquema del sistema de descripción de edificios” (An Outline of the Building Description System) empleando el término Building Product Model (p.7). Posteriormente, Jerry Laiserin popularizó el término BIM, haciendo ver como una representación digital de los procesos de construcción. (Forbes & Ahmed, 2011, p.79, 213).

Espinoza y Pacheco (2014). Los autores hacen referencia hacia un estudio de los involucrados (*Stakeholders*) en un proyecto BIM (ver figura 2) y las mejoras que se deben realizar en la etapa de diseño reconociendo los principales re-trabajos en la etapa de la edificación y las posibles mejoras que se pueden alcanzar con el uso apropiado de herramientas BIM, la finalidad del documento es reconocer los beneficios de aplicar la constructibilidad en las etapas de planeamiento y diseño (p.14-18).

Key Stakeholders

Many BIM Touch Points

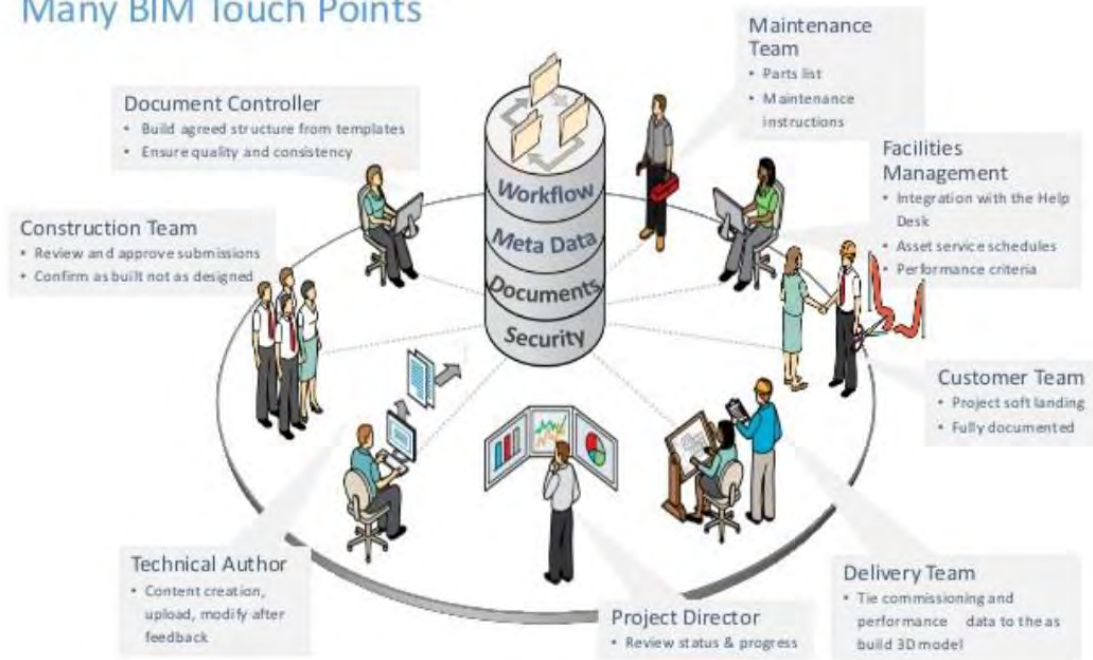


Figura 2. Los involucrados del proyecto. (Stakeholders)

Tomado de “Plan BIM” por El Ministerio de Obras Públicas (Chile), 2017.

2.3 Antecedentes Internacionales

Conforme al requerimiento de los proyectos de construcción se han ido buscando mayores exigencias y complejidades con un menor tiempo de ejecución en los avances tecnológicos de los softwares de construcción. Han empezado a surgir a finales de los años 90, múltiples programas que ofrecen entornos virtuales como: Revit, Archicad, Tekla, etc. Dichos programas han sufrido actualizaciones de mejora, teniendo consigo mejores herramientas de trabajo, y además de ello, se han venido implementando herramientas de integración de programas, haciendo que cada usuario emplee un conjunto de programas para la implantación BIM en su proyecto.

A inicios del año 2000 los países desarrollados han venido estandarizando los sistemas de gestión BIM en el mercado, identificando los problemas repetitivos, y las lecciones

que posteriormente han sabido controlar. Conforme se han venido sistematizando los procesos debido a las exigencias del mercado los mecanismos legales como: reglamentos, manuales y leyes cada vez tienen un mayor contenido, con un sistema de parámetros mucho más riguroso y exigente que permita estar acorde a la demanda del mercado y los clientes.

Estos países líderes conforme se fueron organizando, con las empresas y profesionales del rubro construcción, emitieron normas de procesos específicos del BIM para con ello obtener ganancias y mejoras en la productividad (ver figura 3). Los gobiernos han ido trabajando con diferentes especialistas para normar o reglamentar los procedimientos, en esa línea, han ido direccionado el uso de la herramienta BIM a las distintas empresas de construcción. Acorde a lo anterior, los países han conseguido mejores resultados en el tiempo, costo y calidad de la construcción.

Sin embargo, en los países en donde no han innovado sus procesos o creado sus reglamentos, están viéndose afectados sus industrias.

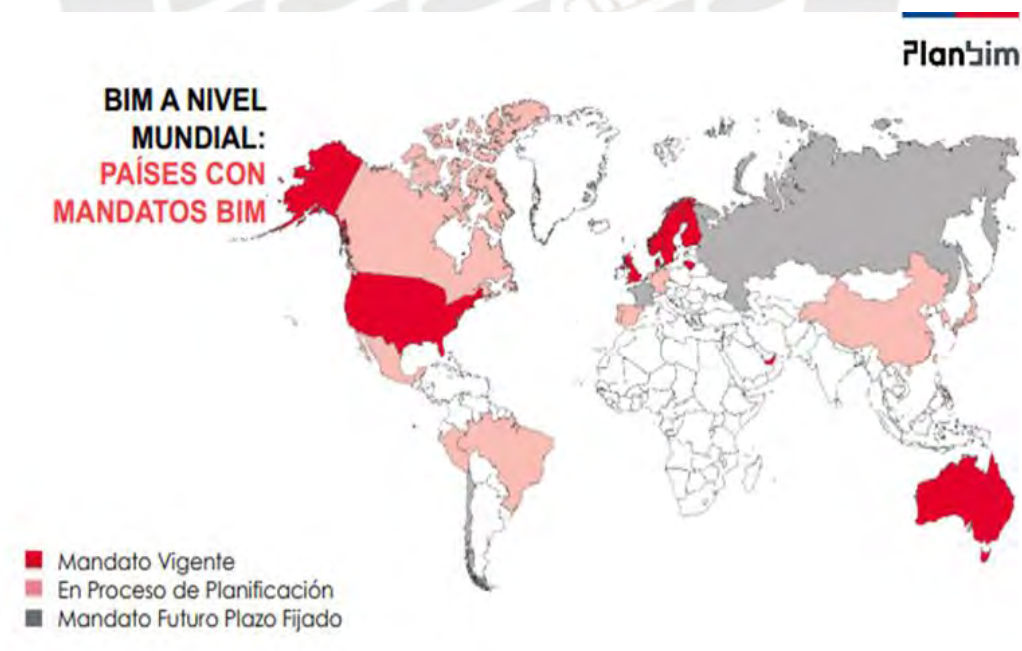


Figura 3. Países con mandato BIM

Tomado de “Plan BIM” por El Ministerio de Obras Públicas (Chile), 2017.

Alvarado y Jurado (2016). Los autores afirman que en los países escandinavos han ido implantando la metodología BIM, mediante el empleo de normas o reglamentos. En el caso de Finlandia (2012), con el apoyo de la Confederación de la Construcción Finlandesa, se determinó que el BIM era la herramienta importante en el sector construcción. Por otro lado, en Noruega se estableció un mandato nacional para establecer una mejora en la coordinación, disminuir la eficiencia energética de sus construcciones y aumentar la competitividad. Otro país que no se quedó relegado a la innovación, fue Dinamarca, que promulgó estipulaciones para la adopción del BIM en todos los proyectos del gobierno (p.19).

European SUMMIT Barcelona (2018). En el caso Alemania comienza su reglamentación fijando la hoja de Ruta para el diseño y construcción digital (Plan paso a paso para la planificación digital y la construcción 4.0), luego mediante el Ministerio Federal de Infraestructura obligar en el 2020 la utilización de la infraestructura digital. La estrategia que utiliza Alemania se basa en la marcha de proyectos piloto, para luego analizar los beneficios y los inconvenientes que resulten de la utilización de estos medios digitales. El año 2020 se ha planteado evaluar la forma en que ha venido utilizando la gestión y los sistemas digitales (p.15).

Ministerio de Fomento de España (2018). En el caso de España el Consejo de Ministros ha aprobado en real decreto, la creación de la Comisión Interministerial para la Incorporación de la Metodología BIM en la contratación pública. La comisión lo que busca es impulsar la implementación de la metodología BIM en todo el ciclo de vida de la construcción en el país ibérico. La principal función es establecer el Plan de incorporación de la Metodología BIM, cuyo marco estratégico debe estar conforme a los avances de la región, adicionalmente a ello, la comisión transmitirá información a las entidades públicas y privadas en todo lo que corresponde a la metodología.

En Estados Unidos el uso de la herramienta BIM comenzó tras la conformación de la Administración General de Servicios y el Cuerpo de Ingenieros del ejército (ver figura 4).

W N S Wan Mohammad et al., (2018) afirma que el crecimiento de la adopción del uso del BIM por la industria de la construcción norteamericana en el 2007 contaba con un 28% mientras que el año 2012 ya cuenta con un 71%, con ello se puede observar un crecimiento acelerado en la implantación BIM, además es la primera vez que hay un mayor porcentaje de contratistas que adoptaron BIM comparado con la utilización del BIM de los Arquitectos e Ingenieros (p.1).

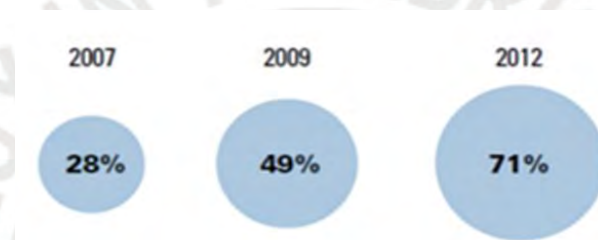


Figura 4. Niveles de adopción del BIM en Norteamérica.

Tomado de Mc Graw-Hill Construction, 2012.

EUBIM taskgroup (2016) manifiesta que el primer programa BIM que se implementó en el Reino Unido estuvo a cargo del Ministro Lord Francis Maude el año 2011. Dentro del plan se diseñó actividades para cinco años que consistía en: comunicaciones entre las empresas constructoras y el mundo académico, desarrollo de estándares, herramientas y aumentar la introducción de BIM en proyectos públicos. En dicho plan se fijó un presupuesto aproximado de 5 millones de euros que fue proporcionado a la industria de la construcción para establecer un grupo de trabajo BIM y es la encargada de establecer las formas de trabajo y los estándares de soporte (p.37-38).

HM Government (2013) afirma que se está implementando para el 2025 una estrategia de construcción, en donde establecieron como meta reducir el costo de construcción en un 33%

y el costo de vida de los activos construidos con una reducción del 50% del tiempo total de la construcción, reducción al 50% de las emisiones de efecto invernadero en la construcción y la reducción en un 50% de la brecha comercial de importaciones y exportaciones de productos de construcción y materias primas (p.5) (ver figura 5).

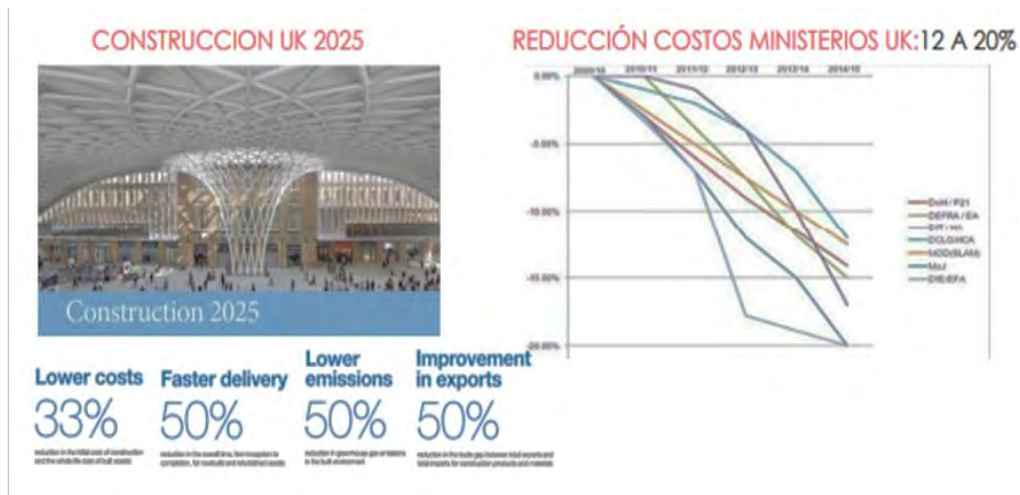


Figura 5. BIM en el Reino Unido

Tomado de “Plan BIM” por El Ministerio de Obras Públicas (Chile), 2017.

Ministerio de Obras Públicas de Chile (2017) señala que la adopción del BIM se llevó a cabo el año 2013 y comenzó con un nivel bajo en la cantidad de usuarios cerca de 37% mientras que el 2016 pasó a ser de 49% (ver figura 6). Además, el resultado actual con respecto al capital humano es que un 70% de empresas no han participado en proyectos en las que se haya utilizado el BIM, según las organizaciones encuestadas el 2016. Otro caso relevante es que el 30% de las organizaciones encuestadas usa BIM en menos de un 50% de sus proyectos (ver figura 7).

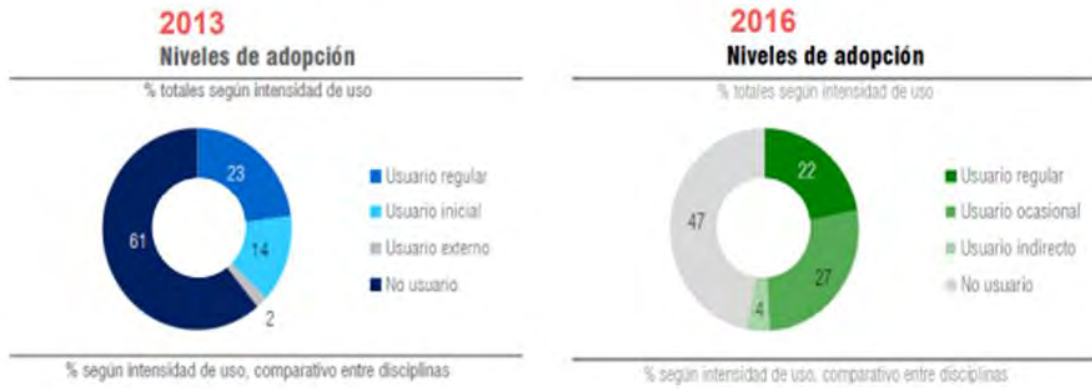


Figura 6. Adopción del BIM en Chile

Tomado de “Plan BIM” por El Ministerio de Obras Públicas (Chile), 2017.

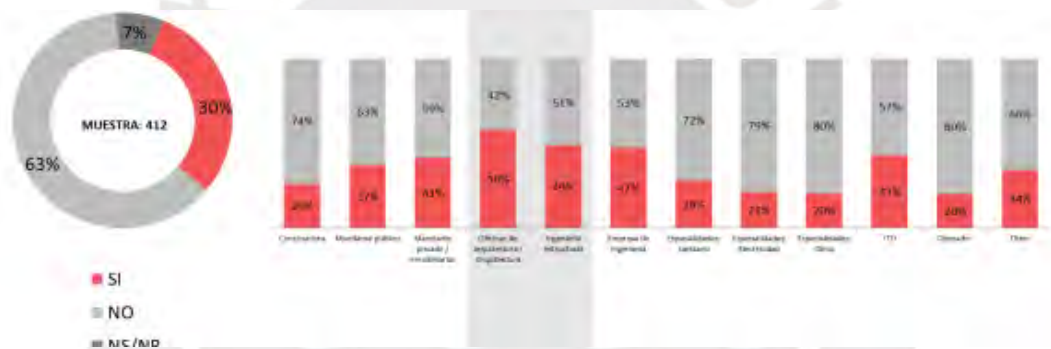


Figura 7. Adopción del BIM en las empresas chilenas

Tomado de “Plan BIM” por El Ministerio de Obras Públicas (Chile), 2017.

2.4 Antecedentes Nacionales

BIM es una herramienta aplicada en varios países de Europa. Los gobiernos de los países más desarrollados ya se han puesto en marcha para que la industria de la construcción adopte la filosofía BIM como paradigma y que la haga más eficiente, sostenible y competitiva en un mercado global. Esta filosofía en los grandes proyectos latinoamericanos aún no se realiza de manera homogénea. Un claro ejemplo son los países Chile, Colombia y Perú en la que hoy es una realidad con un incremento en la aprobación para la utilización de BIM en los proyectos privados, así como la tasa de contratación de profesionales BIM. No obstante, todavía hay un

gran desconocimiento de la metodología BIM en Latinoamérica, produciendo un bajo nivel de productividad constructiva en este sector económico tan importante.

Almeida (2019) afirma que, en el Perú, el concepto BIM en las empresas empezó cerca del 2005 y sólo las grandes empresas constructoras del país lo tuvieron a su disposición, si bien se observó los beneficios que generaban esta nueva filosofía en la construcción y el gran incremento en la producción. Era factible que se comience a organizar equipos de trabajo, por tanto, se vieron en la necesidad de crear el Comité BIM del Perú (2012) el cual pertenece a la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO). Posteriormente, observando el avance de los países desarrollados en la reglamentación de sus procedimientos, se optó por un Comité Técnico de Normalización de Edificaciones y Obras de Ingeniería Civil. Tras ello, se ha generado las primeras Normas Técnicas Peruanas sobre BIM, con resolución directoral n° 048-2018-INACAL/DN (p.3).

Por su parte, el gobierno peruano publicó el Decreto Supremo N° 284-2018-EF que aprueba el Decreto Legislativo N° 1252, en el que se dispone la creación del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones, y en el cual se incorpora metodologías de modelamiento digital de información en las inversiones del estado, dando inicio a establecer un marco legal BIM en las obras públicas gubernamentales.

Posteriormente en el año 2019, se publicó mediante el decreto Supremo N°237-2019-EF el Plan Nacional de Competitividad y Productividad, en donde se indica la medida 1.2 Plan BIM del objetivo prioritario 1, y sucesivamente desarrolla todo el conjunto de pasos para que el gobierno y las empresas privadas tengan un marco legal y técnico al adoptar la metodología BIM.

El plan BIM diseñado tiene como finalidad servir como guía o ruta estandarizada para la ejecución de proyectos de construcción en todas sus complejidades, además de incentivar el

empleo progresivo de esta herramienta en todos los niveles de gobierno, procurando el trabajo colaborativo, la transparencia y la calidad en la entrega del proyecto. En base a ello, disminuir los riesgos de construcción, ya que según Portocarrero (2017), el 85% se deben a la falta de control de la información, y el 91% al mal manejo de la información pública.

Según lo señalado por Murguía (2017), en el primer estudio de macro adopción BIM en proyectos de Lima Metropolitana y Callao, sólo el 24.5% de los proyectos de construcción implementan BIM, de ello el sector privado tiene una limitada utilización de la metodología, ya que sólo se realizan revisiones de incompatibilidades en etapa de diseño y construcción, y peor aún lo proyectos estatales (p.9).

Al contar con un marco regulatorio/normativo, lo que se busca es alinear los pasos de implementación BIM en los sectores públicos y privados, además de incentivar la utilización de BIM en todo el ciclo del proyecto.

Uno de los proyecto emblemas que se empleó BIM, fue la remodelación y construcción de las instalaciones de la Villa Deportiva Nacional (Videna), a causa de los Juegos Panamericanos Lima 2019. El proyecto destacó por su corto tiempo de ejecución, su gran nivel de complejidad, los altos estándares de calidad y su ahorro en el costo; todo ello, hacen de éste un proyecto emblema y replicable para futuros proyectos de gran envergadura en el país tanto para el sector estatal como el privado. El éxito de éste proyecto se basó en implementar la metodología en las diferentes fases del ciclo de inversión, utilizando plataformas digitales de transparencia de información; así con ello, tanto el cliente como el constructor tenga la absoluta certeza que cada elemento o producto de construcción pagado está siendo colocado en el proyecto, evitando con ello discrepancias innecesarias. La implantación BIM, no sólo se realizó a nivel del contratista, sino que integró la participación de las subcontratas a la interacción

BIM, cuyo trabajo consistía en emitir entregables compatibilizados de ejecución de obra en cada una de sus especialidades del proyecto.

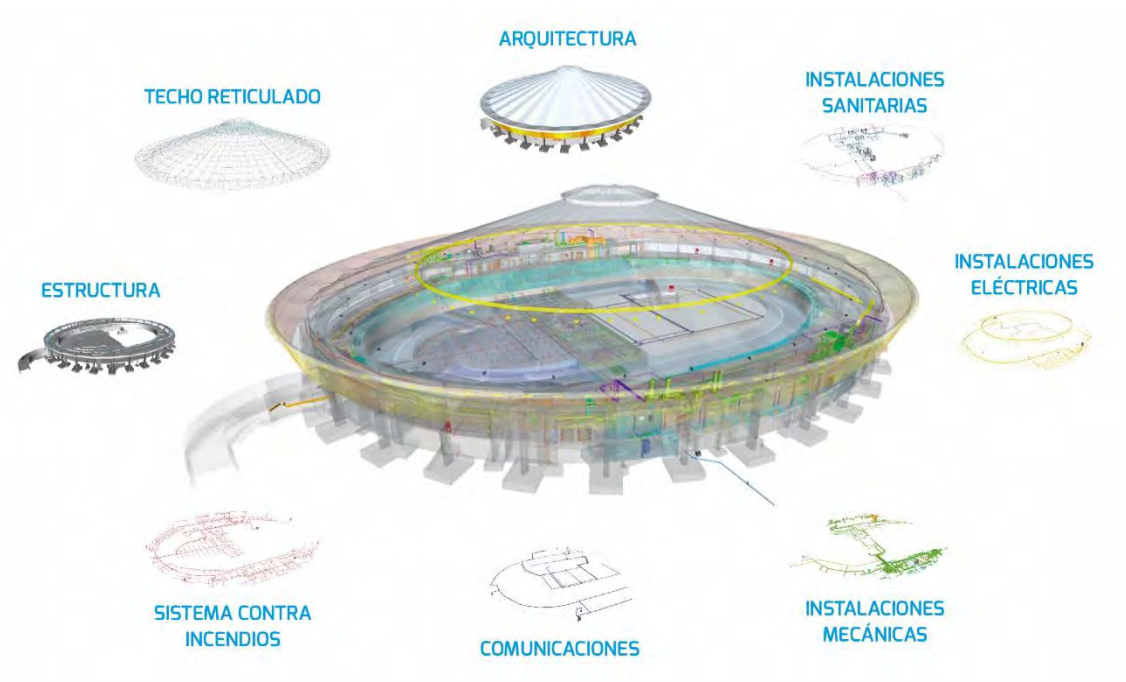


Figura 8. Especialidades del Velodromo (Videna)

Tomado de “Transformando la construcción” por Fernando Valdez (Perú), 2019.

2.5 Beneficios del uso del BIM en el diseño y la construcción

La metodología BIM beneficia a todo el sector construcción, ya que nos proporciona una reducción de la incertidumbre de riesgos de un proyecto en su concepto de diseño y construcción. Busca controlar todas las especialidades eliminando las incidencias abstractas que se incurren en proceso de planteamiento y ejecución.

“La implantación BIM abrirá las puertas a que los especialistas puedan tener diseños totalmente confiables basándose en la ubicación de cada uno de los elementos constructivos en un entorno 3D, además el concepto BIM logra abarcar tanto la planificación, seguimiento y

control de los proyectos, generando un producto con menor costo y mayor calidad.” (Alcántara, 2013, p.27).

Los diversos beneficios que nos otorga el BIM se encuentran presentes en su capacidad de visualizar los proyectos de construcción en 3D. Ello permite una interacción rápida y eficiente con el modelo. El modelo BIM nos brinda una visualización de los elementos complejos que suelen tener los grandes proyectos constructivos. Dependiendo del grado de implementación podemos observar detalles muy específicos en cada uno de estos elementos u objetos brindarnos una innumerable información en base a parámetros característicos.

Por otro lado, Mojica y Valencia (2012), afirman que el BIM nos proporciona una documentación eficiente y confiable para operar los distintos proyectos en la fase de construcción. Asimismo, favorece al trabajo colaborativo de los involucrados, con respecto al intercambio de información que pueden obtener en las diversas fases constructivas, utilizando información de otras especialidades o elementos involucrados en el proyecto (p.44- 45).

“Las principales ventajas de la metodología BIM son: mejor coordinación, aumento de productividad, diseño, mejor calidad de detalle, control de la información y facilita la relación con el cliente”. (Dataedro, 2017, como se citó en Cerón et al., 2017)

2.6 Brechas en proyectos Mi Vivienda

Es importante tener en cuenta que el Perú cuenta con un déficit de 1.8 millones de viviendas, siendo con ello uno de los países con mayor déficit de América Latina, solo después de Nicaragua y Bolivia; es por ello, que el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (MVCS) se ha enfocado en varios frentes de cambio, tanto de manera organizacional, como de beneficios en los préstamos bancarios. El objetivo frente a esta problemática es propiciar un hábitat adecuado para el desarrollo urbano, impulsando un mejor acceso al pago de viviendas,

crear ciudades más compactas, accesibles y ordenadas. Además de ello, se está trabajando para tener una mejor gestión del terreno, en donde se pueda crear financiación pública y privada de proyectos, propiciar la construcción de viviendas masivas y mejorar en la identificación de las evaluaciones del terreno (Fondo mi vivienda, 2016, p.4-5).

2.7 Reenfoque estratégico

El fondo mi vivienda (2016), optimizará los procesos operativos para con ello tener una mejor accesibilidad para la adquisición de viviendas para gente de clase baja y media. Entre ellos una de las medidas será la racionalización y modificación del bono de buen pagador (BBP) para algunos rangos de Mi Vivienda. La segunda medida es rebajar la tasa de fondeo del recurso de Mi Vivienda, cuyo costo estaba en 7.8% se bajarán a 7.1%. Otra medida con el fin de mejorar el proceso operativo de COFIDE creando una plataforma donde se visualice el desembolso en línea, además de ello eliminar comisiones de desembolso y administración. Por otro lado, también se ha visto conveniente crear mecanismos de garantía con el motivo de reducir los costos de financiamiento del crédito hipotecario ofreciendo una mejor cobertura de crédito, así como garantía para empresas constructoras con fideicomisos, con ello también ampliar la participación de empresas constructoras en el rubro. Por último, la creación de oficinas descentralizadas para que compradores de vivienda en provincias puedan tener las mismas facilidades que los habitantes de Lima (p.6-7) (ver tabla 2).

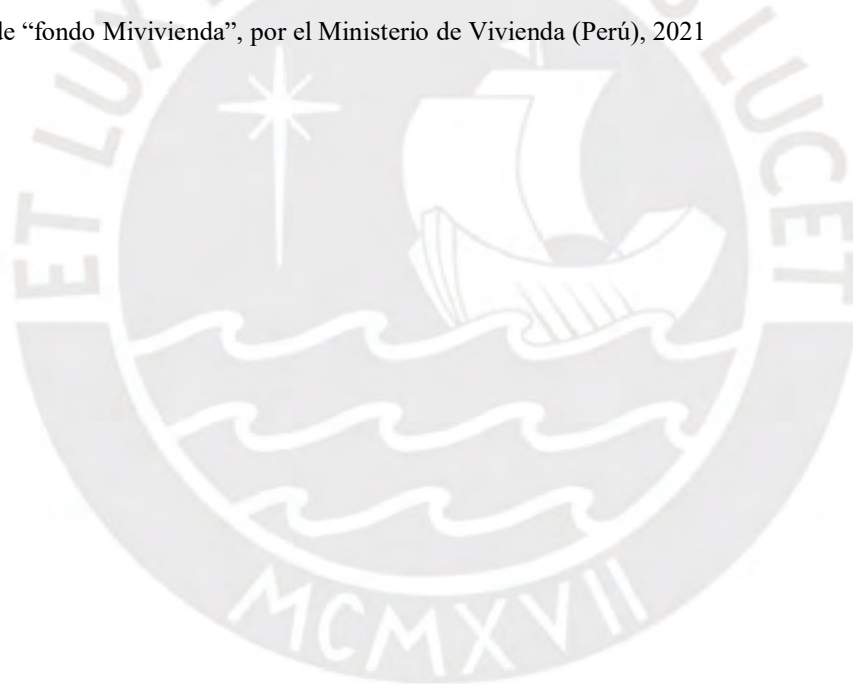
El bono de buen pagador conlleva escalas según el valor de vivienda y el tipo de vivienda, según el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento se divide en dos tipos: el tradicional y el sostenible. La vivienda tradicional se refiere a edificaciones multifamiliares, conjunto residencial o quinta que sea capaz de cumplir con las necesidades básicas de las

personas que habitan, mientras las viviendas sostenibles son similares a las viviendas tradicionales, salvo que en su concepción y ejecución cuenta con criterios de manejo de residuos, eficiencia hídrica y energética, que es valioso para disminuir el impacto ambiental. (Fondo mi vivienda, 2021)

Tabla 2
Bono del Buen Pagador para el Nuevo Crédito MIVIVIENDA

NUEVA PROPUESTA NCMV		
Valor de vivienda	BBP Tradicional	BBP sostenible
61200 hasta 87400 soles	24600 soles	29700 soles
87400 hasta 130900 soles	20500 soles	25600 soles
130900 hasta 218100 soles	18800 soles	23900 soles
218100 hasta 323100 soles	10300 soles	15400 soles

Nota. Tomado de “fondo Mivivienda”, por el Ministerio de Vivienda (Perú), 2021



2.8 Aspectos de la implementación BIM

La implementación BIM requiere de múltiples aspectos que deben ser tomados en cuenta antes del trabajo coordinado y así contar con una mejor definición en lo que respecta al nivel de desarrollo, a la metodología BIM 3D y 4D y los distintos softwares a emplear.

2.8.1 Nivel de desarrollo

El nivel de desarrollo de un proyecto está definido por una serie de estándares que se emplean al momento de concretar el alcance del proyecto, con el fin de tener claro el trabajo que se va realizar dependiendo mucho de la disposición del constructor de contar con el presupuesto y tiempo necesario al momento de implementar la metodología BIM, asimismo depende de que etapa constructiva se quiere trabajar (ver figura 9 y tabla 3).



Figura 9. LOD Nivel de desarrollo

Tomado de Editeca, 2017

Tabla 3.
Nivel de desarrollo BIM

Nivel de desarrollo	Características
LOD 100	Los elementos son tomados como una representación no geométrica de forma genérica. Mostrando la existencia de un componente, sin dar referencia su forma o ubicación exacta.
LOD 200	Los elementos son tomados como una representación geométrica de forma genérica. Mostrando la existencia de un componente geométrico respecto a su volumen, con una especificación aproximada de su tamaño y forma en una determinada posición.
LOD 300	Los elementos son representados gráficamente de forma precisa. Mostrando el componente tanto en su forma, tamaño y cantidad, en una determinada ubicación y orientación. Las dimensiones, cantidades y ubicación pueden ser obtenidas del sistema de una manera fiable.
LOD 350	Es similar al LOD 300; sin embargo, se le añade la detección de interferencias entre otros elementos de las diferentes especialidades. Se realiza un trabajo de coordinación con todos los especialistas para la obtención de un buen soporte y conexión.
LOD 400	Es similar al LOD 350 en lo que respecta a la modelación, sin embargo, los niveles de detalle tienen la precisión necesaria para el empleo de la fabricación de los elementos y su instalación.
LOD 500	El elemento alcanza una precisión exacta en lo que respecta a la ubicación y orientación, así como una representación geométrica idéntica de tamaño y forma. Se suele emplear para la representación de proyectos una vez terminada de ejecución, en etapa de mantenimiento y operación.

Nota. Tomado de "BIM FORUM Chile", por el CChC, 2017

2.8.2 Modelamiento BIM 3D.

Para la realización de la programación en obra de un proyecto con modelo 3D es necesario contar con un software paramétrico. Para este proyecto se emplea el software Revit, este programa nos permitirá sectorizar nuestro proyecto, ya sea por porciones de trabajo o también por unidades de objetos, para ello mediante el uso de filtros parametrizados, nos entregará una visualización correctamente señalado del mismo. Cabe indicar que la sectorización estará basada en un estudio previamente analizado por un equipo de ingeniería y

dependerá de la capacidad de gestión, la fuerza laboral, los implementos de logísticos y la disponibilidad de equipos de trabajo.

Los parámetros necesarios que se deben colocar o implementar en cada uno de los objetos BIM en el modelo 3D son el nivel de piso, frente y sector a la cual está ubicado el objeto y las dimensiones que describen al objeto. Las dimensiones de cada uno de los objetos deben ser las mismas indicadas en el diseño de ingeniería y su apariencia debe ser por lo menos similar al indicado en los detalles.

Para la etapa de diseño de ingeniería tenemos dos tipos de trabajo de modelamiento, el primero ocurre cuando el equipo BIM realiza el modelamiento de forma aislada con el especialista, sin embargo, los proyectistas de distintas especialidades se reúnen con el coordinador BIM mediante un cronograma de reuniones. En ella el coordinador BIM el día de la reunión entrega a los proyectistas un Log de *RFI'S* y planos de ubicación de las incompatibilidades e interferencias y un software de visualización como el software *Navisworks*, en dicha reunión se empieza a solucionar las distintas solicitudes de información (*RFI'S*) o consultas encontradas por el equipo BIM en las distintas especialidades, sin que estas no ameriten un mayor análisis de ingeniería. Las incompatibilidades o interferencias que ameriten análisis, serán levantadas previa comunicación con los especialistas involucrados. Unos días después de las reuniones el proyectista deberá enviar nuevos planos corregidos indicando en cada una de ellas las correcciones hechas y así el modelador realice los cambios en el modelo 3D. Para el término de este tipo de trabajo, se deberá tener resuelto todas las consultas al 100% de los planos compatibilizado y con ello empezar la etapa de construcción sin contratiempos.

Otro tipo de forma de trabajo es el trabajo conjunto del proyectista con el Equipo BIM, este trabajo consiste en tener al Equipo BIM trabajando coordinadamente con el proyectista,

en las cual no se suele elaborar planos, sino que toda la elaboración se realiza mediante bosquejos entregados por el proyectista o mediante indicación e implementación directa del proyectista en el modelo 3D. Las ventajas de esta opción es que los planos del trabajo son obtenidos directamente del software, cualquier modificación se realiza en el instante sin necesidad de emplear modificaciones en un plano CAD, esto a su vez obtiene una ventaja de que cada modificación se encuentra guardada y pueden ser fácilmente manejadas por el equipo BIM, además se logra una mejor interacción con los involucrados en el diseño (ver Figura 10). Aparte de ello, este tipo de implementación BIM genera un menor costo en un menor tiempo ya que no se necesita un dibujante de AutoCAD y la coordinación de cambios es directa. Una de las herramientas que nos facilita este tipo de trabajo, es el Revit.



Figura 10. Secuencia de plano 2D a un modelo 3D y el modelo 4D

Elaboración propia

2.8.2.1 Herramientas 3D

- Revit: “Es un software paramétrico que se usa para proyectar, diseñar, edificar y administrar edificios e infraestructura. El Revit consta de múltiples características las cuales son muy útiles para emplear la metodología BIM.

Esta herramienta consta de componentes paramétricos, trabajo compartido, cronogramas tabulares de información, interoperabilidad e IFC, anotaciones de presentación, Dynamo, herramientas de diseño conceptual, análisis insight, nube de puntos y renderizado en la nube. Cada uno de estas características hacen del Revit una

herramienta sofisticada, pero de fácil manejo y con todas las características que se requieren para una buena implementación BIM” (Autodesk, 2019).

- Navisworks: “Es una herramienta que nos permite la visualización de proyectos, archivos y trabajos en 3D, en ello podemos revisar las distintas incompatibilidades e interferencias, hacer una visualización de los procesos de construcción o simulaciones 4D por sectores. Se debe tener en cuenta que este visualizador es mucho más ágil que el programa Revit, sin embargo, no es un programa para modelar” (Esdima, 2019) (ver figura 11).
- Revizto: “Es un software que gestiona incidencias dentro de un entorno 3D, que es empleado tanto para el diseño de arquitectura e ingeniería, así como para la construcción. Su enfoque de trabajo colaborativo está muy ligado a la realización e implementación de la metodología BIM” (Revizto, 2021).

La ventaja del Revizto comparado con otros softwares de visualización, es que posee un gestor de incidencias, que consiste en que cada miembro puede plantear consultas (Error o Issue) en el entorno y otro miembro especialista puede plantear la solución en tiempo real. Entonces la discusión se basa en que diversos especialistas puedan coordinar y concertar la mejor solución a un determinada incompatibilidad o interferencia de un proyecto constructivo, basándose en conceptos de ingeniería empleando un entorno virtual manejable.

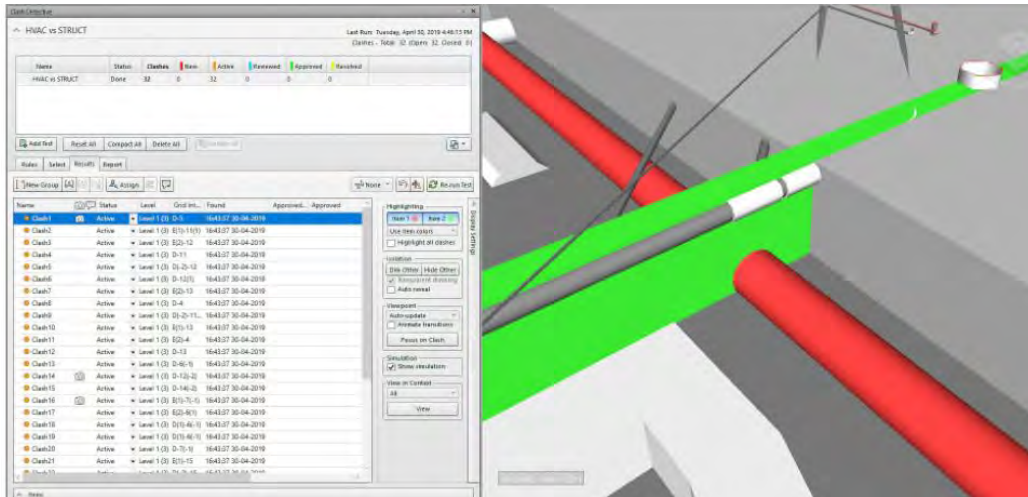


Figura 11. What is Navisworks?

Tomado de Naviswork, 2021

2.8.3 Modelamiento BIM 4D

El modelamiento BIM 4D consiste en controlar el avance de obra real diario, semanal o mensual. Para ello, se debe tener actualizado el modelo 3D con las modificaciones empleadas, se debe contar con un equipo de trabajo que recoja la información de avance diario, semanal o mensual del proyecto, se debe contar con herramientas que ayuden a la visualización de los componentes del proyecto, además de tener información de la secuencia constructiva.

El control de avance real diario (CARD) es un área que se encarga de introducir la información del avance en obra en el modelo. Para la visualización de los objetos depende del tipo de edificación. Si se encuentra en un recinto cerrado, es muy común emplear cámaras de 360° para hacer tomas conforme pasa el tiempo por cada habitación y estas imágenes a su vez pueden ser introducidos a algún software que ayude a controlar mejor la visualización. Uno de los mejores programas en el mercado es el HoloBuilder. Luego, con la información obtenida una oficina plasma el CARD en el modelo y emite planos con la cuantificación del mismo mediante tablas y diagramas de presentación.

Aparte de los reportes entregados, al gestor del proyecto, la ventaja del BIM es contar una visualización más interactiva, empleando software de visualización como el Naviswork, que cuenta con la herramienta Timeliner que recoge toda la programación del proyecto y hace la secuencia constructiva según el tiempo en que se va avanzando el proyecto. Esto puede añadirse al informe de avance y contar no solo con datos cuantitativos de avance sino una visualización continua del proyecto, esto a su vez darle al cliente una visualización al avance o retraso del proyecto.

Por otro lado, cuando un recinto es abierto, se puede emplear drones para el apoyo de la visualización, con ello el integrante del equipo CARD planifica la sectorización de sus vistas y luego monitorea el dron haciendo tomas por cada sector las veces que se requiera. Con esta herramienta se tiene un control amplio en lo que respecta al avance del proyecto.

2.8.3.1 Herramientas 4D

- Holobuilder: “Es la solución más rápida y perspicaz para los equipos de construcción obtener una visualización del avance en el tiempo del proyecto en vistas 360°” (Holobuilder, 2019).

El Holobuilder tiene como características compartir documentación visual del proyecto con diversos involucrados del proyecto, planificación de pre producción para el seguimiento del progreso en vista 360° y vistas para reuniones con el propietario, arquitecto y contratista.

- Drones: “Los drones es una solución rápida y práctica para la visualización de toda el área de trabajo, especial para la construcción de proyectos al aire libre, con ello poder conseguir imágenes sobre lugares específicos que serán utilizados en la construcción”. (kumodrones, 2019)

- Microsoft Project: Programa empleado para la realización de Cronograma Gantt de los diversos proyectos de construcción. La ventaja del programa radica en la aceptación del formato Project en la programación del Timeliner en Naviswork.

2.9 Herramientas en la gestión de ingeniería

- Manual de estándares BIM - BESCO

Describe los procesos, procedimientos y requisitos que deben seguirse para la preparación y desarrollo de modelos BIM, de manera tal que se asegure que todos los entes del desarrollo del modelo produzcan y reciban información de manera consistente permitiendo el intercambio de información de manera eficiente.

- Sperant

Originalmente es un CRM orientado a gestionar información del cliente. Cuenta con herramientas de BackOffice como la gestión de la documentación y check-list de aprobaciones las cuales permiten generar, editar y cargar documentos para luego someterlos a aprobaciones del personal interno y/o externo de Besco y finalmente distribuirlos en la estructura de carpetas creadas para el proyecto.

- AutoCAD – Autodesk

Programa en donde se plasma la información de lo que se va a construir en un plano 2D. Cada una de las especialidades del proyecto es dibujada en este software, y conforme se vayan absolviendo las consultas de interferencias e incompatibilidades se van corrigiendo los planos.

- S10

Software que se utiliza para la elaboración de presupuestos unitarios y generales de un proyecto de construcción, consiguiendo una interacción más ordenada para conseguir los costos de cada una de las partidas de obra.

Capítulo 3.0 Metodología e implementación BIM en el proyecto

En este capítulo se desarrollará la descripción general, el proceso constructivo de las partidas de encofrado y de concreto y la gestión de ingeniería que se realizó en solo dos de las tres etapas del proyecto Condominio Nuevo Nogales teniendo como resultado identificar la necesidad de la implementación de la metodología BIM y con ello obtener la mejora de procesos teniendo un control de consulta de obras para la modificación de procesos, el cual asegura un control de obra para la aplicación de la siguiente etapa.

3.1 Descripción del proyecto

El proyecto Condominio Nuevo Nogales consta de 3 etapas, de las cuales tuvo un período de ejecución del 2017 al 2020: la primera etapa ejecutada desde (noviembre 2017 - julio 2018), la segunda etapa ejecutada desde (octubre 2018- mayo 2019) y tercera etapa ejecutada desde (julio 2019 – agosto 2020). Actualmente todas las especialidades 2D de este proyecto, están listas para modelar en BIM y poder analizar interferencias o incompatibilidades en el proyecto. Este proyecto cuenta con 67,297.15 m², el costo contractual de la obra es de S/. 95, 484,672. 91 soles empresa ejecutora: BESCO SAC. (Ver figura 12)



Figura 12. Etapas del proyecto Condominio Nuevo Nogales.

Tomado de la empresa Besco.

La empresa BESCO SAC, es propietaria de un terreno de 35,091.11 m², situado en el distrito de El Agustino, provincia de Lima, departamento de Lima, contando con zonificación RDA, Área de Estructuración Urbana I. Se encuentra ubicado en Av. Los Nogales, Km 2.8 C.C., sub-manzana B-1 en el distrito de El Agustino, Provincia de Lima, Departamento de Lima. (Ver Figura 13), se puede acceder por la Vía Evitamiento ingresando por la Av. Los Nogales, El proyecto tiene un perímetro de forma irregular de 1,209.78 ml y sus límites son los siguientes:

Por el Norte: Con la Av. Los Nogales.

Por el Sur: Con propiedad de la “Fábrica de Tejidos La Unión”

Por el Este: Con propiedad de “Transformadora Atlantis Ltda. S.A.”

Por el Oeste: Con propiedad de terceros.



Figura 13. Límites de la propiedad.

Tomado de Google Maps, 2019.

3.1.1 Descripción etapa I y II

Como se había mencionado al inicio de la tesis, la etapa I consta de 2 edificios (torre 9 y 10) y la etapa II también consta de 2 edificios (torre 11 y 12). Cada edificio cuenta con una altura de 20 pisos y además un dúplex en el piso superior. Cada piso tiene ocho departamentos y está dividido en 4 sectorizaciones, cada sector consta de dos departamentos. Se debe entregar 2 departamentos diarios, según la programación del área de producción. En total se tiene 160 departamentos por edificio y se describe cada uno de ellos (ver figura 14 y 15). Cada edificio tiene un área techada total de 11,807.86 m².

- **Piso típico - 1° al 5° Piso**

Cuenta con los siguientes ambientes: sala, comedor, cocina - lavandería, hall, estar, dormitorio 01 con baño incorporado (ducha, inodoro y lavatorio), dormitorio 2 y baño 2 (ducha, inodoro y lavatorio). Área del departamento: 62.90 m² de área techada.

- Piso típico - 6° al 19 ° Piso:

Se accede a los mismos desde la circulación vertical que comunica este nivel con los demás niveles inferiores y superiores (02 ascensores y 01 escalera) se tiene hall de ascensores y pasadizo de acceso a las unidades de vivienda. Cuenta con los siguientes ambientes: sala, comedor, cocina - lavandería, hall, estar, dormitorio 01 con baño incorporado (ducha, inodoro y lavatorio), dormitorio 2 y baño 2 (ducha, inodoro y lavatorio). Área del departamento: 65.3 m² de área techada.

- Piso 20° y azotea:

Se accede al 20° piso desde la circulación vertical que comunica este nivel con los demás niveles inferiores (02 ascensores y 01 escalera) se tiene hall de ascensores y pasadizo de acceso a las unidades de vivienda. Al nivel de la azotea se accede desde el interior de cada departamento. El departamento Dúplex cuenta con los siguientes ambientes:

1° Nivel: Sala, comedor, cocina - lavandería, hall, estar, dormitorio 01 con baño incorporado (ducha, inodoro y lavatorio), dormitorio 2 y escalera que comunica este nivel con la azotea. La azotea consta de una sala de estar, hall, baño 2 (ducha, inodoro y lavatorio), 02 terrazas y lavandería. Área del departamento: 1° nivel: 65.56 m² de área techada, 2° nivel: 30.48 m² de área de terraza techada y 42.63 m² de área de terraza sin techar.



Figura 14. Modelado de la etapa 1.

Tomado de la Empresa Besco.



Figura 15. Modelado de la etapa 2.

Tomado de la Empresa Besco.

3.1.2 Descripción etapa III

La tercera etapa consta de dos edificios (torre 13 y 14), la torre 13 cuenta con una altura de 20 pisos más el dúplex en el piso superior. Cada piso tiene ocho departamentos y está dividido en 4 sectorizaciones, cada sector consta de dos departamentos. En total se tiene 160 departamentos. (Ver figura 16)

La torre 14 cuenta con una altura de 20 pisos más el dúplex en el piso superior. Cada piso tiene 10 departamentos y está dividido en 5 sectorizaciones, cada sector consta de dos

departamentos. En total se tiene 200 departamentos. Se tiene un área techada de 14,652.91m².

(Ver figura 17)

- Piso típico - 1° al 5° Piso

Se accede al mismo desde una vía interna del conjunto, accediéndose al lobby de ingreso de doble altura, hall de ascensores y circulación vertical que comunica este nivel con los niveles superiores (02 ascensores y 01 escalera) y pasadizo de acceso a las unidades de vivienda. Cuenta con los siguientes ambientes: sala, comedor, cocina - lavandería, hall, estar, dormitorio 01 con baño incorporado (ducha, inodoro y lavatorio), dormitorio 2 y baño 2 (ducha, inodoro y lavatorio). Área del departamento: 62.90 m² de área techada.

- Piso típico - 6° al 19° Piso:

Se accede a los mismos desde la circulación vertical que comunica este nivel con los demás niveles inferiores y superiores (02 ascensores y 01 escalera) se tiene hall de ascensores y pasadizo de acceso a las unidades de vivienda. Cuenta con los siguientes ambientes: sala, comedor, cocina - lavandería, hall, estar, dormitorio 01 con baño incorporado (ducha, inodoro y lavatorio), dormitorio 2 y baño 2 (ducha, inodoro y lavatorio). Área del departamento: 65.28 m² de área techada.

- Piso 20° y azotea:

Se accederá al 20° piso desde la circulación vertical que comunica este nivel con los demás niveles inferiores (02 ascensores y 01 escalera) se tendrá hall de ascensores y pasadizo de acceso a las unidades de vivienda. Al nivel de la azotea se accede desde el interior de cada departamento. El departamento dúplex cuenta con los siguientes ambientes:

1° Nivel: Sala, comedor, cocina - lavandería, hall, estar, dormitorio 01, baño 1 (ducha, inodoro y lavatorio), dormitorio 2 y escalera que comunica este nivel con la azotea. La azotea consta de una sala de estar, hall, baño 2 (ducha, inodoro y lavatorio), 02 terrazas y lavandería. Área del departamento: 1° nivel: 65.54 m² de área techada, 2° nivel: 30.52 m² de área de terraza techada y 42.53 m² de área de terraza sin techar



Figura 16. Modelado de la etapa 3.

Tomado de Empresa Besco.



Figura 17. Ubicación de la torre 14.

Tomado de la Empresa Besco.

3.1.3 Descripción del proceso de construcción en el proyecto

En el proyecto Condominio Nuevo Nogales, es un proyecto multifamiliar, de edificación monolítica.

Los edificios son de concreto armado con muros de espesores de 15 cm en los primeros niveles a partir del quinto nivel se reduce los muros a 10cm, todas las losas son de 10 cm de espesor. El concreto vaciado en las losas y muros están compuestas por $F'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ en todo el edificio, se requiere que el acabado de los muros y losas de concreto debe ser liso para la etapa de acabados. Esta etapa de acabados es crucial, sin embargo, la rectificación de muros y losas, consiste en reparar vanos y derrames, chinchones en las caras de los muros, lo cual implica tiempo y dinero. (Ver figura 18)



Figura 18. Vaciado monolítico.

Tomado de Empresa Besco.

Se realiza el encofrado tipo metálico, que consiste en paneles metálicos unidos a barras metálicas que ayudan a la conservación de su forma y resistencia a la flexión. Su función principal es adaptar el concreto fresco al molde de encofrado, controlando así su posición y alineamiento (aplomo) dentro de las normas exigidas. Se elige este tipo de encofrado porque al momento de vaciar el concreto se realiza monolíticamente los muros y la losa de los

departamentos. Este tipo de encofrado aporta una gran variedad de soluciones en el cual se obtienen altos rendimientos de construcción y de gran durabilidad de los encofrados. La empresa con la que se desarrolla este tipo de encofrado es FORSA. (Ver figura 19 y 20)

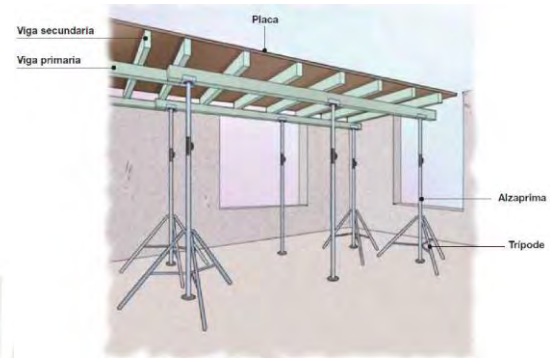
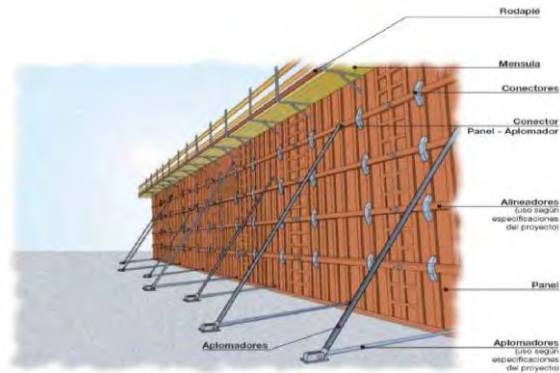


Figura 19. Encofrado metálico de muros.

Tomado de la Cámara Chilena de la Construcción.

Figura 20. Encofrado metálico de losas.

Tomado de la Cámara Chilena de la Construcción.

El vaciado monolítico: es aquel que vacía el concreto en un solo tiempo, en un día normalmente se vacía el muro y la losa de una edificación, el proyecto realiza dos departamentos diarios. (Ver figura 21)



Figura 21. Encofrado monolítico.

Tomado de Empresa Besco.

3.2 Gestión de ingeniería de las etapas II y III

Etapa previa a la construcción del proyecto durante la cual se desarrollan actividades conducentes a la generación de optimizaciones. Se empleó una metodología basada en la tecnología y en el trabajo colaborativo de un grupo multidisciplinario de involucrados. Se compone, principalmente, de tres subprocesos:

- **Gestión del diseño:**

Se caracteriza por la continua interacción con los proyectistas para permitir la retroalimentación a los diseños permitiendo incluir la perspectiva del constructor (aportes de constructibilidad).

- **Gestión BIM:**

Se modelan todas las especialidades con la finalidad de detectar oportunamente las interferencias entre ellas, para generar un modelo integral y compatibilizado del cual se puedan obtener metrados con un alto grado de precisión.

- **Gestión de costos y planificación:**

Se proponen alternativas a las partidas del presupuesto base con el propósito de optimizar, en términos económicos y/o plazos, los materiales, acabados, procesos constructivos, etc.

3.2.1 El alcance de la gestión de ingeniería en las etapas II y III

Inicia con la transferencia de información en donde BESCO INMOBILIARIA hace entrega de los documentos correspondientes al anteproyecto. Luego, mediante la reunión Kick-Off se da inicio formalmente a la Gestión de Ingeniería. En el caso del Proyecto Condominio Nuevo Nogales, etapa 3, el alcance comprende:

- Edificio 14
 - ✓ Bono verde.
 - ✓ Nueva cantidad de concentradores.
 - ✓ Requisitos de gas.
 - ✓ Actualización del proyecto de INDECI.
 - ✓ Nueva propuesta de losa del dúplex.
 - ✓ Reubicación de tomacorrientes de dormitorio principal.
 - ✓ Nueva propuesta de IISS.

En términos generales, a lo largo de la Gestión de Ingeniería se realizará una continua investigación en el análisis de productos y de sistemas constructivos que puedan resultar alternativas para las partidas del Proyecto Condominio Nuevo Nogales – Etapa II y III. Estos análisis se plasman en comparativos que forman parte de las propuestas de mejora. Se elaboró la siguiente figura 22.

En base al proceso de gestión de ingeniería, es preciso detallar la implementación del proceso constructivo. Para iniciar se elaboró el anteproyecto, donde los diferentes especialistas de cada partida desarrollan el diseño del proyecto, entregando los planos para seguir con la secuencia constructiva. Posteriormente, ingresan la información a una etapa de optimización, donde un equipo BIM liderado por el coordinador BIM comienza con el trabajo por separado y revisan el posicionamiento de cada uno de los elementos de construcción en un entorno 3D, con el fin de establecer la ubicación definitiva de cada elemento y así tener una menor variabilidad de modificación en la etapa de construcción, para tener una mayor predictibilidad en el proyecto. En el proceso de optimización cada especialidad está agrupada en dos etapas y cada una de ellas cuenta con reuniones ICE-1 e ICE-2, en donde los involucrados del proyecto revisan en conjunto cada una de las consultas encontradas en el entorno 3D, las cuales clasificadas en diversos tipos dependiendo del procedimiento que se sugiere seguir para

subsancar interferencias e incompatibilidades. Los entregables obtenidos son conducidos a la etapa de realización del expediente técnico. Asimismo, la información obtenida de estos entornos 3D sirve como insumo para conseguir el presupuesto, dando a la entrega metrados con un alto grado de precisión, lo que conlleva a la elaboración de la planificación de obra.

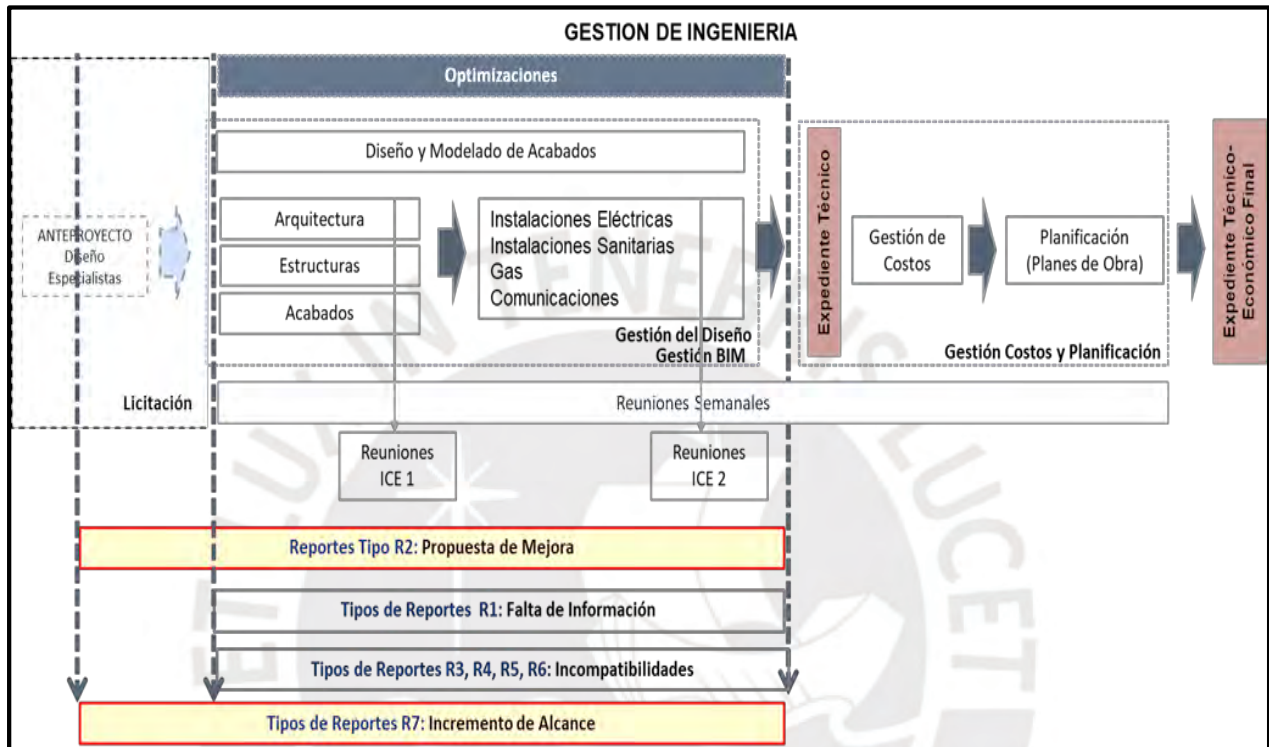


Figura 22. Macroproceso de la gestión de ingeniería.

Tomado del Informe Técnico Besco.

3.2.2 Organigrama del equipo de trabajo en la gestión de ingeniería

Para un adecuado trabajo en BIM es indispensable contar con un equipo especialista en su campo; además de ello, todos los involucrados del proyecto deben tener el conocimiento de las funciones que realizan y tener claro las directivas encomendadas por su jefe de área. Por ello, se procede a establecer un organigrama de jefaturas y asistentes del proyecto Nuevo Nogales. Se elaboró la siguiente figura 23.

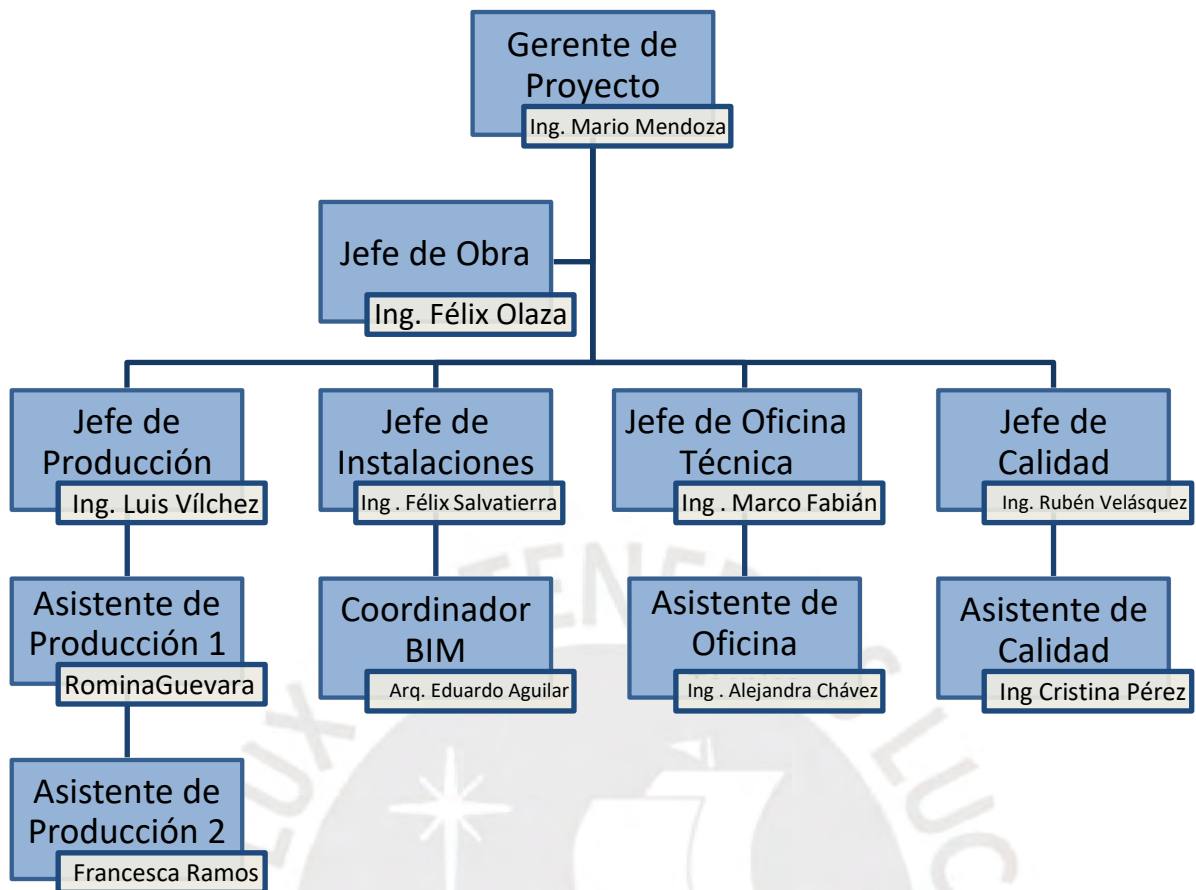


Figura 23. Organigrama del equipo de trabajo.

Elaboración Propia.

3.3 Gestión e implementación BIM

En base a optimización de trabajo del proyecto Nuevo Nogales, se ha requerido el empleo de la metodología BIM a partir de la segunda etapa del proyecto. El empleo del software con mayor utilización en el mercado se hizo presente para que junto a otros softwares de manera inter-operativa encuentren la mayor cantidad de errores de diseño en los planos, que muchas veces se deben a contar con un disminuido entrelazamiento de los diversos planos de construcción en el esquema mental del cerebro tanto de una especialidad o entre especialidades. Por otro lado, los detalles de las especificaciones técnicas pueden pasar por alto los requerimientos que se requieren, es por eso que posteriormente se revisará la manera de organizarse en una coordinación en el área BIM.

3.3.1 Lineamientos de gestión BIM

Los lineamientos BIM nos servirán para tener una secuencia de trabajo correcta, en las cuales los involucrados estén correctamente al tanto de los procedimientos de trabajo, además con ello cada involucrado se relacione de una manera más sostenida con las diferentes áreas de trabajo. (Ver figura 24)

a) Reunión de involucrados:

Para empezar una buena implementación BIM es necesario establecer al inicio una reunión de trabajo en donde se encuentren los involucrados de la etapa de optimización BIM, en ellos se expondrá la forma de trabajo del BIM, las herramientas que se usarán, los entregables que se validará, el cronograma de las reuniones y la función en la interacción de cada uno de los involucrados.

b) Nivel de detalle:

Es necesario para una implementación definir el nivel de detalle en la que se va a proceder a modelar. Por lo tanto, cada involucrado debe conocer el alcance que deberá cumplir, en cuyo caso es indispensable que la subcontrata, el constructor y el diseñador tengan en cuenta su alcance de trabajo. Para el sostenimiento del trabajo es necesario tener actualizado el cronograma de reuniones, las herramientas de comunicación e interacción con los involucrados, los procedimientos a seguir y los requisitos o entregables de entrada y de salida que deben gestionar.

Para el presente proyecto el nivel de desarrollo que implemento la empresa constructora fue un LOD 350, que consiste en una revisión exhaustiva de las interferencias e incompatibilidades, además de recoger información de metrados de volumen de concreto y encofrado de concreto. El nivel de detalle es preciso en su

representación gráfica, por tanto, con ello se puede realizar un análisis minucioso, es necesario tener en cuenta que el LOD seleccionado, garantiza el correcto funcionamiento del trabajo a realizar, sin buscar sobre estimaciones que encarecen el proyecto, además que aumenta el tiempo de entrega de la resolución de consultas. Además, este análisis es de mucha importancia para establecer el equipo BIM, la calidad de visualización en el control de obra, los cortes de detalle y el acompañamiento de revisión del proyecto por parte del cliente.

c) Alcance de los involucrados

Los coordinadores BIM hagan un monitoreo a la gestión BIM en obra y puedan subsanar los inconvenientes en referencia a incompatibilidad e interferencias en la entrega de la documentación del desarrollo de la gestión BIM.

Para tener un orden en el concepto de las especialidades, el coordinador BIM designará el trabajo diario o semanal del modelador, su nivel de detalle y su entrega del LOG de incompatibilidades en las fechas estipuladas, las personas que trabajaran en lo que respecta al control de obra y los que se encargaran de extraer la información de los metrados conforme a las partidas estipuladas en el presupuesto de obra y así contar con un mejor control.

d) Trabajo de coordinación

El trabajo coordinado BIM comprende en la forma en que el equipo BIM se distribuye el trabajo, dependiendo de la versatilidad que cuenta el software BIM en que se realiza el trabajo. La versatilidad depende de la tecnología interactiva que cuenta y la inter-operabilidad entre otros programas que otorgan una amplificación de funciones, para la visualización del entorno, el seguimiento y control y la obtención de información analítica que pueda conseguirse de la metodología. El

software empleado y que es comúnmente usado en el mercado local es Revit. Este software cuenta con dos formas de trabajo:

El primero consiste en “modelos vinculados por especialidad”, se refiere a dividir el trabajo, ya sea por porciones del proyecto y por especialidades; cada uno en distintos modelos y trabajados de manera separada, empleando por medio de sus funciones el linked models, la cual permite unir los modelos en un modelo principal. Este tipo de trabajo, hace que el “modelador 1” trabaje de manera paralela con el “modelador 2” en lo que respecta al modelado de las partidas; por tanto, pueden hacer el modelado y compatibilizado del proyecto de manera separada y aumenta la rapidez y fluidez del trabajo en la computadora personal (PC), ya que utiliza menos memoria. Las actualizaciones de trabajo se realizan bajo una red local o mediante el empleo de una nube de almacenamiento como el BIM360, en donde se van adjuntando los diferentes modelos de trabajo, pudiendo descargarse y unirse en el programa Revit e ir revisando los errores de diseño. La ventaja del BIM360 es que permite revisar la información de los modelos desde cualquier lugar.

Por otro lado, el trabajo simultáneo mediante uso de Workset, es otra opción de trabajo que se puede emplear en Revit. Este tipo de trabajo se realiza creando Worksets por cada especialidad o por cada sistema de especialidades; por tanto, cada modelador podrá realizar trabajo en un solo entorno o modelo, para ello se requiere cambiar la opción de worksets para poder hacer cambios de la especialidad de trabajo. Es necesario resaltar que este tipo de trabajo se requiere de un mejor soporte de computadora personal (PC), además de una red local centralizada con gran rapidez en el manejo de procesamiento, así obtener la mejor eficiencia de trabajo.

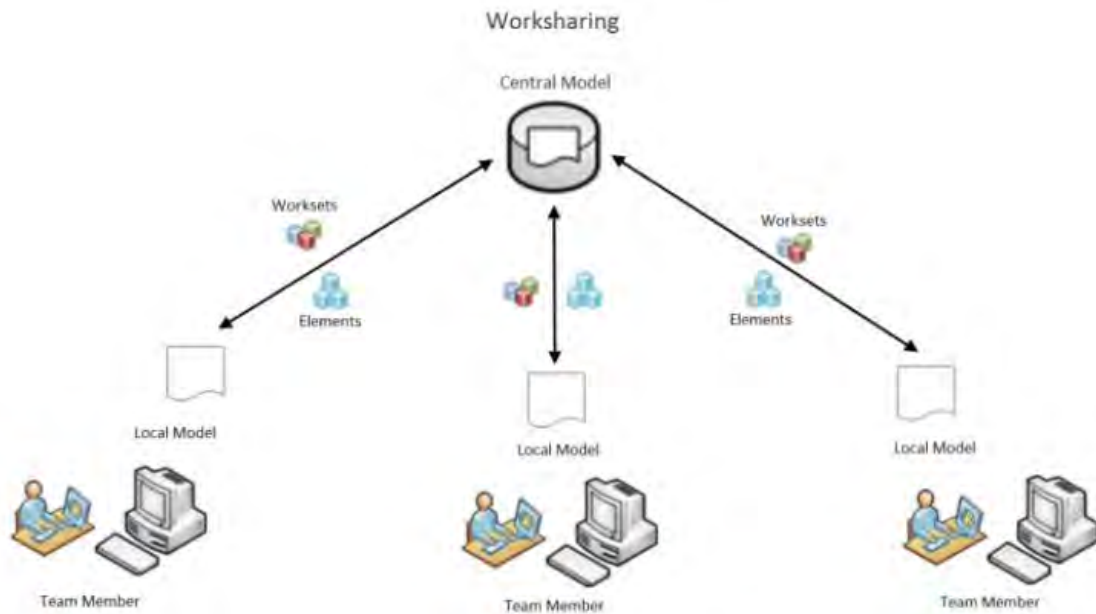


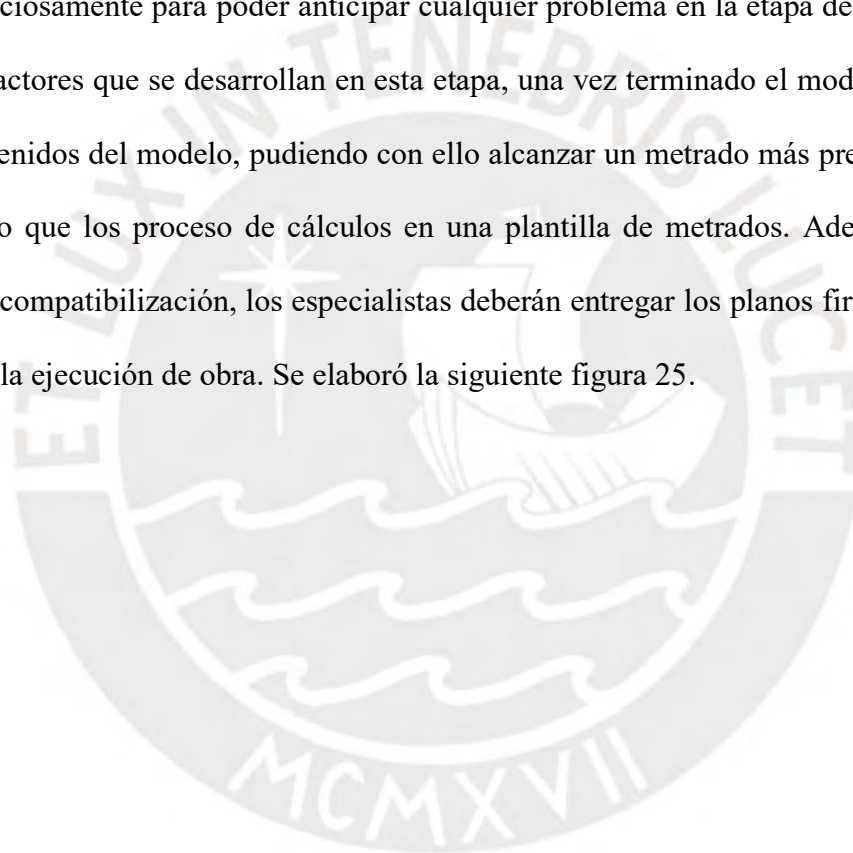
Figura 24: About Worksharing.

Tomado de Autodesk (2021).

3.3.2 Procedimiento para la implementación BIM

Para la implementación BIM se ha estructurado la secuencia de los trabajos que se van a realizar por cada etapa de la línea constructiva. En un inicio, en la etapa de anteproyecto se realiza la elaboración del alcance de la implementación BIM, para ello se hace una evaluación del tiempo de forma general en el que se limita el día de inicio y fin de los entregables de toda la fase de diseño del proyecto, teniendo en cuenta los recursos con el que se cuenta, entre ellos los equipos de hardware y software ya instalados en el sistema, la sistematización de la red para trabajo colaborativo así como escoger a la persona idónea para liderar el proceso de coordinación BIM (BIM Manager), determinando la características necesarias para afrontar dicho reto. Dentro de la etapa de alcance se define el proyecto, los software a emplear (Revit, Autocad y Naviswork) y las funciones de cada uno de los integrantes que conforman el equipo BIM. Finalmente, se entrega la documentación necesaria del alcance para comenzar con la fase de diseño y optimización del proyecto Nuevo Nogales.

Para dar inicio a la fase de diseño, se ha desarrollado un plan de implementación con un detallado más riguroso. En el detalle se especifica el cronograma de trabajo de cada especialidad, las reuniones y la función específica que va realizar cada integrante del equipo BIM. Para ello, se reparte la información necesaria a cada integrante (especificaciones técnicas, planos y alcance del proyecto) y se entrega un manual de procedimientos BIM que enmarca una línea de trabajo en el modelado. En esta etapa también se revisan los cambios que se deberían hacer dependiendo de los requerimientos del expediente técnico analizados en el modelo minuciosamente para poder anticipar cualquier problema en la etapa de construcción. Otro de los factores que se desarrollan en esta etapa, una vez terminado el modelado, son los metrados obtenidos del modelo, pudiendo con ello alcanzar un metrado más preciso y con un menor tiempo que los proceso de cálculos en una plantilla de metrados. Además, una vez terminado la compatibilización, los especialistas deberán entregar los planos firmados para el comienzo de la ejecución de obra. Se elaboró la siguiente figura 25.



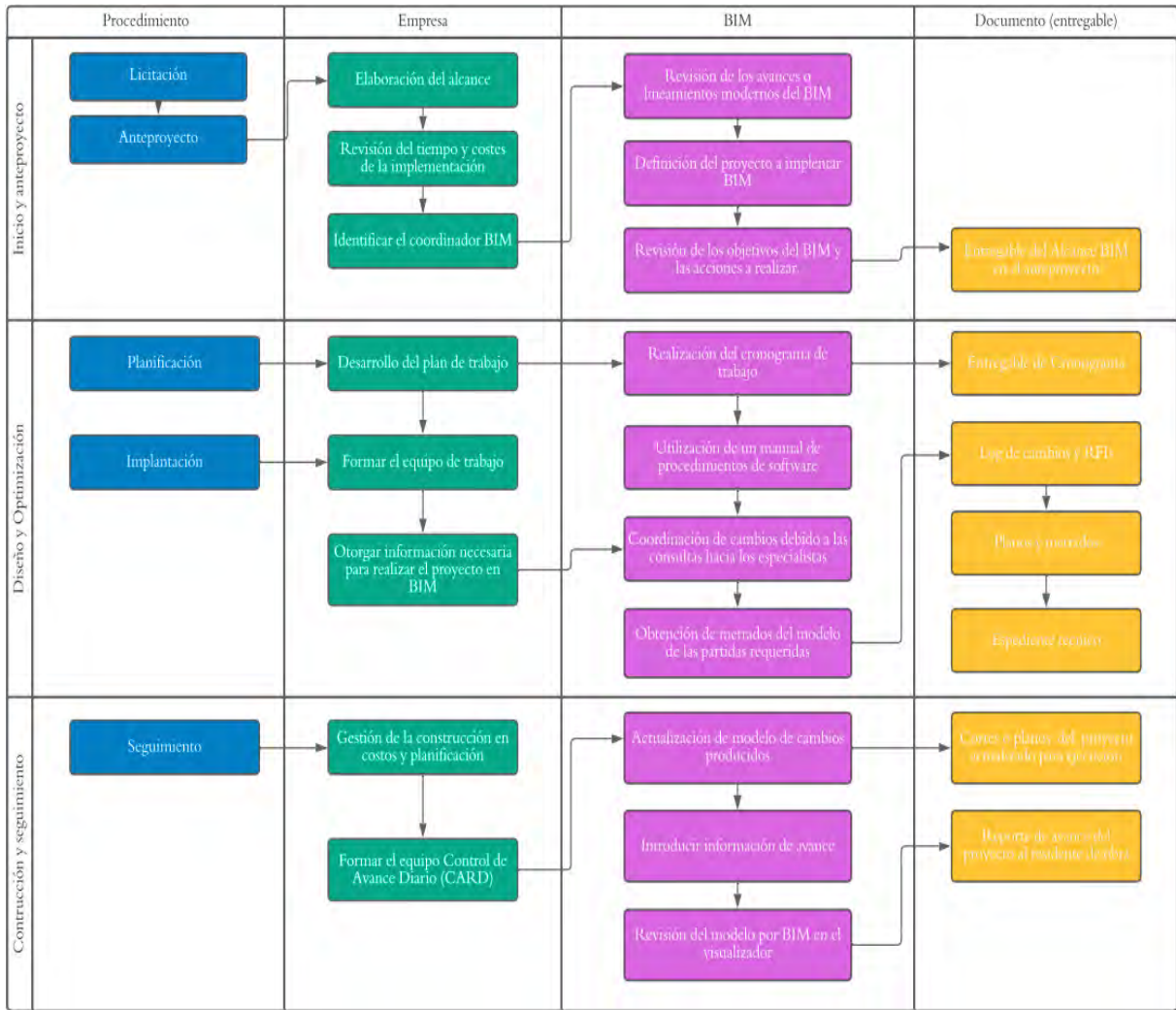


Figura 25. Plan de implementación BIM Etapa de Inicio, Diseño y Construcción.

Nota: Figura adaptado de Barco (2018)

En la etapa de construcción y seguimiento se cuenta con un equipo BIM que realizará las modificaciones de obra propuestas por la inmobiliaria BESCO, este equipo deberá modelar y compatibilizar los nuevos cambios, además deberá emitir nuevos planos para la ejecución en obra. Por otro lado, el equipo BIM revisa imágenes del avance de obra de cada especialidad y lo plasma en el modelo en el software Revit, luego emitir un reporte del avance de obra junto con la curva S, metrados, presupuesto de lo realizado diariamente. Contar con esta información ayuda a los gestores de la obra puedan tomar decisiones según el estado del proyecto.

3.3.3 Mejora de procesos

El proyecto fue compatibilizado bajo la metodología BIM en ella se trabajó modelando cada una de las especialidades.

En la siguiente tabla (ver tabla 4) se pueden observar las especialidades que están involucradas en la consulta, la descripción de la consulta y la respuesta de proyectista de cada especialidad, junto a la fecha de entrega de consulta.

Tabla 4.
Log de control de cambios

N°	TIPOS	ÁREA DE PROCEDENCIA	ESPECIALIDAD	DESCRIPCIÓN DE CONSULTA	N° CONSULTA	ADMISION A D.I.
3	Diseño	Of. Técnica	ESTRUCTURAS	Se solicita reforzar la losa del edificio 12 en los siguientes ambientes: dormitorio 2 y estar, debido a que se presentaron fisuras en el cielo raso de los edificios 9, 10 y 11.	1	1/02/2019
21	Diseño	Of. Técnica	ESTRUCTURAS	Se solicita resolver incompatibilidades de cortes de cimentación en cisterna 2	5	22/04/2019
25	Diseño	Of. Técnica	ESTRUCTURAS	Se solicita confirmar si la losa de piso del sótano 1 está preparada para recibir una carga de 2.4 Tn ejercida por el Grupo Electrónico.	6	7/05/2019
26	Diseño	Of. Técnica	ESTRUCTURAS	Se solicita confirmar si es viable realizar perforaciones con diamantina de 3" dentro de un paño de 23 x 66 cm en las placas M-09 y M-10 del Edificio 12 para pase de tubería Conduit.	7	7/05/2019
27	Diseño	Of. Técnica	ESTRUCTURAS	Se solicita corregir y actualizar el archivo (Encofrado de techo), ya que las plantas del edificio 12 no corresponde con el nivel indicado.	8	8/05/2019
33	Diseño	Of. Técnica	ESTRUCTURAS	Se solicita el detalle del corte 8-8 donde termina el muro M2 ubicado en el plano de azotea E-08, entre los ejes 2-3 y ejes L-M. No existe detalle de corte 8-8.	9	17/05/2019
36	Diseño	Of. Técnica	ESTRUCTURAS	Se solicita compatibilizar los espesores de la escalera dúplex (edificio 12) indicado en Estructura y expresarlas a los planos de Arquitectura, sobretodo la del descanso y 1er y 2do tramo.	11	22/05/2019
44	Diseño	Of. Técnica	ESTRUCTURAS	Se solicita el detalle de la intersección entre el muro M7 y las vigas (D 7-7) ubicado en el nivel de la Azotea, debido a que no se especifica en los planos.	13	28/05/2019
67	Diseño	Of. Técnica	ESTRUCTURAS	Se solicita el detalle para el reforzamiento de un muro de 3.50 mt de altura (sílico calcáreo) ubicado en el Cto. De Grupo Electrónico 1.	15	16/07/2019

Nota. Tomado de reporte operativo mensual (RO), por empresa BESCO, 2019.

Ejemplos en el proyecto por medio de la metodología BIM relacionados con las áreas modificadas

- **Área modificada 1:** En este sector se desplazó, paralelamente y en la misma línea, el edificio 14 hacia la derecha, acercándolo hacia el Lobby de Ingreso 1, y generando un espacio de descanso entre los edificios donde se plantea, además, la reubicación de la salida de emergencia. (Ver figura 26)



Figura 26. Etapa 3, torre 14.

Tomado de la Empresa Besco.

- **Área modificada 2:** En este sector se modificó el edificio 13, de modo que permita una circulación peatonal más directa y menos interrumpida, así como también la ampliación de los espacios recreacionales tales como la piscina y la losa deportiva. (Ver figura 27)



Figura 27. Etapa 3, torre 13.

Tomado de la Empresa Besco.

El conjunto de cambios observados (Log de cambios) en la evaluación BIM, realizan una disminución sustancial de la etapa 2 a la etapa 3, esta disminución se debe al gran porcentaje de cambios realizados en la etapa 2 y que ya no se realizaron en la etapa 3 al ser edificios muy similares, produciendo una disminución porcentual equivalente a la mitad de los cambios. En la etapa 1 no hubo cambios realizados ya que no se implementó la metodología BIM; por tanto, no se cuenta con un Log de cambios en la etapa 1. (Se elaboró la siguiente tabla 5)

Tabla 5
Tabla de cambios en obra.

Cambios realizados en el entorno BIM			
Especialidad	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Estructuras	-	18	9
Arquitectura	-	19	6

Fuente: Elaboración Propia.

3.3.4 Consultas de obra: Request for information (RFT s)

Así mismo, a lo largo del desarrollo de esta etapa, se presentan reportes en los que se detallan las observaciones y análisis al expediente técnico inicial entregado por el cliente. Estos reportes se encuentran clasificados en siete tipos: R1, R2, R3, R4, R5, R6 y R7. (Se elaboró la siguiente figura 28)



Figura 28. Tipos de observaciones.

Elaboración propia.

Las consultas obtenidas de una evaluación rigurosa en las etapas del proyecto, fueron segmentadas por tipos. En la evaluación sólo se realizaron consultas de tipo R1, R3, R4 y R7. Las consultas disminuyeron de una etapa a otra relativamente, esto se debe a la similitud de las etapas. La cantidad de subsanaciones de errores resueltos con BIM son las que se indican en la tabla 6.

Tabla 6

Tabla de subsanación de errores de diseño con BIM.

RFI's BIM de Estructuras y Arquitectura			
Tipo	Etapa 1 (sin BIM)	Etapa 2 (BIM)	Etapa 3 (BIM)
R1	-	27	20
R2	-	0	0
R3	-	8	6
R4	-	26	21
R5	-	0	0
R6	-	0	0
R7	-	12	10
R8	-	0	0
R9	-	0	0

Nota. Cantidad de RFI's por tipo de observaciones.

Elaboración Propia.

El impacto debido al empleo de la metodología BIM en la detecciones de errores en los planos antes de la ejecución del proyecto Condominio Nuevo Nogales etapa 2 y 3 son significativos. Encontrando consigo una cantidad considerable de incompatibilidad o interferencias de obra presentes en la construcción tanto de la estructura como de la arquitectura. Cada una de estas incompatibilidades se resolvieron con mucha anterioridad a su ejecución; por tanto, se disminuyeron los retrasos de obra, se redujo el desperdicio de recursos y se mejoró la calidad de la construcción, generando un impacto positivo al proyecto.

Capítulo 4.0 Análisis y comparativos de las partidas del proyecto

En este capítulo se procederá a analizar las 3 etapas de construcción del proyecto Condominio Nuevo Nogales Etapas 1, 2 y 3.

En la primera etapa se observa los resultados de mejora de su secuencia constructiva sin emplear la metodología BIM mientras que en la segunda y tercera etapa se muestra las implicancias en el uso de la metodología y los resultados con respecto al tiempo y costo en su ejecución, así como la calidad de entrega y mejoras en la interacción con los involucrados.

Tabla 7
Descripción de las etapas del proyecto.

Etapa	Metodología	Características
Etapa 1	Sin el empleo de metodología BIM	<ul style="list-style-type: none"> ● Expediente técnico. ● Planos en CAD. ● Metrado manual. ● Manejo de RFI's durante la ejecución del proyecto.
Etapa 2	Con el empleo de metodología BIM	<ul style="list-style-type: none"> ● Gestión de ingeniería. ● Expediente técnico. ● Empleo del CAD. ● Análisis de interferencias e incompatibilidades en el entorno 3D. (RFI's antes de la ejecución) ● Levantamiento de observaciones de la etapa 1. ● Empleo de la metodología BIM: Sectorización y metrado. ● Manejo del entorno 3D durante la ejecución.

Etapa 3	Con el empleo de metodología BIM	<ul style="list-style-type: none"> ● Gestión de ingeniería. ● Expediente técnico. ● Empleo de CAD. ● Análisis de interferencias e incompatibilidades en el entorno 3D. (RFIs antes de la ejecución) ● Levantamiento de observaciones de la etapa 2. ● Utilización de la metodología BIM: Sectorización y metrado. ● Manejo del entorno 3D durante la ejecución.
---------	----------------------------------	--

Elaboración propia.

4.1 Procedimiento de la sectorización BIM

Para la realización de la sectorización del modelo BIM debemos tener en cuenta que se debe realizar un análisis volumétrico y de rendimiento de cuadrillas para obtener el mejor sistema secuencial constructivo, que te brinde un mejor tiempo y costo; en base a ello, se define a que sector pertenece cada elemento estructural. Por tanto, para señalar a cada uno de los elementos estructurales se requirió el empleo de herramientas (piezas o parts) que cuenta el Revit.

En el Revit se emplea la herramienta Piezas para conseguir una correcta división de los elementos estructurales como manda una correcta sectorización bajo el principio de dividir los elementos estructurales horizontales, ya sea el caso de vigas y losas que deben ser cortadas en su mayoría a un 1/3 de su longitud, aunque a veces deben ser cortadas dependiendo de la sectorización límite.

Para conseguir el elemento particionado, primero debemos tomar el conjunto de elementos estructurales horizontales y colocarle como pieza, luego insertar el plano de

sectorización, en referencia a ello colocar líneas límite entre sectores, a cada una de estas líneas poner la opción de dividir, ello dará como resultado los sectores particionados. (Ver figura 29).

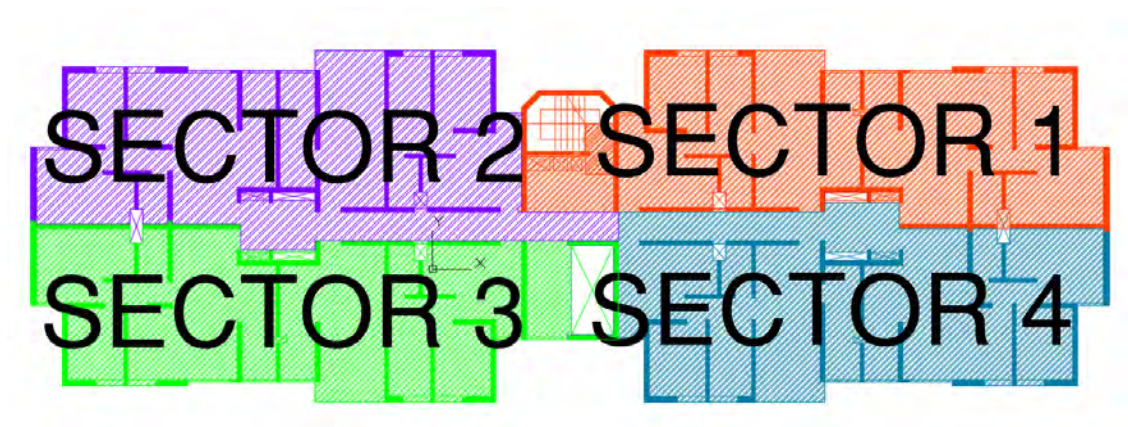


Figura 29. Sectorización por día.

Tomado de la empresa Besco.

4.2 Implementación del BIM

Para la colocación de parámetros debemos con anterioridad evaluar que parámetros nos servirán en la clasificación de los elementos estructurales. Uno de los parámetros importantes que nos servirán en nuestra clasificación es el código del elemento que representa el nombre o etiqueta de cada elemento estructural, señalados en los planos de obra. Otro de los parámetros que es necesario colocar a cada elemento es el nivel o piso al que pertenece cada elemento, el tipo de vaciado que puede ser vertical (placas, muros y columnas) u horizontal (vigas, losas y parte de los elementos verticales que se vacían como elementos horizontales); representados como vertical (V) y horizontal (H). Además, se añade en el parámetro GEN-sector los objetos según el sector al que pertenecen. Tener en cuenta que cuando se tiene elementos particionados y se quiere obtener metrados, se debe activar la opción de visualización de parts y proceder a llenar el GEN-sector con el sector correspondiente. Se elaboró las siguientes figuras 30 y 31.

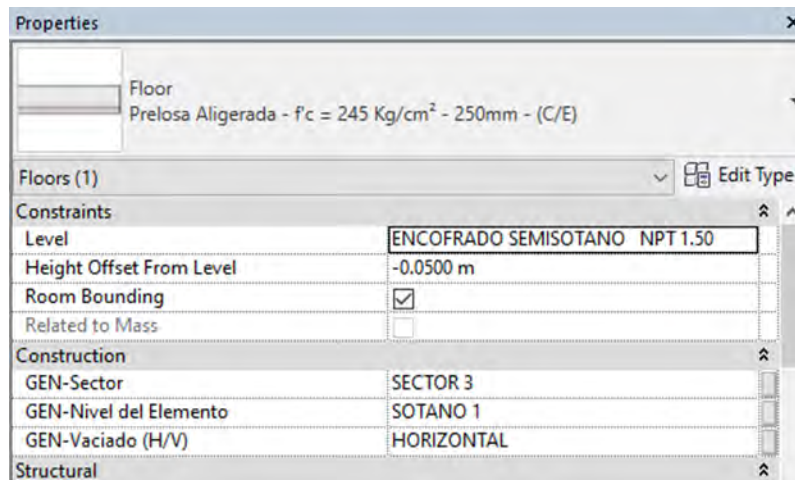


Figura 30. Parametrización de los objetos.

Elaboración propia.



Figura 31. Parametrización de los objetos.

Elaboración propia.

Por otro lado, es necesario identificar cada una de las piezas o partes, puesto que los proyectos requieren de un control codificado de cada una de los elementos del proyecto. Para la realización de este proyecto se empleó el programa integrador de códigos DYNAMO. Se

elaboró la siguiente figura 32. Con el fin de colocar a cada uno de los objetos un código ID BIM y poder diferenciarlos a la hora de realizar los metrados correspondientes.

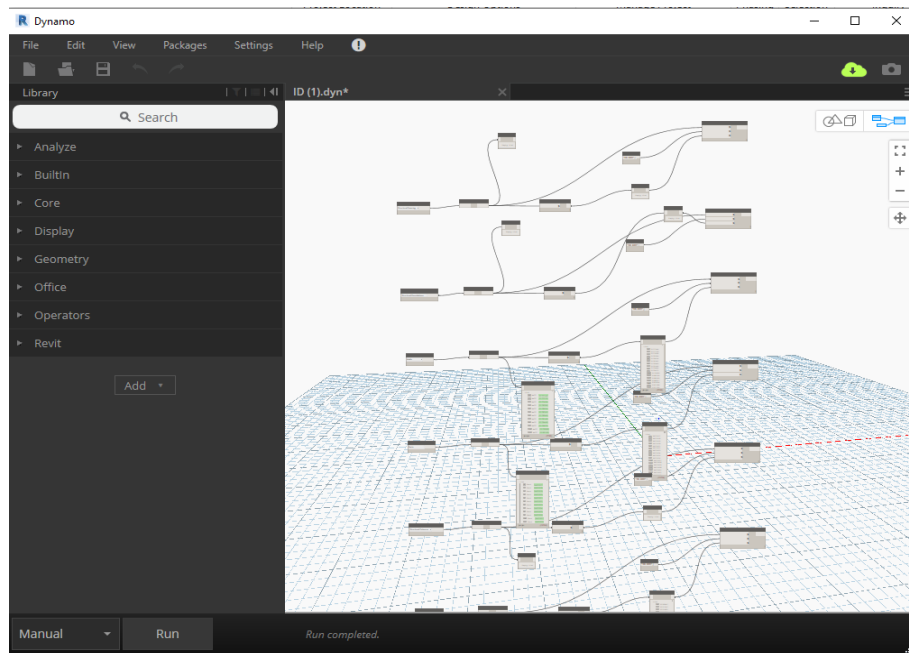


Figura 32. Programa DYNAMO.

Elaboración propia.

Se ha elaborado una muestra de modelo 3D en 4 sectores por piso para el vaciado, encofrado e instalación de acero en la estructura, desde esta sectorización puede servir para la visualización de la secuencia constructiva utilizada en la filosofía Lean Construction, además de ello el modelo nos permitirá obtener metrados por sectores, secuencia de tiempo y el avance del proyecto por sector. Se elaboró la siguiente figura 33.

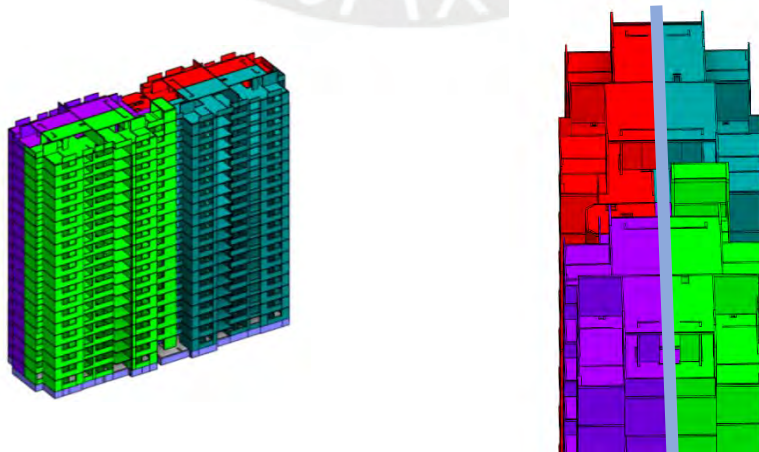


Figura 33. Sectorización del proyecto.

Elaboración propia.

Por último, para conseguir los metrados de concreto usamos una de las herramientas del software (Schedule), abrimos una tabla de metrados colocando los parámetros que necesitamos, en ella es necesario verificar que cada parámetro este correctamente llenado, luego se procederá a exportar en Excel el metrado correspondiente. Se elaboró las siguientes tablas 8, 9, 10 y 11.

Una vez exportada en Excel, nuestra data, emplearemos las tablas dinámicas para clasificarlas de tal manera que se pueda obtener información valiosa para el presente trabajo.

Tabla 8
Volumen de concreto horizontal (losas).

CONCRETO HORIZONTAL							
Material	Tipo de elemento	Nivel del Elemento	Vaciado (H/V)	Sector	Codigo del elemento	ID BIM	Volume (m3)
Concreto - Vaciado in-situ - F'c= 175 kg/cm2	Muros en losa	PISO 1	H	S4	CORTE 4-4	3422519	0.003
Concreto - Vaciado in-situ - F'c= 175 kg/cm2	Muros en losa	PISO 1	H	S4	CORTE 4-4	3422522	0.004
Concreto - Vaciado in-situ - F'c= 175 kg/cm2	Muros en losa	PISO 1	H	S4	CORTE 4-4	3422525	0.004
Concreto - Vaciado in-situ - F'c= 175 kg/cm2	Muros en losa	PISO 1	H	S4	CORTE 4-4	3422528	0.003
Concreto - Vaciado in-situ - F'c= 175 kg/cm2	Muros en losa	PISO 1	H	S4	CORTE 4-4	3422531	0.004
Concreto - Vaciado in-situ - F'c= 175 kg/cm2	Muros en losa	PISO 1	H	S4	CORTE 4-4	3422534	0.004

Elaboración propia.

Tabla 9
Volumen de concreto horizontal (losas).

CONCRETO VERTICALES							
Material	Tipo de elemento	Nivel del Elemento	Vaciado (H/V)	Sector	Codigo del elemento	ID BIM	Volume (M3)
Concreto - Vaciado in-situ - F'c= 210 kg/cm2	Muros o placas	PISO 1	V	S2	M2	3177146	0.75
Concreto - Vaciado in-situ - F'c= 210 kg/cm2	Muros o placas	PISO 1	V	S2	M3	3177270	1.63
Concreto - Vaciado in-situ - F'c= 210 kg/cm2	Muros o placas	PISO 1	V	S2	M4	3177434	0.7
Concreto - Vaciado in-situ - F'c= 210 kg/cm2	Muros o placas	PISO 1	V	S2	M7	3178396	1.23
Concreto - Vaciado in-situ - F'c= 210 kg/cm2	Muros o placas	PISO 1	V	S2	M5	3178624	0.72
Concreto - Vaciado in-situ - F'c= 210 kg/cm2	Muros o placas	PISO 1	V	S2	M5	3178742	0.52

Elaboración propia.

Tabla 10
Encofrado horizontal (losas).

ENCOFRADO HORIZONTAL							
Material	Tipo de elemento	Nivel del Elemento	Vaciado (H/V)	Sector	Codigo del Elemento	ID BIM	Material: Area (m2)
Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	Muros en losa	PISO 1	H	S4	CORTE 4-4	3422517	0.04
Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	Muros en losa	PISO 1	H	S4	CORTE 4-4	3422518	0.03
Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	Muros en losa	PISO 1	H	S4	CORTE 4-4	3422520	0.05
Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	Muros en losa	PISO 1	H	S4	CORTE 4-4	3422521	0.03
Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	Muros en losa	PISO 1	H	S4	CORTE 4-4	3422523	0.04
Encofrado de Muros, Placas y/o Sobrecimientos	Muros en losa	PISO 1	H	S4	CORTE 4-4	3422524	0.03

Elaboración propia.

Tabla 11
Encofrado vertical (placas).

ENCOFRADO VERTICAL							
Material	Tipo de elemento	Nivel del Elemento	Vaciado (H/V)	Sector	Codigo del Elemento	ID BIM	Material: Area (m2)
Encofrado de Muros y Placas	Muro de Concreto	PISO 1	V	S2	M2	3177146	7.39
Encofrado de Muros y Placas	Muro de Concreto	PISO 1	V	S2	M3	3177270	16.19
Encofrado de Muros y Placas	Muro de Concreto	PISO 1	V	S2	M4	3177434	5.54
Encofrado de Muros y Placas	Muro de Concreto	PISO 1	V	S2	M7	3178396	16.17
Encofrado de Muros y Placas	Muro de Concreto	PISO 1	V	S2	M5	3178624	9.47
Encofrado de Muros y Placas	Muro de Concreto	PISO 1	V	S2	M5	3178742	6.83

Elaboración propia.

4.3 Manejo de información de metrados

En el manejo de información de metrados y con los datos obtenidos se realizará un breve análisis del concreto y encofrado real vaciado en obra vs el obtenido al emplear la metodología BIM.

4.3.1 Análisis del concreto

Mediante la tabla dinámica se agrupa los resultados mediante sectores de cada piso, dentro de cada uno de ellos podemos observar que hay una ligera diferencia entre el concreto obtenido por el programa Revit y el concreto real ejecutado en obra.

El procedimiento que se llevó cabo para la primera etapa, consistió en metrar cada uno de los elementos estructurales del proyecto en hojas de cálculo en Excel. Cada uno de los

resultados se revisó y se procedió a trabajar en obra. Posteriormente, los diversos cambios que suscitaron en obra, conllevaron a replantearse diversos metrados, utilizando para ello una persona encargada del procedimiento. El riesgo de proporcionar un metrado calculado en Excel y que éste sea erróneo es alto, pues suelen ocurrir errores de cálculo o de omisión de zonas no contabilizadas en el metrado.

Para la segunda etapa, se empleó la gestión BIM, es decir la estructura del edificio ya contaba con un modelo en 3D en Revit, que a su vez podía proporcionar los metrados necesarios para poder emplearlos en los presupuestos de obra.

Analizando en si ambos metrados observamos que cada piso tiene una diferencia negativa o positiva. Según nuestro análisis de obra, una porción de la cantidad de concreto se pierde por el traslado del material, de manera que el constructor asume que, en todo el procedimiento de vaciado, el porcentaje de desperdicio no debería superar el 2% del concreto vaciado, según las estimaciones de los estudios de Picchi (1993).

Los resultados del análisis al comparar el metrado real de concreto de la etapa 1 (edificio 9 y 10) junto al metrado BIM es muy variable, según la revisión piso a piso del volumen de concreto, podemos observar que existe una variabilidad en el pedido de concreto, debido a contar con volúmenes erróneos y cálculos erróneos (hechos a mano) al momento de metrar los sectores de vaciado. Por otra parte, al no contar con un metrado preciso de los volúmenes de concreto y teniendo otros puntos de vaciado como, por ejemplo: la cisterna y las áreas comunes del proyecto. Muchos de los volúmenes de concreto contabilizados en el edificio fueron a ser contabilizados en la data del edificio, así como los volúmenes de concreto que sobran se vertieron en espacios para relleno o se utilizó en el vaciado de las áreas comunes fuera del edificio. En el proyecto se buscó corregir datos inexactos de los metrados en los pedidos de concreto, en el caso de tener diferencias negativas como se aprecia en la tabla 12 y 13, lo que

nos señala es que se han vaciado menor metraje del sector debido a incongruencias en el proceso de trabajo al no cumplir con los metrados de encofrado para el momento de vaciado. Además, el desperdicio de concreto se dio reiteradas veces, habiendo pérdidas por mal cálculos o proyección de incrementar el volumen por seguridad de que falte concreto. Por otro lado, como se observa hay diferencias negativas en la tabla 12 y 13, esto denota que los vaciados que fueron ejecutados en exceso, arrastro a otro sector la disminución de su volumen de vaciado. En total en la etapa 1 se ha calculado el porcentaje de desperdicio total del edificio para el edificio 9 y 10 con 4.40% y 4.59% respectivamente. Lo cual no arroja un valor muy alto con respecto al 2% de desperdicio estimado que se debería conseguir. Es necesario tener en cuenta que es un valor total del edificio. Cabe resaltar que ha habido variaciones muy pronunciadas de un 23.9% a un -20.7%, esto nos da a entender los diversos cambios en la programación del vaciado, así como de los desperdicios ocasionados, sin embargo, el total de desperdicio en los edificios no es muy significativo.

Para el caso de la segunda etapa, toda esta información de metrados fue brindada por el modelo BIM, por tanto, en ella ya se cuantificaba el volumen de concreto en cada sector y además se contaba con el conocimiento de que elemento específicamente se estaba vaciando, así como los metrados correspondientes. Todas estas mejoras en la segunda etapa se deben al empleo de la gestión BIM. En total en la etapa 2 en los edificios 11 y 12 se tiene un desperdicio de 2.14% y 1.91% respectivamente. Los datos obtenidos en la segunda etapa disminuyen un 2% aproximadamente con respecto a la primera etapa, estando cerca del 2% de desperdicio recomendado. Es importante indicar que, ante la disminución significativa de los desperdicios, éstas corresponden básicamente a una programación más precisa en los vaciados de concreto en el proyecto, sin embargo, en necesario tener que en cuenta que hay diversas variaciones que

corresponden a la irregularidad del proyecto y la variabilidad al momento de trabajar. (Se elaboró las siguientes tablas 14 y 15)

En lo que respecta a la tercera etapa, se cuenta con el edificio 13 similar en área a los anteriores edificios, mientras que el edificio 14 tiene una mayor área, aunque con similar estructuración. Los porcentajes totales de desperdicio para los edificios 13 y 14 son 1.33% y 1.36% respectivamente. Valores muy por debajo de sus anteriores etapas, a pesar de tener en algunos sectores con un máximo de 10.8% de diferencia, el porcentaje total esta significativamente por debajo del 2%. El valor nos muestra una mejora importante en lo que respecta al control de obra que otorga la metodología, además el software tiene la facilidad de guiarte en las distintas intervenciones del proyecto, así como brinda una certidumbre más precisa que beneficia tanto en la calidad del producto final como en la ganancia de la empresa. (Se elaboró las siguientes tablas 16 y 17)

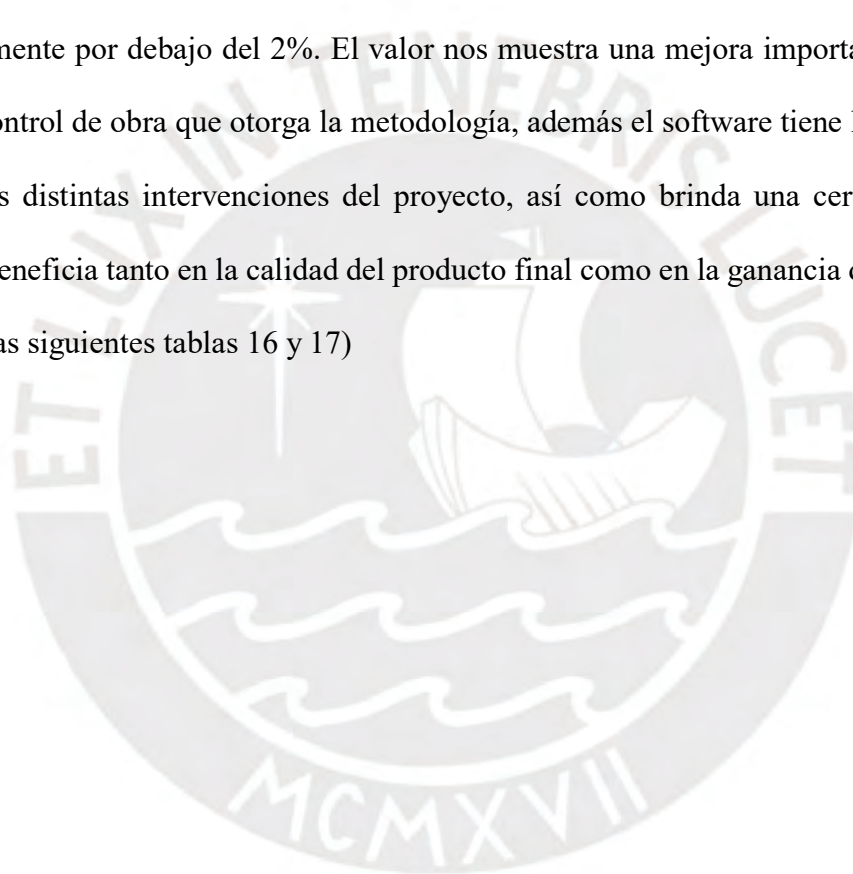


Tabla 12
Comparativo del volumen de concreto real y BIM torre 9.

	S1			S2			S3			S4		
	CONCRETO REAL (m ³)	CONCRETO BIM (m ³)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ³)	CONCRETO BIM (m ³)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ³)	CONCRETO BIM (m ³)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ³)	CONCRETO BIM (m ³)	% DIFERENCIA
PISO 01	62.00	55.72	6.3%	51.00	44.69	6.3%	58.00	54.47	3.5%	51.00	44.18	6.8%
PISO 02	57.00	55.72	1.3%	51.00	44.57	6.4%	47.00	55.31	-8.3%	68.00	44.09	23.9%
PISO 03	55.00	55.76	-0.8%	48.00	44.70	3.3%	55.00	52.68	2.3%	44.00	44.21	-0.2%
PISO 04	55.00	55.72	-0.7%	48.00	44.70	3.3%	50.00	52.69	-2.7%	45.00	44.21	0.8%
PISO 05	55.00	55.75	-0.8%	47.00	44.70	2.3%	56.00	52.69	3.3%	45.00	44.21	0.8%
PISO 06	52.00	50.10	1.9%	44.00	41.18	2.8%	48.00	47.51	0.5%	42.00	40.85	1.2%
PISO 07	48.00	50.10	-2.1%	44.00	41.18	2.8%	52.00	47.49	4.5%	42.00	40.85	1.2%
PISO 08	48.00	50.10	-2.1%	46.00	41.18	4.8%	48.00	47.49	0.5%	48.00	40.85	7.2%
PISO 09	50.00	50.10	-0.1%	46.00	41.18	4.8%	48.00	47.49	0.5%	48.00	40.85	7.2%
PISO 10	49.00	50.10	-1.1%	39.00	41.18	-2.2%	46.00	47.49	-1.5%	40.00	40.85	-0.9%
PISO 11	56.00	50.10	5.9%	45.00	41.18	3.8%	47.00	47.49	-0.5%	48.00	40.85	7.2%
PISO 12	50.00	50.10	-0.1%	45.00	41.18	3.8%	47.00	47.49	-0.5%	46.00	40.85	5.2%
PISO 13	51.00	50.10	0.9%	46.00	41.18	4.8%	48.00	47.49	0.5%	44.00	40.85	3.2%
PISO 14	49.00	50.10	-1.1%	46.00	41.18	4.8%	48.00	47.49	0.5%	44.00	40.85	3.2%
PISO 15	50.00	50.10	-0.1%	48.00	41.18	6.8%	47.00	47.49	-0.5%	44.00	40.85	3.2%
PISO 16	50.00	50.10	-0.1%	47.00	41.18	5.8%	47.00	47.49	-0.5%	44.00	40.85	3.2%
PISO 17	53.00	50.10	2.9%	40.00	41.18	-1.2%	39.00	47.49	-8.5%	41.00	40.85	0.1%
PISO 18	50.00	50.10	-0.1%	45.00	41.18	3.8%	48.00	47.50	0.5%	44.00	40.85	3.2%
PISO 19	54.00	50.10	3.9%	46.00	41.20	4.8%	47.00	47.57	-0.6%	46.00	40.85	5.2%
PISO 20	52.00	48.16	3.8%	48.00	40.71	7.3%	48.00	46.23	1.8%	43.00	40.29	2.7%
AZOTEA	14.50	19.27	-4.8%	16.00	14.35	1.6%	16.00	23.84	-7.8%	14.50	14.36	0.1%
Desperdicio Total = 4.40%												

Fuente Elaboración Propia.

Tabla 13
Comparativo del volumen de concreto real y BIM torre 10.

	S1			S2			S3			S4		
	CONCRETO REAL (m ³)	CONCRETO BIM (m ³)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ³)	CONCRETO BIM (m ³)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ³)	CONCRETO BIM (m ³)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ³)	CONCRETO BIM (m ³)	% DIFERENCIA
PISO 01	59.00	55.72	3.3%	45.00	44.69	0.3%	53.00	54.47	-1.5%	56.00	44.18	11.8%
PISO 02	47.00	55.72	-8.7%	49.00	44.57	4.4%	53.00	55.31	-2.3%	47.00	44.09	2.9%
PISO 03	56.00	55.76	0.2%	48.00	44.70	3.3%	58.00	52.68	5.3%	52.00	44.21	7.8%
PISO 04	35.00	55.72	-20.7%	48.00	44.70	3.3%	56.00	52.69	3.3%	46.00	44.21	1.8%
PISO 05	48.00	55.75	-7.8%	51.00	44.70	6.3%	52.00	52.69	-0.7%	48.00	44.21	3.8%
PISO 06	54.00	50.10	3.9%	46.00	41.18	4.8%	46.00	47.51	-1.5%	42.00	40.85	1.2%
PISO 07	49.00	50.10	-1.1%	40.00	41.18	-1.2%	48.00	47.49	0.5%	45.00	40.85	4.2%
PISO 08	50.00	50.10	-0.1%	45.00	41.18	3.8%	48.00	47.49	0.5%	44.00	40.85	3.2%
PISO 09	50.00	50.10	-0.1%	45.00	41.18	3.8%	45.00	47.49	-2.5%	46.00	40.85	5.2%
PISO 10	50.00	50.10	-0.1%	45.00	41.18	3.8%	48.00	47.49	0.5%	44.00	40.85	3.2%
PISO 11	51.00	50.10	0.9%	32.00	41.18	-9.2%	48.00	47.49	0.5%	43.00	40.85	2.2%
PISO 12	52.00	50.10	1.9%	46.00	41.18	4.8%	48.00	47.49	0.5%	46.00	40.85	5.2%
PISO 13	54.00	50.10	3.9%	40.00	41.18	-1.2%	56.00	47.49	8.5%	48.00	40.85	7.2%
PISO 14	55.00	50.10	4.9%	51.00	41.18	9.8%	68.00	47.49	20.5%	27.00	40.85	-13.9%
PISO 15	52.00	50.10	1.9%	51.00	41.18	9.8%	48.00	47.49	0.5%	44.00	40.85	3.2%
PISO 16	48.00	50.10	-2.1%	48.00	41.18	6.8%	48.00	47.49	0.5%	40.00	40.85	-0.9%
PISO 17	50.00	50.10	-0.1%	56.00	41.18	14.8%	47.00	47.49	-0.5%	48.00	40.85	7.2%
PISO 18	56.00	50.10	5.9%	48.00	41.18	6.8%	52.00	47.50	4.5%	44.00	40.85	3.2%
PISO 19	50.00	50.10	-0.1%	47.00	41.20	5.8%	48.00	47.57	0.4%	40.00	40.85	-0.9%
PISO 20	55.00	48.16	6.8%	48.00	40.71	7.3%	47.00	46.23	0.8%	48.00	40.29	7.7%
AZOTEA	14.00	19.27	-5.3%	16.00	14.35	1.6%	16.00	23.84	-7.8%	14.00	14.36	-0.4%
Desperdicio Final = 4.59%												

Fuente Elaboración Propia.

Tabla 14

Comparativo del volumen de concreto real y BIM torre 11.

	S1			S2			S3			S4		
	CONCRETO REAL (m ³)	CONCRETO BIM (m ³)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ³)	CONCRETO BIM (m ³)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ³)	CONCRETO BIM (m ³)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ³)	CONCRETO BIM (m ³)	% DIFERENCIA
PISO 01	60.00	55.72	4.3%	48.00	44.69	3.3%	53.00	54.47	-1.5%	44.00	44.18	-0.2%
PISO 02	56.00	55.72	0.3%	52.00	44.57	7.4%	53.00	55.31	-2.3%	48.00	44.09	3.9%
PISO 03	55.00	55.76	-0.8%	52.00	44.70	7.3%	55.00	52.68	2.3%	48.00	44.21	3.8%
PISO 04	59.00	55.72	3.3%	48.50	44.70	3.8%	52.00	52.69	-0.7%	43.00	44.21	-1.2%
PISO 05	55.00	55.75	-0.8%	46.00	44.70	1.3%	53.00	52.69	0.3%	46.00	44.21	1.8%
PISO 06	52.50	50.10	2.4%	48.00	41.18	6.8%	44.00	47.51	-3.5%	43.00	40.85	2.2%
PISO 07	51.50	50.10	1.4%	43.00	41.18	1.8%	48.00	47.49	0.5%	40.00	40.85	-0.9%
PISO 08	52.00	50.10	1.9%	44.00	41.18	2.8%	47.00	47.49	-0.5%	40.00	40.85	-0.9%
PISO 09	51.50	50.10	1.4%	42.00	41.18	0.8%	47.00	47.49	-0.5%	40.50	40.85	-0.4%
PISO 10	51.00	50.10	0.9%	42.00	41.18	0.8%	48.00	47.49	0.5%	40.00	40.85	-0.9%
PISO 11	51.50	50.10	1.4%	43.00	41.18	1.8%	48.00	47.49	0.5%	41.50	40.85	0.6%
PISO 12	51.50	50.10	1.4%	42.50	41.18	1.3%	49.00	47.49	1.5%	41.00	40.85	0.1%
PISO 13	51.50	50.10	1.4%	41.50	41.18	0.3%	47.00	47.49	-0.5%	40.00	40.85	-0.9%
PISO 14	50.00	50.10	-0.1%	41.50	41.18	0.3%	49.00	47.49	1.5%	42.00	40.85	1.2%
PISO 15	52.00	50.10	1.9%	41.50	41.18	0.3%	49.00	47.49	1.5%	40.00	40.85	-0.9%
PISO 16	50.00	50.10	-0.1%	41.50	41.18	0.3%	48.00	47.49	0.5%	42.50	40.85	1.7%
PISO 17	50.00	50.10	-0.1%	44.00	41.18	2.8%	48.00	47.49	0.5%	42.00	40.85	1.2%
PISO 18	51.00	50.10	0.9%	42.00	41.18	0.8%	49.00	47.50	1.5%	41.50	40.85	0.6%
PISO 19	51.00	50.10	0.9%	42.00	41.20	0.8%	48.00	47.57	0.4%	39.00	40.85	-1.9%
PISO 20	48.00	48.16	-0.2%	40.00	40.71	-0.7%	46.00	46.23	-0.2%	41.00	40.29	0.7%
AZOTEA	20.00	19.27	0.7%	15.00	14.35	0.6%	24.00	23.84	0.2%	15.00	14.36	0.6%
Desperdicio Total = 2.14%												

Fuente Elaboración Propia.

Tabla 15

Comparativo del volumen de concreto real y BIM torre 12.

	S1			S2			S3			S4		
	CONCRETO REAL (m ³)	CONCRETO BIM (m ³)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ³)	CONCRETO BIM (m ³)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ³)	CONCRETO BIM (m ³)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ³)	CONCRETO BIM (m ³)	% DIFERENCIA
PISO 01	56.00	55.72	0.3%	44.00	44.69	-0.7%	55.00	54.47	0.5%	44.00	44.18	-0.2%
PISO 02	55.00	55.72	-0.7%	45.00	44.57	0.4%	56.00	55.31	0.7%	44.50	44.09	0.4%
PISO 03	60.00	55.76	4.2%	46.50	44.70	1.8%	53.00	52.68	0.3%	46.00	44.21	1.8%
PISO 04	56.00	55.72	0.3%	44.50	44.70	-0.2%	51.00	52.69	-1.7%	44.00	44.21	-0.2%
PISO 05	55.00	55.75	-0.8%	46.00	44.70	1.3%	53.00	52.69	0.3%	46.00	44.21	1.8%
PISO 06	51.50	50.10	1.4%	42.00	41.18	0.8%	46.00	47.51	-1.5%	43.00	40.85	2.2%
PISO 07	50.50	50.10	0.4%	43.00	41.18	1.8%	48.00	47.49	0.5%	40.00	40.85	-0.9%
PISO 08	51.00	50.10	0.9%	43.00	41.18	1.8%	46.00	47.49	-1.5%	41.00	40.85	0.1%
PISO 09	51.50	50.10	1.4%	44.00	41.18	2.8%	48.00	47.49	0.5%	43.00	40.85	2.2%
PISO 10	50.00	50.10	-0.1%	43.50	41.18	2.3%	47.00	47.49	-0.5%	41.00	40.85	0.1%
PISO 11	52.00	50.10	1.9%	42.00	41.18	0.8%	46.50	47.49	-1.0%	40.50	40.85	-0.4%
PISO 12	50.00	50.10	-0.1%	43.00	41.18	1.8%	49.00	47.49	1.5%	40.00	40.85	-0.9%
PISO 13	52.00	50.10	1.9%	43.50	41.18	2.3%	48.00	47.49	0.5%	41.50	40.85	0.6%
PISO 14	51.00	50.10	0.9%	44.00	41.18	2.8%	49.00	47.49	1.5%	40.00	40.85	-0.9%
PISO 15	50.50	50.10	0.4%	43.00	41.18	1.8%	49.00	47.49	1.5%	40.00	40.85	-0.9%
PISO 16	51.00	50.10	0.9%	43.00	41.18	1.8%	47.00	47.49	-0.5%	42.50	40.85	1.7%
PISO 17	52.00	50.10	1.9%	43.00	41.18	1.8%	47.00	47.49	-0.5%	41.50	40.85	0.6%
PISO 18	52.00	50.10	1.9%	44.00	41.18	2.8%	50.00	47.50	2.5%	42.50	40.85	1.7%
PISO 19	52.00	50.10	1.9%	43.00	41.20	1.8%	47.00	47.57	-0.6%	43.00	40.85	2.2%
PISO 20	48.00	48.16	-0.2%	42.00	40.71	1.3%	48.00	46.23	1.8%	43.00	40.29	2.7%
AZOTEA	20.00	19.27	0.7%	16.00	14.35	1.6%	24.00	23.84	0.2%	15.00	14.36	0.6%
Desperdicio Total = 1.91%												

Fuente Elaboración Propia.

Tabla 16

Comparativo del volumen de concreto real y BIM torre 13.

	S1			S2			S3			S4		
	CONCRETO REAL (m ²)	CONCRETO BIM (m ²)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ²)	CONCRETO BIM (m ²)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ²)	CONCRETO BIM (m ²)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ²)	CONCRETO BIM (m ²)	% DIFERENCIA
PISO 01	51.50	56.30	-4.8%	48.25	45.85	2.4%	54.50	54.47	0.0%	46.50	44.18	2.3%
PISO 02	56.50	56.30	0.2%	47.50	45.73	1.8%	53.70	55.31	-1.6%	44.00	44.09	-0.1%
PISO 03	55.50	56.34	-0.8%	48.50	45.86	2.6%	54.00	52.68	1.3%	44.50	44.21	0.3%
PISO 04	55.75	56.30	-0.6%	48.00	45.86	2.1%	52.00	52.69	-0.7%	45.00	44.21	0.8%
PISO 05	54.50	56.33	-1.8%	48.50	45.86	2.6%	51.50	52.69	-1.2%	42.00	44.21	-2.2%
PISO 06	50.50	50.82	-0.3%	43.00	42.36	0.6%	47.00	47.49	-0.5%	39.50	40.85	-1.4%
PISO 07	50.00	50.82	-0.8%	44.50	42.36	2.1%	48.50	47.49	1.0%	41.00	40.85	0.1%
PISO 08	49.50	50.82	-1.3%	43.00	42.36	0.6%	48.50	47.49	1.0%	40.00	40.85	-0.9%
PISO 09	49.00	50.82	-1.8%	44.50	42.36	2.1%	47.00	47.49	-0.5%	40.50	40.85	-0.4%
PISO 10	50.00	50.82	-0.8%	44.00	42.36	1.6%	48.50	47.49	1.0%	41.00	40.85	0.1%
PISO 11	50.00	50.82	-0.8%	44.00	42.36	1.6%	47.00	47.49	-0.5%	41.00	40.85	0.1%
PISO 12	51.00	50.82	0.2%	45.00	42.36	2.6%	48.50	47.49	1.0%	42.00	40.85	1.2%
PISO 13	49.70	50.82	-1.1%	43.50	42.36	1.1%	48.50	47.49	1.0%	41.50	40.85	0.6%
PISO 14	49.50	50.82	-1.3%	44.00	42.36	1.6%	51.50	47.49	4.0%	41.00	40.85	0.1%
PISO 15	51.50	50.82	0.7%	45.00	42.36	2.6%	51.00	47.49	3.5%	41.00	40.85	0.1%
PISO 16	51.00	50.82	0.2%	44.50	42.36	2.1%	48.00	47.49	0.5%	42.00	40.85	1.2%
PISO 17	51.50	50.82	0.7%	45.50	42.36	3.1%	47.00	47.49	-0.5%	42.00	40.85	1.2%
PISO 18	51.00	50.82	0.2%	44.50	42.36	2.1%	48.50	47.49	1.0%	40.50	40.85	-0.4%
PISO 19	51.50	50.82	0.7%	42.50	42.38	0.1%	49.50	47.57	1.9%	42.00	40.85	1.2%
PISO 20	51.50	48.88	2.6%	42.00	41.91	0.1%	47.50	46.23	1.3%	43.00	40.29	2.7%
AZOTEA	21.00	19.27	1.7%	17.50	14.35	3.1%	23.50	23.84	-0.3%	15.00	14.36	0.6%
Desperdicio Total = 1.33%												

Fuente Elaboración Propia.

Tabla 17

Comparativo del volumen de concreto real y BIM torre 14.

	S1			S2			S3			S4			S5		
	CONCRETO REAL (m ²)	CONCRETO BIM (m ²)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ²)	CONCRETO BIM (m ²)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ²)	CONCRETO BIM (m ²)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ²)	CONCRETO BIM (m ²)	% DIFERENCIA	CONCRETO REAL (m ²)	CONCRETO BIM (m ²)	% DIFERENCIA
PISO 01	51.00	48.64	2.4%	49.00	45.67	3.3%	51.00	44.16	6.8%	53.00	52.63	0.4%	50.50	50.77	-0.3%
PISO 02	51.00	53.59	-2.6%	51.00	45.67	5.3%	55.00	44.16	10.8%	54.00	52.88	1.1%	50.50	50.46	0.0%
PISO 03	49.50	53.43	-3.9%	50.50	45.67	4.8%	51.00	44.16	6.8%	54.50	52.85	1.7%	51.50	48.85	2.7%
PISO 04	49.50	53.94	-4.4%	49.50	45.67	3.8%	52.50	44.16	8.3%	53.50	52.85	0.7%	50.50	48.85	1.7%
PISO 05	50.00	53.94	-3.9%	49.00	45.67	3.3%	53.00	44.16	8.8%	53.00	52.84	0.2%	50.00	48.85	1.2%
PISO 06	51.00	53.94	-2.9%	47.50	45.67	1.8%	49.00	44.16	4.8%	53.00	52.84	0.2%	51.50	48.85	2.7%
PISO 07	50.50	53.94	-3.4%	48.00	45.67	2.3%	49.00	44.16	4.8%	52.00	52.84	-0.8%	46.00	48.85	-2.8%
PISO 08	54.50	53.94	0.6%	46.00	45.67	0.3%	49.00	44.16	4.8%	50.00	52.84	-2.8%	47.00	48.85	-1.8%
PISO 09	51.50	53.94	-2.4%	48.50	45.67	2.8%	43.50	44.16	-0.7%	50.50	52.84	-2.3%	45.50	48.85	-3.3%
PISO 10	51.00	53.94	-2.9%	47.00	45.67	1.3%	43.50	44.16	-0.7%	43.50	52.84	-9.3%	45.00	48.85	-3.8%
PISO 11	51.00	53.94	-2.9%	47.50	45.67	1.8%	44.00	44.16	-0.2%	51.00	52.84	-1.8%	46.00	48.85	-2.8%
PISO 12	53.00	53.94	-0.9%	48.00	45.67	2.3%	45.00	44.16	0.8%	54.50	52.84	1.7%	45.50	48.85	-3.3%
PISO 13	52.50	53.94	-1.4%	48.00	45.67	2.3%	44.00	44.16	-0.2%	52.50	52.84	-0.3%	47.00	48.85	-1.9%
PISO 14	52.00	53.94	-1.9%	48.50	45.67	2.8%	44.00	44.16	-0.2%	51.50	52.84	-1.3%	46.00	48.85	-2.9%
PISO 15	49.50	53.94	-4.4%	47.50	45.67	1.8%	43.00	44.16	-1.2%	51.00	52.84	-1.8%	47.00	48.85	-1.9%
PISO 16	52.50	53.94	-1.4%	48.00	45.67	2.3%	44.00	44.16	-0.2%	50.00	52.84	-2.8%	46.00	48.85	-2.9%
PISO 17	54.50	53.94	0.6%	48.00	45.67	2.3%	46.00	44.16	1.8%	56.00	52.84	3.2%	48.00	48.85	-0.9%
PISO 18	55.50	53.94	1.6%	47.00	45.67	1.3%	46.00	44.16	1.8%	53.50	52.84	0.7%	52.00	48.85	3.2%
PISO 19	55.50	53.94	1.6%	47.50	45.67	1.8%	46.50	44.16	2.3%	54.00	52.84	1.2%	50.00	49.03	1.0%
PISO 20	50.00	48.10	1.9%	44.50	41.72	2.8%	42.50	40.09	2.4%	48.00	46.05	1.9%	46.50	44.93	1.6%
AZOTEA	24.00	21.12	2.9%	16.00	15.26	0.7%	23.00	20.47	2.5%	24.00	21.12	2.9%	22.00	19.76	2.2%
Desperdicio Total = 1.36%															

Fuente Elaboración Propia.

4.3.2 Análisis del encofrado

En el proyecto se empleó un metrado de obra, obtenido de los cálculos de metrado que se realizó en la etapa 1 tomados por los planos del proyecto, a ello se le añadió un porcentaje para el desperdicio de encofrado, y con ello contar con un margen de holgura, para no tener ningún inconveniente con los presupuestos de obra, ya sea por errores propios de obra, subidas de mala fe en los metrados o malos cálculos. Ante este caso es necesario resaltar que el porcentaje estimado máximo que debería tener el desperdicio de encofrado es 5%, según lo especificado por Picchi (1993).

Los resultados obtenidos del modelo BIM, nos proporcionan una mayor precisión en los metrados de encofrado de todos los elementos estructurales. Ante ello es necesario resaltar que el BIM no arroja el metrado con desperdicio, sino sólo el área neta que se es necesario encofrar. Por tanto, al hacer el comparativo de metrados podemos observar que la diferencia máxima en un sector es de 6.1% en el piso 2 sector 2, a diferencia de los demás sectores que en su mayoría están por debajo del 5%. Similarmente sucede con la diferencia total de encofrado en todos los edificios no llega al 5%. Para el caso particular de la etapa 1, 2 tiene una diferencia del 3.33% mientras que el edificio 13 un 3.29%, sin embargo la diferencia más baja se realiza con edificio 14 obteniendo un 1.79%. Todo este resultado, no hace ver que con la obtención de metrados con el modelo BIM, se ha sincerado con valores más cercanos al momento de ejecutar el proyecto. (Se elaboró las siguientes tablas 18, 19, 20 y 21)

Hay que tener presente que una mayor diferencia de metrados, nos indica que podemos tener un mayor margen de error con referencia al metrado verdadero presupuestado con el cliente al tener contrataciones a suma alzada, sin embargo la desventaja suscita que no se

trabaja con metrados sincerados, produciendo problemas con los proveedores y sub contratistas al momento de presupuestas la partida.

Para nuestro casos, los edificios 9, 10, 11, 12 y 13, a diferencia del edificio 14 (mayor área construida, pero similar estructuración con los demás edificios), la diferencia entre los metrados obtenidos con BIM con el metrado de obra es mayor, esto hace hincapié problemas de control presupuestal para los edificios señalados, mientras que el edificio 14, debido a un mejor sinceramiento tendrá menor problema en las distintas áreas que se requiera la información de metrados. (Se elaboró las siguientes tablas 22 y 23)

Por tanto, cuando sea el caso de subcontratar la partida de encofrado debemos trabajar con metrados confiables, porque puede darse el caso de presupuestar muy caro haciéndote ver menos competitivo o de estar pagando más dinero por menos trabajo producido o puede suceder el caso que no se le remunere lo justo a la subcontrata y se termine liquidando su participación.

Tabla 18
Comparativo de encofrado obra y BIM torre 9.

	S1			S2			S3			S4		
	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)
PISO 01	594.00	576.37	3.0%	501.00	471.75	5.8%	576.00	566.69	1.6%	473.00	466.85	1.3%
PISO 02	594.00	576.19	3.0%	501.00	470.46	6.1%	576.00	576.56	-0.1%	473.00	466.41	1.4%
PISO 03	594.00	573.73	3.4%	501.00	471.74	5.8%	576.00	549.94	4.5%	473.00	467.60	1.1%
PISO 04	594.00	576.19	3.0%	501.00	471.74	5.8%	576.00	549.98	4.5%	473.00	467.58	1.1%
PISO 05	594.00	576.74	2.9%	501.00	471.74	5.8%	576.00	549.95	4.5%	473.00	467.60	1.1%
PISO 06	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.62	5.5%	576.00	551.22	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 07	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 08	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 09	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 10	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 11	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 12	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 13	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 14	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 15	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 16	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 17	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 18	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 19	594.00	578.11	2.7%	501.00	474.08	5.4%	576.00	552.60	4.1%	473.00	470.12	0.6%
PISO 20	548.00	539.17	1.6%	445.00	434.82	2.3%	524.00	510.55	2.6%	440.00	433.71	1.4%
AZOTEA	261.00	252.99	3.1%	201.00	189.81	5.6%	298.00	293.35	1.6%	196.00	191.88	2.1%
Diferencia Total = 3.33%												

Fuente Elaboración Propia.

Tabla 19
Comparativo de encofrado de obra y BIM torre 10.

	S1			S2			S3			S4		
	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)
PISO 01	594.00	576.37	3.0%	501.00	471.75	5.8%	576.00	566.69	1.6%	473.00	466.85	1.3%
PISO 02	594.00	576.19	3.0%	501.00	470.46	6.1%	576.00	576.56	-0.1%	473.00	466.41	1.4%
PISO 03	594.00	573.73	3.4%	501.00	471.74	5.8%	576.00	549.94	4.5%	473.00	467.60	1.1%
PISO 04	594.00	576.19	3.0%	501.00	471.74	5.8%	576.00	549.98	4.5%	473.00	467.58	1.1%
PISO 05	594.00	576.74	2.9%	501.00	471.74	5.8%	576.00	549.95	4.5%	473.00	467.60	1.1%
PISO 06	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.62	5.5%	576.00	551.22	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 07	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 08	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 09	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 10	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 11	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 12	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 13	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 14	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 15	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 16	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 17	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 18	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 19	594.00	578.11	2.7%	501.00	474.08	5.4%	576.00	552.60	4.1%	473.00	470.12	0.6%
PISO 20	548.00	539.17	1.6%	445.00	434.82	2.3%	524.00	510.55	2.6%	440.00	433.71	1.4%
AZOTEA	261.00	252.99	3.1%	201.00	189.81	5.6%	298.00	293.35	1.6%	196.00	191.88	2.1%
Diferencia Total = 3.33%												

Fuente Elaboración Propia.

Tabla 20
Comparativo de encofrado obra y BIM torre 11.

	S1			S2			S3			S4		
	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)
PISO 01	594.00	576.37	3.0%	501.00	471.75	5.8%	576.00	566.69	1.6%	473.00	466.85	1.3%
PISO 02	594.00	576.19	3.0%	501.00	470.46	6.1%	576.00	576.56	-0.1%	473.00	466.41	1.4%
PISO 03	594.00	573.73	3.4%	501.00	471.74	5.8%	576.00	549.94	4.5%	473.00	467.60	1.1%
PISO 04	594.00	576.19	3.0%	501.00	471.74	5.8%	576.00	549.98	4.5%	473.00	467.58	1.1%
PISO 05	594.00	576.74	2.9%	501.00	471.74	5.8%	576.00	549.95	4.5%	473.00	467.60	1.1%
PISO 06	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.62	5.5%	576.00	551.22	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 07	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 08	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 09	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 10	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 11	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 12	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 13	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 14	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 15	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 16	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 17	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 18	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 19	594.00	578.11	2.7%	501.00	474.08	5.4%	576.00	552.60	4.1%	473.00	470.12	0.6%
PISO 20	548.00	539.17	1.6%	445.00	434.82	2.3%	524.00	510.55	2.6%	440.00	433.71	1.4%
AZOTEA	261.00	252.99	3.1%	201.00	189.81	5.6%	298.00	293.35	1.6%	196.00	191.88	2.1%
Diferencia Total = 3.33%												

Fuente Elaboración Propia.

Tabla 21
Comparativo de encofrado obra y BIM torre 12.

	S1			S2			S3			S4		
	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)
PISO 01	594.00	576.37	3.0%	501.00	471.75	5.8%	576.00	566.69	1.6%	473.00	466.85	1.3%
PISO 02	594.00	576.19	3.0%	501.00	470.46	6.1%	576.00	576.56	-0.1%	473.00	466.41	1.4%
PISO 03	594.00	573.73	3.4%	501.00	471.74	5.8%	576.00	549.94	4.5%	473.00	467.60	1.1%
PISO 04	594.00	576.19	3.0%	501.00	471.74	5.8%	576.00	549.98	4.5%	473.00	467.58	1.1%
PISO 05	594.00	576.74	2.9%	501.00	471.74	5.8%	576.00	549.95	4.5%	473.00	467.60	1.1%
PISO 06	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.62	5.5%	576.00	551.22	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 07	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 08	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 09	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 10	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 11	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 12	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 13	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 14	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 15	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 16	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 17	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 18	594.00	578.10	2.7%	501.00	473.72	5.4%	576.00	551.19	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 19	594.00	578.11	2.7%	501.00	474.08	5.4%	576.00	552.60	4.1%	473.00	470.12	0.6%
PISO 20	548.00	539.17	1.6%	445.00	434.82	2.3%	524.00	510.55	2.6%	440.00	433.71	1.4%
AZOTEA	261.00	252.99	3.1%	201.00	189.81	5.6%	298.00	293.35	1.6%	196.00	191.88	2.1%
Diferencia Total = 3.33%												

Fuente Elaboración Propia.

Tabla 22
Comparativo de encofrado real y BIM torre 13.

	S1			S2			S3			S4		
	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)
PISO 01	594.00	571.00	3.9%	501.00	471.75	5.8%	576.00	566.69	1.6%	473.00	466.69	1.3%
PISO 02	594.00	570.82	3.9%	501.00	470.46	6.1%	576.00	576.33	-0.1%	473.00	466.41	1.4%
PISO 03	594.00	591.51	0.4%	501.00	481.60	3.9%	576.00	549.71	4.6%	473.00	467.60	1.1%
PISO 04	594.00	570.82	3.9%	501.00	466.81	6.8%	576.00	549.75	4.6%	473.00	467.58	1.1%
PISO 05	594.00	571.37	3.8%	501.00	466.81	6.8%	576.00	549.72	4.6%	473.00	467.60	1.1%
PISO 06	594.00	586.80	1.2%	501.00	475.30	5.1%	576.00	550.99	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 07	594.00	579.32	2.5%	501.00	473.58	5.5%	576.00	550.97	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 08	594.00	579.32	2.5%	501.00	473.58	5.5%	576.00	550.97	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 09	594.00	579.32	2.5%	501.00	473.58	5.5%	576.00	550.97	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 10	594.00	579.32	2.5%	501.00	473.58	5.5%	576.00	550.97	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 11	594.00	579.32	2.5%	501.00	473.58	5.5%	576.00	550.97	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 12	594.00	579.32	2.5%	501.00	473.58	5.5%	576.00	550.97	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 13	594.00	579.32	2.5%	501.00	473.58	5.5%	576.00	550.97	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 14	594.00	579.32	2.5%	501.00	473.58	5.5%	576.00	550.97	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 15	594.00	579.32	2.5%	501.00	473.58	5.5%	576.00	550.97	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 16	594.00	579.32	2.5%	501.00	473.58	5.5%	576.00	550.97	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 17	594.00	579.32	2.5%	501.00	473.58	5.5%	576.00	550.97	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 18	594.00	579.32	2.5%	501.00	473.58	5.5%	576.00	550.97	4.3%	473.00	470.54	0.5%
PISO 19	594.00	579.59	2.4%	501.00	474.08	5.4%	576.00	552.36	4.1%	473.00	470.12	0.6%
PISO 20	548.00	539.17	1.6%	445.00	434.82	2.3%	524.00	510.55	2.6%	440.00	433.71	1.4%
AZOTEA	261.00	253.28	3.0%	201.00	189.96	5.5%	298.00	293.20	1.6%	196.00	191.59	2.3%
Diferencia Total = 3.29%												

Fuente Elaboración Propia.

Tabla 23
Comparativo de encofrado real y BIM torre 14.

	S1			S2			S3			S4			S5		
	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)	ENCOFRADO OBRA (m ²)	ENCOFRADO BIM (m ²)	% DIFERENCIA (m ²)
PISO 01	540	523.82	3.0%	490	480.64	1.9%	475	467.40	1.6%	575	562.26	2.2%	525	522.74	0.4%
PISO 02	585	573.16	2.0%	490	480.63	1.9%	475	467.40	1.6%	575	565.97	1.6%	520	519.09	0.2%
PISO 03	585	571.62	2.3%	490	480.63	1.9%	475	467.40	1.6%	575	565.61	1.6%	510	503.07	1.4%
PISO 04	585	571.62	2.3%	490	480.63	1.9%	475	467.40	1.6%	575	565.61	1.6%	510	503.07	1.4%
PISO 05	585	571.62	2.3%	490	480.63	1.9%	475	467.40	1.6%	575	565.61	1.6%	510	503.07	1.4%
PISO 06	585	571.62	2.3%	490	480.60	1.9%	475	467.44	1.6%	575	565.61	1.6%	510	503.07	1.4%
PISO 07	585	571.62	2.3%	490	480.60	1.9%	475	467.44	1.6%	575	565.61	1.6%	510	503.07	1.4%
PISO 08	585	571.62	2.3%	490	480.60	1.9%	475	467.44	1.6%	575	565.61	1.6%	510	503.07	1.4%
PISO 09	585	571.62	2.3%	490	480.60	1.9%	475	467.44	1.6%	575	565.61	1.6%	510	503.07	1.4%
PISO 10	585	571.62	2.3%	490	480.60	1.9%	475	467.44	1.6%	575	565.61	1.6%	510	503.07	1.4%
PISO 11	585	571.62	2.3%	490	480.60	1.9%	475	467.44	1.6%	575	565.61	1.6%	510	503.07	1.4%
PISO 12	585	571.62	2.3%	490	480.60	1.9%	475	467.44	1.6%	575	565.61	1.6%	510	503.07	1.4%
PISO 13	585	571.62	2.3%	490	480.60	1.9%	475	467.44	1.6%	575	565.61	1.6%	510	503.07	1.4%
PISO 14	585	571.62	2.3%	490	480.60	1.9%	475	467.44	1.6%	575	565.61	1.6%	510	503.07	1.4%
PISO 15	585	571.62	2.3%	490	480.60	1.9%	475	467.44	1.6%	575	565.61	1.6%	510	503.07	1.4%
PISO 16	585	571.62	2.3%	490	480.60	1.9%	475	467.44	1.6%	575	565.61	1.6%	510	503.07	1.4%
PISO 17	585	571.62	2.3%	490	480.60	1.9%	475	467.44	1.6%	575	565.61	1.6%	510	503.07	1.4%
PISO 18	585	571.62	2.3%	490	480.60	1.9%	475	467.44	1.6%	575	565.61	1.6%	510	503.07	1.4%
PISO 19	585	573.02	2.0%	490	480.60	1.9%	475	467.44	1.6%	575	565.61	1.6%	510	504.45	1.1%
PISO 20	568	557.74	1.8%	471	461.75	2.0%	441	431.11	2.2%	527	520.50	1.2%	475	468.99	1.3%
AZOTEA	295	290.11	1.7%	215	209.54	2.5%	285	278.57	2.3%	290	285.00	1.7%	255	247.50	2.9%
Diferencia Total = 1.79%															

Fuente Elaboración Propia.

4.4 Análisis y comparativo de costo y tiempo en las tres etapas del proyecto

En esta parte del capítulo se analizará las tres etapas del proyecto que ya han sido ejecutadas en la ciudad de Lima por medio de la empresa Besco. La primera etapa consta de dos torres las cuales serán llamadas torre 9 y torre 10, en ellas se realizó la filosofía lean, pero no la metodología BIM. La segunda etapa consta de dos torres las cuales serán llamadas torre 11 y torre 12, en esta etapa se realizó la filosofía Lean y la metodología BIM en cual se obtuvo mejores resultados en comparación a la primera etapa. Por último, la tercera etapa consta de dos torres las cuales serán llamadas torre 13 y torre 14, en esta etapa también se realizó la filosofía Lean y la metodología BIM con la diferencia que en esta etapa la torre 14 consta de una mayor área. Con estos resultados podemos obtener que en la parte del casco se entregó con mes y medio de adelanto a diferencia de la primera etapa.

4.4.1 Análisis y comparativo de tiempo por etapa:

Como se mencionó anteriormente, se analizarán las tres diferentes etapas del proyecto ya ejecutado en el Condominio Nuevo Nogales, proyecto de vivienda multifamiliar, en este contenido se mostrará la tabla 24 del proyecto analizando el total de días por etapa.

Tabla 24
Comparativo del análisis del tiempo por etapa

ESTRUCTURAS						
ETAPAS	ETAPA I		ETAPA II		ETAPA III	
TORRE	N°9	N°10	N°11	N°12	N°13	N°14
N de Dpto	160	160	160	160	160	200
Dpto /día	2	2	2	2	2	2
Días	94	94	89	89	87	98
Total de días	98	98	83	83	82	98
Meses	4.5	4.5	3.5	3.5	3.4	4.5

Fuente Elaboración Propia

Como se puede observar en la tabla 24, la primera etapa que consta de la torre 9 y torre 10 se realizó mediante la filosofía Lean Construction en el cual ambas torres tuvieron una sectorización de cuatro partes por piso, cada torre consta de 160 departamentos; donde el número de elaboración de departamentos por día es 2, llegando a tener un total de 98 días calendario para la elaboración de la estructura teniendo como resultado 4.5 meses. Para la segunda etapa que consta de la torre 11 y de la torre 12 se ejecutó con ambas metodologías Lean y BIM, en esta etapa ambas torres tuvieron una sectorización de cuatro partes por piso, cada torre consta de 160 departamentos y el número de elaboración de departamentos por día es 2, como en esta etapa se introdujo la metodología BIM se obtuvo mejores resultados en la entrega llegando a tener un total de 83 días calendario para la elaboración de la estructura obteniendo como resultado 3.5 meses. Para la tercera etapa que consta de la torre 13 y torre 14 se realizó con ambas metodologías Lean y BIM, en esta etapa la torre 13 tuvo una sectorización de 4 partes por piso mientras que la torre 14 tuvo una sectorización de 5 partes por piso ya que tiene una mayor área en comparación a las demás torres; la torre 13 consta de 160 departamentos mientras que la torre 14 consta de 200 departamentos, el número de elaboración de departamentos por día es 2. Al igual que en la etapa 2, la etapa 3 también se introdujo la metodología BIM y con el levantamiento de observaciones de la etapa 1 y de la etapa 2 se obtuvo mejores resultados llegando a un total de días para la torre 13 de 82 días calendario obteniendo como resultado 3.2 meses y para la torre 14 un total de 98 días calendario teniendo como resultado 4.5 meses para la entrega de la estructura. Para un mayor resumen del total de días se elaboró la siguiente figura 34.

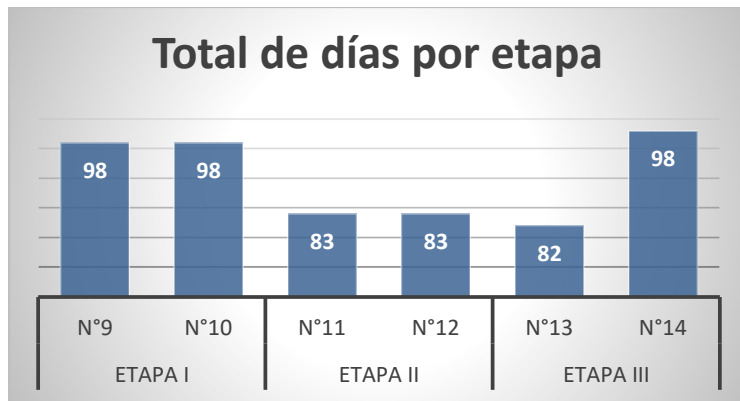


Figura 34. Total de días por etapa.

Elaboración propia.

4.4.1.1 Análisis y comparativo de horas hombre en la partida del encofrado por etapa

La partida de encofrado se realiza siguiendo una línea de producción, esta cuadrilla tiene una labor que se repite todos los días y por ello es de forma repetitiva ya que el proceso constructivo del proyecto es monolítico. Debido al gran volumen de la obra, la cuadrilla de encofrado llega a especializarse en los distintos sectores que se tiene por piso, esta especialización se llega a ver en la curva de aprendizaje. Teniendo en cuenta que en la primera etapa solo se realizó la metodología lean se obtuvo mediante la técnica de carta balance un total de 26 obreros para la cuadrilla de encofradores en el que constaba de 1 capataz, 19 operarios, 3 oficiales y 3 ayudantes, esta cuadrilla tuvo por trabajo entregar 2 departamentos por día. Para la segunda etapa que se realizó con la metodología Lean y BIM en el que se levantaron observaciones de la primera etapa, se analizó la eficiencia en el método constructivo por medio de la carta balance el cual su objetivo es la eficiencia de los obreros, con ello no se pretende que el obrero trabaje más duro sino que sea de forma más inteligente y con esta técnica se obtuvo como resultado un total de 20 obreros en la cuadrilla de encofradores que constaba de: 1 capataz, 15 operarios, 2 oficiales y 2 ayudantes, teniendo en cuenta que la elaboración de departamentos por día es 2. Para la tercera etapa se realizó el mismo método constructivo de la etapa 2, con la diferencia que en la torre 14 se tiene un área de mayor magnitud y por ende

tiene una sectorización extra a las demás, con esta técnica de la carta balance se obtuvo un total de 26 obreros en el que constaba de: 1 capataz, 19 operarios, 3 oficiales y 3 ayudantes. Se podrá observar en la tabla 25.

Tabla 25
Cuadrilla de encofrado por etapas.

CUADRILLA ENCOFRADO ETAPA 1		CUADRILLA ENCOFRADO ETAPA 2		CUADRILLA ENCOFRADO ETAPA 3	
CAPATAZ	1	CAPATAZ	1	CAPATAZ	1
OPERARIOS	19	OPERARIOS	15	OPERARIOS	19
OFICIALES	3	OFICIALES	2	OFICIALES	3
AYUDANTES	3	AYUDANTES	2	AYUDANTES	3
TOTAL	26	TOTAL	20	TOTAL	26

Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 26 el análisis comparativo de la partida de encofrado. Para obtener el conteo de las horas hombre de la cuadrilla de encofrado se realiza mediante las curvas de productividad, para ello tenemos un formato establecido en el que diariamente llenamos la cantidad de horas hombre que se realizó y con ello podemos tener un informe semanal de producción (ISP), a través del ISP podemos tener la cantidad exacta de horas hombre que se obtiene por sector y por etapa. Para la etapa 1, la torre 9 y 10 tuvo un total de 886.3 y 883 horas hombre respectivamente, para la etapa 2, la torre 11 y 12 tuvo un total de 880 y 877 horas hombre respectivamente y la para etapa 3, la torre 13y 14 se tuvo un total de 876 y 1086 horas hombre respectivamente considerando que la torre 14 consta de 5 sectores. Se detalla claramente la reducción de horas hombre que hay desde la segunda etapa, esto se debe a la metodología lean y un mejor proceso de la metodología BIM dando como resultado un mejor avance en la programación de la obra. Se presenta un resumen de las horas hombre por sector en la partida de encofrado, se elaboró la siguiente figura 35.

Tabla 26

Comparativo del análisis de las horas hombre por sector y etapa en la partida de encofrado.

Horas Hombre por Sector (PROMEDIO)						
ETAPA	ETAPA I		ETAPA II		ETAPA III	
TORRE	N° 9	N° 10	N° 11	N° 12	N° 13	N° 14
SECTOR 1	230	228	228	227	227	235
SECTOR 2	225.3	224	223	222	221	229
SECTOR 3	220	220	219	219	218	222
SECTOR 4	211	211	210	209	210	210
SECTOR 5	-----	-----	-----	-----	-----	190
TOTAL HH	886.3	883	880	877	876	1086

Elaboración propia.

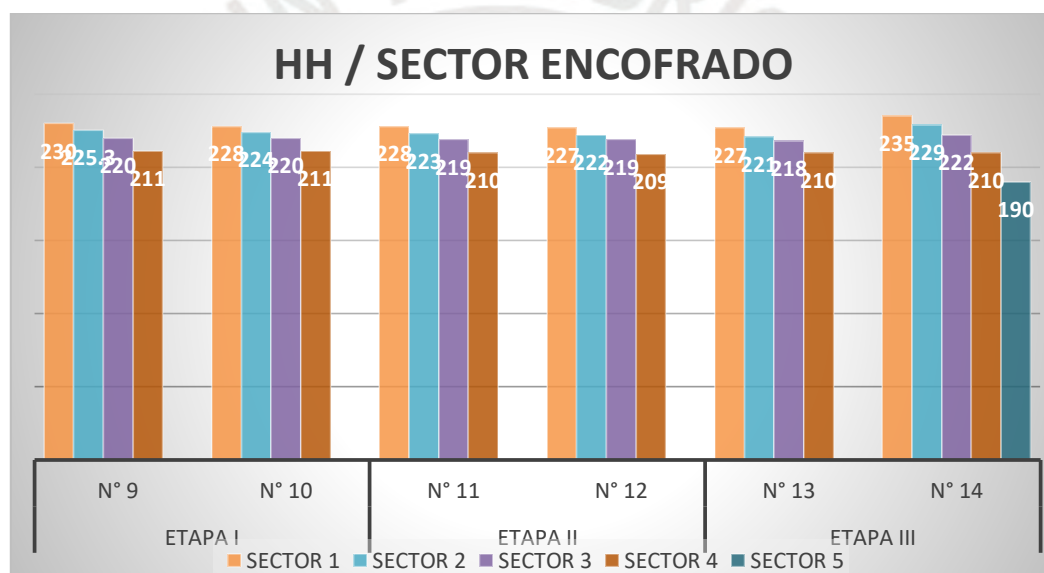


Figura 35. Total de horas hombre por sector de encofrado.

Elaboración propia.

4.4.1.2 Análisis y comparativo de horas hombre en la partida del concreto por etapa

Para la partida de concreto, esta partida también tiene su propia línea de producción y su cuadrilla también realiza una labor repetitiva. Los problemas que se puede ocasionar en esta partida son el desfase de la llegada de los mixers a la obra debido a que en muchas ocasiones a pesar de tener una programación ya establecida con el proveedor no se daba abasto para completar el pedido diario que se le pedía. Debido al gran volumen de la obra, la cuadrilla de

concreto también llega a especializarse en los distintos sectores que se tiene por piso. Teniendo en cuenta que en la primera etapa solo se realizó la metodología lean se obtuvo un total de 6 obreros para la cuadrilla de concreto en el que constaba de: 1 capataz, 3 operarios, 1 oficial y 1 ayudante, esta cuadrilla tuvo por trabajo entregar 2 departamentos por día. Para la segunda etapa que se realizó con la metodología Lean y BIM en el que se levantaron observaciones de la primera etapa, se obtuvo como resultado un total de 5 obreros en la cuadrilla de concreto que constaba de: 1 capataz, 2 operarios, 1 oficial y 1 ayudante, teniendo en cuenta que la elaboración de departamentos por día es 2. Para la tercera etapa se realizó el mismo método constructivo de la etapa 2, con la diferencia que en la torre 14 tiene 5 sectorizaciones y en las demás solo cuenta con 4 sectorizaciones, se obtuvo un total de 6 obreros en el que constaba de: 1 capataz, 2 operarios, 2 oficiales y 1 ayudante. Se elaboró la siguiente tabla 27.

Tabla 27
Cuadrilla de concreto por etapas.

CUADRILLA CONCRETO ETAPA 1		CUADRILLA CONCRETO ETAPA 2		CUADRILLA CONCRETO ETAPA 3	
CAPATAZ	1	CAPATAZ	1	CAPATAZ	1
OPERARIOS	3	OPERARIOS	2	OPERARIOS	2
OFICIALES	1	OFICIALES	1	OFICIALES	2
AYUDANTES	1	AYUDANTES	1	AYUDANTES	1
TOTAL	6	TOTAL	5	TOTAL	6

Elaboración propia.

En la Tabla 28 se muestra el análisis comparativo de la partida de concreto. Para obtener el conteo de las horas hombre de la cuadrilla de concreto se realiza mediante las curvas de productividad, formato en el que se llena diariamente para obtener la cantidad de horas hombre con ello podemos tener un informe semanal de producción (ISP), a través del ISP podemos tener la cantidad exacta de horas hombre que se obtiene por sector y por etapa. Para la etapa 1, la torre 9 y 10 tuvo un total de 200 y 197 horas hombre respectivamente; para la etapa 2, la torre 11 y 12 tuvo un total de 184 y 186 horas hombre respectivamente y la para etapa 3, la

torre 13y 14 se tuvo un total de 182 y 223 horas hombre respectivamente considerando que la torre 14 consta de 5 sectores. Se detalla claramente la reducción de horas hombre que hay desde la segunda etapa, esto se debe a la metodología lean y a la mejora del proceso en la metodología BIM dando como resultado un mejor avance en la programación de la obra. Se elaboró un resumen de las horas hombre por sector en la partida de concreto en la figura 36.

Tabla 28

Comparativo del análisis de las horas hombre por sector y etapa en la partida de concreto.

HH/SECTOR (PROMEDIO)						
ETAPA	ETAPA I		ETAPA II		ETAPA III	
TORRE	N° 9	N° 10	N° 11	N° 12	N° 13	N° 14
SECTOR 1	53	51	49	49	48	50
SECTOR 2	51	50	47	45	47	45
SECTOR 3	49	49	45	48	45	44
SECTOR 4	47	47	43	44	42	43
SECTOR 5						41
TOTAL HH	200	197	184	186	182	223

Elaboración propia.

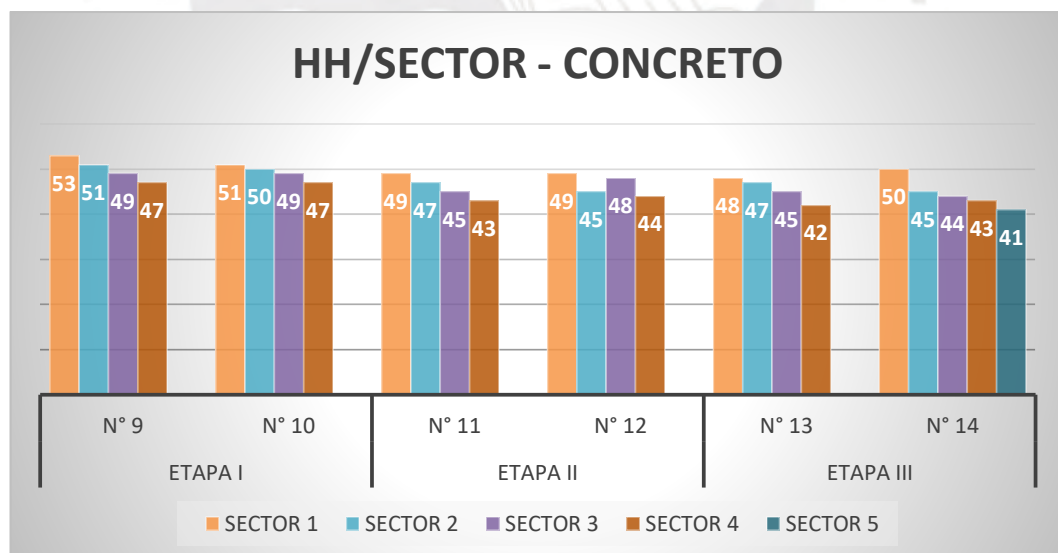


Figura 36. Total de horas hombre por sector de concreto.

Elaboración propia.

4.4.2 Análisis y comparativo del costo por etapa:

Se desarrollará el análisis y comparación de los costos de las partidas de acero, encofrado y concreto de las tres etapas del proyecto en el cual se precisará los motivos del aumento y/o disminución de costos.

4.4.2.1 Análisis y comparativo del costo en la partida del acero por etapa:

El proyecto Condominio Nuevo Nogales tiene la partida del acero subcontratado; solo se realiza la compra del acero por medio de ACEROS AREQUIPA. Se puede observar en las tablas 29, 30, 31, 32, que hay mucha diferencia en el costo a pesar de que las etapas 1 y 2 tienen prácticamente las mismas áreas.

Para realizar el análisis comparativo de los costos totales del acero por etapa se realiza contabilizando el metrado por torre y teniendo un costo unitario de S/ 3.25 por kilo, costo unitario que se obtuvo en la primera etapa del proyecto. Para la primera etapa versus la segunda etapa del proyecto se opta por comparar con los metrados realizados en cada una de las torres en el cual se puede observar en las tablas 29 y 30 un monto total de S/. 1,131,924.74 por torre mientras que en las tablas 31 y 32 un monto total de S/. 1,060,967.96 por torre. Esto se debe a que en la primera etapa del proyecto (torre 9 y 10) no se realizó la metodología BIM sin embargo la segunda etapa del proyecto (torre 11 y 12) se realizó la metodología BIM y con asesoría de un ingeniero estructural se encontraron con placas innecesarias sobre todo en los muros concreto, por lo tanto, el efecto del metrado es considerable y por ello se tiene una diferencia a favor S/ 141,913.56.

En relación de la primera etapa versus la tercera etapa del proyecto se elaboró las siguientes tablas 33 y 34, en el cual se puede observar que en la torre 13 se obtuvo el mismo metrado de las torres 11 y 12, con la misma sectorización y también se realizó la metodología BIM, por lo tanto, se registra el mismo monto de S/. 1,060,967.96. Para la torre 14 que cuenta con 5 sectorizaciones se realizó el metrado incluyendo vigas a la estructura, al mismo precio unitario de S/.3.25 y con el metrado realizado se tiene como resultado un monto de S/. 1,392,261.59, por consiguiente, el efecto del metrado es cuantioso y por ello se tiene una diferencia en contra de S/. 189,380.07.

ETAPA 1: TORRES 9 y 10

Tabla 29

Costo de acero de la torre 9.

EDIFICIO TORRE 9 (20 PISOS - 160 DPTOS)						
ESTRUCTURAS	Und.	Metrado	Precio (S/.)			Parcial (S/.)
ACERO CORRUGADO FY =4200 kg/cm2 GRADO 60						S/ 1,131,924.74
VIGA DE CIMENTACIÓN (H=1.4M, 0.7M ENTERRADO)	kg	5,208.17	S/ 3.25	S/		16,926.55
PLATEA DE CIMENTACION (H=0,7M)	kg	18,820.34	S/ 3.25	S/		61,166.10
MUROS DE CONCRETO	kg	259,213.67	S/ 3.25	S/		842,444.44
LOSAS MACIZAS	kg	63,382.95	S/ 3.25	S/		205,994.58
ESCALERAS						
ESCALERA PRINCIPAL	kg	1,659.41	S/ 3.25	S/		5,393.07

Elaboración propia.

Tabla 30

Costo de acero de la torre 10.

EDIFICIO TORRE 10 (20 PISOS - 160 DPTOS)						
ESTRUCTURAS	Und.	Metrado	Precio (S/.)			Parcial (S/.)
ACERO CORRUGADO FY =4200 kg/cm2 GRADO 60						S/ 1,131,924.74
VIGA DE CIMENTACIÓN (H=1.4M, 0.7M ENTERRADO)	kg	5,208.17	S/ 3.25	S/		16,926.55
PLATEA DE CIMENTACION (H=0,7M)	kg	18,820.34	S/ 3.25	S/		61,166.10
MUROS DE CONCRETO	kg	259,213.67	S/ 3.25	S/		842,444.44
LOSAS MACIZAS	kg	63,382.95	S/ 3.25	S/		205,994.58
ESCALERAS						
ESCALERA PRINCIPAL	kg	1,659.41	S/ 3.25	S/		5,393.07

Elaboración propia.

ETAPA 2: TORRES 11 y 12

Tabla 31

Costo de acero de la torre 11.

EDIFICIO TORRE 11 (20 PISOS - 160 DPTOS)						
ESTRUCTURAS	Und.	Metrado	Precio (S/.)			Parcial (S/.)
ACERO CORRUGADO FY =4200 kg/cm2 GRADO 60						S/1,060,967.96
VIGA DE CIMENTACIÓN (H=1.4M, 0.7M ENTERRADO)	kg	6,230.23	S/ 3.25	S/		S/20,248.25
PLATEA DE CIMENTACION (H=0,7M)	kg	16,523.36	S/ 3.25	S/		S/53,700.92
MUROS DE CONCRETO	kg	239,343.26	S/ 3.25	S/		S/777,865.60
LOSAS MACIZAS	kg	62,510.23	S/ 3.25	S/		S/203,158.25
ESCALERAS						
ESCALERA PRINCIPAL	kg	1,550.49	S/ 3.25	S/		S/5,039.09
ESCALERA DUPLEX	kg	294.11	S/ 3.25	S/		S/955.86

Elaboración propia.

Tabla 32

Costo de acero de la torre 12.

EDIFICIO TORRE 12 (20 PISOS - 160 DPTOS)					
ESTRUCTURAS	Und.	Metrado	Precio (S/.)		Parcial (S/.)
ACERO CORRUGADO FY =4200 kg/cm2 GRADO 60					S/1,060,967.96
VIGA DE CIMENTACIÓN (H=1.4M, 0.7M ENTERRADO)	kg	6,230.23	S/	3.25	S/20,248.25
PLATEA DE CIMENTACION (H=0,7M)	kg	16,523.36	S/	3.25	S/53,700.92
MUROS DE CONCRETO	kg	239,343.26	S/	3.25	S/777,865.60
LOSAS MACIZAS	kg	62,510.23	S/	3.25	S/203,158.25
ESCALERAS					
ESCALERA PRINCIPAL	kg	1,550.49	S/	3.25	S/5,039.09
ESCALERA DUPLEX	kg	294.11	S/	3.25	S/955.86

Elaboración propia.

ETAPA 3: TORRES 13 y 14

Tabla 33

Costo de acero de la torre 13.

EDIFICIO TORRE 13 (20 PISOS - 160 DPTOS)					
ESTRUCTURAS	Und.	Metrado	Precio (S/.)		Parcial (S/.)
ACERO CORRUGADO FY =4200 kg/cm2 GRADO 60					S/ 1,060,970.43
VIGA DE CIMENTACIÓN (H=1.4M, 0.7M ENTERRADO)	kg	6,230.23	S/	3.25	S/ 20,248.25
PLATEA DE CIMENTACION (H=0,7M)	kg	16,523.36	S/	3.25	S/ 53,700.92
MUROS DE CONCRETO	kg	239,343.26	S/	3.25	S/ 777,865.60
LOSAS MACIZAS	kg	62,511.23	S/	3.25	S/ 203,161.50
ESCALERAS					
ESCALERA PRINCIPAL	kg	1,550.23	S/	3.25	S/ 5,038.25
ESCALERA DUPLEX	kg	294.13	S/	3.25	S/ 955.92

Elaboración propia.

Tabla 34

Costo de acero de la torre 14.

EDIFICIO TORRE 14 (20 PISOS - 200 DPTOS)					
ESTRUCTURAS	Und.	Metrado	Precio (S/.)		Parcial (S/.)
ACERO CORRUGADO FY =4200 kg/cm2 GRADO 60					S/ 1,392,261.59
VIGA DE CIMENTACIÓN (H=1.4M, 0.7M ENTERRADO)	kg	7,906.36	S/	3.25	S/ 25,695.67
PLATEA DE CIMENTACION (H=0,7M)	kg	26,339.48	S/	3.25	S/ 85,603.31
MUROS DE CONCRETO	kg	312,456.23	S/	3.25	S/ 1,015,482.75
LOSAS MACIZAS	kg	79,506.23	S/	3.25	S/ 258,395.25
VIGAS	kg	315.28	S/	3.25	S/ 1,024.66
ESCALERAS					
ESCALERA PRINCIPAL	kg	1,550.49	S/	3.25	S/ 5,039.09
ESCALERA DUPLEX	kg	314.11	S/	3.25	S/ 1,020.86

Elaboración propia.

4.4.2.2 Análisis y comparativo del costo en la partida del encofrado por etapa:

Como se mencionó anteriormente para el proyecto Condominio Nuevo Nogales se optó por usar el encofrado metálico de la empresa FORZA ya que tiene un proceso de ejecución monolítica. Debido a que las etapas 1 y 2 tenían prácticamente el mismo diseño arquitectónico y estructural se decidió por acuerdo comercial realizar la compra del encofrado en su totalidad debido a que fue fabricado por módulo del edificio en serie y se utilizaron las mismas piezas para las torres 9, 10, 11,12 y 13. Para el caso de la torre 14 fue necesario adquirir un módulo nuevo puesto que comprendía de una mayor área, pero mantenía gran parte del diseño arquitectónico.

Para cuantificar el análisis de los costos en la partida del encofrado se desarrolló mediante la metodología BIM, en las etapas 2 y 3, el metrado exacto para cada una de las torres, como se puede observar en las tablas 35 y 36 se obtuvo un monto total de S/. 845,878.59 por torre a diferencia de las tablas 37 y 38 que tiene un monto total de S/. 816,414.75 por torre, estas diferencias son causas de los metrados en los muros de concreto a pesar de que en la primera etapa la escalera dúplex era metálica. Por consiguiente, se tiene una diferencia a favor de S/. 58,927.68.

Para la etapa 3, se puede observar en la tabla 39 el monto parcial de la torre 13 lo que asciende a S/. 816,414.75 y para la torre 14 se elaboró la tabla 40, el monto parcial es S/. 1,008,809.57, como se mencionó anteriormente este incremento se debe a que se tuvo una sectorización extra por lo tanto se tuvo que comprar nuevos accesorios para la compatibilización de los sectores. Por lo tanto, se obtiene una diferencia en contra de S/. 133,467.14.

ETAPA 1: TORRE 9 y 10

Tabla 35

Costo de encofrado de la torre 9.

EDIFICIO TORRE 9 (20 PISOS - 160 DPTOS)					
ESTRUCTURAS	Und.	Metrado	Precio (S/.)		Parcial (S/.)
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO					S/ 845,878.59
VIGA DE CIMENTACIÓN (H=1.4M, 0.7M ENTERRADO)	m2	167.88	S/	47.01	S/ 7,892.04
PLATEA DE CIMENTACION (H=0,7M)	m2	100.98	S/	47.01	S/ 4,747.07
MUROS DE CONCRETO	m2	30,532.31	S/	17.94	S/ 547,749.64
LOSAS MACIZAS	m2	11,067.84	S/	24.47	S/ 270,830.04
ESCALERAS					
ESCALERA PRINCIPAL	m2	224.74	S/	65.23	S/ 14,659.79

Elaboración propia.

Tabla 36

Costo de encofrado de la torre 10.

EDIFICIO TORRE 10 (20 PISOS - 160 DPTOS)					
ESTRUCTURAS	Und.	Metrado	Precio (S/.)		Parcial (S/.)
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO					S/ 845,878.59
VIGA DE CIMENTACIÓN (H=1.4M, 0.7M ENTERRADO)	m2	167.88	S/	47.01	S/ 7,892.04
PLATEA DE CIMENTACION (H=0,7M)	m2	100.98	S/	47.01	S/ 4,747.07
MUROS DE CONCRETO	m2	30,532.31	S/	17.94	S/ 547,749.64
LOSAS MACIZAS	m2	11,067.84	S/	24.47	S/ 270,830.04
ESCALERAS					
ESCALERA PRINCIPAL	m2	224.74	S/	65.23	S/ 14,659.79

Elaboración propia.

ETAPA 2: TORRE 11 y 12

Tabla 37

Costo de encofrado de la torre 11.

EDIFICIO TORRE 11 (20 PISOS - 160 DPTOS)					
ESTRUCTURAS	Und.	Metrado	Precio (S/.)		Parcial (S/.)
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO					S/ 816,414.75
VIGA DE CIMENTACIÓN (H=1.4M, 0.7M ENTERRADO)	m2	167.88	S/	47.01	S/ 7,892.04
PLATEA DE CIMENTACION (H=0,7M)	m2	100.98	S/	47.01	S/ 4,747.07
MUROS DE CONCRETO	m2	28,721.33	S/	17.94	S/ 515,260.66
LOSAS MACIZAS	m2	11,067.98	S/	24.47	S/ 270,833.47
ESCALERAS					
ESCALERA PRINCIPAL	m2	224.74	S/	65.23	S/ 14,659.79
ESCALERA DUPLEX	m2	54.25	S/	55.70	S/ 3,021.73

Elaboración propia.

Tabla 38

Costo de encofrado de la torre 12.

EDIFICIO TORRE 12 (20 PISOS - 160 DPTOS)					
ESTRUCTURAS	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO					S/ 816,414.75
VIGA DE CIMENTACIÓN (H=1.4M, 0.7M ENTERRADO)	m2	167.88	S/ 47.01	S/ 7,892.04	
PLATEA DE CIMENTACION (H=0,7M)	m2	100.98	S/ 47.01	S/ 4,747.07	
MUROS DE CONCRETO	m2	28,721.33	S/ 17.94	S/ 515,260.66	
LOSAS MACIZAS	m2	11,067.98	S/ 24.47	S/ 270,833.47	
ESCALERAS					
ESCALERA PRINCIPAL	m2	224.74	S/ 65.23	S/ 14,659.79	
ESCALERA DUPLEX	m2	54.25	S/ 55.70	S/ 3,021.73	

Elaboración propia.

ETAPA 3: TORRE 13 y 14

Tabla 39

Costo de encofrado de la torre 13.

EDIFICIO TORRE 13 (20 PISOS - 160 DPTOS)					
ESTRUCTURAS	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO					S/ 816,414.75
VIGA DE CIMENTACIÓN (H=1.4M, 0.7M ENTERRADO)	m2	167.88	S/ 47.01	S/ 7,892.04	
PLATEA DE CIMENTACION (H=0,7M)	m2	100.98	S/ 47.01	S/ 4,747.07	
MUROS DE CONCRETO	m2	28,721.33	S/ 17.94	S/ 515,260.66	
LOSAS MACIZAS	m2	11,067.98	S/ 24.47	S/ 270,833.47	
ESCALERAS					
ESCALERA PRINCIPAL	m2	224.74	S/ 65.23	S/ 14,659.79	
ESCALERA DUPLEX	m2	54.25	S/ 55.70	S/ 3,021.73	

Elaboración propia.

Tabla 40

Costo de encofrado de la torre 14.

EDIFICIO TORRE 14 (20 PISOS - 200 DPTOS)					
ESTRUCTURAS	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	
ENCOFRADO Y DESENCOFRADO					S/1,008,809.57
VIGA DE CIMENTACIÓN (H=1.4M, 0.7M ENTERRADO)	m2	172.04	S/ 47.01	S/ 8,087.60	
PLATEA DE CIMENTACION (H=0,7M)	m2	344.16	S/ 47.01	S/ 16,178.96	
MUROS DE CONCRETO	m2	35522.01	S/ 17.94	S/ 637,264.86	
LOSAS MACIZAS	m2	13397	S/ 24.47	S/ 327,824.59	
VIGAS	m2	34.2	S/ 45.52	S/ 1,556.78	
ESCALERAS					
ESCALERA PRINCIPAL	m2	228.04	S/ 65.23	S/ 14,875.05	
ESCALERA DUPLEX	m2	54.25	S/ 55.70	S/ 3,021.73	

Elaboración propia.

4.4.2.3 Análisis y comparativo del costo en la partida del concreto por etapa:

Se utilizó concreto premezclado ya que garantiza que este producto va a obtener buenos resultados para el producto final de la calidad en las torres, con ello se estaría cumpliendo con las especificaciones técnicas. Como se aprecia en la etapa 1 las tablas 41 y 42 no se realizó la metodología BIM entonces no hubo una sectorización verdadera por lo tanto al cubicar el concreto siempre había diferencias grandes entre los sectores, por ende al realizar el pedido por medio de la empresa UNICON no se tenía un metrado exacto de las sectorizaciones y se pedía más de lo necesario, pero no lo votábamos en todo caso reparábamos veredas de la municipalidad para que no haya un desperdicio, otro problema que tuvimos con el concreto es que en algunas ocasiones el pedido que se realizaba no llegaba completo, por lo tanto se tenía que dejar una junta fría o elaborar el concreto en la misma obra, pero esta actividad de la fabricación del concreto en pie de obra no dejaba la terminación que se espera de un concreto premezclado, lo cual ocasionaba atrasos y costos de horas extras al personal, por lo tanto el costo total de las torres es de S/.1,232,703.89 por torre. Se puede observar en la etapa 2 las tablas 43 y 44 hay una diferencia considerable con respecto a la etapa 1 y eso se debe exclusivamente a que se realizó la metodología BIM con las sectorizaciones exactas para poder medir y/o cubicar el concreto, con ello ya se tenía un pedido exacto para la semana y si había algún cambio entonces se rectificaba un día antes de realizar el pedido, igual hubo algunos inconvenientes, pero mayormente fue de la empresa UNICON, en esta etapa aparte de los problemas antes mencionados se sumó que no llegaba el concreto con el Slump solicitado por ende se rechazaba el mixer y se tenía que esperar a que llegue un nuevo mixer para el vaciado, el monto total es de S/. 1,139,193.50 por torre. La diferencia de costos a favor, de la etapa 1 y 2 en la partida del concreto es de S/. 187,020.78.

Para la etapa 3 se puede apreciar las tablas 45 y 46 también tienen la metodología BIM, y la diferencia con respecto a la etapa 1 es cuantiosa debido que en la torre 14 tiene mayor área y además tiene los mismos problemas con la empresa UNICON con respecto al volumen de entrega del concreto. La comparación entre estas dos etapas es de S/. 231,352.16 en contra.

ETAPA 1: TORRE 9 y 10

Tabla 41

Costo del concreto de la torre 9.

EDIFICIO TORRE 9 (20 PISOS - 160 DPTOS)						
ESTRUCTURAS	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)		
CONCRETO				S/ 1,232,703.89		
CONCRETO SIMPLE						
CONCRETO SOLADO e=2" f'c= 100 kg/cm2	m2	68.55	S/ 28.97	S/	1,985.82	
CONCRETO ARMADO						
VIGA DE CIMENTACIÓN						
CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2	m3	94.24	S/ 244.91	S/	23,080.32	
PLATEA DE CIMENTACION (H=0,7M)						
CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2	m3	373.94	S/ 244.91	S/	91,581.65	
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	696.89	S/ 2.08	S/	1,449.53	
MUROS DE CONCRETO						
CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 210 KG/CM2 S	m3	2,507.34	S/ 282.80	S/	709,075.75	
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	30,532.31	S/ 2.08	S/	63,507.20	
LOSAS MACIZAS						
CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2	m3	1,182.99	S/ 261.30	S/	309,115.29	
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	11,067.84	S/ 2.08	S/	23,021.11	
ESCALERAS						
ESCALERA PRINCIPAL						
CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2	m3	29.13	S/ 255.81	S/	7,451.75	
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	224.74	S/ 2.08	S/	467.46	
ESCALERA DUPLEX						
CONCRETO PARA PASOS DE ESCALERAS	m3	80.00	S/ 23.90	S/	1,912.00	
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	26.93	S/ 2.08	S/	56.01	

Elaboración propia.

Tabla 42
Costo del concreto de la torre 10.

EDIFICIO TORRE 10 (20 PISOS - 160 DPTOS)					
ESTRUCTURAS	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	
CONCRETO				S/ 1,232,703.89	
CONCRETO SIMPLE					
CONCRETO SOLADO e=2" f'c= 100 kg/cm2	m2	68.55	S/ 28.97	S/	1,985.82
CONCRETO ARMADO					
VIGA DE CIMENTACIÓN					
CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2	m3	94.24	S/ 244.91	S/	23,080.32
PLATEA DE CIMENTACION (H=0,7M)					
CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2	m3	373.94	S/ 244.91	S/	91,581.65
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	696.89	S/ 2.08	S/	1,449.53
MUROS DE CONCRETO					
CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 210 KG/CM2	m3	2,507.34	S/ 282.80	S/	709,075.75
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	30,532.31	S/ 2.08	S/	63,507.20
LOSAS MACIZAS					
CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2	m3	1,182.99	S/ 261.30	S/	309,115.29
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	11,067.84	S/ 2.08	S/	23,021.11
ESCALERAS					
ESCALERA PRINCIPAL					
CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2	m3	29.13	S/ 255.81	S/	7,451.75
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	224.74	S/ 2.08	S/	467.46
ESCALERA DUPLEX					
CONCRETO PARA PASOS DE ESCALERAS	m3	80.00	S/ 23.90	S/	1,912.00
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	26.93	S/ 2.08	S/	56.01

Elaboración propia.

ETAPA 2: TORRE 11 y 12

Tabla 43

Costo del concreto de la torre 11.

EDIFICIO TORRE 11 (20 PISOS - 160 DPTOS)						
ESTRUCTURAS	Und.	Metrado	Precio (S/)	Parcial (S/)		
CONCRETO				S/ 1,139,193.50		
CONCRETO SIMPLE						
CONCRETO SOLADO e=2" f'c= 100 kg/cm2	m2	68.55	S/ 28.97	S/		1,985.89
CONCRETO ARMADO						
VIGA DE CIMENTACIÓN						
CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2	m3	91.2	S/ 244.91	S/		22,335.79
PLATEA DE CIMENTACION (H=0,7M)						
CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2	m3	320.34	S/ 244.91	S/		78,454.47
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	583.89	S/ 2.08	S/		1,214.49
MUROS DE CONCRETO						
CONCRETO PREMEZCLADO F'C = 210 KG/CM2	m3	2,382.25	S/ 282.80	S/		673,700.30
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	30,161.69	S/ 2.08	S/		62,736.32
LOSAS MACIZAS						
CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2	m3	1,050.00	S/ 255.30	S/		268,065.00
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	10,055.80	S/ 2.08	S/		20,916.06
ESCALERAS						
ESCALERA PRINCIPAL						
CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2	m3	27.15	S/ 255.81	S/		6,945.24
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	222.2	S/ 2.08	S/		462.18
ESCALERA DUPLEX						
CONCRETO PARA PASOS DE ESCALERAS	m3	75	S/ 23.90	S/		1,792.50
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m2	23.92	S/ 2.08	S/		49.75

Elaboración propia.

Tabla 44
Costo del concreto de la torre 12.

EDIFICIO TORRE 12 (20 PISOS - 160 DPTOS)					
ESTRUCTURAS	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	
CONCRETO				S/1,139,193.50	
CONCRETO SIMPLE					
CONCRETO SOLADO e=2" f _c = 100 kg/cm ²	m ²	68.55	S/ 28.97	S/	1,985.89
CONCRETO ARMADO					
VIGA DE CIMENTACIÓN					
CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ²	m ³	91.2	S/ 244.91	S/	22,335.79
PLATEA DE CIMENTACION (H=0,7M)					
CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ²	m ³	320.34	S/ 244.91	S/	78,454.47
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m ²	583.89	S/ 2.08	S/	1,214.49
MUROS DE CONCRETO					
CONCRETO PREMEZCLADO F _C = 210 KG/CM ²	m ³	2,382.25	S/ 282.80	S/	673,700.30
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m ²	30,161.69	S/ 2.08	S/	62,736.32
LOSAS MACIZAS					
CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ²	m ³	1,050.00	S/ 255.81	S/	268,600.50
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m ²	10,055.80	S/ 2.08	S/	20,916.06
ESCALERAS					
ESCALERA PRINCIPAL					
CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ²	m ³	27.15	S/ 255.81	S/	6,945.24
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m ²	222.2	S/ 2.08	S/	462.18
ESCALERA DUPLEX					
CONCRETO PARA PASOS DE ESCALERAS	m ³	75	S/ 23.90	S/	1,792.50
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m ²	23.92	S/ 2.08	S/	49.75

Elaboración propia.

ETAPA 3: TORRE 13 y 14

Tabla 45

Costo del concreto de la torre 13.

EDIFICIO TORRE 12 (20 PISOS - 160 DPTOS)					
ESTRUCTURAS	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	
CONCRETO				S/1,139,193.50	
CONCRETO SIMPLE					
CONCRETO SOLADO e=2" f _c = 100 kg/cm ²	m ²	68.55	S/ 28.97	S/	1,985.89
CONCRETO ARMADO					
VIGA DE CIMENTACIÓN					
CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ²	m ³	91.2	S/ 244.91	S/	22,335.79
PLATEA DE CIMENTACION (H=0,7M)					
CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ²	m ³	320.34	S/ 244.91	S/	78,454.47
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m ²	583.89	S/ 2.08	S/	1,214.49
MUROS DE CONCRETO					
CONCRETO PREMEZCLADO F _C = 210 KG/CM ²	m ³	2,382.25	S/ 282.80	S/	673,700.30
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m ²	30,161.69	S/ 2.08	S/	62,736.32
LOSAS MACIZAS					
CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ²	m ³	1,050.00	S/ 255.81	S/	268,600.50
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m ²	10,055.80	S/ 2.08	S/	20,916.06
ESCALERAS					
ESCALERA PRINCIPAL					
CONCRETO PREMEZCLADO f _c =210 kg/cm ²	m ³	27.15	S/ 255.81	S/	6,945.24
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m ²	222.2	S/ 2.08	S/	462.18
ESCALERA DUPLEX					
CONCRETO PARA PASOS DE ESCALERAS	m ³	75	S/ 23.90	S/	1,792.50
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m ²	23.92	S/ 2.08	S/	49.75

Elaboración propia.

Tabla 46
Costo del concreto de la torre 14.

EDIFICIO TORRE 14 (20 PISOS - 200 DPTOS)						
ESTRUCTURAS	Und.	Metrado	Precio (S/.)		Parcial (S/.)	
CONCRETO						
CONCRETO SIMPLE						
CONCRETO SOLADO $\epsilon=2''$ $f_c=100$ kg/cm ²	m ²	75.55	S/	28.97	S/	2,188.68
CONCRETO ARMADO						
VIGA DE CIMENTACIÓN (H=1.4M, 0.7M ENTERRADO)						
CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210$ kg/cm ²	m ³	109.63	S/	244.91	S/	26,849.48
PLATEA DE CIMENTACION (H=0,7M)						
CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210$ kg/cm ²	m ³	365.23	S/	244.91	S/	89,448.48
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m ²	744.16	S/	2.08	S/	1,547.85
MUROS DE CONCRETO						
CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210$ KG/CM ²	m ³	3,339.61	S/	282.80	S/	944,441.71
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m ²	36,522.01	S/	2.08	S/	75,965.78
LOSAS MACIZAS						
CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210$ kg/cm ²	m ³	1,483.35	S/	255.81	S/	379,455.76
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m ²	13,197.00	S/	2.08	S/	27,449.76
VIGAS						
CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210$ kg/cm ²	m ³	2.7	S/	255.81	S/	690.69
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m ²	24.32	S/	2.08	S/	50.59
ESCALERAS						
ESCALERA PRINCIPAL						
CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210$ kg/cm ²	m ³	29.58	S/	255.81	S/	7,566.86
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m ²	197.63	S/	2.08	S/	411.07
ESCALERA DUPLEX						
CONCRETO PARA PASOS DE ESCALERAS	m ³	60	S/	23.90	S/	1,434.00
CURADO DE CONCRETO CON ADITIVO CURADOR	m ²	31.6	S/	2.08	S/	65.73

Elaboración propia.

4.5 Resumen del análisis y comparativo en las 3 etapas del proyecto:

4.5.1 Resumen del comparativo volumétrico del concreto

Lo resaltante del comparativo de metrados de concreto en obra con el metrado obtenido en BIM tienen una diferencia significativa en los edificios 9 y 10 debido a que en su momento de la construcción de dichos edificios no se contaba con la implementación BIM mientras que para los edificios 11, 12, 13 y 14 ya se implementó la metodología y por tanto se contaba con una data que ayude a una mejor organización en el vaciado de concreto del proyecto. La mejora se ve conforme avanza el proyecto de edificio en edificio. El parámetro que resalta es el desperdicio final de todo el edificio y podemos notar que ya no hay sobresaltos importantes de desperdicio en cada sector del edificio, ello nos da entender que la ejecución de obra fue mucho más ordenada que cuando no se empleó el BIM. En la tabla 47 se puede observar los distintos desperdicios del concreto y su disminución al emplearse la metodología BIM.

Tabla 47
Desperdicio de concreto de los edificios.

Desperdicio de concreto					
Edificio 9	Edificio 10	Edificio 11	Edificio 12	Edificio 13	Edificio 14
4.40%	4.59%	2.14%	1.91%	1.33%	1.36%

Elaboración propia.

4.5.2 Resumen del comparativo volumétrico del encofrado

Se observa que todos los valores de porcentaje diferencial del encofrado son positivos, haciendo una diferencia máxima de hasta 6.1% por sector. Esto nos da a entender que dichos cálculos pueden traer problemas tanto con el subcontratista o clientes de dicha partida. Ya que se podría estar pagando más por el trabajo realizado o cobrando menos al cliente de lo trabajado.

Tener en cuenta que el BIM es una herramienta que a su vez ayuda a tener información confiable y a su vez información a detalle. Se puede observar que el programa Revit al tener cada pieza referenciado a un ID, nos proporciona a que piso, sector, elemento estructural pertenece cada elemento.

La facilidad que tiene la gestión BIM, ayuda también a tener un mejor control de los elementos estructurales y una mejor visualización. Todo ello ayuda a no tener vicios ocultos en temas de presupuestos y mejor orden de trabajo en lo que respecta al encofrado de obra.

La codificación ID nos permite tener la confianza de que cada área de encofrado en un elemento estructural colocado en el presupuesto pueda ser corroborado en un modelo; por tanto, habría un mejor sinceramiento en las cantidades empleadas. Esto nos ayuda a generar una mejor confianza con cliente, debido a que cada pago que realiza estaría totalmente corroborado en el modelo.

4.5.3 Matriz de resultados del análisis y comparación del costo y tiempo

A continuación, se muestra el resumen de los cuadros comparativos de los resultados obtenidos en las partidas de acero, encofrado y concreto.

Se elaboró la siguiente tabla 48 en la que se observa que en las etapas 1 y 2 tienen las mismas áreas techadas de 23,570.52 m² y que la etapa 3 es mayor en un 12.2 % del área ya que su área techada equivale a 26,448.19 m², esta mayor magnitud se debe a la torre 14 que tiene mayor área a diferencia de las otras torres.

Para las edificaciones totales de las 3 partidas en acero, encofrado y concreto en la etapa 1 se obtuvo un presupuesto de S/. 6,421,014.46 y un ratio por metro cuadrado de S/272.42, en comparación a la etapa 2 que se obtuvo un presupuesto de S/. 6,032,616.92 y un ratio por metro cuadrado de S/.255.94.

Las diferencias entre los ratios de las primeras etapas se debe a varios factores, el primero de ellos es porque no se realizó el metrado correspondiente en la primera etapa por medio de la metodología BIM, esto trajo consigo que en la partida del concreto no se realizara diariamente un seguimiento para el vaciado del sector por ende se perdía un volumen de concreto significativo por día.

El segundo factor es por la partida del encofrado, si bien es cierto que se usó los mismos encofrados para todas las torres, se tuvo que incrementar en la torre 14 ya que se tenía un sector más en la estructura.

El tercer factor es el metrado del acero en la primera etapa y esto se debe al exceso de metrado por partida en los muros de concreto y en las losas macizas, cuando se aprobó iniciar la segunda etapa del proyecto se realizó una gestión de ingeniería para poder identificar los excesos negativos que contrajo pérdidas significativas en la primera etapa, una de las propuestas era que por parte de la sección BIM realice un nuevo modelo de sectorización en la que contemple los factores de un nuevo metrado en las 3 partidas y con la asesoría del ingeniero estructural obviar algunos muros de concreto para la segunda y tercera etapa, con ello se obtuvo un resultado óptimo ya que se redujo las cuadrillas de las partidas por tener una sectorización equivalente y con ello tener un metrado exacto diario para poder pedir el concreto, el residuo de concreto bajo en un 30% del total pedido en la primera etapa. El mismo procedimiento que hubo en la segunda etapa, también se realizó para la tercera etapa, pero considerando el levantamiento de observaciones que se realizó antes de comenzar la tercera etapa.

Tabla 48
Matriz de resultados

	ETAPA I		ETAPA II		ETAPA III	
	ÁREA TECHADA	23,570.52	ÁREA TECHADA	23,570.52	ÁREA TECHADA	26,448.19
Descripción	Ppto Actualizado	Ratio Act. (S/.x m2)	Ppto Actualizado	Ratio Act. (S/.x m2)	Ppto Actualizado	Ratio Act. (S/.x m2)
EDIFICACIONES TOTAL	S/6,421,014.46	S/ 272.42	S/6,032,616.92	S/ 255.94	S/6,975,216.28	S/ 263.73
ACERO	S/2,263,849.48	S/ 96.05	S/2,121,935.92	S/ 90.02	S/2,453,232.02	S/ 92.76
ENCOFRADO	S/1,691,757.17	S/ 71.77	S/1,632,829.51	S/ 69.27	S/1,825,224.32	S/ 69.01
CONCRETO	S/2,465,407.81	S/ 104.60	S/2,277,851.49	S/ 96.64	S/2,696,759.94	S/ 101.96

Elaboración propia.



Capítulo 5.0 Conclusiones y recomendaciones

5.1 Conclusiones

1. Se determinó la influencia de la filosofía BIM en el plazo de ejecución y el costo del casco de la etapa 2 del proyecto Condominio Nuevo Nogales. Adicionalmente, se evaluó el impacto en la etapa 3.
2. Se evaluó el impacto del plazo de ejecución del casco del proyecto, al aplicar la filosofía BIM. Se determinó que hubo un importante impacto en el plazo de la segunda y tercera etapa del proyecto, debido a que brinda grandes beneficios en los procesos de planificación y control del tiempo. El impacto en el plazo de ejecución del proyecto ha sido satisfactorio, ya que tanto la segunda como la tercera etapa del proyecto, se han entregado en un plazo menor, incluso en la tercera etapa que tenía una mayor área, se logró el objetivo.
3. Se evaluó el impacto en el costo del casco del proyecto, al aplicar la filosofía BIM. Se pudo controlar las cantidades de los metrados de los encofrados, vaciados de concreto y del acero, aplicando softwares como Revit, Navisworks, Ms Project y Primavera. Esto se verificó en la segunda y en la tercera etapa. El costo por metro cuadrado en la segunda etapa disminuyó en 6%, respecto a la primera etapa. Respecto al costo por metro cuadrado de la tercera etapa, esta disminuyó en 3.2%, respecto al de la primera etapa.
4. Se identificó el impacto generado al aplicar la filosofía BIM en el casco de la etapa 2 del proyecto Condominio Nuevo Nogales, para subsanar los errores cometidos en el diseño de la etapa 1. Asimismo, se identificó el impacto en la etapa 3.

5. En términos cualitativos la metodología BIM nos ha proporcionado avances significativos en la identificación de incompatibilidades e interferencias que vienen de arrastre de la etapa de diseño. En el proyecto Condominio Nuevo Nogales, al implementarse la metodología BIM a partir de la segunda etapa, ha permitido resolver una cantidad considerable de errores de diseño, cuya influencia ha sido vital para la disminución de los días de trabajo del proyecto, así como una reducción de los riesgos ante la variabilidad de los problemas de instalación en obra.
6. Los desperdicios de concreto al implementar la metodología BIM, han permitido reducir más de un 50% los desperdicios de concreto, comparando la primera etapa sin filosofía BIM con la segunda y tercera etapa en la que se aplicó la filosofía BIM.
7. La conformación de las cuadrillas en la habilitación de encofrado y vaciado de concreto se ajustaron y redujeron para la segunda y la tercera etapa de construcción del casco, debido a la precisión de la sectorización de los trabajos.

5.2 Recomendaciones

1. Se recomienda aplicar la metodología BIM desde la fase inicial del proyecto, ya que permite conocer mejor el alcance del proyecto, así como obtener metrados que tengan una mejor estimación en los presupuestos, revisar las incompatibilidades más resaltantes, y un seguimiento y control de cambios del proyecto desde una etapa inicial.
2. Se recomienda que el “equipo BIM” cuente con un manual de instrucciones en donde se especifiquen las funciones y la forma en que se va realizar la coordinación o articulación del trabajo. La relación entre los miembros del equipo y el coordinador BIM (BIM Manager) debe ser ágil, fluida, eficiente y respetuosa para el buen

desenvolvimiento en el trabajo realizado. Asimismo, esta buena coordinación se debe realizar con los demás miembros del Staff.

3. Se recomienda estandarizar entregables BIM de obra, para el pedido de materiales como el concreto y encofrado (metrados), para la ejecución de los elementos estructurales compatibilizados (planos o sketch en 2D y 3D y metrados), para el plan semanal de obra (vista 3D y metrados), control de liberaciones del área de calidad (vista 3D) y para el control diario de lo ejecutado (vista 3D y metrados); con el fin de tener toda la información digital e integrada en documentación formal del proyecto.
4. Se recomienda que el modelo 3D elaborado por el equipo BIM, no sólo esté al alcance de la constructora, sino que pueda ser utilizado al menos visualmente por los distintos involucrados como son: los proveedores, sub-contratistas, proyectistas, supervisores y el cliente; cada uno con su interés correspondiente.

BIBLIOGRAFÍA:

Alarcón, L. F., Mardones, D. A. (1998). Improving the design-construction interface.

Proceedings IGLC. pp. 4-5

Alcántara, P. (2013). Metodología para minimizar las deficiencias de diseño basada en la construcción virtual usando tecnologías BIM. [Tesis de grado, Universidad Nacional de Ingeniería].

Alvarado, C., Jurado, C. (2016). Valor real para el cliente de la gestión BIM (Preconstrucción virtual) en proyectos de edificaciones. [Tesis de maestría, Universidad de Piura del Perú].

Almeida A. (2017). BIM en el Perú. Disponible 22 de mayo de 2019, de

<https://rpp.pe/columnistas/alexandrealmeida/bim-en-el-peru-noticia-1190692>

Autodesk. (2019). Software de modelado de información de edificios. Disponible 26 de junio de 2019, de <https://latinoamerica.autodesk.com/products/revit/features>

Barco, D. (2018) Análisis previos. *Guía para implementar y gestionar proyectos BIM*. pp.16-23 Lima, Perú: Biblioteca Nacional del Perú.

BIM Forum Chile. (2017). Guía Inicial para Implementar BIM en las Organizaciones. Cámara Chilena de la Construcción. Disponible de 08 de mayo de 2021, de

[https://bimforum.cl/wp-](https://bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Gu%C3%ADa-inicial-para-implementar-BIM-en-las-organizaciones-versi%C3%B3n-imprenta.pdf)

[content/uploads/2017/07/Gu%C3%ADa-inicial-para-implementar-BIM-en-las-organizaciones-versi%C3%B3n-imprenta.pdf](https://bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Gu%C3%ADa-inicial-para-implementar-BIM-en-las-organizaciones-versi%C3%B3n-imprenta.pdf)

Autodesk. (2021) About worksharing. Disponible 26 de agosto de 2021, de <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ENU/Revit-Collaborate/files/GUID-0FC44807-DF06-4516-905A-4100281AC486-htm.html>

Cerón, I., Liévano, D. (2017). Plan de implementación de metodología BIM en el ciclo de vida en un proyecto. [Tesis de grado, Universidad Católica de Colombia].

Dataedro. (2017). Definición BIM. Disponible de 08 de mayo de 2021, de <http://dataedro.blogspot.com/search/label/Dataedro>

Espinoza, J., Pacheco, R. (2014). Mejoramiento de la constructibilidad mediante herramientas BIM. [Tesis de maestría, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Perú].

Editeca. (2021). LOD nivel de desarrollo. Disponible de 08 de mayo de 2021, de <https://editeca.com/lod-nivel-de-desarrollo/>

Eastman, C., Fisher, D., Lafue, G, Lividini, J., Stoker, D., Yessios, C. (1974, setiembre). An outline of the building description system. *Carnegie-Mellon Univ., Pittsburgh, Pa. Inst.of Physical Planning.* pp.7. Disponible de 02 de mayo de 2021, de <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED113833.pdf>

Eastman, Charles.M. (1999). Building Product Models: Computer Environments, Supporting Design and Construction. Florida 1999. Architecture and Engineering. Disponible de 22 de mayo de 2019, de

<http://eislabs.gatech.edu/courses/me6754/resources/1999-eastman/eastman2.pdf>

European SUMMIT Barcelona 2018. (2017). EUBIM Observatory. Recuperando de

<https://europeanbimsummit.com/wp-content/uploads/2020/08/BIM-State-of-the-Art-11-countries-april-2019-min.pdf>

EUBIM Task Group. (2016). Handbook for the introduction of Building Information Modelling by the European Public Sector. Disponible 03 febrero de 2021, de

http://www.eubim.eu/downloads/EU_BIM_Task_Group_Handbook_FINAL.PDF

Esdima. (2019). ¿Qué es Navisworks y para qué sirve esta herramienta? Escuela de diseño de Madrid. Disponible 26 de junio de 2019, de

<https://esdima.com/que-es-navisworks-y-para-que-sirve-esta-herramienta>

Forbes, L., Ahmed, S. (2011). Information and communication technology / Building Information Modeling. *Modern construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices*. (pp. 79,203). New York: CRC press.

Fondo mi vivienda (2016, diciembre). Nuevo escenario en vivienda y reenfoque estratégico.

Mi vivienda reenfoque estratégico, (Nº108),4-7.

Fondo mi vivienda (2021). *Bono de buen pagador*. Disponible 19 de mayo de 2021, de

<https://www.mivivienda.com.pe/portalweb/usuario-busca-viviendas/pagina.aspx?idpage=22>

HM Government. (2013). *Construction 2025. Industrial Strategy: government and industry in partnership.* Londres, pp.5-22.

Holobuilder (2019). *Capture your construction site in 360°.* Disponible 26 de junio de 2019, de <https://www.holobuilder.com/>

Kumodrones (2019). *Drones en la construcción.* Disponible 26 de junio de 2019, de <https://www.kumodrones.es/drones-en-la-construccion/>

Picchi, F. A. (1993). *Sistemas de qualidade: uso em empresas de construação de edifícios.* [Tesis de doctorado, Universidad de Sao Paulo, Brasil].

Portocarrero, A. (2017). *Análisis de las principales debilidades en la gestión de proyectos de obras públicas, durante los últimos 4 años en el Municipio de Medellín. 2013 – 2016.* [Tesis de Magister, Universidad Nacional de Colombia, Colombia].

McGraw-Hill Construction. (2012). *The Business Value of BIM in North America.*

Disponible el 23 de Enero de 2021, de

<https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/building-information-modeling/bim-value/mhc-business-value-of-bim-in-north-america.pdf>

Ministerio de Fomento de España. (2018). *El gobierno crea la comisión interministerial para la incorporación de la metodología BIM en la contratación pública.* Disponible en 22 de mayo de 2019, de

<https://www.fomento.gob.es/el-ministerio/sala-de-prensa/noticias/vie-28122018-1356>

Ministerio de obras públicas Gobierno de Chile (2017). Metodología y tecnologías para una construcción colaborativa. Disponible 22 de mayo de 2019, de <https://www.mop.cl/papel/descargables/Sesion1BIM.pdf>

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. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Javeriana de Colombia].

Murguía, D., Tapia, G. & Collantes, J. (2017). Primer estudio de adopción BIM en proyectos de edificación en Lima y Callao 2017. Lima, Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú. Departamento de Ingeniería pp.9.

¿Qué es BIM? (s.f). Equipo Fundación Laboral de La Construcción. Disponible 23 de Mayo de 2019, de <https://www.youtube.com/watch?v=SzhYGwKsnnA>

Revizto. (2021). Conectando a todos los miembros del proyecto en una sola plataforma. Disponible 10 de abril de 2021, de <https://revizto.com/es/>

Strafaci, A. (2008, octubre). What does BIM mean for civil engineers?. *Cenews*. pp.62
Disponible el 18 de noviembre de 2019, de http://images.autodesk.com/emea_apac_main/files/what_does_bim_mean_for_civil_engineers_ce_news_1008.pdf

Valdez F. (2019, julio). Tranformando la construcción. Disponible el 01 de Setiembre de 2021, de <https://www.americaeconomia.com/analisis-opinion/transformando-la-construccion>

W N S Wan Mohammad., MR Abdullah, S Ismail & R Takim. (2018). Overview of building modelling (BIM) adoption factors for construction organizations. *IOP conf series: Earth and Environmental Science*. pp. 1,2.

