



UNIVERSIDAD PERUANA DE CIENCIAS APLICADAS

ESCUELA DE POSTGRADO

PROGRAMA DE MAESTRÍA EN DIRECCIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN

**MEJORAMIENTO DE PRÁCTICAS PARA LA EJECUCIÓN EFICAZ
DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS
MULTIFAMILIARES DE HASTA SEIS PISOS, EN EL DISTRITO DE
JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO, DEPARTAMENTO Y
PROVINCIA DE AREQUIPA – CASO DE ESTUDIO: PROYECTO LA
ESTRELLA**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Para optar el grado académico de Maestro en Dirección de la Construcción

AUTORES

Alejo Bueno, Fernando Efraim (0000-0001-9874-5040)

Lino Carrion, Edith Claudia (0000-0003-2474-3602)

Lizarraga Santos, Roman Roberto (0000-0002-9942-5169)

Mercado Grande, Stefany Sheryl (0000-0002-7356-6289)

ASESOR

Vélez Piedra, Juan Manuel (0000-0003-1486-331X)

Lima, noviembre de 2022

Dedicatorias

A Clara y Aniceto mis queridos padres, que con su apoyo constante me permiten llegar a concretar este sueño. A mi hermano Alvaro por su apoyo incondicional en este proceso.

Atte. Alejo Bueno, Fernando Efraim

A la memoria de mi padre a quien amo, admiro y extraño mucho. A mi madre con todo el amor del mundo. A mis hijos Fiamma y Tiago mi motivación y la razón de mi vida.

Atte. Lino Carrión, Edith Claudia

A lo único importante en este mundo: mi familia; la que tengo desde un inicio y la que fue integrándose a mi vida a lo largo del tiempo.

Atte. Lizárraga Santos, Román Roberto

A mi familia, y en especial a mi madre, verla cada día es mi mayor motivación, ellos siempre serán la fortaleza que me permite cumplir con todos mis sueños y metas.

Atte. Mercado Grande, Stefany Sheryl

Agradecimientos

Expresamos nuestro profundo agradecimiento al Ing. Juan Vélez Piedra, por sus innumerables aportes al presente trabajo de investigación.

A todos nuestros profesores de la UPC, por compartir su conocimiento y su colaboración en el proceso del enriquecimiento de nuestra formación.

A nuestros compañeros, con quienes compartimos valiosas experiencias y conocimientos en cada etapa del posgrado.

Resumen

La construcción es una actividad tan antigua como el mismo ser humano y tan asociada a él que se podría concluir que es inherente a su desarrollo y a su progreso en el tiempo; quizás no hubo nada más importante para estos primeros hombres, luego de satisfechas las necesidades básicas de alimentación, que el de proveerse de un espacio en donde resguardarse de las inclemencias del clima, de los peligros de las fieras; de, al igual que muchos otros animales de la naturaleza, generar para sí mismo y su grupo seguridad, confort y comodidad.

Este proceso fue, paso a paso, mejorando con el transcurrir del tiempo y el ser humano, en base a el ejercicio de su ingenio y al de su constante búsqueda de innovaciones, pasó de lo puramente funcional, inmediato o urgente a lo artístico, a lo elaborado y a lo excelso, tanto en los resultados finales como el proceso mismo de construcción. En la actualidad, los avances tecnológicos, los nuevos equipos o maquinarias y los nuevos enfoques como la metodología BIM o la filosofía LEAN entre otros, nos permiten obtener un producto final constructivo de calidad, pulido y prolijo en los tres aspectos más importantes de todo proceso constructivo como son los costos, los plazos y la seguridad.

En ese sentido, el presente trabajo de investigación aborda un sector que es fundamental en nuestro país y, lamentablemente, muy desatendido, con muchas falencias y resultados deficientes también, a saber, el del sector de la construcción de la vivienda, en especial la vivienda multifamiliar. Se pretende, entonces, incentivar tanto a sectores privados como a los públicos a emplear los sistemas de vanguardia que tenemos a disposición ya que no harán otra cosa que beneficiar tanto a la parte ejecutora como a los usuarios finales del proyecto contribuyendo, paralelamente, al desarrollo y al progreso de nuestro país.

Palabras Clave: BIM; Lean Construction; Construcción; Edificios multifamiliares

“IMPROVEMENT OF PRACTICES TO EFFECTIVELY EXECUTE MULTI-FAMILY BUILDING PROJECTS WITH UP TO SIX FLOORS, IN THE DISTRICT OF JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO, DEPARTMENT AND PROVINCE OF AREQUIPA – CASE STUDY: LA ESTRELLA PROJECT”

Abstract

Construction is an activity as old as the human being and so associated with him that we can say that is inherent to his development and progress over time; maybe there was nothing more important for these early men, after satisfying his feeding needs, than providing themselves a place where they could be safe against inclement weather, the harassment of the beasts; a place, in imitation of other animals in nature, where they could be comfortable.

This process was, step by step, improving as time and the human being went on, by working his mind and searching for innovations; achieved a product not only functional or urgent but artistic, tidy, and beautiful in the final results and in the process. Nowadays, technological advances, modern equipment, efficient machinery, and new methodology or philosophy such as BIM and LEAN among others, allow us to get a final construction product with quality, neatness, and accuracy in the most three basic aspects in every construction process: costs, time and security.

In this way, this study case is about a particularly important and, unfortunately, very disregarded, and neglected issue in our country, namely home building; more precisely multi – family building. The intention of this thesis is to encourage both private and public institutions, to use these new methods, systems, or philosophies that we have at our disposal because this will get nothing but benefit everybody: the construction companies, the users of these constructions and the country itself.

Keywords: BIM; Lean Construction; Construction; Multi-family buildings

N°2452_MEJORAMIENTO DE PRÁCTICAS PARA LA EJECUCIÓN EFICAZ DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS MULTIFAMILIARES DE HASTA SEIS PISOS, EN EL DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO, DEPARTAMENTO Y

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

tesis.pucp.edu.pe

Fuente de Internet

4%

2

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.unjbg.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes

Trabajo del estudiante

1%

6

qdoc.tips

Fuente de Internet

<1%

7

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1%

repositorio.unsa.edu.pe

N°2452_MEJORAMIENTO DE PRÁCTICAS PARA LA EJECUCIÓN EFICAZ DE PROYECTOS DE CONSTRUCCIÓN DE EDIFICIOS MULTIFAMILIARES DE HASTA SEIS PISOS, EN EL DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO, DEPARTAMENTO Y

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

tesis.pucp.edu.pe

Fuente de Internet

4%

2

repositorioacademico.upc.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.unjbg.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.unap.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes

Trabajo del estudiante

1%

6

qdoc.tips

Fuente de Internet

<1%

7

hdl.handle.net

Fuente de Internet

<1%

repositorio.unsa.edu.pe

8	Fuente de Internet	<1 %
9	www.apogeavirtualbuilding.com Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	Submitted to ADEN University Trabajo del estudiante	<1 %
13	opac.pucv.cl Fuente de Internet	<1 %
14	recursosbiblio.url.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.utp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	vdocuments.mx Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.unsaac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	www.ptolomeo.unam.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %

20	es.unionpedia.org Fuente de Internet	<1 %
21	Tavares, Pedro Renan Farias. "Ferramentas de Apoio a Implementacao Lean Construction em Projetos", Instituto Politecnico de Braganca (Portugal), 2022 Publicación	<1 %
22	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
23	repository.ean.edu.co Fuente de Internet	<1 %
24	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
25	repositorio.uniandes.edu.co Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.esan.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Apagado

Exclude assignment
template

Activo

Excluir bibliografía

Activo

Excluir coincidencias

< 20 words

Índice General

<i>Dedicatorias</i>	<i>II</i>
<i>Agradecimientos</i>	<i>III</i>
<i>Resumen</i>	<i>IV</i>
<i>Abstract</i>	<i>V</i>
<i>Índice General</i>	<i>IX</i>
<i>Índice de Tablas</i>	<i>XIII</i>
<i>Índice de Figuras</i>	<i>XIV</i>
<i>CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN</i>	<i>1</i>
<i>CAPÍTULO 2: PROBLEMÁTICA</i>	<i>2</i>
2.1 Definición del Problema.....	<i>2</i>
2.2 Objetivo	<i>3</i>
2.2.1 Objetivo general:	<i>3</i>
2.2.2 Objetivos específicos:.....	<i>3</i>
2.3 Justificación de la Investigación.....	<i>3</i>
2.4 Limitaciones y Alcances.....	<i>5</i>
2.4.1 Limitaciones	<i>5</i>
2.4.2 Alcances.....	<i>5</i>
2.5 Metodología de Investigación	<i>6</i>
<i>CAPÍTULO 3 MARCO TEÓRICO</i>	<i>7</i>
3.1 Vivienda Multifamiliar	<i>7</i>
3.1.1 Desarrollo de la Vivienda Multifamiliar en el Perú.	<i>7</i>
3.1.2 Proyectos de Vivienda Multifamiliar en Arequipa y en el Distrito de José Luis Bustamante y Rivero.	<i>7</i>
3.1.3 Problemática en Proyectos de Viviendas Multifamiliares.....	<i>8</i>
3.1.3.1 Componente cuantitativo:.....	<i>8</i>
3.1.3.2 Componente cualitativo:.....	<i>8</i>
3.1.4 Déficits de Vivienda en Arequipa y en José Luis Bustamante y Rivero (JLByR).....	<i>9</i>

3.1.5	Problemas en Diseño y en la Ejecución.....	10
3.2	Building Information Modelling (BIM)	10
3.2.1	Definición del BIM.....	10
3.2.2	Building Information Modelling aplicado en la arquitectura y construcción..	11
3.2.3	Herramientas del Building Information Modeling	12
3.2.4	Impacto de BIM en el diseño, construcción y operación	12
3.2.5	Problemas en la aplicación del BIM en edificios multifamiliares.....	13
3.3	Lean Construction	14
3.3.1	Definición del Enfoque Lean Construction	14
3.3.2	Lean Project Delivery System (LPDS).....	14
3.3.3	Principios de la Filosofía Lean Construction:	16
3.3.4	Sistema Pull	16
3.3.5	Variabilidad	16
3.3.6	Herramientas de Lean Construction	17
3.3.6.1	Sectorización.	18
3.3.6.2	Tren de Actividades.....	18
3.3.6.1	Last Planner System (LPS).....	19
3.4	Integración de Principios Lean con funcionalidades Building Information Modeling (BIM)	20
3.4.1	Disminución de desperdicios por medio de un mejor diseño, disminuyendo su variabilidad.....	20
3.4.2	Mejoramiento del flujo en el Proceso de Producción.....	20
3.4.3	Disminución de la duración en el ciclo de producción.....	21
3.5	Funcionalidades BIM (Building Information Modeling) con integración a los principios Lean	21
3.5.1	Estimación estética y funcional	22
3.5.2	Estimación multidisciplinaria de modelos.....	22
3.5.3	Estimación 4D de cronogramas de construcción.....	23
3.6	Gestión del Cambio Organizacional.....	23
3.6.1	Crear sentido de urgencia	25
3.6.2	Formar una coalición	25
3.6.3	Crear visión para el cambio	25
3.6.4	Comunicar la visión.....	26

3.6.5	Eliminar los obstáculos.....	26
3.6.6	Asegurarse triunfos a corto plazo	26
3.6.7	Edificar sobre el cambio	26
3.6.8	Anclar el cambio a la cultura de la empresa.....	26
<i>CAPÍTULO 4 DIAGNÓSTICO DEL PROYECTO</i>		<i>27</i>
4.1	Diagnóstico de la Situación Actual	27
4.1.1	De la Empresa que Ejecuta el Proyecto.....	27
4.1.1.1	Cultura Organizacional.....	29
4.1.1.2	Análisis externo de factores Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos Ecológicos y Legales (PESTEL).....	30
4.1.1.3	Cinco Fuerzas de Porter.....	31
4.1.1.4	Análisis Interno	32
4.1.2	Caso de Estudio - Proyecto La Estrella	34
4.1.2.1	Descripción del proyecto	34
4.1.2.2	Análisis y Herramientas Utilizadas	37
4.1.2.3	Dificultades en desarrollo del proyecto	39
4.2	Análisis del flujo original de la empresa LyL Arquitectos y Asociados	40
4.3	Análisis de Programación.....	41
4.3.1	Revisión del Layout de la Obra	41
4.4	Plan de Gestión del Cambio Organizacional.....	41
4.4.1	Imprimir Carácter de Urgencia.....	41
4.4.2	Creación de Equipo Elite	41
4.4.3	Desarrollar la visión y la Estrategia del Cambio	42
4.4.4	Comunicar la visión del cambio	42
4.4.5	Capacitar a los empleados y eliminar obstáculos	42
4.4.6	Análisis de Riesgos.....	42
4.4.7	Generar éxito a corto plazo.....	42
4.4.8	Consolidar logros y generar más cambios.....	43
4.4.9	Anclar los nuevos puntos de vista a la cultura organizacional	43
<i>CAPÍTULO 5 PROPUESTA DE MEJORA</i>		<i>44</i>
5.1	Aplicación de la Filosofía Lean Construction	44
5.1.1	Sectorización a Partir del Modelo BIM.....	45

5.1.1.1	Sectorización de elementos verticales (columnas)	47
5.1.2	Tren de Actividades.....	49
5.2	Propuesta de Planificación Lean.....	50
5.2.1	Análisis de Restricciones.....	50
5.2.2	Planificación Look ahead	51
5.2.3	Programación semanal: Plan semanal	53
5.2.4	Seguimiento, PPC.....	54
5.3	Guía para implementar el Sistema Last Planner System.....	55
5.3.1	Reuniones Pull.....	56
5.3.2	Componentes de la Herramienta Last Planner a Implementar	56
5.3.2.1	Plan maestro	56
5.3.2.2	Look Ahead Planning	56
5.3.2.3	Plan semanal.....	57
5.3.2.4	Porcentaje de Plan Cumplido y Causas de Incumplimiento.....	57
5.4	Aplicación de la metodología BIM	59
5.4.1	Identificación de procesos a realizar	59
5.4.2	Entregables BIM.....	62
5.4.3	Modelo BIM y análisis	63
5.4.4	Manejo y recolección de datos	66
5.4.4.1	Emisión de RFI's	66
5.4.4.2	Recolección de datos	69
5.4.5	Costos de implementación.....	71
<i>CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>		<i>73</i>
6.1	Conclusiones.....	73
6.2	Recomendaciones	74
<i>REFERENCIAS</i>		<i>76</i>
<i>ANEXOS</i>		<i>80</i>
	Anexo 01: Entrevistas.....	80
	Anexo 02: Formato de RFI.....	87

Índice de Tablas

Tabla 1	<i>Porcentajes de Actividades Predecesoras</i>	17
Tabla 2	<i>Proyectos Ejecutados por la Empresa L & L Arquitectos y Asociados</i>	28
Tabla 3	<i>Análisis de factores Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos Ecológicos y Legales (PESTEL)</i>	30
Tabla 4	<i>Debilidades y Fortalezas</i>	33
Tabla 5	<i>Principales problemas identificados en el flujo de trabajo del proyecto en estudio</i> .	40
Tabla 6	<i>Metrados para concreto</i>	45
Tabla 7	<i>Metrados para concreto</i>	47
Tabla 8	<i>Tren de actividades propuesto para el proyecto La Estrella</i>	49
Tabla 9	<i>Formato de Análisis de Restricciones</i>	51
Tabla 10	<i>Look Ahead con horizonte a 4 semanas para acabados</i>	52
Tabla 11	<i>Look Porcentaje de plan completado por semana para tres actividades</i>	54
Tabla 12	<i>Nivel de Detalle del Modelado por Especialidad</i>	63
Tabla 13	<i>Costo De Implementación Y Gestión Del Modelo BIM</i>	71
Tabla 14	<i>Costo Total de Implementación BIM</i>	72

Índice de Figuras

Figura 1.	<i>¿Cuáles son los problemas más frecuentes en el proceso constructivo?</i>	2
Figura 2.	<i>Enfoque Tradicional de la revisión del diseño</i>	11
Figura 3.	<i>Enfoque tradicional vs enfoque Lean</i>	14
Figura 4.	<i>Lean Project Delivery System</i>	15
Figura 5.	<i>La formación de las tareas en el proceso de Last Planner System</i>	19
Figura 6.	<i>Modelo general de Planificación del Proyecto con Last Planner System</i>	19
Figura 7.	<i>Estructura Organizacional: Constructora L & L Arquitectos y Asociados</i>	29
Figura 8.	<i>Cinco Fuerzas de Porter</i>	31
Figura 9.	<i>Cadena de Valor</i>	32
Figura 10.	<i>Plano Descriptivo del proyecto La Estrella - Primer Nivel</i>	35
Figura 11.	<i>Plano Descriptivo del Proyecto La Estrella – Segundo, tercer y cuarto Nivel</i>	36
Figura 12.	<i>Herramientas y Principios de Lean Construction a Utilizar</i>	45
Figura 13.	<i>Sectorización para el Proyecto La Estrella</i>	46
Figura 14.	<i>Sectorización con el modelo BIM del casco estructural para el Proyecto La Estrella hasta el tercer nivel</i>	47
Figura 15.	<i>Sectorización con BIM para el Proyecto La Estrella hasta el cuarto nivel</i>	48
Figura 16.	<i>Sesión de planificación Pull</i>	56
Figura 17.	<i>Ejemplo de los Cinco Porques para descubrir las causas de Incumplimiento</i> .	57
Figura 18.	<i>Inputs y Outputs del Modelado</i>	59
Figura 19.	<i>Inputs y Outputs de la Coordinación por especialidades</i>	59
Figura 20.	<i>Representación del modelo distribuido entre especialidades</i>	60
Figura 21.	<i>Inputs y Outputs del Planeamiento del proyecto</i>	61
Figura 22.	<i>Inputs y Outputs de la Construcción del Proyecto</i>	61
Figura 23.	<i>Inputs y Outputs del control de avance del proyecto</i>	62
Figura 24.	<i>LOD (level of development)</i>	62

Figura 25.	<i>Vista General del Modelo BIM Federado</i>	64
Figura 26.	<i>Vista Especialidad de Arquitectura</i>	65
Figura 27.	<i>Caminatas En Tercera Persona En Navisworks 2023</i>	66
Figura 28.	<i>Detección De Interferencias En Navisworks 2023</i>	67
Figura 29.	<i>Ejemplo De RFI Del Proyecto (Request For Information)</i>	68
Figura 30.	<i>Numero De Incompatibilidades Entre Especialidades Proyecto La Estrella</i>	69
Figura 31.	<i>Pruebas Por Categoría Con Clash Detective De Navisworks Para El Proyecto La Estrella</i>	70
Figura 32.	<i>Informe de Conflictos del Proyecto La Estrella</i>	70

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

En nuestro país en la actualidad aún se sigue con un auge de la industria de la construcción y es por ello que resulta común ver proyectos en ejecución como las viviendas multifamiliares. Asimismo, en los últimos años se tiene múltiples errores en la ejecución de estos proyectos, especialmente en viviendas multifamiliares por otro lado se tiene la tendencia de adoptar metodologías como el BIM (Building Information Modeling) y el Lean Construction o construcción sin pérdidas para tener mejores resultados en la gestión.

Por este motivo, el presente trabajo de investigación surge con la necesidad de conocer los resultados de las mejoras que tendrá la implementación de la metodología BIM, la filosofía Lean Construction y la combinación de ambas en la ejecución de viviendas multifamiliares y para ello se analizarán cualitativa y cuantitativamente los impactos que se producen en el estudio del proyecto La Estrella ubicado en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, departamento y provincia de Arequipa.

En el capítulo 2 se hace una evaluación de la situación problemática que motiva el presente trabajo de investigación, en el capítulo 3 se desarrolla el marco teórico con la descripción de los conceptos de vivienda multifamiliar, metodología BIM y filosofía Lean Construction y se describen las principales herramientas con las que cuentan ambas metodologías así como la interacción de ambas en algunos principios. En el Capítulo 4 se desarrolla el análisis de un caso real en el que se aplicó la metodología convencional para el desarrollo de todo el proyecto, desde su concepción, diseño y construcción. Para tener una idea más clara, iniciamos con el diagnóstico general de la empresa que ejecutó el proyecto.

En el capítulo 5 se propondrá la implementación de la metodología combinada de BIM y Lean Construction en la etapa de diseño y planificación para un proyecto de construcción ejecutado en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, departamento y provincia de Arequipa proyecto denominado La Estrella. Este trabajo de investigación servirá de referencia para proyectos de similares características además, se analiza de qué forma se pudieron aplicar las herramientas de BIM y Lean Construction de forma conjunta, cabe indicar que en este proyecto no se aplicó Lean Construction ni BIM así mismo se analizarán los resultados obtenidos con la gestión tradicional

Finalmente en el capítulo 6 se desarrollan las conclusiones y recomendaciones del presente Trabajo de investigación.

CAPÍTULO 2: PROBLEMÁTICA

2.1 Definición del Problema

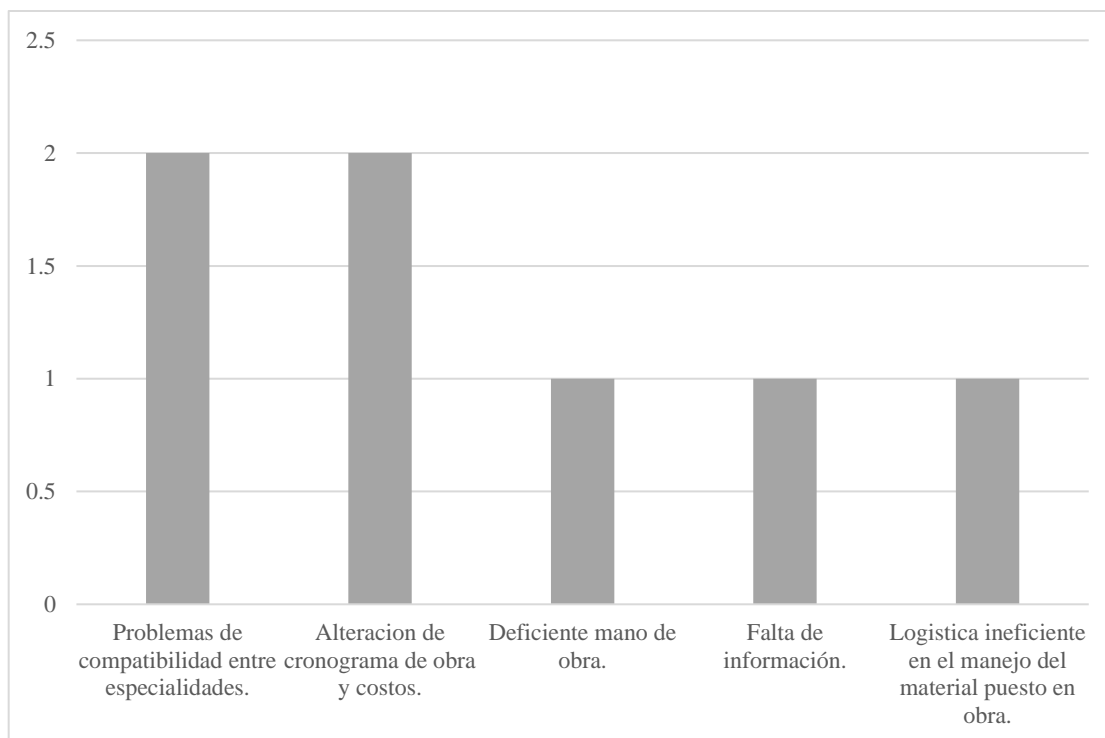
El presente trabajo de investigación se centra en los múltiples errores en la ejecución de diversos proyectos de construcción, especialmente en la realización de edificios multifamiliares, los mismos que se fueron presentando a lo largo del tiempo y que son recurrentes aún hoy.

Es bastante conocido que, en el ejercicio profesional en el rubro de la construcción nos tropezamos muy frecuentemente con situaciones que retrasan y encarecen todo el proceso y, evidentemente, mientras sea mayor la magnitud del proyecto mayores serán estas falencias pudiendo, incluso, llevar al fracaso de cualquier empresa.

Las dificultades en la ejecución de los proyectos tienen su origen desde la concepción de los mismos, esta investigación radica en la optimización de los procesos, haciendo uso eficiente de los recursos con la implementación de la metodología BIM y las herramientas Lean Construction.

Figura 1.

¿Cuáles son los problemas más frecuentes en el proceso constructivo?



Según entrevistas realizadas a distintos actores de la empresa como podemos ver en la figura 1, los principales problemas que se detectaron fueron respecto a costos y plazos de entrega en la ejecución de las obra, los mismos que se generaron, según refieren los trabajadores, a causa de incompatibilidades entre especialidades, deficientes procesos constructivos, niveles de productividad bajos, falta de planificación de flujos de actividades, y otras, en este contexto este trabajo de investigación pretende plantear el uso de nuevas metodologías y herramientas, evitando excesos en los plazos de ejecución que afectan directamente la rentabilidad del proyecto y perjudican directamente la calidad de la construcción e impidiendo el cumplimiento de los objetivos del cliente.

2.2 Objetivo

2.2.1 Objetivo general:

Planificar la integración de la metodología BIM (Building Information Modeling) y Lean Construction para la ejecución de proyectos multifamiliares, en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, departamento y provincia de Arequipa, Caso de estudio: proyecto La Estrella.

2.2.2 Objetivos específicos:

- ✓ Desarrollar un marco teórico para la implementación de BIM y LEAN en el proyecto La Estrella ubicado en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, departamento y provincia de Arequipa.
- ✓ Implementar la metodología BIM y LEAN en el diseño y planificación del proyecto La Estrella ubicado en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, departamento y provincia de Arequipa.
- ✓ Planificar la gestión del cambio organizacional para optimizar los procesos en la ejecución de proyectos multifamiliares de la empresa L&L Arquitectos y Asociados.

2.3 Justificación de la Investigación

La construcción, al igual que todo emprendimiento humano, siempre tiende a mejorar, a optimizarse, a disminuir sus pérdidas; lamentablemente en este proceso de cambio a mejor no siempre es sencillo o aceptado por la mayoría de los involucrado en él. Existe un componente cultural o de costumbre que arrastra consigo muchas fallas y si sigue vigente es por la reticencia al cambio, por el miedo a salir de la zona de confort o, sencillamente, por el desconocimiento de los avances globales (ver Anexo 01).

Por otro lado; en el Perú, el déficit de vivienda es uno de los problemas más postergados desde hace muchos años (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2019); ya sea por el Estado o por empresas privadas -, lo cual, consecuentemente, conlleva a una gran demanda por espacios de vivienda dignos, funcionales y eficientes; esto tanto en su resultado final como en su proceso integral, desde el momento del diseño y durante su ejecución. Tal situación no difiere mucho en cuanto a la ciudad de Arequipa y, particularmente, en José Luis Bustamante y Rivero, uno de sus distritos con mayor proyección de crecimiento y desarrollo en nuestra ciudad (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2018).

Ambas coyunturas exigen una respuesta inmediata que solucione; sino completamente sí en gran medida; estas falencias. El uso de la tecnología y de los modelos o filosofías vanguardistas, está logrando optimizar todos y cada uno de sus aspectos. En este sentido los sistemas BIM (Building Information Modelling) y LEAN en especial tienen mucho que aportar a lo que siempre conocimos como construcción tradicional o la manera en que siempre se hizo y se hacen las cosas.

Este trabajo de investigación pone de manifiesto las ventajas y oportunidades que, el uso de los principios de los dos sistemas: Lean Construction y BIM, pueden ofrecer para la edificación de una vivienda multifamiliar. Para ello, analizaremos, como caso de estudio, el proyecto de construcción - La Estrella, en el cual estudiaremos y compararemos los resultados de la aplicación de los mismos en las distintas fases del proyecto de construcción. Se entiende que la aplicación de estos sistemas significa una renovación total en la forma de pensar de los directivos de cada área operativa o administrativa y en el funcionamiento integral de la empresa ejecutante, por lo cual los frutos o los resultados positivos no serán inmediatos y, de hecho, en un inicio no significarán más que una inversión a mediano o largo plazo. Es así que se define un horizonte de 5 años (desde el momento en que se aplican los citados sistemas), lapso en el cual se pretende reducir los costos del proceso constructivo en un porcentaje no menor del 5%. (ver Anexo 01)

2.4 Limitaciones y Alcances

2.4.1 Limitaciones

Los planos, especificaciones técnicas y toda la información utilizada del caso de estudio están basada en el expediente desarrollado y presentado por la empresa L & L Arquitectos y Asociados, al dueño del proyecto y se basa en la metodología tradicional.

El estudio contempla el modelamiento BIM de las especialidades del proyecto, conjuntamente con la integración de la filosofía Lean Construction, con lo que, será necesaria su implementación mediante estrategias que a su vez requieren gastos en capacitación, software y licencias que se usaran, además del tiempo de adaptación y transición para hacerlo factible.

La empresa del caso en estudio cuenta con pocos recursos e información para desarrollar e integrar la metodología BIM y Lean Construction por lo que se requerirá implementar personal capacitado y presupuestar este puesto en futuros proyectos para sostener al especialista en la planilla mensual.

2.4.2 Alcances

El presente trabajo plantea como alcance el proyecto de vivienda multifamiliar ubicado en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, departamento y provincia de Arequipa, denominado La Estrella, por otra parte, se pretende reducir las interferencias en la etapa de diseño y planificación con la implementación de BIM integrado con la filosofía Lean Construction, para que los proyectos de vivienda multifamiliar se ejecuten de forma continua eliminando las interferencias e incompatibilidades y dentro del plazo estimado.

En el presente trabajo, la información que se desarrolla está dirigida a ingenieros y arquitectos especializados en el área de diseño y construcción de edificaciones multifamiliares, subcontratistas y también como referencia para los estudiantes de la carrera profesional de ingeniería civil y arquitectura.

2.5 Metodología de Investigación

En el presente trabajo se desarrollará una investigación descriptiva y Exploratoria, en la cual se abordará la implementación de la filosofía Lean Construction y metodología BIM en el proyecto de vivienda multifamiliar La Estrella donde se investigará el enfoque de construcción tradicional, en comparación con la metodología integrada de Lean y BIM que contribuirá a reducir los efectos.

Se empleará una técnica documental, que nos permite la recolección de información de fuentes bibliográficas para integrar e implementar las teorías de Lean y BIM por lo que se expone la filosofía de Lean Construction y los usos del Modelado de información de construcción que se pueden aplicar tanto en la fase del diseño y planificación. Luego se realizará un análisis sobre las interacciones y se analizará investigaciones elaboradas en base a las relaciones entre la metodología Lean y BIM.

En cuanto al análisis del caso, se emplea el análisis de la empresa y la información del proyecto concebido de forma tradicional donde podremos identificar los principales problemas que se dan durante la construcción de un edificio multifamiliar. A partir de esto, se analizará las posibles interacciones aplicables entre Lean Construction y Building Information Modelling que se hubiesen aplicado en el proyecto en estudio.

Se utilizará y procesará la información proveniente del expediente técnico y de liquidación de obra facilitados por la empresa LyL Arquitectos y Asociados con lo que se procederá a la identificación de las posibles aplicaciones de BIM y Lean. A continuación, esta información se agrupará conforme a los objetivos del presente trabajo de investigación.

CAPÍTULO 3 MARCO TEÓRICO

3.1 Vivienda Multifamiliar

3.1.1 Desarrollo de la Vivienda Multifamiliar en el Perú.

El aumento de la población desbordó la huella urbanizada en las diferentes ciudades más importantes del Perú como Lima, Arequipa, Trujillo, Chiclayo, Cusco y otras en el siglo anterior; al mismo tiempo que la arquitectura moderna se abre paso en nuestro país. Varios y nuevos modelos de vivienda colectiva aparecen: Unidades vecinales, agrupamientos y residenciales, estos modelos distintos a las manzanas tradicionales condensadas y lotes profundos; lo que dio paso a nuevas tipologías residenciales y a la aparición de la densificación en vertical del velo urbano, Considerados inicialmente como vivienda de renta, hoy en día es la opción de vivienda de mayor importancia, producción y demanda, multiplicándose en los diferentes sectores importantes de cada ciudad (Franco & Loli, 2016).

3.1.2 Proyectos de Vivienda Multifamiliar en Arequipa y en el Distrito de José Luis Bustamante y Rivero.

En los últimos 60 años, Arequipa paso por diferentes sucesos sociales, culturales y económicos, el crecimiento descontrolado de la ciudad que se sigue dando, genera mayores inversiones y acelera el proceso de ocupación urbana, en su mayoría de manera desordenada por falta de planificación, ocupando los suelos disponibles de forma descontrolada y con esto perjudicando a la ciudad y el medio ambiente.

El distrito de José Luis Bustamante y Rivero por tener una ubicación estratégica, se ha convertido en un sub centro descentralizador de varios tipos de actividades (financieras, culturales, recreativas, etc.), perfilándose como uno de los más importantes polos de desarrollo de la ciudad, ya que, estas actividades se desarrollan principalmente en el distrito de Arequipa Cercado.

Además, por la cantidad de áreas verdes que tiene a diferencia de otros distritos, resulta de mayor interés para el sector vivienda. Esto genera el incremento de la demanda de vivienda multifamiliar de manera intensificada y con ello la necesidad de apostar por nuevos sistemas y metodologías que ayuden a cubrir esta demanda, generando proyectos eficientes, funcionales y de ejecución rápida (Agüero, 2016).

3.1.3 Problemática en Proyectos de Viviendas Multifamiliares

En nuestro país uno de los problemas más significativos es el déficit de vivienda, la carencia que tienen los ciudadanos para obtener una vivienda adecuada. Un conjunto de requisitos que deben estar referidos a la estructura o composición física de la unidad habitacional (materiales inadecuados, muy deteriorados o inseguros), a la falta de servicios básicos de agua, desagüe, luz eléctrica (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2019). De esta manera se definen 2 componentes básicos al momento de analizar el déficit habitacional:

3.1.3.1 Componente cuantitativo:

Dado que; para términos de un censo se considera como hogar a la persona o grupo de ellas que viven bajo un mismo techo y que comparten los gastos básicos de alimentación y servicios que demanda su supervivencia, y que la vivienda puede albergar a uno o más hogares en donde el grupo de personas viven bajo un sistema de tipo familiar pudiendo tener estas o no relación de parentesco; se considera como componente cualitativo a la falta de viviendas aptas o mínimamente adecuadas para dar cobertura a las referidas necesidades básicas de vivienda de las familias; de tal forma que cada vivienda puede tener en su interior a un solo hogar (INEI, 2019).

3.1.3.2 Componente cualitativo:

Toma en consideración las distintas deficiencias en cuanto a materiales (paredes y pisos), espacio para habitar (hacinamiento) y servicios básicos (saneamiento básico y electricidad) de una vivienda. Calculando esto se busca la determinación de viviendas que requieran una infraestructura mejorada en los aspectos mencionados. Política nacional multisectorial de salud (2030) Perú País saludable (INEI, 2019).

Además de los dos conceptos arriba citados se puede añadir los siguientes más generales y amplios:

3.1.3.2.1 *Material irrecuperable:*

Una vivienda es considerada de material no recuperable básicamente si cuenta con características precarias como esteras, piedras con barro u otro mortero simple y si en la vivienda existen más de 3 personas por habitación se considera vivienda hacinada (INEI, 2019).

3.1.3.2.2 *Servicios básicos deficitarios:*

Se presenta cuando, en una vivienda, se carece de los servicios básicos de agua, luz o desagüe y, por ende, la vivienda se abastece de agua de cisternas móviles, de acequias; elimina sus aguas negras por medio de letrinas o silos internos o externos a la vivienda y que no existe red eléctrica en la zona.

Las cifras a nivel nacional nos presentan un panorama revelador, según datos del INEI recopilados al 2019 el 1.9% de los hogares en el Perú presentan déficit cuantitativo de vivienda; mientras que el 8.3% de viviendas en el Perú presentan un déficit cualitativo, ósea se presenta un porcentaje mayor en el sector rural del país con 17.3% y con 5.8% en el área urbana (INEI, 2019).

3.1.4 *Déficits de Vivienda en Arequipa y en José Luis Bustamante y Rivero (JLByR)*

Habiendo analizado la coyuntura nacional podemos pasar al contexto regional; es decir al departamento de Arequipa. En este sentido y tomando la data del Plan Regional de Vivienda y Suelo [PREVIS] (2007) se concluye que en nuestra ciudad existe un déficit habitacional de 86 000 viviendas, 60% de esta cifra corresponde a la ciudad propiamente de Arequipa.

Con respecto a la situación particular del distrito de JLByR no se tiene una data específica del déficit habitacional; sin embargo, en base a los datos sí conocidos al año 2021, - como que la población total de Arequipa que es de 1 055 796 habitantes y la del distrito en mención, la cual es de 83 264 habitantes - se puede concluir que, siendo la población de JLByR el 7.89% de la de Arequipa presenta un déficit habitacional de 4 071 viviendas, esto como mínimo ya que, como se mencionó anteriormente este distrito presenta una gran demanda de viviendas lo cual, con seguridad, elevaría esta cifra..

3.1.5 Problemas en Diseño y en la Ejecución

En base a la experiencia obtenida por el desarrollo de proyectos propios (Archivos L y L Arquitectos y Asociados, 2019) se puede citar la siguiente problemática presente en la mayoría de los casos:

A) Factor Cultural: En nuestra sociedad aún existe un paradigma en cuanto a lo que significa una vivienda, esto se refleja en el deseo de muchas personas de contar con espacios tradicionales como un patio o, incluso, un huerto en donde cultivar hortalizas o verduras, el tener la posibilidad de criar animales y el de no tener que compartir áreas comunes con otras personas. Factores que son muy complicados de conseguir o, de hecho, imposibles de conseguir cuando de vivienda multifamiliar se trata.

B) Factores Constructivos: Es aquí en donde radican la mayoría de situaciones que afectan negativamente a todo proceso constructivo como:

- ✓ Retrasos en los plazos de entrega o compra de materiales o equipos.
- ✓ Dificultades o desencuentros con el personal obrero.
- ✓ Burocracia excesiva que dilata los tiempos en cuanto a licencias, certificados, declaratorias y similares.
- ✓ Documentación (planos, memorias, especificaciones) incoherentes o con incompatibilidades. (ver Anexo 01).

3.2 Building Information Modelling (BIM)

3.2.1 Definición del BIM

Building Information Modeling (BIM) es una metodología utilizada para diseñar o combinar proyectos modelados de manera tridimensional, también conocida como 3D; así como la utilización de información relacionada entre especialidades para trabajar colaborativamente mientras se construye virtualmente el proyecto. BIM es el cambio de modelo, impactando directamente en la industria de la arquitectura, ingeniería y construcción (AEC). El objetivo no se ha transformado: lograr proyectos exitosos terminados en el tiempo previsto y dentro del costo previsto. Para lograr estos objetivos, es preciso trabajar en equipo. Las herramientas que ofrece BIM crea adhesión en el grupo de trabajo, logrando que los proyectos se beneficien de este estilo de trabajo (Fountain y Langar, 2018).

Kam et. al (2013) refiere que a medida que se va desarrollando y completando el modelado, el equipo está constantemente puliendo los entregables, siguiendo los cambios de diseño que surgen de la detección de interferencias, asegurando que el modelo corresponda a lo proyectado.

3.2.2 Building Information Modelling aplicado en la arquitectura y construcción

En la figura 2 se muestra la forma en la que se diseña actualmente, respecto al propuesto por la metodología BIM, que incorpora, en etapas previas a la construcción, la detección de incompatibilidades. La dirección tradicional de los proyectos dentro de la industria consistía en tener el proyecto de arquitectura y estructuras, luego convocar una licitación y finalmente, elegir al constructor, que en la mayoría de casos, se trataba del que tenía la propuesta económica más baja que la competencia y que generalmente tenían problemas de calidad, seguridad y plazo, lo que originaba una programación más rigurosa.

Asimismo, empleando este planteamiento tradicional se encontraban solicitudes de cambios de diseño por motivos de incoherencias u inadvertencias, condiciones de la zona no previstas, cambios en los requerimientos por parte de los involucrados, etc. Estas circunstancias generan RFIs (Request for Information) que son aclaraciones que surgen por diferencias en los planos que, en algunos casos, llevan a realizar variaciones en el plano realizándose, quizás modificaciones en todas las especialidades que requiere de tiempo y claramente genera costos adicionales.

Figura 2.

Enfoque Tradicional de la revisión del diseño



Nota. Adaptado de “Implementing Lean in Construction”, por Dave, B. Koskela, L. Kiviniemi, A. Tzortzopoulos, P. Tzortzopoulos, 2013.

La metodología BIM utiliza el trabajo en equipo como eje, y eso abarca a todo el proyecto. En el diseño, así como se utiliza BIM para mostrar la construcción del modelo 3D, fomenta el debate y se exponen múltiples opciones entre los stakeholders del proyecto, brindándole al cliente y que este logre elegir la mejor opción.

3.2.3 Herramientas del Building Information Modeling

Las herramientas BIM están enmarcadas en un modelado con elementos paramétricos, la idea primordial modificar distintos elementos y a partir de ello controlar un rango de parámetros. Estos dependen de valores definidos por el modelador.

Esta etapa, el cliente y el equipo definen los objetivos principales y desarrollan la programación, ayudando a determinan los requerimientos del proyecto. Existe una herramienta BIM llamada BIMStorm, con la cual se puede conceptualizar el proyecto evaluando opciones de diseño teniendo en la viabilidad del proyecto en sí. (Eastman et. al 2011).

3.2.4 Impacto de BIM en el ciclo de vida proyectos de Edificios Multifamiliares

Como lo menciona Florez (2020) BIM busca cambiar la forma tradicional de construcción de edificaciones multifamiliares, mediante un modelo basado en la colaboración temprana de los diversos profesionales de las distintas especialidades, de esta forma se quiere dar valor a la idea del cliente y buscar múltiples opciones del proceso constructivo.

El trabajo colaborativo reside en cada uno pueda crear sus propios modelos y que se coordinen las especialidades. Este proceso ayuda a evitar periodos de latencia o tiempos de espera. Con esta metodología el contratista aporta ideas para facilitar la constructibilidad y ayuda a resolver errores que se presentan, debido a su expertis.

Además, encontró que el cliente, que únicamente resolvía problemas relacionados con el financiamiento o retrasos en el cronograma, ahora con esta metodología desempeña un rol fundamental.

Igualmente, Florez (2020) menciona:

Los arquitectos y los ingenieros estructurales encargados del diseño deben trabajar de manera coordinada lo antes posible para reducir el tiempo de diseño, evitar interferencias entre los elementos, aprovechar la experiencia de ambos y superponer ideas para garantizar que la estética sea segura estructuralmente. Todo esto influye

en el costo y tiempo de ejecución de la obra, ya que se evitan futuros errores de compatibilidad en los planos. (p. 17)

3.2.5 Problemas en la aplicación del BIM en edificios multifamiliares

Según el artículo de Criminale y Langar (2017), los mayores problemas que enfrenta BIM se encuentran en el nivel organizacional. Por ejemplo, la mayoría tienen que ver con la casi nula capacitación de sus colaboradores, la baja información de la metodología en el Perú y la baja interoperabilidad de los softwares.

Seo y Ju (2013), muestra el siguiente argumento:

Los principales problemas que ellos encontraron en la aplicación de BIM. Algunos de estos problemas son similares a los presentados por Criminale y Langar en el párrafo anterior, sin embargo, otros son nuevos. Por ejemplo, en el área de sistemas, los problemas presentados se deben básicamente a la resistencia al cambio por parte del personal y a la insuficiente participación por parte del gobierno para mejorar algunas partes estratégicamente. (pp. 10-14)

En cuanto a las mejoras dentro del área de información, se observa que estos no mejoran ni actualizan sus softwares para que se ajusten a BIM. Finalmente, en el área de la implementación de procedimientos para los proyectos, sabemos que es necesario impactar en la colaboración entre los participantes del proyecto.

Además, será necesario que los profesionales involucrados entiendan a profundidad el concepto BIM, ya que pueden perder el interés en la importancia de la metodología, sin obtener las ventajas que nos proporciona. Además, las empresas creen que es una pérdida de tiempo y no invertirán en la capacitación, creemos que es necesario que entiendan que la aplicación de BIM recuperará su inversión de costo así como del tiempo que tomo las capacitaciones a sus colaboradores.

Finalmente, uno de los problemas más importantes es la interoperabilidad entre los softwares BIM, es preciso que los creadores de software hallen la manera de corregir problemas y cumplir con el primordial objetivo del BIM, que es la colaboración. Uno de los problemas más frecuentes al momento de proporcionar interoperabilidad entre los softwares se halla, la pérdida de información, pérdida de coordenadas, inconvenientes entre formatos, y otros (Loyola, 2018).

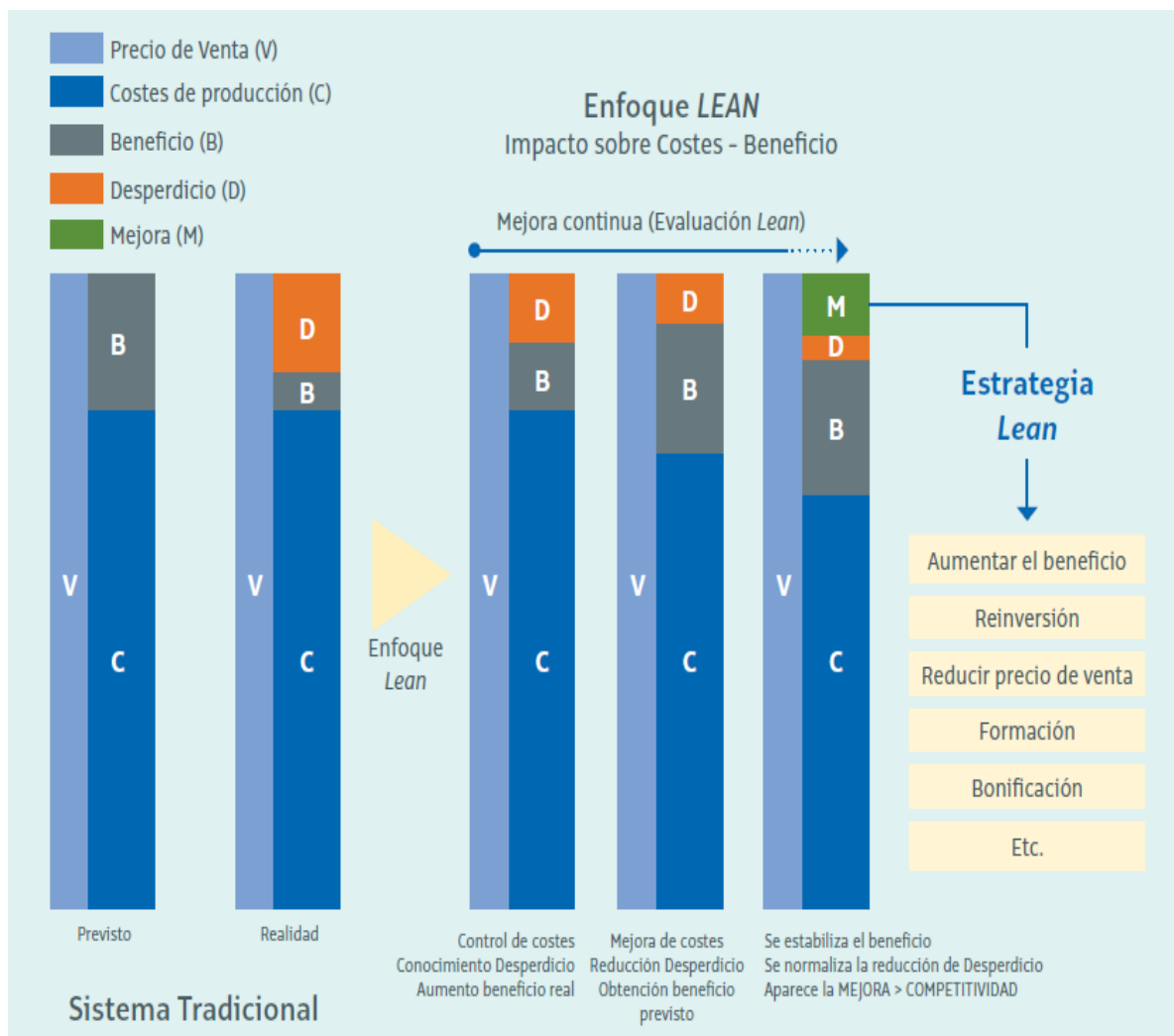
3.3 Lean Construction

3.3.1 Definición del Enfoque Lean Construction

El Lean Construction o construcción sin pérdidas se define como la filosofía de trabajo que proporciona mejor calidad a menor costo, con tiempos de entrega más breves y eliminando los desperdicios esto mediante la aplicación de principios y herramientas en todo el ciclo de vida de un proyecto de construcción (Pons, 2014). Así mismo en la Figura 3 se muestra el sistema tradicional comparado con los resultados de un enfoque Lean Construction.

Figura 3.

Enfoque tradicional vs enfoque Lean



Nota: De “Introducción a Lean Construction”, por Pons, 2014.

3.3.2 Lean Project Delivery System (LPDS)

El Lean Project Delivery System (LPDS) fue introducido por Glenn Ballard. Y viene a ser la mejor forma de implementar Lean Construction ya que en este sistema de entrega el

equipo del proyecto ayuda a los clientes a decidir lo que quieren,. Ballard describió LPDS como un sistema de producción temporal. En contraste con los enfoques convencionales de gestión de proyectos, LPDS se pregunta; qué debe hacerse y quién será el responsable de la actividad desde el inicio del proyecto.

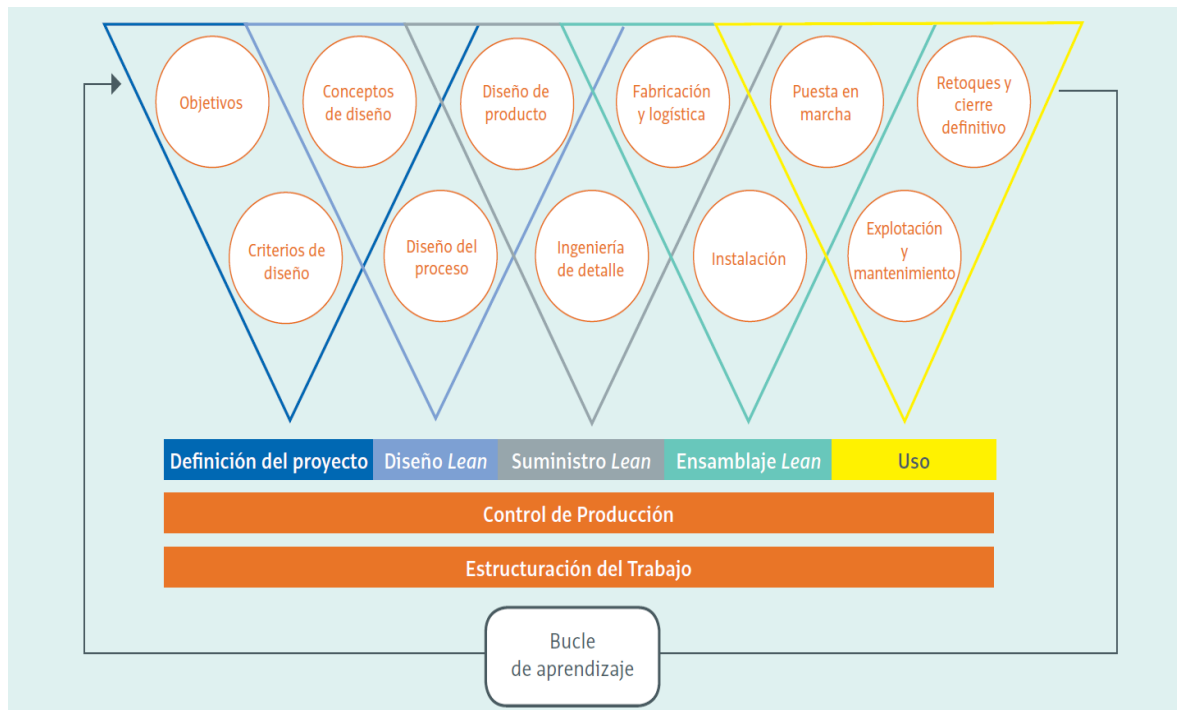
Como se indica en el siguiente texto:

LPDS se define como un proceso colaborativo para la gestión integral del proyecto, a lo largo de todo el ciclo de vida de este. Se emplea un equipo en todo el proceso para alinear objetivos, recursos y restricciones. Se trata de un enfoque por etapas que comprende la definición del proyecto, el diseño, el suministro, el montaje o ejecución y el uso y mantenimiento posterior de la infraestructura completa. (Pons, 2014, p. 38)

En la Figura 4 se puede ver todo el ciclo de vida de cualquier proyecto así también las fases y procesos que lo componen desde la perspectiva de Lean Project Delivery System.

Figura 4.

Lean Project Delivery System



Nota: De "Introducción a Lean Construction", por Pons, 2014.

3.3.3 Principios de la Filosofía Lean Construction:

Según Pons (2014) describiremos los principios básicos de la filosofía Lean:

- Reducir el porcentaje de tareas que no adicionan valor.
- Disminuir la variabilidad.
- Disminuir el tiempo de ciclo.
- Sintetizar mediante la reducción de la cantidad de partes y enlaces.
- Incrementar la flexibilidad y el valor del producto conforme las especificaciones.
- Incrementar la transparencia de todos los procesos.
- Seguimiento sobre todo el proceso.
- Mejoramiento continuo de todo el proceso.

3.3.4 Sistema Pull

Es un aspecto fundamental de la filosofía Lean Construction:

Un sistema de control de la producción en el que las actividades dan aviso de sus necesidades a las actividades de la cadena de valor, a menudo mediante tarjetas Kanban, sobre qué elemento o material necesitan, en qué cantidad, cuándo y dónde lo necesitan. Es decir, en todo el proceso de producción. (Pons, 2014, p. 74)

3.3.5 Variabilidad

La variabilidad en cuanto a la gestión de edificios multifamiliares se puede definir como la ocurrencia de eventos diferentes a los contemplados por incidencias internas y externas al sistema, estos imprevistos se deben de tomar en cuenta ya que no hacerlo hará que impacte directamente en el plazo y costo del proyecto (Latorre, 2015).

En la gestión de proyectos de edificios multifamiliares la variabilidad ocurre por el gran número de actividades que se tiene en el proceso de construcción. Además se puede considerar las actividades predecesoras con una confiabilidad de 95%, lo cual es una excelente confiabilidad ya que se trata de un proceso, pero cuando tenemos demasiadas actividades predecesoras la confiabilidad se reduce hasta el 8% considerando 50 actividades predecesoras tal como se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1*Porcentajes de Actividades Predecesoras*

Actividades Predecesoras	Confiabilidad del proceso	Confiabilidad del último Proceso
1	95%	95%
2	95%	90%
5	95%	77%
10	95%	60%
20	95%	36%
30	95%	21%
50	95%	8%

Nota. Adaptado de “Capítulo Peruano Lean Construction Institute” por Guzmán Tejada, 2014, p. 24.

Por otra parte lo primero para minimizar las perdidas es manejar de forma correcta la variabilidad que es el origen de los desperdicios en la ejecución de proyectos. Por lo tanto para abordar la variabilidad se tienen que plantear herramientas para la ejecución de la obra que logren disminuir el impacto negativo que genera.

3.3.6 Herramientas de Lean Construction

La construcción sin perdidas, es una filosofía con un modelo de pensamiento para el gerenciamiento de proyectos de edificaciones en los cuales se plantea técnicas o herramientas basadas en la filosofía que nos ayuda a conseguir resultados y lograr mejores flujos y procesos en la construcción (Figuroa & Tolmos, 2014).

Entonces para disminuir o quitar los desperdicios, se han ideado herramientas que se basan en la mejora continua de los procesos de la construcción.

3.3.6.1 Sectorización.

La sectorización es desarrollada con el fin de fraccionar los trabajos en partes manejables, para conformar los trenes de trabajo, con lo cual se logrará dividir las cuadrillas por especialidad para mejorar el rendimiento conforme se incrementa la curva de aprendizaje:

Se define como sectorización al proceso de división de una actividad o tarea de la obra en porciones más pequeñas llamadas sectores, cada sector deberá comprender un metrado aproximadamente igual a los demás para así mantener un flujo continuo entre sectores. El metrado asignado a los sectores deberá ser factible de realizarse en un día. (Guzmán, 2014, p. 27)

3.3.6.2 Tren de Actividades

Se aplica cuando se tiene tareas repetitivas y que son secuenciales como ocurre en los edificios multifamiliares, viene a ser un sistema de producción constante (Corilla Usquiano & Pereda Torres, 2020).

La utilización de un tren de actividades permite una curva de aprendizaje óptima con la práctica continua de quienes ejecutan la tarea logrando una mejora en la productividad.

Para estructurar un tren de actividades se considera los siguientes pasos:

- a. Dividir en sectores el área de trabajo
- b. Tener identificadas las actividades requeridas
- c. Poner en secuencia las actividades identificadas
- d. Estimar los recursos para las actividades por cada sector

Por otro lado el tren de Actividades se caracteriza por:

- Considerar cada actividad como una estación de trabajo.
- Busca que los recursos de cada actividad este balanceada.
- Considera a todos los procesos como ruta crítica.
- Cada día la cuadrilla dimensionada produce lo mismo. Por lo tanto, para cada día se tiene igual avance en la ejecución de la obra.

3.3.6.1 Last Planner System (LPS)

Según define Rubio & Pons (2019) Last Planner System (LPS) es un sistema de planificación y control de la producción para proyectos de construcción. LPS o sistema del último planificador tiene un componente de control de la producción como se muestra en la Figura 5 y es una herramienta para transformar lo que debería hacerse en lo que se puede hacer, logrando así planificar el trabajo realizable, que se incluye en la planificación de la semana (Rubio & Pons, 2019).

Figura 5.

La formación de las tareas en el proceso de Last Planner System

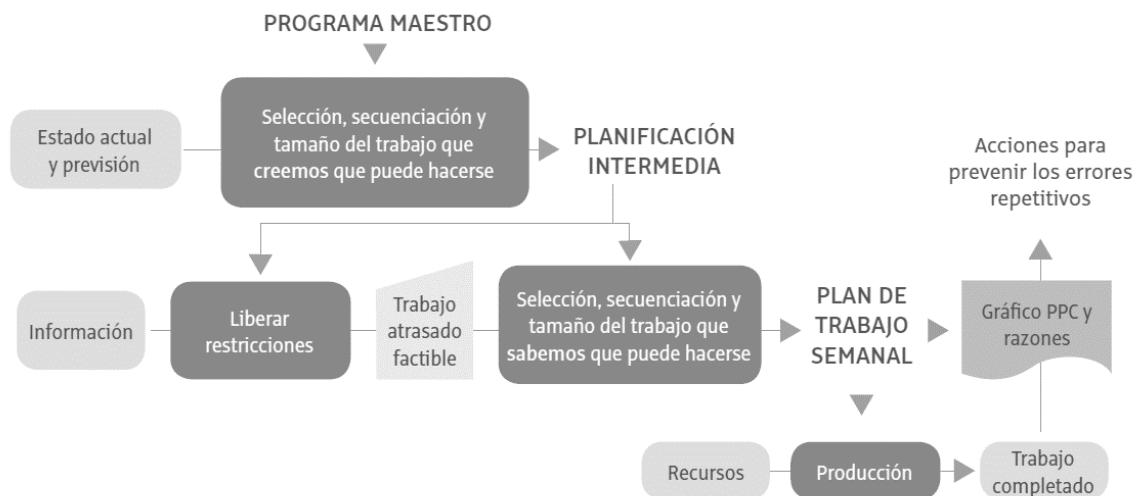


Nota: De “Introducción a Lean Construction”, por Pons, 2014.

Entonces cuando se tiene flujos de trabajo identificables, los contratistas pueden tomar ventaja ya que se tendría un entorno controlado como se muestra en la Figura 6.

Figura 6.

Modelo general de Planificación del Proyecto con Last Planner System



Nota: De “Introducción a Lean Construction”, por Pons, 2014.

3.4 Integración de Principios Lean con funcionalidades Building Information Modeling (BIM)

Con la metodología de BIM se integran más los siguientes principios de la filosofía Lean:

3.4.1 Disminución de desperdicios por medio de un mejor diseño, disminuyendo su variabilidad.

En esta parte se presenta la interacción la funcionalidad BIM de visualización que nos permite tener la documentación del modelo integrado con las diferentes disciplinas del proyecto, para luego identificar las interferencias de forma rápida y segura con clash detection, así mismo se tiene una visualización 4D para la sectorización y elaborar el cronograma de ejecución de esta forma se reduce la variabilidad del proyecto de esta forma se mejora lo que ofrece un diagrama Gantt tradicional

Por otra parte en la etapa de diseño es donde se puede reducir los retrabajos y otros desperdicios con el uso del modelo integrado BIM y con el modelo se tiene una mejor propuesta para el cliente y se reduce los posibles errores al momento de la construcción y tiene que ser llevada por equipos multidisciplinarios para que en base a su conocimiento especializado permitan reconocer los problemas en la etapa de diseño.

3.4.2 Mejoramiento del flujo en el Proceso de Producción.

La detección de incompatibilidades en el modelo 3D y una simulación del procesos de construcción nos permite una correcta apreciación del diseño para verificar si se cumplen con las especificaciones técnicas del proyecto de cada una de las especialidades de esta forma se reduce la variabilidad del proyecto final y permite reducir desperdicios Lean.

A nivel de costos nos permite obtener rápidamente los metrados y con ello el presupuesto, en cuanto a realizar cualquier modificación o cambio en el diseño se tendrá la modificación en el metrado de forma automática mejorando el flujo y disminuyendo la variabilidad del proyecto final.

También a partir del modelo BIM se tiene un mejor panorama de los procesos constructivos identificando cualquier incongruencia para poder mitigar los cuellos de botella así mismo a nos permite tener un trabajo colaborativo con todos los stakeholders del proyecto ya que se tiene el modelo BIM y de esta forma atender con celeridad reportes de RFIs y a resolver problemas identificados en los flujos de trabajo.

3.4.3 Disminución de la duración en el ciclo de producción.

Este aspecto de la filosofía Lean Construction presenta interacción con mayoría de funcionalidades de BIM que influyen en la producción, como se indica en el siguiente texto:

Por ejemplo, durante el diseño, una rápida generación de múltiples alternativas de diseño, así como un análisis predictivo del rendimiento ayuda a reducir los desperdicios en etapas posteriores, mejoran el performance del producto final y brindan la posibilidad de encontrar diferentes alternativas y mejores opciones para la construcción. Así mismo el clash checking influye en este aspecto puesto que al encontrar incongruencias se están reduciendo los retrabajos y disminuyendo los ciclos de producción. (Florez, 2020, p. 52)

Entonces con BIM se logra disminuir los desperdicios, mejorando todo el proceso y conlleva a la mejora continua logrando acortar las duraciones de esta forma se logra una construcción sin Perdidas con mayor calidad de la construcción, mayor satisfacción del cliente mayor productividad esto recorta los plazos de entrega y se tiene mayor rentabilidad evitando los desperdicios. Por otra parte se tiene la generación automática documentación para construir acelerando los tiempos ya que con un enfoque tradicional se tendría un tiempo superior al desarrollar los planos en 2D y compatibilizar las diferentes disciplinas demandaría aún más tiempo. Así mismo con la examinación de alternativas de construcción se logra por medio de una simulación del proceso constructivo y de visualizar la planificación en formato 4D, todo lo explicado líneas arriba repercute en la reducción de los ciclos de producción.

3.5 Funcionalidades BIM (Building Information Modeling) con integración a los principios Lean

Si bien es cierto la interacción de estas metodologías no es dependiente, es decir, para usar BIM en un proyecto no es necesario asociarlo con Lean y viceversa, esto se refleja en muchos casos que adoptaron solo una de estas metodologías, no obstante, en la presente tesis planteamos el potencial de mejora de los proyectos con la utilización de ambas metodologías.

Una conclusión parecida se enuncia en el documento del American Institute of Architects, aunque sea posible obtener la entrega del proyecto sin construir un modelo BIM, es la opinión y recomendación de este estudio que el modelo BIM es esencial para lograr de forma eficiente la colaboración que se requiere (Ahlgren y Ekblad, 2017).

A continuación, se enuncian las interacciones más frecuentes:

3.5.1 Estimación estética y funcional

Esta funcionalidad de BIM incide directamente en el diseño del proyecto y nos permite la resolución de problemas en esta etapa de diseño:

En cuanto al principio de reducción, BIM simplifica la tarea de comprender el diseño y esto ayuda a lidiar con productos complejos ya que los sistemas de construcción son más complejos, que hasta los profesionales con experiencia y competentes tienen dificultades a la hora de generar modelos precisos solo con dibujos. (Florez, 2020, p. 54)

Para la siguiente interrelación, nos referimos al proceso de generación de valor esto es posible ya que en el 3D el cliente percibe con facilidad el proyecto, haciendo cumplir todos los requisitos que este solicite y con ello comunica de manera clara el concepto del proyecto.

Como menciona Florez se puede incorporar a más interesados, esto para que participen en la formulación del concepto. Por último, se consiguen requisitos por medio de un modelo de información que integra las diferentes representaciones que se ejecutaban tradicionalmente en planos 2D (Florez, 2020).

Claramente, Lean Construction se interrelaciona con el objetivo de la solución de conflictos, Lean se perfecciona ya que con BIM se tiene la visualización del modelo y el terreno escogido mostrando futuros y posibles problemas, igualmente, ya que los objetos cuentan con modelos paramétricos, también la resolución de incompatibilidades también es mejor y más eficiente.

3.5.2 Estimación multidisciplinaria de modelos

Esta funcionalidad de BIM se relaciona con la reducción de variabilidad, también incluye la formación de equipos de las diferentes disciplinas, con lo que se garantiza el cumplimiento de objetivos, así como la verificación y validación.

En equipos con las diferentes especialidades se incrementa la variabilidad, BIM perfecciona este aspecto de Lean Construction por medio de la integración del diseño entre diferentes modelos utilizando un visor (modelo federado) El tener el modelo accesible para todos los involucrados del proyecto permite una comunicación en la etapa del diseño y esto conlleva a optimizarlo así transmitir la idea a todos los involucrados, en cuanto a solucionar las

interferencias, la visualización en simultaneo de todas las especialidades suministra información para buscar una adecuada solución (Florez, 2020).

3.5.3 Estimación 4D de cronogramas de construcción

Esta herramienta BIM nos permite estandarizar, porque BIM conlleva a la producción de animaciones en 3d de las secuencias de construcción y guía al personal del proyecto sobre como ejecutar la actividad en determinada situación.

La visualización 4D del modelo BIM permite tener un panorama claro del proyecto desde la fase de diseño para la fase de construcción, con el apoyo de la secuencia constructiva visualizada en el modelo y permite encontrar interferencias para no impactar en el plazo y costo del proyecto ya que se puede identificar en el modelo BIM.

Es importante mencionar que este principio produce interacciones negativas que se relacionan con disminución de inventario que buscar Lean Construction, ya que BIM incrementa el inventario en cuanto a la creación de más alternativas de diseño. Esto es porque BIM puede acrecentar la información si no se emplea una técnica que acelere el flujo de información y la reducción de latencias.

Por otro lado, es importante dar la razón que en los siguientes casos no se puede aseverar que se está implementando correctamente el sistema Lean/BIM. Por ejemplo, aquellos proyectos en los cuales no exista participación de las partes interesadas, el uso de BIM solo para una disciplina o para el diseño y detectar incongruencias y no usar la metodología durante el planeamiento y control de la producción. (Dave et al., 2013, p. 11)

3.6 Gestión del Cambio Organizacional

Es evidente que el mundo en el que vivimos se encuentra en constante evolución, sin embargo, este fenómeno muchas veces afecta las organizaciones, las cuales asimismo enfrentan resistencia ante tal cambio, sobre todo en casos en los que estas se encuentran por largo tiempo desarrollando actividades, implicando tanto a quienes ostentan cargos más altos dentro de ellas, como también a los demás empleados que permiten su funcionamiento. De esta manera, se puede demostrar que la aplicación de cambios puede resultar bastante enredoso sobre todo considerando que evolucionar a la par de la realidad cambiante requiere la superación diaria de múltiples desafíos, sumados al esfuerzo que ya requiere llevar a cabo distintos proyectos de estas organizaciones.

El adaptarse al cambio hoy en día resulta una necesidad para conseguir el éxito empresarial y sostenible, es por eso que constantemente se debe realizar la actualización de proyectos, métodos y distintas prácticas, por más de que se trate de una empresa exitosa que lleva aplicando sistemas comprobados. La diferencia entre el éxito y el fracaso se encuentra sustancialmente en el liderazgo que desarrollan los ejecutivos de estas empresas, quienes deben contar con la competencia y capacidad necesaria para poder superar la dificultad de estos cambios e igualmente estén abiertos a recibir y entender experiencias referentes a modelos de gestión de cambio, es por ese motivo que tomaremos la referencia de (Kotter, 1995) quien dividió el cambio en los procesos de negocio en ocho pasos, los cuales se conocen como, modelo de cambio organizacional de 8 pasos de Kotter que se describen a continuación.

3.6.1 Crear sentido de urgencia

Tal y como lo señala el acápite, se trata del aspecto más importante. Principalmente, identificada la necesidad de actuar, no se debe realizar el cambio si este solo denota una ventaja a corto plazo, no debiendo dejar de lado las situaciones futuras que se podrá enfrentar, así como también diferentes maneras de organización o métodos de acción ante nuevas oportunidades de negocio que se presenten ante la empresa.

Todo lo antes mencionado se debe presentar ante la directiva y gerentes, es por eso que requiere una consistente planificación que permita a los mencionados notar la necesidad de aplicar el cambio propuesto, tomando también como parte de la estrategia para la aceptación de este, distintos datos, así como un diálogo propicio que permita conocer distintas ideas que por consiguiente finalicen con el apoyo e implementación del cambio con éxito.

3.6.2 Formar una coalición

Como se menciona previamente, es necesario incluir a aquellos líderes que compartan una visión similar, mediante el dialogo y exposición de ideas, haciéndolos partícipes del cambio, de la misma manera, se busca que el grupo seleccionado sea integrado por personas con bastante representación, sumado a que deben pertenecer a distintos departamentos dentro de la organización.

3.6.3 Crear visión para el cambio

Con la finalidad de aplicar el cambio, es necesario el planteamiento de una visión clara y precisa de no más de cinco minutos, esto a fin de evitar uno de los más grandes obstáculos, la resistencia al cambio. Para llevar a cabo la mencionada visión, es imperativo identificar los puntos claves que indiquen lo necesario que es el cambio, esto sumado al desarrollo de una estrategia propicia y un enfoque a futuro de la empresa, junto con los beneficios que esta aplicación conllevaría. Teniendo ya la visión, esta debe conocida por cada miembro del equipo, para así practicarla y evitar diferencias al momento de su exposición en las diferentes áreas de organización, de esta manera podrá ser difundida correctamente entre cada departamento.

3.6.4 Comunicar la visión

Una vez se tenga definida la visión, esta tiene el objeto de ser comunicada a toda la empresa, esta comunicación debe realizarse de tal forma en la que por más resistencia presente, al final quede impregnada en todas las áreas organizativas, esto se debe hacer predicando mediante el ejemplo, enfrentando cada obstáculo y repetir la visión hasta que esta se aplique plenamente.

3.6.5 Eliminar los obstáculos

Con la empresa ya enterada del cambio y aceptando este, se podrá identificar quienes ya están haciendo la aplicación del mismo en el día a día y así como se encuentran a personas en la empresa que evidencian los beneficios que trae el cambio, habrá quienes aplican resistencia; a los primeros se les deberá recompensar y a los segundos se les deberá explicar más a profundidad las desventajas de no aplicar dicho cambio.

3.6.6 Asegurarse triunfos a corto plazo

Considerando que el camino del cambio es bastante largo y complicado, para algunos más que otros, es propicio determinar algunas metas a corto plazo, para asegurar un éxito y mantener el proceso de cambio, sin estancarlo. No se busca que el proceso sea tedioso, por lo tanto, estas metas pueden requerir menos recursos por parte de la empresa, incluso solo con aquellos que ya aplican el cambio, evitando incluir hasta ese momento a quienes se muestran renuentes. Se busca viabilidad económica en los proyectos para una mayor rentabilidad y no se debe olvidar agradecer el esfuerzo del equipo en todo su desempeño.

3.6.7 Edificar sobre el cambio

Si bien el cambio puede permitir a la empresa conseguir éxito, este no debe significar un punto de estancamiento para ella, sino que el propósito es buscar las mejoras para que la consecución del siguiente éxito sea mucho más interactivo y accesible, esto mediante la ayuda de mejoras que aparecerán en el camino para enriquecer el proceso hasta afianzar el cambio.

3.6.8 Anclar el cambio a la cultura de la empresa

Ya se mencionó que la realidad se encuentra en constante evolución, haciendo necesario el cambio, seguido ya el proceso por parte de la empresa y estando ya establecido, se entiende que la empresa se encuentra en un nuevo comienzo con miras al futuro, debiendo ser esta la forma habitual en la que la empresa continúe con sus actividades.

CAPÍTULO 4 DIAGNÓSTICO DEL PROYECTO

4.1 Diagnóstico de la Situación Actual

Este capítulo contiene el análisis de un caso real en el que se aplicó un enfoque convencional para el desarrollo de todo el proyecto, desde su concepción, diseño y construcción. Para tener una idea más clara, iniciamos con el diagnóstico general de la empresa que ejecutó el proyecto.

4.1.1 De la Empresa que Ejecuta el Proyecto

La empresa Constructora L & L Arquitectos y Asociados, fue constituida en el año 2008, en base a la iniciativa de dos profesionales con ganas de ser parte del crecimiento del país y la sociedad, las actividades y servicios que presta, están enfocadas al diseño y construcción de edificaciones en el sector privado en su mayoría, iniciándose en la ciudad de Arequipa y con miras a extender sus servicios a otras ciudades del país, esta empresa aspira a ser una empresa eficiente y competitiva, para lo que está abierta a innovar e implementar nuevas metodologías y crecer en su estructura organizacional de tal manera que logre sus objetivos y metas que fueron trazadas al momento de su conformación.

Los proyectos que desarrolla la empresa Constructora L&L Arquitectos y Asociados, se centran en sectores socioeconómicos B – C, en su mayoría en el Distritos de José Luis Bustamante y Rivero de la ciudad de Arequipa.

Entre los proyectos de vivienda multifamiliar que fueron ejecutados por la empresa L & L Arquitectos y Asociados, tenemos los siguientes:

Tabla 2*Proyectos Ejecutados por la Empresa L & L Arquitectos y Asociados*

Proyecto	Área m2	N° de Pisos	N° de Departamentos	Método de Ejecución	Programas Utilizados
Multifamiliar La Estrella Distrito: José Luis Bustamante y Rivero	115.11	06	06	Convencional	*AutoCAD *ArchiCAD *S10 *Excel
Multifamiliar Santo Domingo Distrito: José Luis Bustamante y Rivero	155.46	04	04	Convencional	*AutoCAD *ArchiCAD *S10 *Excel
Multifamiliar Las Begonias Distrito: José Luis Bustamante y Rivero	220.11	07	07	Convencional	*AutoCAD *ArchiCAD *S10 *Excel
Multifamiliar Fecia Distrito: José Luis Bustamante y Rivero	275.44	06	12	Convencional	*AutoCAD *ArchiCAD *S10 *Excel
Multifamiliar San Agustín Distrito: Paucarpata	140.00	04	04	Convencional	*AutoCAD *ArchiCAD *S10 *Excel
Multifamiliar Umacollo Distrito: Arequipa	181.13	07	07	Convencional	*AutoCAD *ArchiCAD *S10 *Excel

Como se muestra en el cuadro anterior, hasta el momento, la organización viene trabajando con métodos convencionales en todo el proceso de ejecución de proyectos multifamiliares y aunque la finalidad de L & L Arquitectos y Asociados es entregar productos de calidad siempre, el desafío es estar a la vanguardia y mejorando continuamente, por lo que no se descarta incluir sistemas y métodos tecnológicos actualizados.

4.1.1.1 Cultura Organizacional

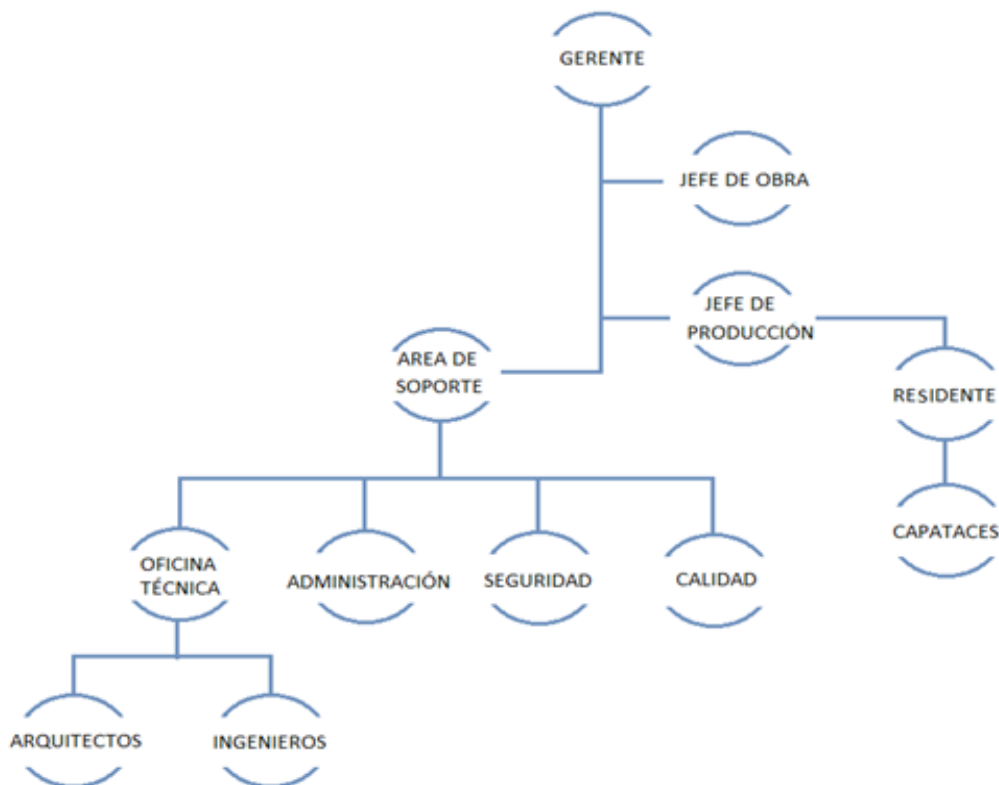
Misión: Somos una empresa que aspira colaborar de manera activa y eficiente con el desarrollo de nuestra ciudad y del país, diseñando y ejecutando proyectos de construcción de calidad, con eficacia y eficiencia, logrando una mayor rentabilidad (L & L Arquitectos y Asociados, 2008).

Visión: Ser una empresa con reconocimiento en el mercado de la construcción, mostrando un excelente desempeño y alta calidad en la ejecución de proyectos, cumpliendo siempre con las normas técnicas y de seguridad establecidas, con procedimientos constructivos y uso de métodos innovadores para estar siempre a la vanguardia, brindando confianza y seguridad a nuestros clientes (L & L Arquitectos y Asociados, 2008).

Estructura Organizacional: Esta incluye todas las etapas de cada proyecto, para lo cual la organización involucra profesionales preparados para cada área, retroalimentándolos con experiencias de obras culminadas y anteriores para perfeccionar las siguientes, con miras a mejorar sus conocimientos con las capacitaciones necesarias en metodología y tecnología innovadora.

Figura 7.

Estructura Organizacional: Constructora L & L Arquitectos y Asociados



4.1.1.2 Análisis externo de factores Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos Ecológicos y Legales (PESTEL)

Consiste en el análisis del macro entorno, cuyo objetivo es identificar los sucesos generados por ambientes externos, como consecuencia de factores exógenos y endógenos. Es importante para toda empresa que incursiona en el mercado de edificaciones multifamiliares en la zona sur del país, conocer los factores externos, ya que, estos influyen a todas las empresas del sector y además permite conocer a los competidores y las estrategias que pueden favorecer a la empresa, la esencia está en conocer las ventajas y habilidades de la organización para competir en el mercado. Utilizaremos el modelo PESTEL como apoyo para detallar más claramente el entorno y conocer los factores de gestión estratégica para una mejor toma de decisiones.

Tabla 3

Análisis de factores Políticos, Económicos, Sociales, Tecnológicos Ecológicos y Legales (PESTEL)

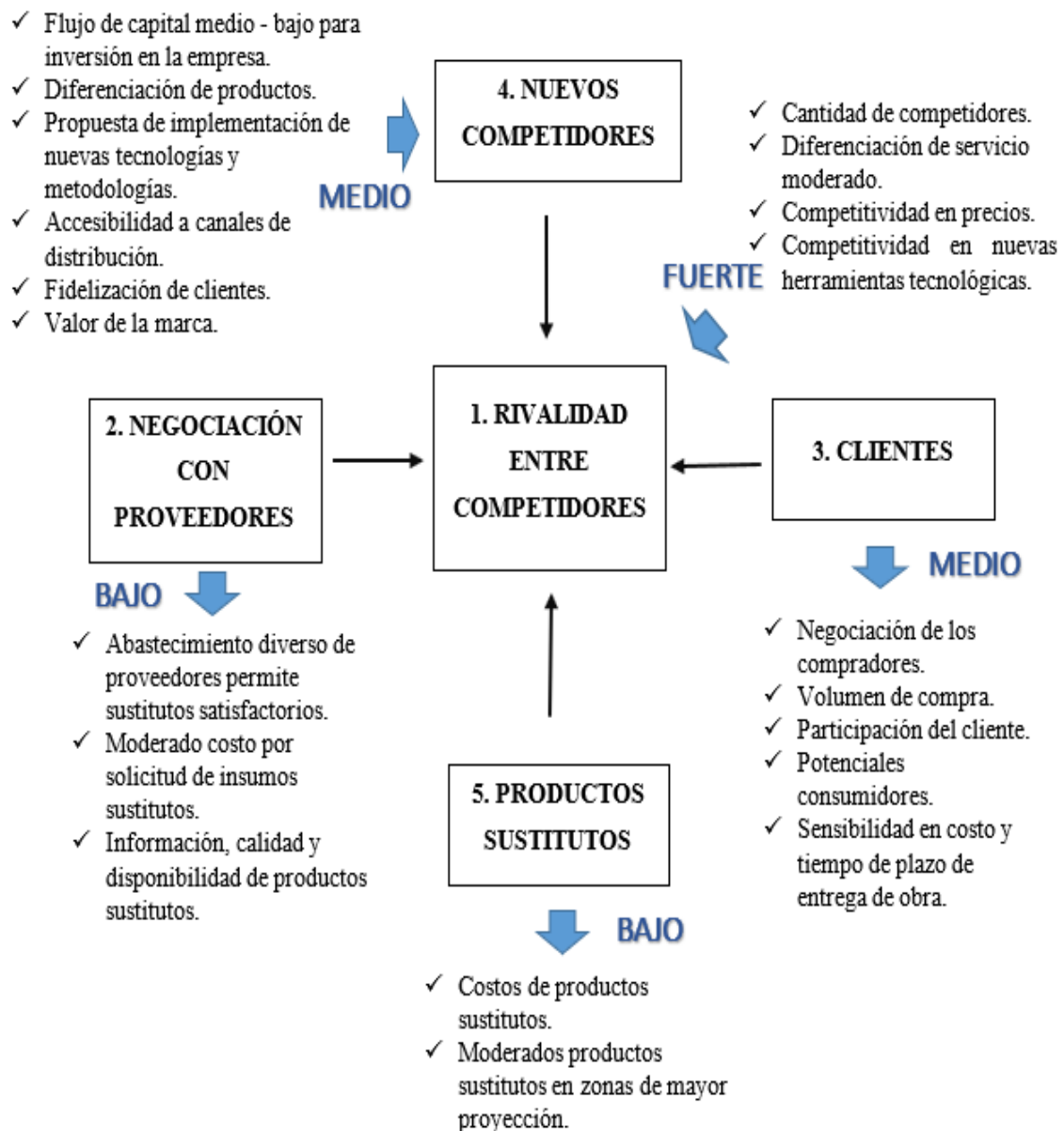
Factores Externos	Oportunidades	Amenazas
<i>Políticos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La reactivación Económica. ▪ Bonos otorgados por el estado para la ciudadanía. ▪ Liberación de porcentaje de las AFP. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La inestabilidad política que se vive en la actualidad.
<i>Económicos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La reactivación económica en el sector construcción. ▪ Crecimiento económico en los sectores A, B, C en Arequipa. ▪ Programas de créditos para el desarrollo de proyectos de inversión en vivienda. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La competencia que genera costos bajos. ▪ Los créditos bancarios son más restrictivos en el rubro de la construcción. ▪ Incremento de costos en insumos y mano de obra. ▪ Adicionales en implementación de plan sanitario a causa de la pandemia.
<i>Sociales</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejora de calidad de vida en las áreas de influencia de los proyectos. ▪ Perspectiva de crecimiento en viviendas sociales. ▪ Facilidades crediticias para préstamos de vivienda. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Rezagos de la pandemia por COVID – 19 y aparición de nuevos virus. ▪ La incertidumbre económica en el país por sus problemas políticos.
<i>Tecnológicos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ El uso de plataformas tecnológicas que permiten promocionar los productos. ▪ Implementación de nuevas metodologías como BIM y Lean. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Déficit de profesionales capacitados en nuevas herramientas tecnológicas. ▪ Empresas del rubro con implementación avanzada en metodologías nuevas como BIM y Lean.
<i>Ecológicos</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incremento de proyectos auto sostenibles con promoción de bonos verdes. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Parámetros urbanísticos más restringidos, con incremento en porcentaje de áreas libres.
<i>Legales</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Búsqueda de certificaciones ISO. ▪ Incorporación de Decreto Supremo con disposiciones para la integración gradual de BIM en Perú. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de reformulación de Parámetros Urbanísticos que faciliten la expansión urbana y el crecimiento vertical.

4.1.1.3 Cinco Fuerzas de Porter

Como parte de esta investigación, se aplicará la teoría de las cinco fuerzas de Porter, que nos permitirá analizar el estado actual de L & L Arquitectos y Asociados frente a otras empresas constructoras y a que factores externos debemos apostar para un mejor posicionamiento en el mercado.

Figura 8.

Cinco Fuerzas de Porter



Las cinco fuerzas de Porter, aplicadas a la empresa L & L Arquitectos y Asociados, muestran que, a pesar de trabajar con métodos convencionales, presenta fortalezas en el sector en el que se mueve, tales como negociación de los compradores, fidelización con el cliente, diferenciación de servicio, valor de la marca, abastecimiento de proveedores, acceso sencillo a canales de venta. Así mismo, se identifican debilidades como flujo de capital medio – bajo, ventajas tecnológicas y diversidad de competidores, disponibilidad y costos de productos sustitutos, competitividad en precios, debilidades en las que la organización tendrá que trabajar y crear estrategias e implementar nuevas tecnologías y metodologías que permitan ser más competitivo en el mercado.

4.1.1.4 Análisis Interno

Con la finalidad de identificar factores claves que determinen una posición competente de L&L Arquitectos y Asociados, se desarrollará el análisis interno cuyo enfoque se encuentra bajo la perspectiva de la cadena de valor de Porter..

4.1.1.4.1 Cadena de Valor

Permite conocer la organización en un enfoque interno, tomando en cuenta las relaciones entre departamentos, proveedores y clientes. La competitividad de una empresa, también radica en sus actividades internas que se clasifican en actividades de apoyo y actividades primarias como veremos a continuación.

Figura 9.

Cadena de Valor

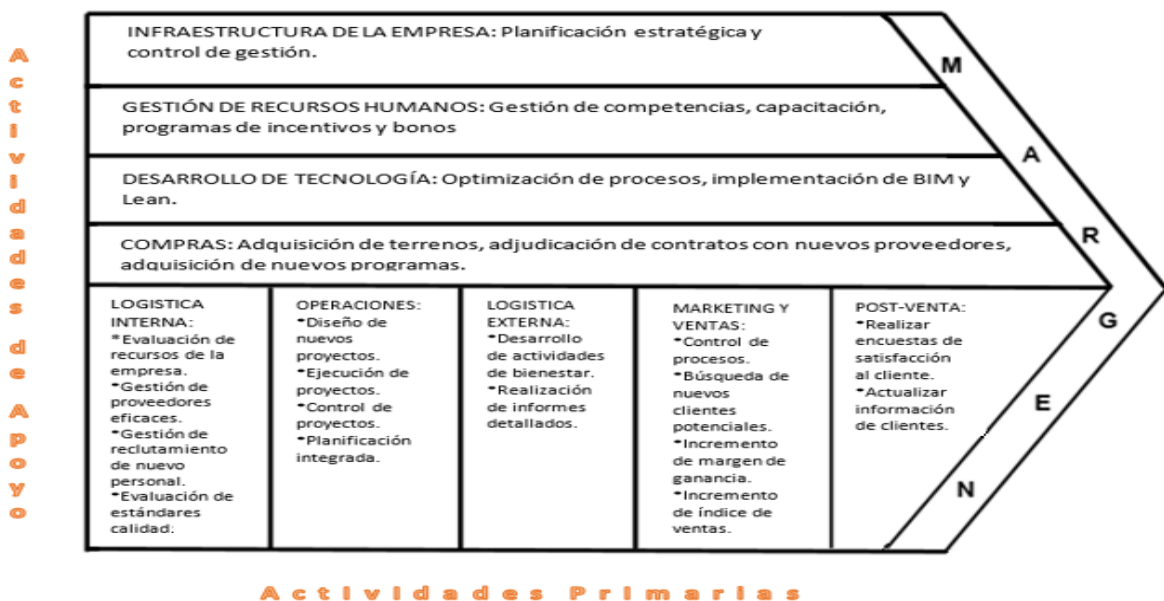


Tabla 4*Debilidades y Fortalezas*

	Compras	Operaciones	Marketing y servicios postventa	Finanzas	Innovación
<i>Fortalezas</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compra de terrenos a bajo costo. ▪ Contratos con nuevos proveedores. ▪ Adquisición de nuevos programas 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Capacidad técnica y profesional. ▪ Compromiso del personal. ▪ Optimización de rendimientos ▪ Uso de tecnología. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Cumplimiento de plazos de entrega. ▪ Enfoque al cliente. ▪ Calidad de servicio 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Soporte crediticio para el financiamiento de proyectos. ▪ Cumplimiento continuo en pagos a personal. ▪ Control financiero orientado a reducción de costos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementación tecnológica progresiva. ▪ Adquisición de certificaciones.
<i>Debilidades</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adquisición de terrenos con ubicaciones estratégicas. ▪ Búsqueda continua de ahorro en costos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Actualización en nuevas tecnologías. ▪ Déficit en políticas de recursos humanos. ▪ 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de publicidad adecuada. ▪ Demora en ventas. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Variabilidad en rentabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Falta de conocimiento de la mayoría del personal en Lean y BIM.
<i>Factor Crítico de Éxito</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Precio, calidad y entrega a tiempo. ▪ Personal calificado y manejo de liderazgo. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incremento de ventas. ▪ Generar rentabilidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prestigio. ▪ Conformidad de servicio y satisfacción del cliente. ▪ Disminuir costos en posventa 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Búsqueda continua de oportunidades de ahorro en costos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Análisis y control continuo de la efectividad del plan estratégico. ▪ Plataformas virtuales interactivas
<i>Estrategias</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducción de costos en compra de terrenos y materiales. ▪ Reclutamiento de especialistas con certificación y experiencia. ▪ Disminución de costos de los proveedores. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Programas de capacitación y talento de personal. ▪ Generar línea de carrera. ▪ Análisis continuo de ciclo de proyectos. ▪ Implementación de planes estratégicos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Encuestas de satisfacción. ▪ Programas de promoción de proyectos. ▪ Reconocimiento de calidad de producto. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Plan de control de costos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Validación de mejora continua en todas las áreas. ▪ Implementación de nuevas metodologías innovadoras.

Del análisis interno de la organización, identificamos las fortalezas que nos ayudan a seguir creciendo y estas se enfocan al empeño de la empresa para mantener su capacidad técnica y la preocupación por la calidad en el servicio lo que logra un crecimiento cada vez mayor en la rentabilidad. En cuanto a las debilidades en las que se tiene que trabajar y corregir podemos ver la capacitación e implementación más ágil de nuevas metodologías y tecnologías para mejorar procesos, que generen disminución en tiempos de entrega y costos.

4.1.2 Caso de Estudio - Proyecto La Estrella

Para el diagnóstico de este edificio multifamiliar se utilizó información obtenida de los profesionales que estuvieron a cargo del desarrollo del proyecto integral, con autorización de los propietarios, lo que permitió conocer en su totalidad el desarrollo del mismo y proponer nuevas metodologías para una mayor eficiencia en tiempo y costo en la gestión del proyecto de estudio y obtener el conocimiento que constituirá un valioso aporte para la ejecución de proyectos futuros.

4.1.2.1 Descripción del proyecto

El caso de estudio se trata de un edificio multifamiliar denominado proyecto La Estrella, que se desarrolló con todos los permisos y autorizaciones requeridos.

Está ubicado en la Urbanización La Estrella G-6, Distrito de José Luis Bustamante y Rivero, Provincia y Departamento de Arequipa.

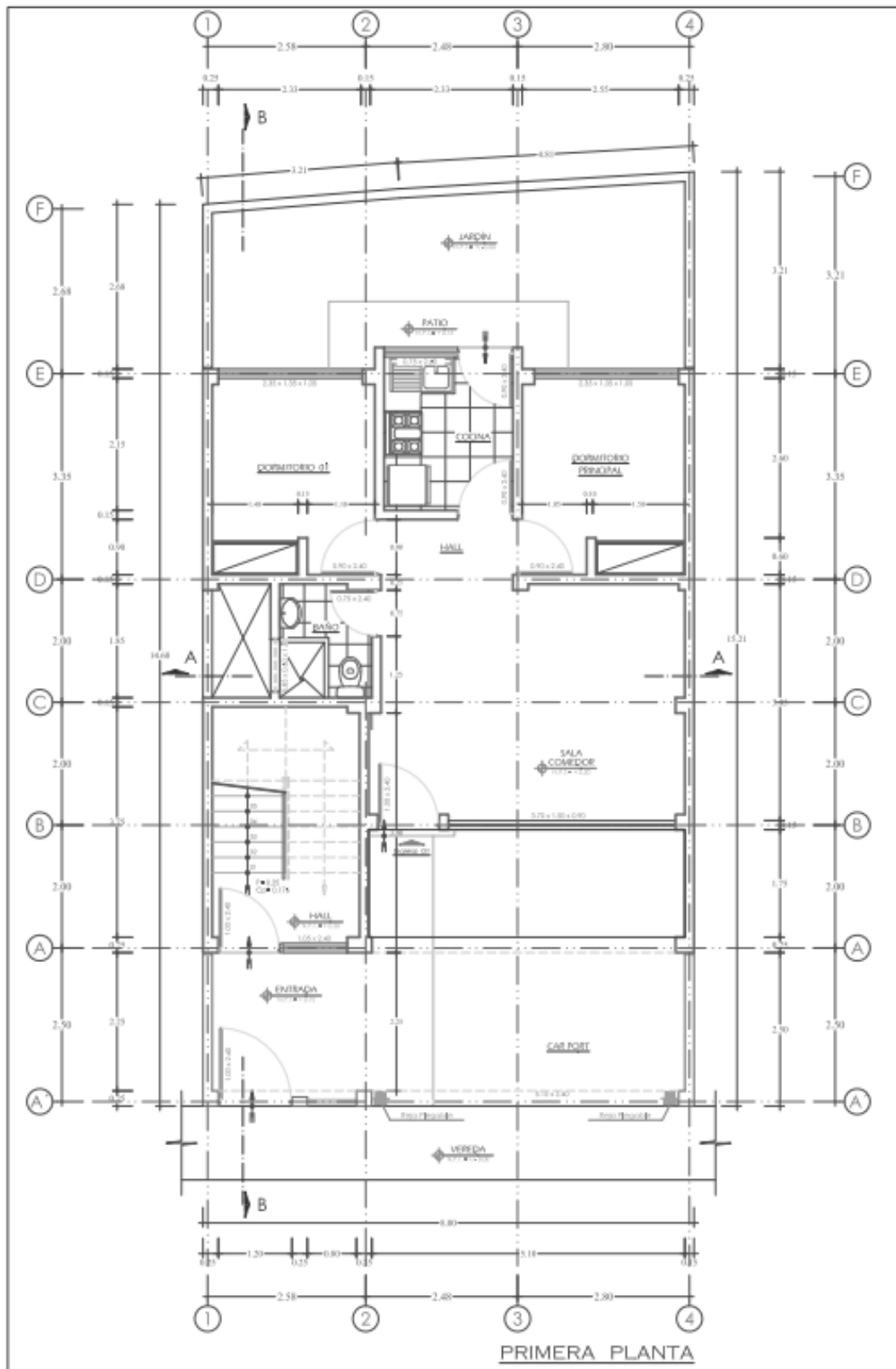
Este proyecto ha sido concebido teniendo en cuenta las condiciones topográficas regulares del terreno, lo que constituye el principal condicionante del diseño. Además, cuenta con Servicios Urbanos de Agua, Desagüe, y Energía Eléctrica.

Es una edificación de un solo bloque, con acceso de escalera vertical en un solo núcleo, en un área de 115.11 m², con 4 niveles en los que se proyectó un departamento por cada uno, con un área construida total de 264.26 m² y área libre de 40.45 (35.14%).

El primer nivel cuenta con 2 estacionamientos y un departamento de 65.65m² compuesto de 02 dormitorios, sala – comedor, cocina, servicio higiénico, lavandería y jardín interior.

Figura 10.

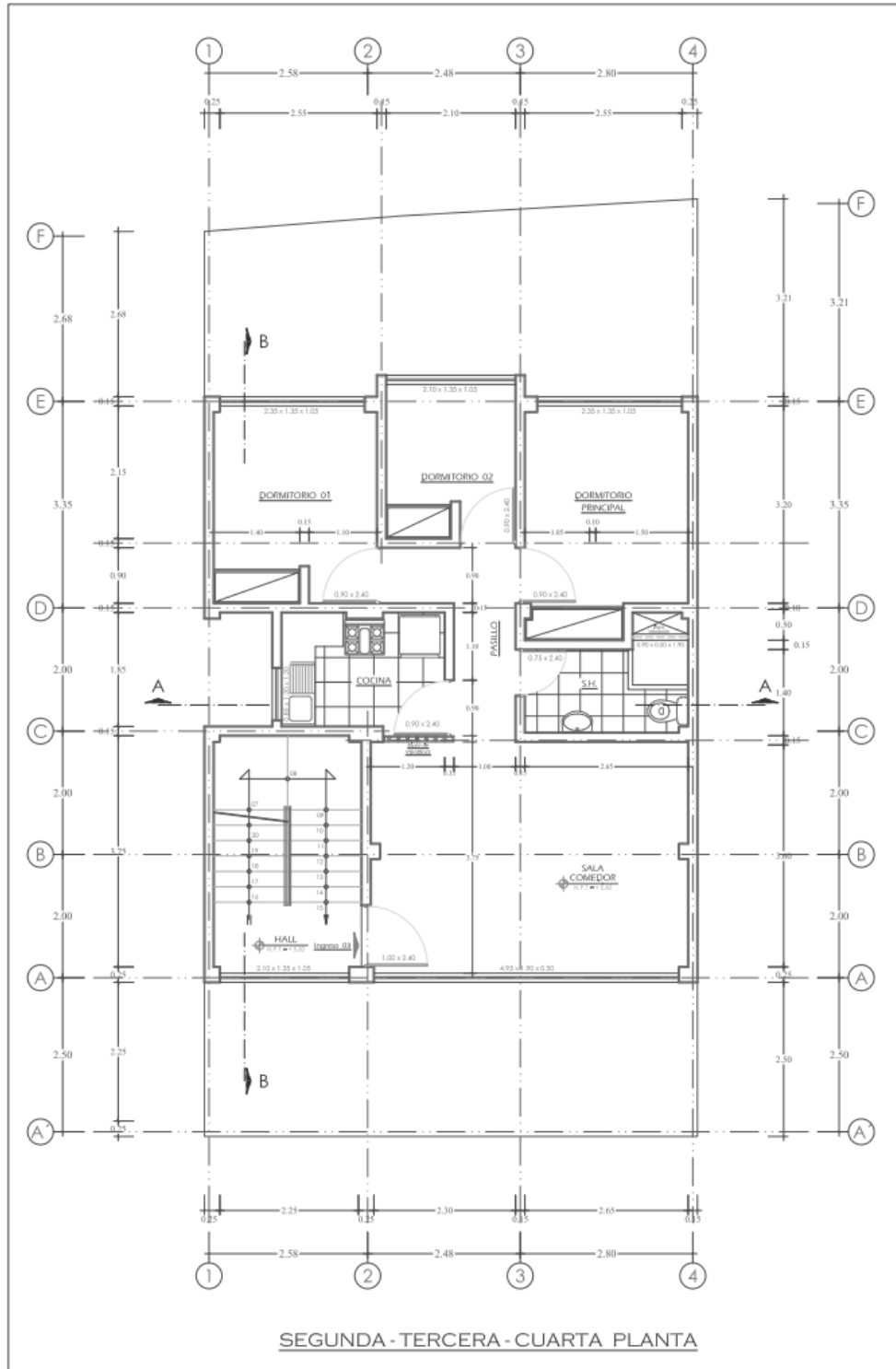
Plano Descriptivo del proyecto La Estrella - Primer Nivel



El segundo, tercero y cuarto nivel son departamentos de 74.66 m², compuestos de 03 dormitorios, sala – comedor, cocina y servicio higiénico.

Figura 11.

Plano Descriptivo del Proyecto La Estrella – Segundo, tercer y cuarto Nivel.



La edificación tiene las siguientes características principales en cuanto a especificaciones técnicas:

- Cimientos y sobre cimientos de C°A°
- Muros y tabiques de ladrillo.
- Recubrimiento de muros con tarrajeo frotachado y pintado posterior con pintura látex.
- Techos de losa aligerada horizontales en los cuatro pisos.
- Cielorrasos con tarrajeo frotachado y pintado con pintura látex.
- Baños con instalaciones empotradas y cerámicos de buena calidad en pisos y paredes.
- Zócalos de cerámico.
- Ventanas de carpintería de madera y puertas contra placadas y macizas de madera.
- Vidrios blancos semidobles.
- Instalaciones sanitarias PVC empotrados, agua fría, agua caliente.
- Instalaciones eléctricas empotradas.
- Cerrajería nacional e importada.
- Muebles altos y bajos empotrados de cocina y dormitorios con closet
- Piso de cemento pulido y piedra rustica en exteriores, porcelanato y cerámico en interiores
- Escaleras de concreto armado.

4.1.2.2 Análisis y Herramientas Utilizadas

En el proceso de analizar el desarrollo de un proyecto de manera integral; es decir, desde el momento de la concepción arquitectónica del mismo hasta la entrega física del edificio ya construido; se puede consignar una serie de herramientas de diversa naturaleza. Están las tecnológicas que, con el avance informático en el cual estamos, evolucionan cada día más y más, y nos permiten ordenar la información de manera más eficaz y rápida; están, por otro lado, aquellas que encajan dentro de una metodología, filosofía o visión de empresa - inculcadas desde nuestra etapa formativa o desarrolladas a través de la práctica y el oficio profesional, que precisan de un trabajo personal y que, a diferencia de las arriba mencionadas, la mayoría de las veces implican apelar a sistemas que podrían considerarse como clásicos por lo pulidos y efectivos que han demostrado ser a través del paso del tiempo.

En otras palabras; un trabajo, proceso o sistema, para lograr sus cometidos, debería ser; según nuestra opinión, una combinación de tener bases sólidas en cuanto a la teoría y una constante búsqueda de actualizarse con las herramientas de vanguardia disponibles.

Según el momento dentro del proceso constructivo o el objetivo puntual a alcanzar se usaron las siguientes herramientas:

4.1.2.2.1 Programación y Concepto Arquitectónico:

Se pueden considerar como los dos primeros pasos a dar al momento de enfrentar el diseño de un hecho arquitectónico. Aquí se definen las necesidades humanas y sus respuestas espaciales y, además de definir el aspecto técnico de la propuesta, aquí interviene el lado artístico, estético o simbólico que debe tener toda edificación.

Los insumos son simples y se reducen a útiles de escritorio para expresar ideas: bosquejos o bocetos sobre papel o cartulinas y cartones para fabricar maquetas.

AutoCAD:

Es el programa de mayor uso en el diseño y, con la ayuda del mismo, se obtuvo los planos de estructuras, de instalaciones eléctricas y de instalaciones sanitarias.

Microsoft Project: Software diseñado para administrar proyectos en base a la duración de cada componente (partida) del proyecto. Usa lo conocido como Diagramas de Gantt para el inicio y fin de cada trabajo y nos permite conocer la ruta crítica.

S10:

Es un programa que permite elaborar presupuestos en base a costos unitarios; se empleó para definir el presupuesto de obra.

Microsoft Excel:

Software que nos permitió realizar todo tipo de cálculos derivados del presupuesto ya obtenido con el S10, además de presentar gráficos de avances contractuales en cualquier momento del proyecto a los propietarios.

ArchiCAD:

Software de modelado tridimensional que nos permitió explicar de manera clara el proyecto a los propietarios. Cabe señalar que los planos bidimensionales no son fácilmente asimilados o comprendidos por personas no habituadas a ellos, por lo cual la representación virtual de un proyecto es muy pertinente para cualquier fin explicativo.

4.1.2.3 Dificultades en desarrollo del proyecto

Siendo la construcción un proceso en el cual intervienen diversos factores, tanto humanos como técnicos e, incluso, de coyuntura socio económica es imposible prever todo lo que sucederá y asegurar que todo se desarrolle como se planea desde un inicio.

En el desarrollo del proyecto en estudio se dieron las siguientes dificultades:

4.1.2.3.1 A nivel de planos

Los montantes de desagüe con un diámetro de hasta 4 pulgadas atravesaban vigas del aligerado. Los cortes tenían incoherencias con las plantas, sobre todo en las especificaciones del cuadro de vanos.

Tanto en las instalaciones sanitarias como en las eléctricas se observó una falta de detalles importantes como las alturas y ubicación precisa de las salidas y/o entradas de agua, desagüe y placas eléctricas.

En los planos de estructura se presentó incoherencias entre la escalera diseñada en la arquitectura. Así mismo en los planos de estructura las llamadas de los niveles de los cimientos, zapatas, solados etc. presentaban incoherencias.

4.1.2.3.2 En el proceso constructivo

Los rendimientos sobre los cuáles se desarrolló el presupuesto difieren significativamente con los resultantes en obra. Esto tiene 2 caras: tanto por exceso como por defecto (se observa esto sobre todo a momento de colocar los acabados)

Se sufrieron sendos retrasos en la entrega de materiales (agregados) en momentos críticos como por ejemplo al momento de vaciar una losa aligerada.

Las tramitaciones con las empresas prestadoras de servicios de agua y luz (Sedapar y Seal) implicaron demoras excesivas y paralizaciones de obra debido a la incommensurable burocracia que las aquejan.

Debido a una falta de control más estricto y cotidiano y, también, a un exceso de confianza se produjeron robos de diversos materiales (básicamente cemento y pinturas) por parte del capataz de obra.

Reticencia del personal obrero a colocarse los elementos de seguridad como cascos, gafas o líneas de vida cuando trabajan en alturas.

Conflictos con los vecinos por las inevitables, pero temporales, obstrucciones al paso peatonal o vehicular; por ruidos, salpicaduras y otras molestias naturales de la obra y, lamentablemente, de manera infundada o gratuita en otras tantas ocasiones.

Correcciones internas diversas por falta de supervisión, por mala protección de elementos terminados al momento del pintado, soldado o enchapado; por mala lectura de planos o falta de comunicación entre la supervisión y el personal obrero.

4.2 Análisis del flujo original de la empresa LyL Arquitectos y Asociados

La empresa LyL es una oficina de arquitectura, que se especializa en la realización de proyectos de edificios multifamiliares, sin la implementación de BIM y tampoco tiene los lineamientos de la filosofía Lean Construction. La empresa LyL Arquitectos y Asociados desarrolla todo el proceso de diseño y ejecución.

En el flujo original de ejecución de la empresa en estudio, se detectaron problemas y puntos de vista con posibilidad de mejora los cuales se muestran en la Tabla 5.

Tabla 5

Principales problemas identificados en el flujo de trabajo del proyecto en estudio

Principales Problemas Encontrados

- Los responsables de la ejecución del proyecto no participan en el diseño y planificación del proyecto.
- El desarrollo por separado del modelado en 2D del proyecto, y por otro lado la documentación escrita, originan errores en la documentación desarrollada, esto por falta de concertación entre diseñadores y constructores.
- Se identifica que no se tiene un control de calidad para la elaboración del proyecto
- Los involucrados del proyecto NO trabajan con la filosofía Lean Construction y BIM

Nota. Datos tomados de las entrevistas realizadas a los responsables del Proyecto.

4.3 Análisis de Programación

4.3.1 Revisión del Layout de la Obra

Revisando la documentación técnica de la obra ejecutada se comprueba que no se realizó un Layout para la obra por lo que no se identificó las distintas áreas de obra y zonas de riesgo, la cual debe ser coordinada con el personal propio y de las subcontratas de ser el caso.

4.4 Plan de Gestión del Cambio Organizacional

Tomando en cuenta todo el análisis anterior y las deficiencias encontradas, se plantea el siguiente plan de gestión del cambio, donde se propondrán prácticas y procesos que ayuden al equipo a afrontar los cambios que se puedan dar dentro de la organización, tratando en lo posible de implementar o sustituir nuevas tecnologías y metodologías, como BIM y herramientas Lean Construction dentro de los procesos de la organización de manera gradual para dar soluciones más eficientes y eficaces con un impacto bajo a medio de manera planificada, disminuyendo errores y obteniendo mejores resultados. Para este proyecto de investigación, tomaremos estrategias de gestión del cambio como las que propone (Kotter, 1995).

4.4.1 Imprimir Carácter de Urgencia

Impartir a los integrantes de la empresa, la necesidad urgente del cambio que tiene la organización. Esto se hará mediante charlas, cursos y capacitaciones que permitan entender y aceptar la implantación de nuevas formas de realizar las actividades, logrando la conciencia del cambio en el personal de manera global ya que la corriente del mercado es la agilización y digitalización de procesos.

4.4.2 Creación de Equipo Elite

Crear un equipo de trabajo bien organizado e integrado por un grupo nuevo externo, especialista en nuevas tecnologías y metodologías y un grupo interno con los conocimientos de todas las áreas afectadas de la empresa, de esta manera se generará un grupo de líderes del cambio con credibilidad y aceptación de los nuevos procesos propuestos. Este equipo, creará un plan estratégico, definiendo etapas progresivas para la implementación de las nuevas tecnologías y metodologías disponiendo un plan de gestión de cambio.

4.4.3 Desarrollar la visión y la Estrategia del Cambio

Crear o reforzar la visión de la empresa, incluyendo los objetivos del cambio y estrategias nuevas que se desean implementar, de tal forma que se vea claramente cuáles son los beneficios del cambio para que los agentes de la compañía tengan claro hacia dónde se dirige la organización, como se muestra en la visión presentada al inicio de este capítulo.

4.4.4 Comunicar la visión del cambio

Utilizar canales de difusión para dar a conocer de manera clara la visión y los avances que se van dando en la implementación de las estrategias del cambio. Esto se hará mediante reuniones semanales y charlas continuas de manera muy clara y en todas las áreas y niveles de la empresa.

4.4.5 Capacitar a los empleados y eliminar obstáculos

Para el conocimiento de las nuevas tecnologías como BIM y Lean, es necesario y de suma importancia la capacitación para que los agentes de la empresa estén alineados a la visión del cambio, esto se hará escogiendo al personal interno idóneo para recibir capacitaciones programadas y contratando agentes externos que ayuden a la implementación más rápida de las nuevas tecnologías, además de tomar riesgos controlados que permitan a los agentes emplear nuevos procesos sin temor a errores y eliminando obstáculos.

4.4.6 Análisis de Riesgos

Para poder implementar una estrategia adecuada de cambio, se debe hacer un estudio detallado de cuáles son los riesgos que amenazan la organización, categorizarlos, calificarlos, buscar una solución con ayuda de las nuevas herramientas propuestas y prevenir nuevos riesgos que puedan aparecer con el nuevo plan de gestión

4.4.7 Generar éxito a corto plazo

Implementar proyectos piloto que logren victorias en la agilización de procesos con el uso de BIM y Lean, para generar credibilidad en el cambio a los agentes más escépticos y de esta forma difundir la factibilidad, rentabilidad y los buenos resultados que se pueden obtener con el uso de nuevas herramientas tecnológicas.

4.4.8 Consolidar logros y generar más cambios

Aprovechar los pequeños triunfos obtenidos, para implementar ciclos de mejora continua, destacando los puntos más resaltantes de mejora y adaptación en procesos definidos y optimizarlos para alcanzar un éxito total. Además, implementar cada vez más, nuevas estrategias que sean compatibles las ya usadas.

4.4.9 Anclar los nuevos puntos de vista a la cultura organizacional

Generar que los nuevos procesos implementados, formen parte de la cultura organizacional de la empresa, para que de esta forma este todo articulado y garantizar el cambio junto con la continuidad. Para esto, se deberá registrar y tener accesible, todo el aprendizaje obtenido durante el proceso de implementación tanto para los miembros de la organización como para futuros integrantes de la empresa en una plataforma virtual y en archivos de almacenamiento de documentos internos.

CAPÍTULO 5 PROPUESTA DE MEJORA

En este capítulo se propondrá la implementación de la metodología combinada de BIM y Lean Construction en la etapa de diseño y planificación que servirá de referencia para proyectos de similares características además, se analiza de qué forma se pudieron aplicar las herramientas de BIM y Lean Construction de forma conjunta para un proyecto de construcción ejecutado en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, departamento y provincia de Arequipa proyecto denominado La Estrella, cabe resaltar que en este proyecto no se aplicó Lean Construction ni la metodología BIM así mismo se analizarán los resultados obtenidos con la gestión tradicional y las mejoras que se pueden obtener con la aplicación de ambas metodologías en forma conjunta.

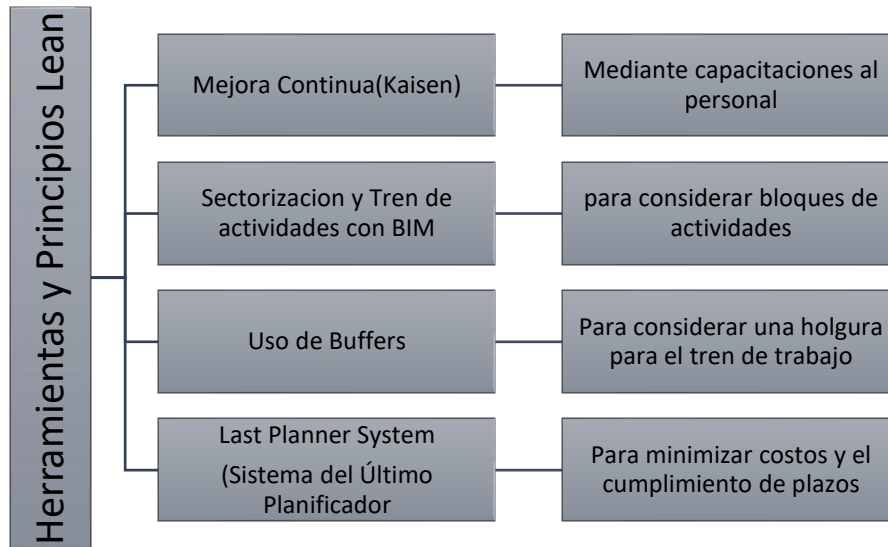
5.1 Aplicación de la Filosofía Lean Construction

Con respecto a la aplicación de la metodología Lean en este Proyecto, se va utilizar las herramientas del LPS en la planificación en base a los principios y herramientas mostrados en la Figura 12. A continuación se desarrollará planificaciones diarias, semanales de acuerdo al look ahead basados en la programación maestra. Con el uso de las herramientas del Last Planner se podrá ejecutar la obra de manera que se maximiza el valor para el cliente.

En el plan semanal se desarrollará un correcto análisis de restricciones que permite un mejor control de la planificación y un flujo adecuado de la obra, además, se deberá realizar capacitaciones para implementar la filosofía de mejora continua. También se realizará una sectorización a partir de un equilibrio de los metrados y utilizando el modelo BIM con lo que se planteará un tren de actividades para cada hito de la obra.

Figura 12.

Herramientas y Principios de Lean Construction a Utilizar



5.1.1 Sectorización a Partir del Modelo BIM

La sectorización se realiza generalmente sobre planos en 2D, es aquí donde el modelo BIM permite sectorizar con mejores resultados y ventajas como:

- ✓ Con el modelo en 3D se tiene una mejor percepción de las actividades y tener más claro la secuencia de las mismas
- ✓ Nos permite un trabajo colaborativo con los involucrados del proyecto
- ✓ El modelo en 3D permite visualizar las metas de la programación

Se tienen los siguientes pasos para estructurar la sectorización del proyecto La Estrella

Primero se tiene que calcular los metrados ya sea en el modelo 3D o calculados de forma separada como se muestra en la Tabla 6

Tabla 6

Metrados para concreto

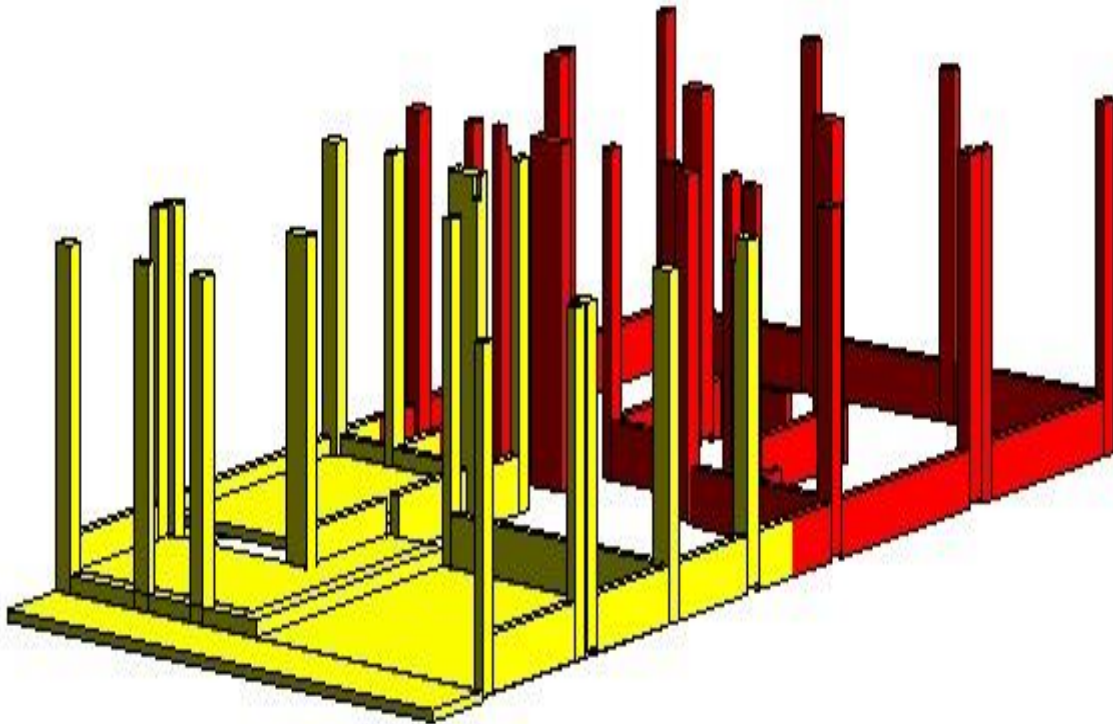
Descripción	Metrado (m3)
Sector A	47 m3
Sector B	45 m3

Nota: Datos obtenidos del modelo 3D BIM.

Con la información de metrados y el modelo 3D se procede a cuantificar los metrados por cada sector para luego hacer ajustes y calcular la cuadrilla requerida de forma que los metrados estén balanceados por cada sector como se representa en la Figura 13.

Figura 13.

Sectorización para el Proyecto La Estrella



Utilizando el Modelo BIM se realizó la sectorización de vigas y columnas del casco estructural en 2 sectores como en la Figura 13. El sector A en color amarillo y el sector B en color rojo como se muestra en la Figura 13. Las otras actividades seguirán la secuencia en ambos frentes en las páginas siguientes se mostrará el tren de actividades desarrollado, donde se detalla la programación Look Ahead y la secuencia de estas por cada sector.

5.1.1.1 Sectorización de elementos verticales (columnas)

Para Sectorización de columnas (Figura 14) se tiene dos sectores, es decir que se debe realizar el encofrado de estos elementos. En la Tabla 7 mostramos los metrados por cada sector, más adelante se explicará la cantidad de recursos necesarios y la secuencia de las actividades.

Figura 14.

Sectorización con el modelo BIM del casco estructural para el Proyecto La Estrella hasta el tercer nivel

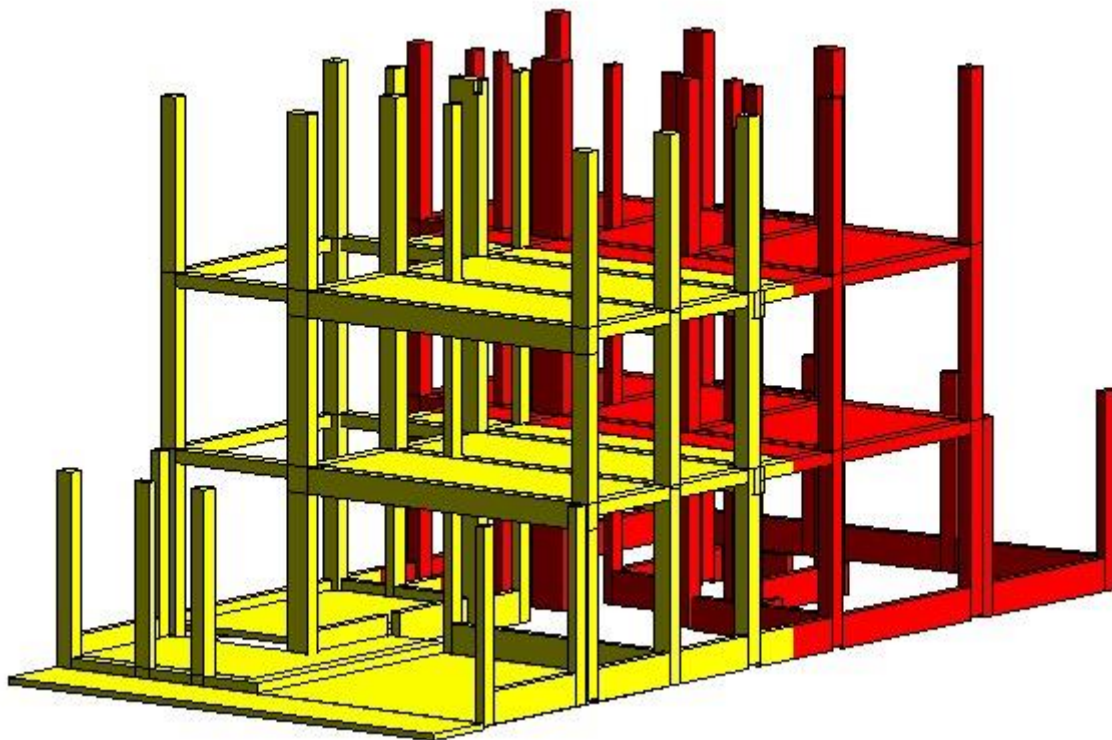


Tabla 7

Metrados para concreto

Descripción	Metrado concreto (m3)
Sector A	47 m3
Sector B	45 m3

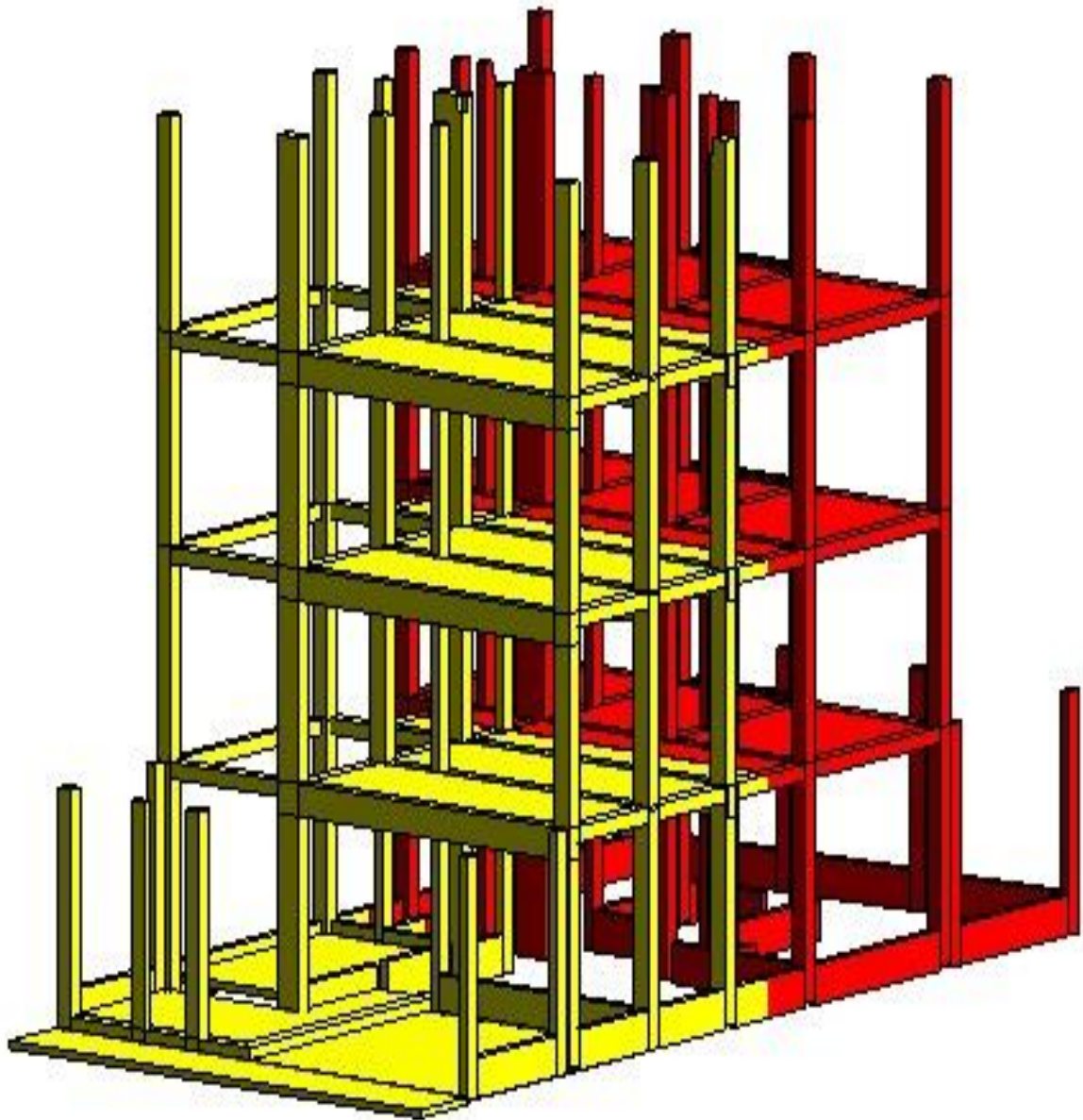
Nota: Datos obtenidos del modelo 3D BIM.

En la figura 15 se detalla la sectorización de concreto en las plantas típicas del Piso1 al Piso 4 en esta sectorización se consideran factores como: Geometría de los elementos

estructurales, distribución del Acero, considerando los factores mencionados se realiza la sectorización para conformar los trenes de trabajo.

Figura 15.

Sectorización con BIM para el Proyecto La Estrella hasta el cuarto nivel



5.2 Propuesta de Planificación Lean

En la fase de planificación del proyecto la integración de las metodologías BIM-Lean se propone la programación intermedia (Look Ahead) conjuntamente con la programación semanal (Plan semanal) y el análisis de restricciones para cada actividad, es decir lo que puedo hacer y lo que voy a hacer de esta forma también se reduce la variabilidad asegurando así el cumplimiento de los plazos contractuales y la optimización de los recursos.

El Look Ahead, para el proyecto de estudio será de cuatro semanas, esta programación intermedia nos permite actualizar la programación semanalmente con el rango de cuatro semanas, definiendo de esta forma el avance semanal que permitirá subsanar restricciones, ajustar los rendimientos, optimizar los recursos, y reducir desperdicios que identifica Lean.

Posteriormente se desarrolla el plan semanal que es un componente del Look ahead y aquí se establece las metas diarias y también se identifica las restricciones de la obra, para realizar un seguimiento de cada día que se mostrara en la reunión semanal de acuerdo al cumplimiento.

5.2.1 Análisis de Restricciones

En esta parte conjuntamente con los últimos planificadores se deben identificar las actividades que tienen restricciones con la suficiente antelación donde se identifica el responsable para levantar la restricción y se establece la fecha para la cual se requiere el levantamiento tal como se muestra en la tabla 9.

Tabla 9

Formato de Análisis de Restricciones

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES "LA ESTRELLA"							
CODIGO DE PROYECTO		AREA / DPTO EDIFICACIONES	FECHA				
NOMBRE DE PROYECTO		CLIENTE	UBICACIÓN				
"LA ESTRELLA"			DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO, DEPARTAMENTO Y PROVINCIA DE AREQUIPA				
Descripción de la Actividad	Fecha que se debe realizar la actividad	Descripción de la Restricción	Tipo de Restricción	Fecha Requerida en Obra	Fecha de Determinación	Responsable de Levantamiento	Estado
INSTALACIÓN DE APARATOS SANITARIOS, GRIFERÍAS Y LAVADEROS							
Prueba hidraulica		Encontrar defectos en uniones durante realizacion de la prueba hidraulica	TRABAJO PREVIO			Ingeniero de Calidad	PENDIENTE
Contrato de operarios							
Compra de aparatos sanitarios, griferias y lavaderos.		Rotura de aparatos durante descarga en almacen	MATERIALES			Encargado de Logistica	LEVANTADA
Prueba de Funcionamiento de los aparatos sanitarios							
INSTALACIÓN DE PISO LAMINADO							
Compra de piso laminado y aislante de polietileno		Requerimiento de material pendiente en obra	MATERIALES			Encargado de logistica	LEVANTADA
Contratacion de Operario							
Instalacion de espuma aislante							
Instalacion de Piso laminado		*Identificacion de piezas defectuosas durante apertura de empaques *Encontrar el piso desnivelado al momento de la instalacion del piso.	MATERIALES			Supervisor de Calidad	LEVANTADA
Sellado de Piso laminado							
INSTALACIÓN DE CONTRAZOCALO							
Verificacion de nivel piso instalados							
Contratacion de Operario		Personal ausente por dos semanas debido a contagio con covid-19	MANO DE OBRA			Jefe SSO	PENDIENTE
Compra de contrazocalo de madera							
Instalacion de Contrazocalo		Proteger los bordes con cinta durante el transporte	TRABAJO PREVIO			Supervisor de Calidad	PENDIENTE
Aplicación de sellador		Verificar stock de sellador y/o generar requerimiento	MATERIALES			Encargado de Logistica	PENDIENTE
Retoque de molduras con pasta mural							

5.2.2 Planificación Look ahead

En la Tabla 10 se muestra una plantilla de propuesta para el Look Ahead para los acabados del caso de estudio proyecto La Estrella, considerando un horizonte de cuatro semanas, así mismo se detalla los metrados que se debe ejecutar por cada día (según la sectorización), también se dimensiona la cantidad de personas necesarias para la actividad, el rendimiento diario meta, rendimiento programado, jornada diaria y el tren de actividades sectorizado.

Tabla 10

Look Ahead con horizonte a 4 semanas para acabados

LOOKAHEAD "LA ESTRELLA"																													
CODIGO DE PROYECTO		AREA / DPTO										FECHA																	
1		EDIFICACIONES										viernes, 16 de Setiembre de 2022																	
NOMBRE DE PROYECTO		CLIENTE										UBICACIÓN																	
LA ESTRELLA												DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO, DEPARTAMENTO Y PROVINCIA DE AREQUIPA																	
DESCRIPCION DE ACTIVIDAD	RESPONSABLE	SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3							SEMANA 4						
		L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
PINTURA INTERIORES PRIMER NIVEL																													
EMPASTE 1	Capataz 01	2	2	2	3	3		3	3	4	4	4		4	5	5	5	5		6	6	6	6	7					
EMPASTE 2	Capataz 01	1	1	1	2	2		2	2	3	3	3		3	4	4	4	4		5	5	5	5	6					
LIJADO	Capataz 01				1	1		1	1	2	2	2		2	3	3	3	3		4	4	4	4	5					
PRIMERA MANO	Capataz 01									1	1	1		1	2	2	2	2		3	3	3	3	4					
MASILLADO	Capataz 01														1	1	1	1		2	2	2	2	3					
SEGUNDA MANO	Capataz 01																												
PRIMER PISO																													
ENCHAPE, EMPASTE DE MUROS,	capataz acabados 1																												
INSTALACIÓN DE CARPINTERIA METÁLICA	capataz acabados 1																												
INSTALACIÓN DE MARCOS Y PUERTAS	capataz acabados 1																												
INSTALACIÓN DE VIDRIOS Y CLOSETS	capataz acabados 1																												
INSTALACION DE APARATOS SANITARIOS Y LAVADEROS	capataz acabados 1																												
PINTURA EN MUROS Y TECHO LOBBY. PINTURA DE PUERTAS	capataz acabados 1																												
TOPELLANTAS, PINTURA DE TRAFICO, SEÑALÉTICA	capataz acabados 1																												
ACABADOS SECOS																													
ENCHAPE BAÑOS Y COCINAS	capataz acabados 2	2	2	2	3	3		3	3	4	4	4		4	5	5	5	5		6	6	6	6	7					
INSTALACIÓN DE ESCUADRAS Y TINAS	capataz acabados 2	1	1	1	2	2		2	2	3	3	3		3	4	4	4	4		5	5	5	5	6					
INSTALACIÓN DE MARCOS Y PUERTAS	capataz acabados 2									1	1	1		1	2	2	2	2		3	3	3	3	4					
INSTALACIÓN DE MUEBLES Y CLOSETS	capataz acabados 2									1	1	1		1	2	2	2	2		3	3	3	3	4					
	capataz acabados 2																												
TABLEROS GRANITO EN BAÑOS Y COCINAS	capataz acabados 2														1	1	1	1		2	2	2	2	3					
PINTURA DE MARCOS Y PUERTAS	capataz acabados 2														1	1	1	1		2	2	2	2	3					
INST. CAJONES Y PUERTAS MUEBLES	capataz acabados 2																			1	1	1	1	2					
	capataz acabados 2																												
INSTALACIÓN DE APARATOS SANITARIOS, GRIFERÍAS Y LAVADEROS	capataz acabados 2																			1	1	1	1	2					
INSTALACIÓN DE PISO LAMINADO	capataz acabados 2																			1	1	1	1	2					
	capataz acabados 2																												
INSTALACIÓN DE CONTRAZOCALO	capataz acabados 2																							1					
INSTALACIÓN TABLEROS, PLAQUEADO DE TOMACORRIENTE E INTERRUPTORES	capataz acabados 2																												

5.2.3 Programación semanal: Plan semanal

Un componente del Look ahead viene a ser la programación semanal, donde se definen para cada actividad los avances por día, estos a su vez pueden ser actualizadas durante la semana para cumplir con lo programado.

Estas se deben realizar una vez por semana y debe ser una reunión con los últimos planificadores (mano de obra y líderes de cuadrilla), el ingeniero residente, asistentes y otros, en esta reunión se debe analizar los avances, la productividad, analizar las restricciones, planificar la programación de la siguiente semana y delegar responsabilidades para el levantamiento de las restricciones.

A continuación se detalla la planificación para la semana incorporando actividades pendientes de la semana anterior o adelantando actividades esta planificación a corto plazo nos permite provisionar recursos o identificar restricciones para habilitar frentes de trabajo y es el soporte para la toma de decisiones.

Por otro lado, nos permite tener un control de los avances y proponer estrategias para recuperar los retrasos de la semana y colocarlos en la programación Look Ahead con un horizonte a cuatro semanas para nuestro caso de estudio.

5.2.4 Seguimiento, PPC

El PPC es el Porcentaje del Plan Completado, y con ello se hará el seguimiento a las actividades completadas en comparación con el total de las actividades programadas, para calcular un porcentaje de cumplimiento, en la Tabla 11 se muestra el PPC para tres actividades.

Tabla 11

Look Porcentaje de plan completado por semana para tres actividades

PORCENTAJE DEL PLAN CUMPLIDO (PPC)													
NOMBRE DE PROYECTO			AREA / DPTO				FECHA						
LA ESTRELLA			EDIFICACIONES				viernes, 16 de Setiembre de 2022						
CODIGO DE PROYECTO			PROPIETARIO				UBICACION						
1							DISTRITO DE JOSÉ LUIS BUSTAMANTE Y RIVERO, DEPARTAMENTO Y PROVINCIA DE AREQUIPA						
Descripción de la Actividad	Und	Metrado Programado	Metrado Realizado	SEMANA 37					ANALISIS DE INCUMPLIMIENTO				
				Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	PPC	SI	NO	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO	MEDIDA CORRECTIVA
INSTALACIÓN DE APARATOS SANITARIOS, GRIFERÍAS Y LAVADEROS	und	20.00	15.00	1	1	0	0	1	75%		X	Mala instalacion en dos sanitarios	Reinstalacion de Sanitarios
INSTALACIÓN DE PISO LAMINADO	m2	250.00	210.00	1	1	0	1	1	84%		X	Falta de material por error en metrado	Adquisicion de material faltante
INSTALACIÓN DE CONTRAZOCALO	ml	120.00	120.00					1	100%	X			
PPC (%)									86%				

De esta forma se recopila los motivos de incumplimiento, estos serán la base para implementar mejoras ya que si se tiene identificado en qué está fallando el proyecto se podrá diseñar acciones enfocadas a mejorar de esta forma el sistema no sustituye al enfoque tradicional, sino que lo enriquece agregando la estabilidad de un proceso que repetiremos cada semana.

5.3 Guía para implementar el Sistema Last Planner System

Previamente a la implementación del Last Planner System en un proyecto de vivienda multifamiliar, se debe desarrollar un plan de capacitaciones para los participantes de la ejecución del proyecto sobre la filosofía Lean Construction y que el Sistema Last Planner es una de sus mejores herramientas teniendo como soporte al modelo BIM.

Así mismo para lograr implementar la metodología de Last Planner System en un proyecto de vivienda multifamiliar se debe enfocar los esfuerzos en el desempeño del equipo de trabajo y este debe contar con las siguientes componentes:

- ✓ Poseer objetivos claros
- ✓ Trabajar de forma colaborativa y coordinada
- ✓ Liderazgo en todos los niveles de la organización.

Existen dos escenarios para implementar el cronograma de capacitaciones , el primer caso es cuando no se tiene el equipo conformado previo al inicio de la ejecución del proyecto y debe realizarse durante la primera semana luego del inicio del proyecto.

El segundo caso es cuando se tiene conformado el equipo de ejecución y se puede empezar con las capacitaciones antes del inicio del proyecto.

En cuanto a la primera capacitación se deben abordar los conceptos fundamentales de la filosofía Lean y mostrar las herramientas principales con las que se cuenta, por lo tanto se recomienda que esta primera capacitación se desarrolle antes del arranque del proyecto.

Las capacitaciones posteriores se pueden desarrollar según el avance de obra y el tiempo de mano de obra que se destine a estas capacitaciones dependerá de la curva de aprendizaje de los integrantes del equipo del proyecto.

También se debe poner énfasis en las lecciones aprendidas ya que estos conocimientos se obtienen a través de la experiencia adquirida en los proyectos ya terminados.

5.3.1 Reuniones Pull

Las sesiones Pull se realizarán durante todo el ciclo de ejecución del proyecto y son un componente fundamental para la implementación de sistema Last Planner teniendo en todo momento al modelo BIM como referencia.

Para estas sesiones Pull como se muestra en la Figura 16 se debe contar con un ambiente en la obra, en el cual se colocarán papelógrafos sobre los cuales se pondrán los post-it para desarrollar la planificación. También se puede colocar papelógrafos con espacios para colocar las notas, los planos principales de la obra, responsables de las áreas y los sectores de la etapa se esté desarrollando.

Figura 16.

Sesión de planificación Pull



Nota: La infografía muestra una foto. De “Sesión de planificación Pull”, por Lean Construction Mexico, 2019

<https://www.leanconstructionmexico.com.mx/post/c%C3%B3mo-dirigir-una-sesi%C3%B3n-de-pull-plan>.

5.3.2 Componentes de la Herramienta Last Planner a Implementar

5.3.2.1 Plan maestro

En este plan se desarrolla la programación del proyecto en su totalidad en formato Excel o MS Project, además se puede incluir un cronograma de procura de las partidas más relevantes del proyecto. De acuerdo a la sectorización para cada etapa en base al modelo BIM.

5.3.2.2 Look Ahead Planning

Para esta programación de mediano plazo y por la magnitud del proyecto puede realizar para un intervalo de cuatro semanas. También debe tener un análisis de restricciones, en este

análisis se asigna un responsable y recursos para cada restricción identificada, así como la fecha de levantamiento.

5.3.2.3 Plan semanal

Aquí se programan aquellas actividades cuyas restricciones han sido superadas o se tiene la seguridad que serán levantadas para la semana. En esta programación a corto plazo se evalúa las actividades completadas calculando el PPC.

5.3.2.4 Porcentaje de Plan Cumplido y Causas de Incumplimiento

El PPC será evaluado al concluir la última jornada de la semana y se acompaña del análisis de las causas de incumplimiento de las actividades detalladas en el plan semanal y también se debe tener identificadas las medidas correctivas para el cumplimiento de las actividades no concluidas de acuerdo a cada responsable identificado en el análisis.

5.3.2.4.1 Causas de Incumplimiento

En la última jornada donde se exponen los resultados obtenidos para el PPC, se va a consolidar una lista de causas las que ocasionaron el incumplimiento de lo programado.

En la reunión de la semana donde se evalué el PPC, se debe identificar y detallar un listado de las causas de Incumplimiento y clasificarla en grupos.

Para identificar la Causa Raíz se puede usar los 5 porques para una resolución práctica como se muestra en la figura 17 o utilizar el diagrama de Ishikawa para los problemas más complejos.

Figura 17.

Ejemplo de los Cinco Porques para descubrir las causas de Incumplimiento



Nota: De “Lean Construction y La Planificación Colaborativa”, por Rubio & Pons, 2019.

5.4 Aplicación de la metodología BIM

5.4.1 Identificación de procesos a realizar

En este ítem determinaremos los procesos involucrados en la aplicación de la metodología BIM, graficándolos por etapas para mejor entendimiento del procedimiento, logrando involucrar al cliente desde las primeras etapas permitiendo un diseño eficiente, compatibilización por especialidades y a su vez lograr un consenso del proceso constructivo más eficiente con la participación de todos los actores pertinentes.

A continuación, se identificarán los inputs y outputs de los procesos más importantes realizados.

Figura 18.

Inputs y Outputs del Modelado

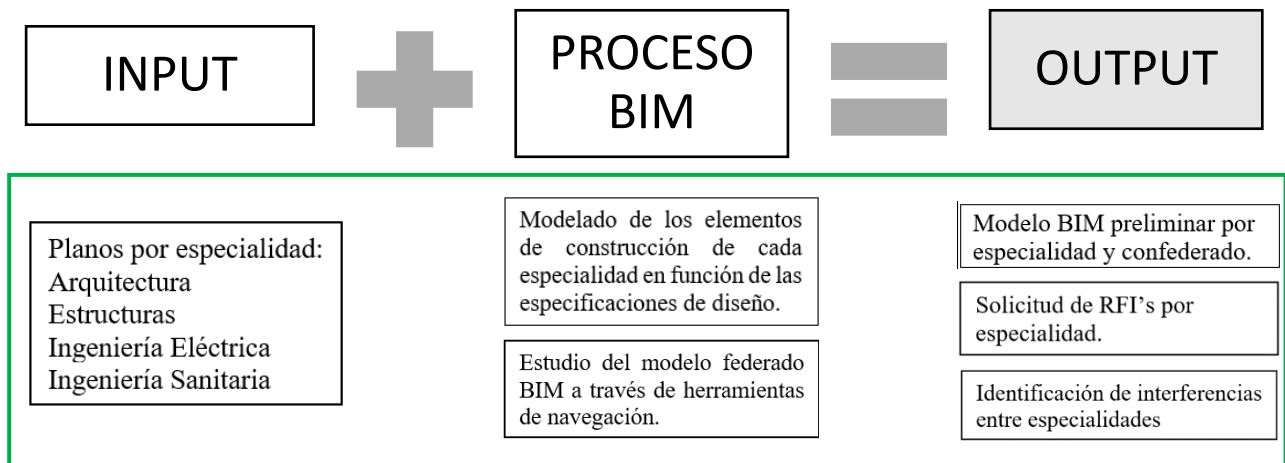
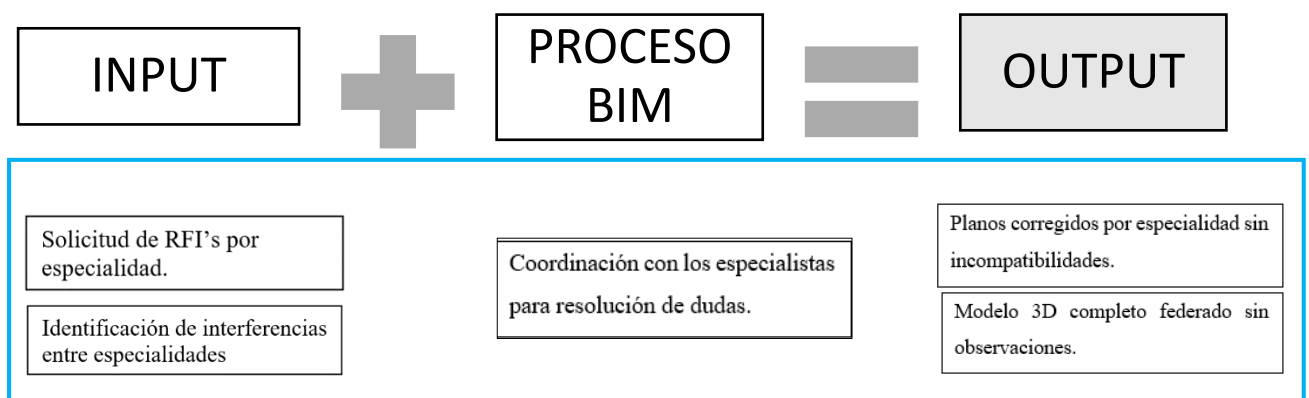


Figura 19.

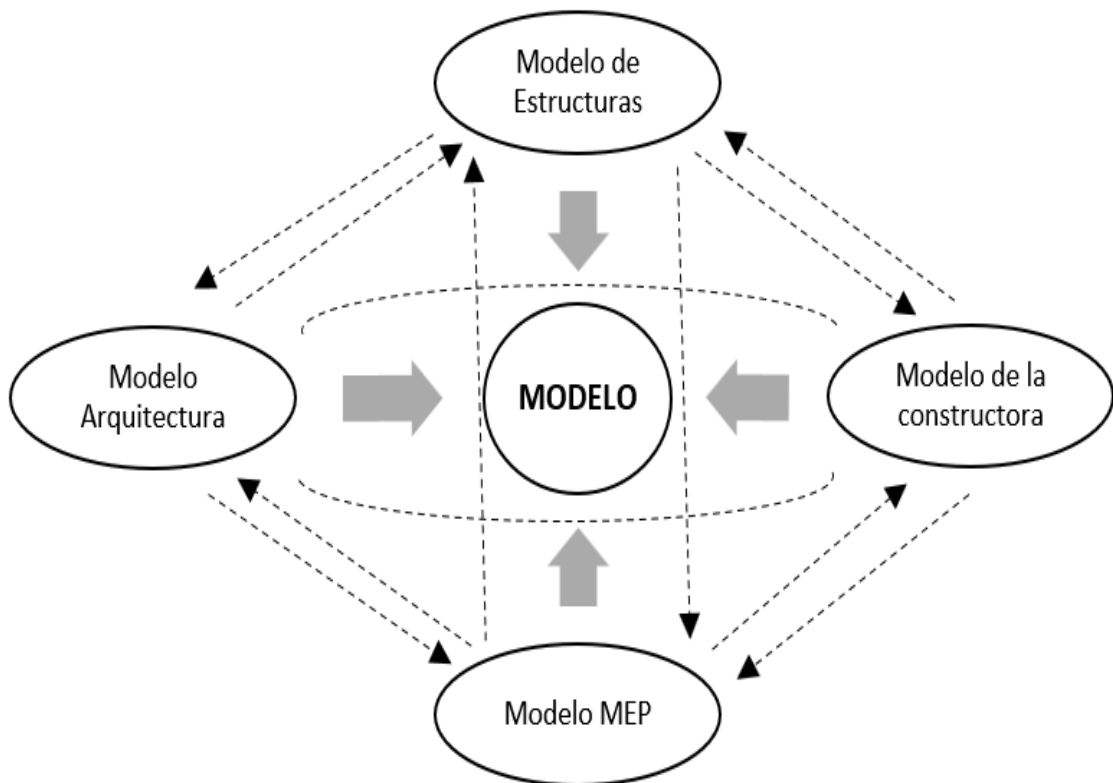
Inputs y Outputs de la Coordinación por especialidades



Como lo menciona Menares (2016), en la coordinación de modelos, al juntarse todas las disciplinas que intervienen en el proyecto se resuelven los conflictos encontrados, al no hacer uso de esta metodología, como se evidenció en el caso de estudio, el modelo es repartido cada vez a los especialistas lo que genera varias versiones del mismo sin respetar un orden preestablecido.

Figura 20.

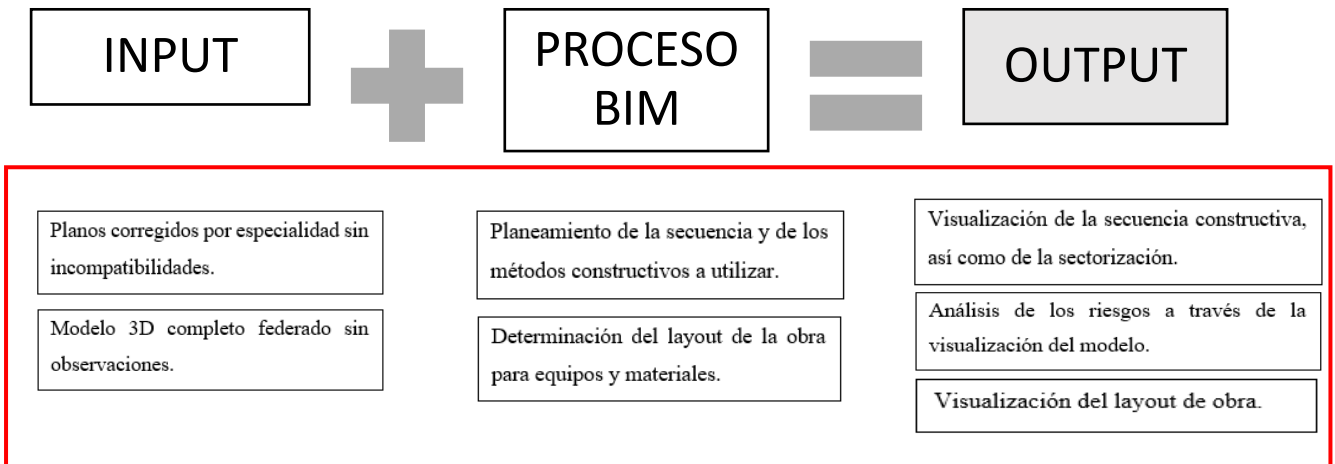
Representación del modelo distribuido entre especialidades



En la presente investigación se propone que el modelo se integre a través de archivos vinculados, centralizando la información, al vincularlos, los diferentes cambios realizados por las especialidades se verán reflejados en el modelo. Se propone trabajar en un mismo servidor y con un único software con la misma versión del mismo.

Figura 21.

Inputs y Outputs del Planeamiento del proyecto



Es importante realizar reuniones de planeamiento del proyecto, principalmente para la proyección de la construcción, en esta etapa es necesario el modelo para la programación del avance y la sectorización, visualizando y cuantificando el concreto para la previsión de las actividades de procura evitando retrasos y costos adicionales derivados del mismo.

Figura 22.

Inputs y Outputs de la Construcción del Proyecto

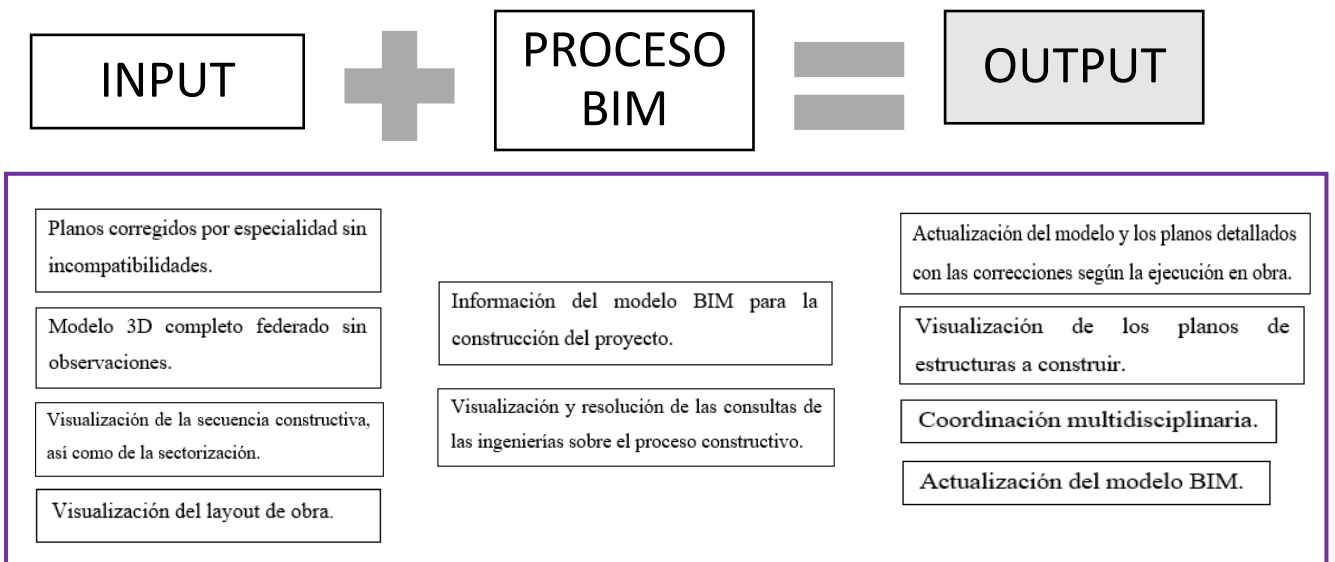
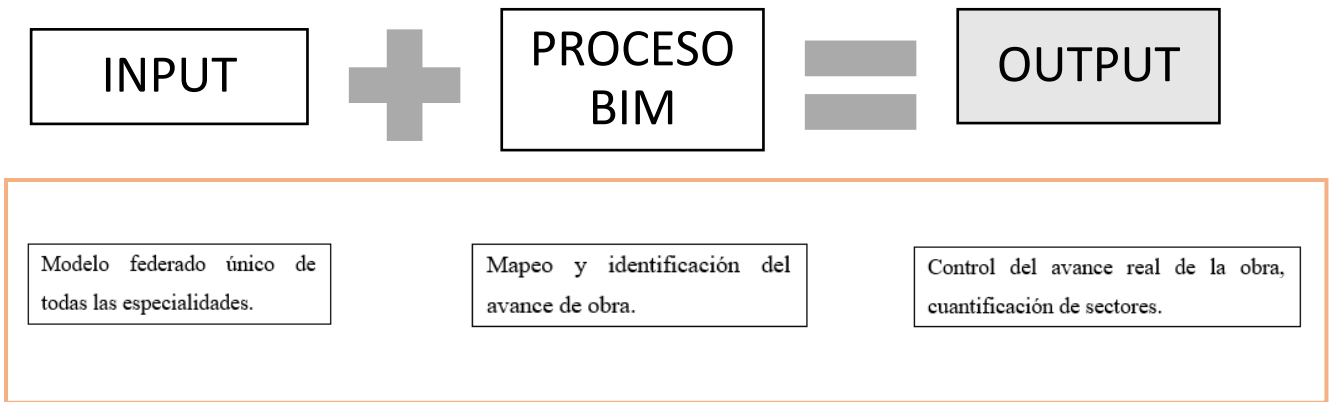


Figura 23.

Inputs y Outputs del control de avance del proyecto

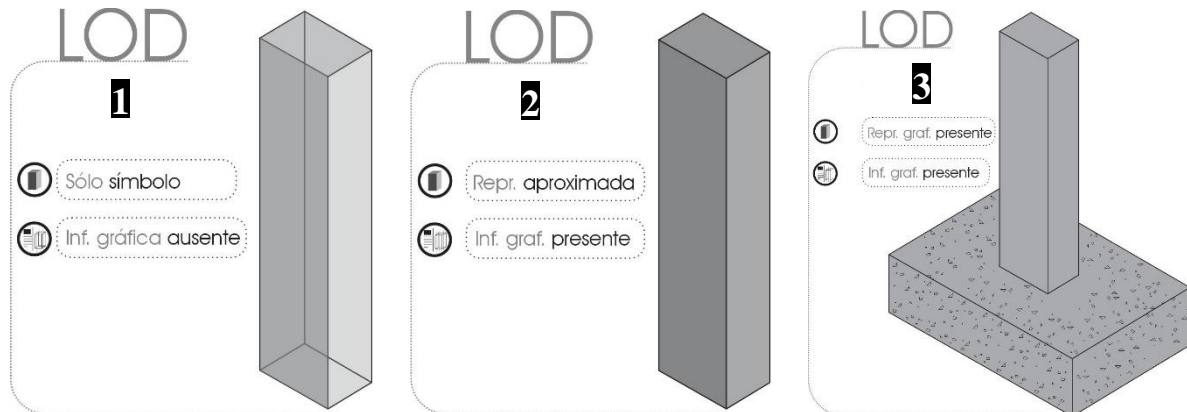


5.4.2 Entregables BIM

Como lo hemos visto, los outputs derivados del modelo BIM nos ayudan en las distintas etapas del proyecto, respecto a las especialidades debemos tener claro y especificar el nivel de detalle también conocido como LOD (level of development) que se necesita, el cual nos dará el detalle y la precisión de cada elemento modelado, a continuación, detallamos gráficamente los distintos niveles de desarrollo.

Figura 24.

LOD (level of development)



Según la Guía Nacional BIM correspondiente al Plan BIM Perú (2021), el LOD 1 contiene información para la caracterización y la prefactibilidad del elemento, en el caso del LOD 2 la información gráfica es suficiente para la investigación y la factibilidad del elemento, el LOD 3 contiene la información gráfica suficiente para el diseño y la construcción del elemento, el presente trabajo de investigación contempla el desarrollo de un LOD 3 para el caso de estudio.

Respecto al modelado de los elementos volumétricos de las especialidades detallamos a continuación los requerimientos mínimos al modelo BIM.

Tabla 12

Nivel de Detalle del Modelado por Especialidad

Especialidad	<i>Detalle del Modelo BIM</i>
Arquitectura	Modelado de muros, tabiquería, losas, puertas, ventanas, escaleras, mobiliario permanente.
Estructuras	Modelado de cimentaciones, columnas, placas, losas de techo, vigas, losas de piso.
Instalaciones Eléctricas	Modelado de artefactos eléctricos, luminarias, tableros eléctricos.
Instalaciones Sanitarias	Modelado de instalaciones de agua, desagüe, agua pluvial, artefactos sanitarios.

5.4.3 Modelo BIM y análisis

Como lo mencionamos, en la metodología BIM para el presente trabajo de investigación se utilizaron los programas Autodesk Revit 2023, para el modelamiento de las diferentes especialidades, así también Autodesk Navisworks 2023 para la gestión y el análisis del modelo.

Figura 25.

Vista General del Modelo BIM Federado



Se trabajaron las especialidades de arquitectura, tanto como estructuras, así como instalaciones sanitarias y finalmente instalaciones eléctricas, ya que el análisis del modelo se fundamenta en los RFI's, producto de incompatibilidades entre especialidades. El modelo contempla muros, pisos, enchapes, ventanas y puertas, en la especialidad de arquitectura. En el modelado de las instalaciones eléctricas, solo se consideraron la salida de los puntos de alumbrado y fuerza.

Figura 26.

Vista Especialidad de Arquitectura



Nota: En base al modelo 3d BIM realizado.

Para la gestión del modelo se exportaron todas las especialidades al programa Navisworks 2023, a continuación, se usó la herramienta Clash Detective para la detección de interferencias y se realizaron caminatas en tercera persona por el modelo federado, para la revisión más detallada y la emisión de los RFI's del proyecto.

Figura 27.

Caminatas En Tercera Persona En Navisworks 2023



Nota: En base al modelo 3d BIM realizado.

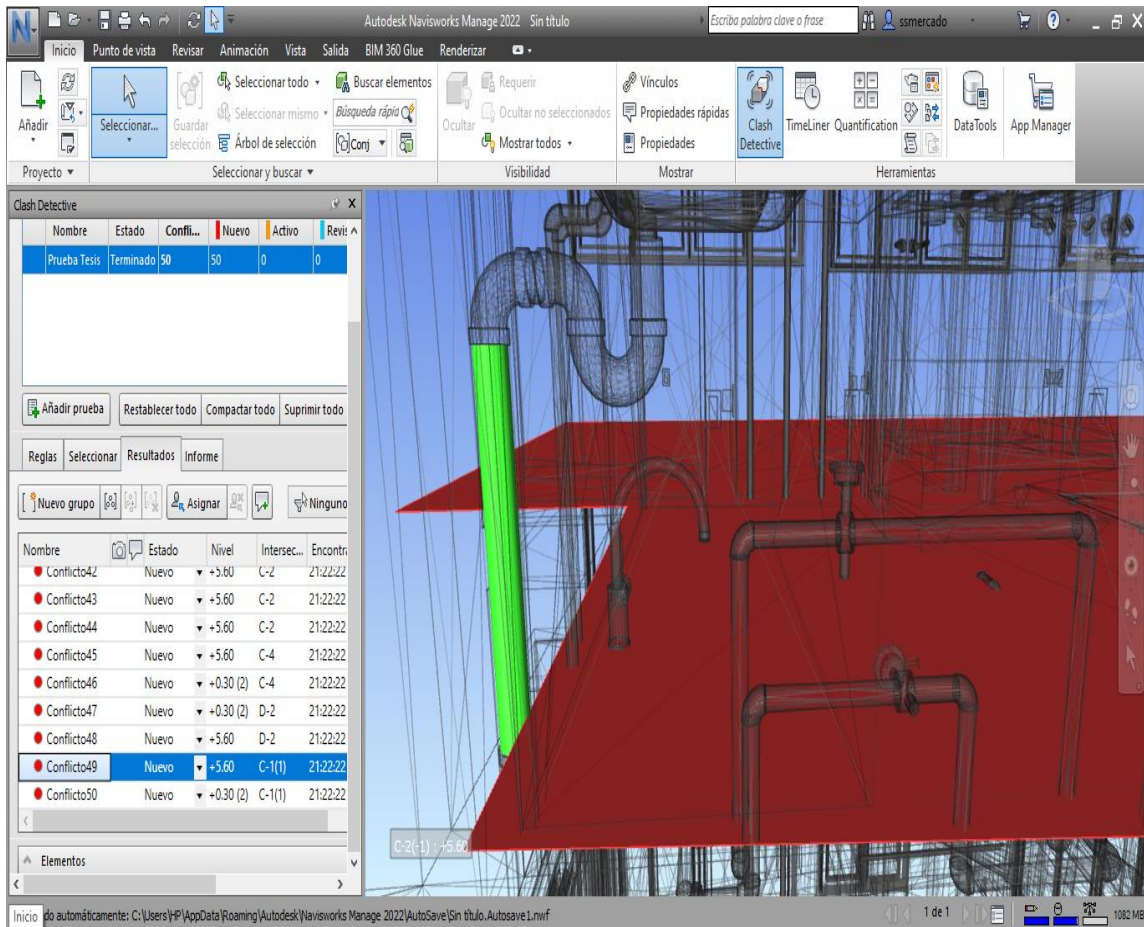
5.4.4 Manejo y recolección de datos

5.4.4.1 Emisión de RFI's

La localización de incompatibilidades es propia del modelo según el avance del modelado de las especialidades descrito en los planos en 2D. El proceso de actualización del modelo BIM, identifica las zonas y áreas con mayor porcentaje de interferencias, comúnmente debido a errores en el proceso de diseño y falta de detalle de los planos.

Figura 28.

Detección De Interferencias En Navisworks 2023



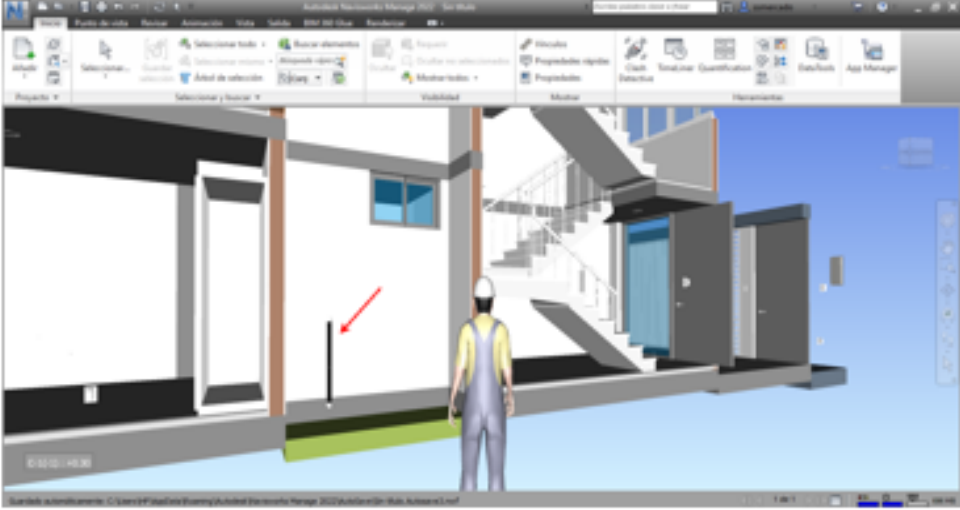
Nota: En base al modelo gestionado en Navisworks 2023

Estas solicitudes de información (RFI's) se sistematizaron a través de un formato de uso común para todas las especialidades (ver anexo 2) que podrían haber resuelto de forma más eficaz los problemas encontrados por el cruce de especialidades con respuestas directas del especialista involucrado en la materia y poniendo por escrito la resolución del conflicto, así mismo sirve para detectar los responsables en caso de decisiones complicadas.

En la siguiente figura se observa la superposición de la especialidad de arquitectura y las instalaciones sanitarias.

Figura 29.

Ejemplo De RFI Del Proyecto (Request For Information)

CONTROL DE CALIDAD		
REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN (RFI)		Rev. 001
DATOS GENERALES		
PROYECTO: Edificio La Estrella	N° CORRELATIVO: 01	Página: 1 de 1
CLIENTE:	FECHA:	
SUPERVISIÓN: L&L SAC	CONTRATISTA: L&L SAC.	
PLANO O ESPECIFICACIÓN:	ARQUITECTURA VS MEP	
EMISOR: Arq. Claudia Liao	RECEPTOR: Arq. Román Lizarraga	
Firma:	Firma:	
REQUERIMIENTO SOLICITADO		
DESCRIPCIÓN:		
Se ha identificado, en el primer nivel en el área de lavado, una interferencia entre el muro y las instalaciones sanitarias.		
		
RESPUESTA AL REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN		
Se ha reubicado la ubicación de la tubería expuesta, se modifico en 0.20 m al interior del muro. Revisar el modelo actualizado.		
EMISOR DE LA RESPUESTA:		
NOMBRE: Arq. Román Lizarraga	FECHA:	FIRMA:
ANÁLISIS DE RESPUESTA		
INCIDENCIA:		
<input type="checkbox"/> COSTO	<input checked="" type="checkbox"/> PLAZO	<input type="checkbox"/> OTROS
RESPUESTA:		
<input checked="" type="checkbox"/> CUMPLE	<input type="checkbox"/> NO CUMPLE	<input type="checkbox"/> GENERA NUEVA RFI <input checked="" type="checkbox"/> GENERA MODIFICACIÓN DE OBRA

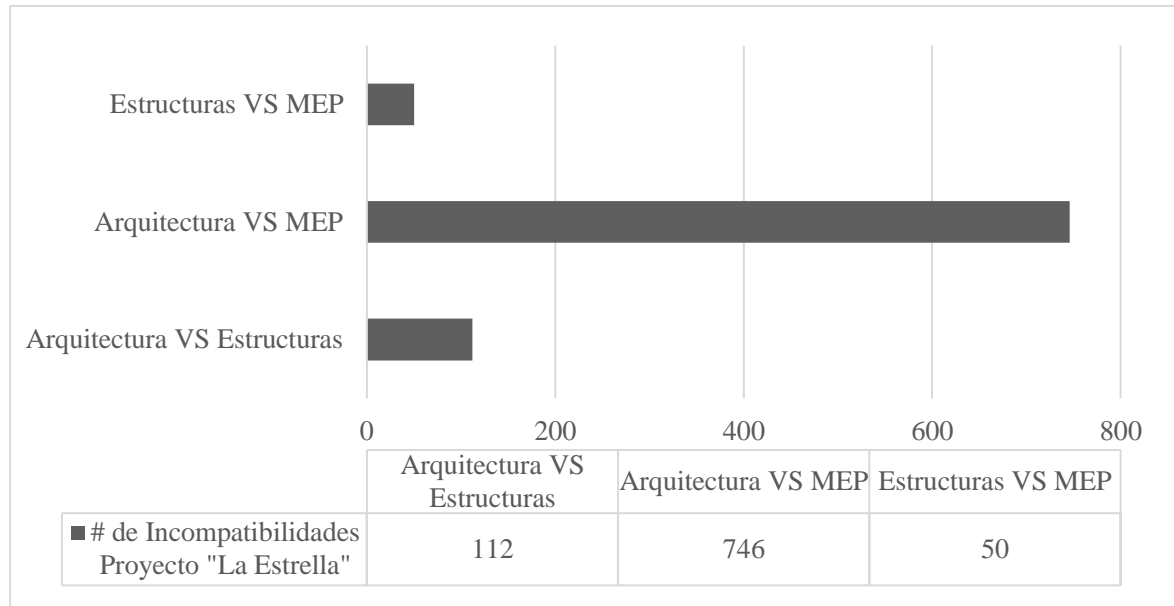
5.4.4.2 Recolección de datos

La metodología BIM planteada comenzó con la recolección de datos a través de los RFI's del proyecto, como ya lo mencionamos, estandarizamos un formato definido (anexo 2) donde se consignaron la codificación del proyecto, emisor, receptor, descripción, respuesta, fechas de emisión, fecha de respuesta, responsable e incidencia.

Después se procedió a examinar la información obtenida; en ese sentido, se organizaron los RFI's según el cruce de especialidades y se procedió a su cuantificación, se catalogaron en 3 clases: Incompatibilidades de Arquitectura VS Estructuras, Incompatibilidades de Arquitectura VS MEP, Incompatibilidades de Estructuras VS MEP.

Figura 30.

Numero De Incompatibilidades Entre Especialidades Proyecto La Estrella



Nota: Elaboración en base al modelo gestionado en Navisworks 2023.

De esta figura se puede apreciar que, la mayor cantidad de RFI's comprendieron a la categoría de Arquitectura vs MEP sumando un 82.2% del total, seguido de Arquitectura vs Estructuras con un 12.3%. Así mismo, de ello se pudo inferir que el 70% de los RFI's de la especialidad de arquitectura se presentan por la falta de coordinación entre las diferentes especialidades, así como de los detalles en cuanto a las especificaciones técnicas propuestas en los planos de obra.

Figura 31.

Pruebas Por Categoría Con Clash Detective De Navisworks Para El Proyecto La Estrella

Clash Detective									
Test 1									
Última ejecución: <Ninguno>									
Conflictos: Total: 0 (abiertos: 0 cerrados: 0)									
	Nombre	Estado	Confli...	Nuevo	Activo	Revisado	Aproba...	Resuelto	
	ARQ VS EST	Terminado	112	112	0	0	0	0	
	ARQ VS MEP	Terminado	746	746	0	0	0	0	
	EST VS MEP	Terminado	50	50	0	0	0	0	

Nota: Elaboración en base al modelo gestionado en Navisworks 2023.

Este tipo de datos forma parte del valor agregado que se le hubiese conferido al proyecto por el uso de la metodología BIM si esta se hubiera usado en etapas de diseño.

Se tomó del software Navisworks 2023 el consolidado de RFI's por categoría, previamente mencionas, los que, para el presente trabajo de investigación entiéndase como incompatibilidad.

Las incompatibilidades que se detectaron por categoría se consideran como incompatibilidades evitables con el uso de la metodología BIM.

Figura 32.

Informe de Conflictos del Proyecto La Estrella

AUTODESK®
NAVISWORKS® Informe de conflictos

Prueba Tesis	Tolerancia	Conflictos	Nuevo	Activo	Revisado	Aprobado	Resuelto	Tipo	Estado
	0.001m	112	112	0	0	0	0	Estático	Aceptar

Imagen	Nombre de conflicto	Estado	Distancia	Ubicación de rejilla	Descripción	Fecha de detección	Punto de conflicto	ID de elemento	Elemento 1			Elemento 2			
									Capa	Elemento Nombre	Elemento Tipo	ID de elemento	Capa	Elemento Nombre	Elemento Tipo
	Conflicto1	Nuevo	-0.050	E-2 : +5.60	Estático	2022/10/6 02:20	x:2.525, y:11.675, z:5.600	ID de elemento: 293320	+5.60	Pintura Blanco	Sólido	ID de elemento: 598079	<Sin nivel>	Suelos analíticos	Suelos analíticos
	Conflicto2	Nuevo	-0.050	D-3 : +5.60	Estático	2022/10/6 02:20	x:4.075, y:9.625, z:5.600	ID de elemento: 293313	+5.60	Default Wall	Sólido	ID de elemento: 598079	<Sin nivel>	Suelos analíticos	Suelos analíticos
	Conflicto3	Nuevo	-0.050	D-3 : +5.60	Estático	2022/10/6 02:20	x:3.880, y:9.625, z:5.600	ID de elemento: 293337	+5.60	Pilar rectangular	Pilares: Pilar rectangular: CA-1	ID de elemento: 598079	<Sin nivel>	Suelos analíticos	Suelos analíticos
	Conflicto4	Nuevo	-0.050	D-2 : +5.60	Estático	2022/10/6 02:20	x:2.875, y:9.475, z:5.600	ID de elemento: 293336	+5.60	Pilar rectangular	Pilares: Pilar rectangular: CA-1	ID de elemento: 598079	<Sin nivel>	Suelos analíticos	Suelos analíticos

Nota: Elaboración en base al modelo gestionado en Navisworks 2023.

5.4.5 Costos de implementación

El consecuente análisis derivó en determinar el costo directo que implicaría la aplicación de la metodología BIM, para ello se tomó como referencia la consulta a los principales consultores BIM de la ciudad de Arequipa.

A fin de establecer el costo de implementación se consiguieron cotizaciones de empresas del medio que ofrecen este servicio, consiguiendo información verbal del costo para edificios de similares características al caso de estudio del presente trabajo de investigación; asimismo, debido a que el modelado de todas las especialidades del presente caso de estudio, no participaron las empresas consultoras, sino más bien que fue realizado por los autores de la presente investigación, se trató de obtener información de proyectos que tenían un alcance similar.

Tabla 13

Costo De Implementación Y Gestión Del Modelo BIM

Ítem	Descripción	Und	Subtotal (S/.)
1		MODELOS	
1.1	Modelo BIM- 3D de Arquitectura	glb	S/. 4,000.00
1.2	Modelo BIM- 3D de Estructuras	glb	S/. 5,000.00
1.3	Modelo BIM- 3D de I.I.EE y I.I.SS	glb	S/. 7,000.00
2		GESTIÓN DEL MODELO	
2.1	Administración de reuniones de compatibilización, resolución de RFI's, corrección de Planos en CAD, revisión del expediente técnico.	glb	S/. 8,000.00
2.2	Gastos generales	glb	S/. 2,000.00
COSTO TOTAL			S/. 26,000.00

Nota. Elaboración en base a costos promedio de consultores BIM en la ciudad de Arequipa.

Primeramente, nosotros asumimos que los involucrados tengan un conocimiento base de la metodología BIM, personal involucrado tanto en el diseño como en la construcción, así también, consideramos un costo asumible por la empresa para capacitación de su personal. Tomando costos actuales del mercado, promediamos el valor de S/1200 por curso, capacitaciones que implican gestión y análisis de modelos BIM, se consideraron que las

capacitaciones serian otorgadas a los ingenieros de campo y al equipo de la oficina técnica, por otra parte, el hardware a usarse deberán ser de alta potencia y gran capacidad de memoria y tarjeta gráfica, por eso tomamos un costo promedio de S/ 6 000 por equipo, no obstante, solo asumiendo el valor correspondiente a la depreciación del equipo (25%). Finalmente, en cuanto a las licencias del software (Revit y Navisworks de Autodesk), asumimos que se utilizará la versión estudiante, disponible gratuitamente. Con todos los costos de implementación indicados, obtenemos el costo total de implementación BIM.

Tabla 14

Costo Total de Implementación BIM

Ítem	Descripción	Und	Subtotal (S/.)
1.1	Costo de modelo y gestión	glb	S/. 26,000.00
1.2	Capacitación (06 personas)	glb	S/. 7,200.00
1.3	Depreciación (12 meses)	glb	S/. 4,500.00
COSTO TOTAL DE IMPLEMENTACIÓN BIM			S/. 37,700.00

Nota. Elaboración en base a costos promedio de consultores BIM en la ciudad de Arequipa.

CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- a) En un mundo globalizado, en donde los avances tecnológicos y los nuevos sistemas o filosofías de trabajo están al alcance general o son de conocimiento público, es imprescindible alinearnos con la vanguardia; esto se hace mucho más claro en el tema constructivo en donde la metodología BIM y la filosofía LEAN nos otorgan una gran ventaja con respecto a los sistemas tradicionales. El impacto positivo desde el punto de vista económico es bastante significativo y, tal como se puede apreciar en la figura 3 (Enfoque tradicional vs enfoque Lean Construction) el aumento del beneficio real, al finalizar una obra constructiva; puede, en promedio, triplicarse con respecto a lo que hubiera significado seguir trabajando bajo en enfoque tradicional.
- b) La concepción atávica y muy difundida con respecto a los desperdicios de materiales, los replanteos, las correcciones de los trabajos sobre la marcha, las reiteradas incompatibilidades entre las diferentes disciplinas que intervienen en un proyecto, las improvisaciones; entre muchos otros vicios presentes la gestión constructiva pueden ser superados, o reducidos al mínimo, si se implementan tanto la metodología BIM como la filosofía LEAN.
- c) Los cambios de sistemas y de filosofías a BIM y LEAN deben ser sostenidos en el tiempo y asimilados como parte integral en el desarrollo de todos los procesos de una empresa; esto con el objetivo de obtener un flujo de trabajo que abarque todo el ciclo de vida del proyecto, desde su concepción hasta su entrega física; de esta manera se lograrán mejoras y con ellas el progreso en cada nuevo emprendimiento; constituyéndose, estos sistemas, como una forma de trabajo recurrente en cada aspecto de la gestión de un proyecto constructivo y no solamente como simples herramientas novedosas a ser usadas puntualmente en un proyecto determinado.
- d) La implementación de un sistema de trabajo colaborativo; es decir aquel en el cual cada responsable de un área determinada de una empresa puede crear, proponer, innovar etc., con sus propios modelos o sistemas de trabajo, para que, luego, junto con las propuestas de los demás participantes estas puedan ser debatidas, coordinadas y, finalmente llevadas a cabo; obtiene, frente a los esquemas tradicionales de jerarquías rígidas, lineales y trabajos individuales y no coordinados, un producto prolijo, revisado, pulido de manera interdisciplinaria y ajustado a la realidad.

- e) La competencia entre empresas y las exigencias, cada vez más altas en cuanto a calidad y tiempos, hacen que los presupuestos no soporten mucha variabilidad o imprevistos en el proceso constructivo; por eso el pre – construir o hacerlo de manera virtual usando las herramientas del BIM nos significan una garantía frente a cualquier situación no prevista, situación que marca un punto de quiebre hacia la permanencia de una empresa y su desarrollo en el tiempo.
- f) Los conceptos de estandarización de productos, planteamiento de procesos modulares o repetitivos, la organización de cada paso y proceso son parte integral de las nuevas filosofías de trabajo y redundan positivamente en la consecución de un producto de calidad y económicamente competitivo.
- g) Conceptos como la estandarización de productos, derivada de la sectorización a partir del modelo BIM, permite obtener el menor desperdicio posible en materiales, el uso de equipos o maquinarias, además de organizar de la manera más eficiente posible, en cuanto a su conformación y capacidades, las cuadrillas de trabajo; o como el planteamiento de procesos modulares o repetitivos en lo referente a las instalaciones sanitarias, eléctricas o mecánicas, o la organización de cada paso y proceso, por medio del look ahead, son parte integral de las nuevas filosofías de trabajo y redundan positivamente en la consecución de un producto de calidad y económicamente competitivo.

6.2 Recomendaciones

- a) Una visión integral al momento de abordar un proyecto constructivo desde el primer momento nos puede otorgar muchas ventajas; es decir que, tanto la metodología BIM como la filosofía LEAN, deben ser aplicadas desde la misma concepción de un proyecto, lo que llamamos partido o trabajos previos, y acompañarnos hasta la conclusión del mismo, tanto física como normativa y burocrática.
- b) Ambas filosofías o sistemas admiten un alto nivel de personalización en cada aspecto de ellas; de esta manera las opiniones de cada persona involucrada en el proyecto deberán ser atendidas, sopesadas y consideradas para ser integradas a los procesos a desarrollar. De esta manera se genera una base de datos útil, dinámica, flexible y adaptable a cada proyecto por más diferentes que estos puedan presentarse.
- c) El éxito que se pueda conseguir en un proyecto podría no replicarse en el siguiente si es que cada paso o cada factor conformante en el desarrollo de un proyecto no se

revisa meticulosamente antes de ser aplicado nuevamente. Siempre debemos tener una mente abierta y pensar en el sistema de mejora continua hacia el futuro.

- d) Todos los recursos, energías y tiempo invertidos por una empresa en la consecución y adaptación a estos nuevos sistemas significan una inversión bastante redituable si se consideran los enormes costos o grandes riesgos que se presentan al no emplearlos. Basta mencionar los problemas económicos, logísticos, de vencimiento de plazos, de seguridad, entre otros que se generan con información que presenta incompatibilidades o incongruencias en un proyecto que se encuentra ya en una etapa de desarrollo.

REFERENCIAS

- Agüero, B. (2016). Conjunto de vivienda multifamiliar en altura, en José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa. -, de Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, enlace al repositorio: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/1887> Pons Achell, J. (2014). *Introducción a Lean Construction* (1ra ed.). Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.
- Ahlgren, A., & Ekblad, A. (2017). *Förvaltande byggherrars inställning till BIM*.
- Almeyda, E. (2016). Estudio de casos: *análisis de los factores que influyeron en el desarrollo de innovaciones de proceso e innovaciones organizacionales en una empresa peruana líder en el sector ingeniería y construcción*. Pontificia Universidad Católica del Perú-CENTRUM Católica (Peru).
- Becker, E. (2017). *Sinergia entre BIM y last planner system para la eficiente integración contratista-subcontratista en la etapa de equipamiento de sótanos en un proyecto de edificación*.
- Cabrera, J., & Quiroz, L. (2020). *Análisis del retorno de inversión al aplicar Building Information Modeling (BIM) en un proyecto inmobiliario*. (Lima-Perú).
- Corilla, S., & Pereda, A. (2020). *Guía de implementación del LPS (Last Planner System) para la etapa de acabados de un proyecto multifamiliar dirigido a los sectores económicos A y B Ubicado en la ciudad de Lima*. [Tesis de Postgrado, Universidad Peruana De Ciencias Aplicadas].
- Cotera, C., & Granados, N. (2016). *Propuesta de mejora de un proyecto inmobiliario a partir de su situación actual: Zafiro Barranco*.
- Calderon-Hernandez, C., Paes, D., Irizarry, J., & Brioso, X. (2019). *Comparing virtual reality and 2-dimensional drawings for the visualization of a construction project. In Computing in Civil Engineering 2019: Visualization, Information Modeling, and Simulation* (pp. 17-24). Reston, VA: American Society of Civil Engineers.
- Criminale, A., & Langar, S. (2017). *Challenges with BIM implementation: a review of literature. In Proceedings of 53rd Associated School of Construction International Conference*, Seattle, WA, April (pp. 5-8)

- Dave, B., Koskela, L., Kiviniemi, A., Tzortzopoulos, P., & Owen, R. (2013). *Implementing lean in construction: lean construction and BIM* [CIRIA Guide C725]
- Eastman, C., Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., & Liston, K. (2011). *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors*. John Wiley & Sons
- Figuroa, R., & Tolmos, M. (2014). *Aplicación de herramientas lean construction para mejorar los costos y tiempos en la colocación de encofrado, acero y concreto en la construcción de edificaciones en el sector económico a/b en Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].
- Florez, D. (2020). *Interacción Entre Bim Y Lean Construction Analizadas En Proyectos De Edificación*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú].
- Fountain, J., & Langar, S. (2018). *Building Information Modeling (BIM) outsourcing among general contractors*. *Automation in construction*, 95, 107-117.
- Franco, D., & Loli, H. (2016). Origen y evolución del edificio multifamiliar en Lima, 1940-1970 Descripción del Artículo, de Universidad de Lima, Sitio web: <https://hdl.handle.net/20.500.12724/5286>
- Giel, B., & Issa, R. (2013). *Return on investment analysis of using building information modeling in construction*. *Journal of computing in civil engineering*, 27(5), 511-521.
- Guevara, G., & Quinto, C. (2021). *Impacto de la filosofía BIM en el plazo y presupuesto de un proyecto multifamiliar de viviendas masivas*.
- Guzmán, A. (2014). *Aplicación De La Filosofía Lean Construction En La Planificación, Programación, Ejecución Y Control De Proyectos*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Retrieved from https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/5778/GUZMAN_ABNER_LEAN_CONSTRUCTION_PROYECTOS.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2019). *Déficit Habitacional*. Retrieved from

https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1729/cap13.pdf

Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]. (2018). *Resultados Definitivos - Arequipa*.

Jiménez, J. (2016). Los 8 pasos de Kotter para gestionar el cambio.

<https://www.adictosaltrabajo.com/2016/04/13/los-8-pasos-de-kotter-para-gestionar-el-cambio/>

Kam, C., Senaratna, D., McKinney, B., Xiao, Y., & Song, M. (2013). *The VDC scorecard: Formulation and validation*. Center for Integrated Facility Engineering: Stanford University

Kotter, J. (1995). Al frente del cambio.

L & L Arquitectos y Asociados. (2008). *Sistema de Gestión Integrado*.

Latorre, A. (2015). *Filosofía Lean en la construcción*. [Universidad Politécnica de Valencia].

Loyola, L. (2018). *Desarrollo de aplicación en software BIM para la interoperabilidad entre el análisis y la representación 3D del refuerzo estructural en muros de edificios de hormigón armado*

Manrique, Y. (2017). *Diseño de un modelo de gestión para mejorar la rentabilidad mediante el incremento de la productividad y el control de los costos en proyectos de construcción*.

Millasaky, C. (2018). *Cuantificación de los beneficios económicos de subcontratar servicios BIM (Building Information Modeling) en la etapa de diseño para proyectos de edificaciones en Lima Metropolitana*.

Plan Regional de Vivienda y Suelo [PREVIS]. (2007). Región Arequipa.

<https://efaidnbmnnnibpcajpcglefindmkaj/https://viviendarequipa.gob.pe/wp-content/uploads/2020/10/PLAN-REGIONAL-DE-VIVIENDA-Y-SUELO-.pdf>

Pons, J. (2014). *Introducción a Lean Construction* (1ra ed.). Madrid: Fundación Laboral de la Construcción.

Rubio, I., & Pons, J. (2019). *Lean Construction y La Planificación Colaborativa* (1ra ed.). Consejo General de la Arquitectura Técnica de España.

Seo, M., & Ju, K. (2013). *A study on the interoperability between 2D drawings and BIM-Based 3D drawings*. *Open Journal of Social Sciences*, 1(5), 10-14.

Vásquez, C. (2021). *Influencia del contexto de la industria en la adopción BIM de los profesionales de construcción*.

Velapatiño, A., & Carrera, C. (2022). *Propuesta de un marco de trabajo para el uso integrado de BIM y Last Planner System para la eficiente ejecución de muros anclados en un proyecto de edificación*.

ANEXOS

Anexo 01: Entrevistas

Se realizan las siguientes entrevistas a 3 personas que representan a los sectores claves dentro de la empresa L y L, la primera al Gerente General y fundador de la empresa, el ingeniero Ricardo Lazarte, la segunda a la Residente de Obra, la arquitecta Karla Carrión y, finalmente al maestro de obra Rigoberto Obando.

Las entrevistas se desarrollan en base a las cuatro mismas preguntas; esto para observar la manera en la cual impactan las diversas situaciones que se presentan en el desarrollo de una obra constructiva a un representante de cada área en la cual se divide la empresa.

Entrevista al Gerente General Ricardo Lazarte

01.- ¿Cuáles son los problemas que más frecuentemente ve en el proceso constructivo?

Son muchas las situaciones que se presentan al momento de afrontar un proyecto y estas provienen de muchos frentes. En primer lugar y en mi experiencia personal creo que la situación que más presión nos genera como empresa es el tiempo pues, rara es la situación en la cual el cliente no nos presiona con el mismo; es decir siempre necesita su proyecto con suma urgencia y quiere acortar los plazos de desarrollo al mínimo. Esta premura se traslada, lógicamente, a los proyectistas y, si cada quién trabaja de manera independiente o de manera inconexa con las propuestas de los demás, pues es inevitable que el proyecto final presente problemas de compatibilidad entre las diversas áreas de desarrollo.

Desde allí ya se tiene un producto no prolijo y con deficiencias, las cuales tendrán que ser resueltas en el mismo proceso constructivo; situación para nada aconsejable ya que resulta mucho más costosa, altera los cronogramas de obra y nos obliga muchas veces a improvisar soluciones sobre la marcha.

Aparte de lo dicho, que creo que es lo más relevante, hay otros factores como la idoneidad del personal obrero, necesitamos personas que quieran progresar y no sean resistentes a los cambios de mentalidad u operatividad. Este es un tema delicado y al cual, lamentablemente, no se le da mucha importancia... pienso que hay que afrontarlo con un equilibrio entre el rigor, la comprensión a situaciones fortuitas o imponderables, el cumplimiento de las obligaciones retributivas y de seguridad... es decir es fundamental el respeto mutuo para que echar a andar la maquinaria en una empresa constructiva.

02.- ¿Normalmente se cumplen los tiempos programados en obra? En el caso de que esto no sea así ¿A qué motivos se debe esto principalmente?

Con sinceridad, el plazo final lo conseguimos a como dé lugar ya que es inexorable y hasta el momento no hemos fallado en eso; pero las metas menores, las progresivas que son por cada partida sí sufren algunas alteraciones y eso es justamente producto de lo que te comentaba anteriormente. La experiencia me ha enseñado que difícilmente las cosas salen como uno las planea en su integridad, pues siempre ocurren imprevistos de todo tipo o naturaleza. El secreto, o mejor dicho, la fórmula del éxito; porque secreto no lo es para nadie que haya investigado un poco; es la organización integral de todo el proyecto, la visión desde una perspectiva total que puede prever cada paso... obviamente existen factores externos sobre los cuales son tenemos control, como los tiempos que la burocracia nos quita, factores sociales, macro económicos, políticos, sanitarios o, incluso culturales; pero, usando la tecnología y las filosofías de vanguardia podemos minimizar los errores o las falencias que puedan surgir en el transcurso de un proyecto.

03.- En el tema de los desperdicios de obra ¿Cree que son los mínimos que se pueden conseguir o piensa que existe alguna manera de reducirlos aún más?

En ese tema hemos avanzado bastante, reducir al mínimo es una quimera, quizás un imposible; pero sí podemos acercarnos mucho a eso. Antes de preocuparnos por este tema, simplemente nos basábamos en los formatos o tablas con las cuales fuimos instruidos y tomábamos taxativamente los porcentajes de desperdicios sin pensar en solucionar esta merma; de hecho, estos costos inflaban nuestros presupuestos y nos hacían menos competitivos; pero, al momento de comprender que no hay nada que no pueda ser optimizado o revisado buscamos maneras de reducir esta situación. De nuevo, la tecnología nos permitió logros en este tema; como ejemplo te doy un secreto: antes el acero se seccionaba según las

necesidades inmediatas y luego de armar la estructura nos quedaban barras de todo tamaño, las cuales casi ya no tenían más destino que ser desechadas, pero eso se soluciona de una manera tan sencilla como colocar todas las medidas requerida en un programa de optimización de corte para llegar al mínimo de desperdicio; claro está que para esto se tiene que hacer un trabajo muy prolijo al momento de compatibilizar y metrar todos los componentes de un proyecto.

04.- Frente a los problemas o situaciones adversas en la construcción ¿Cómo los afronta o qué soluciones toma para darles una solución?

Antes, cuando surgía un problema, lo derivaba al correspondiente para que lo evalúe y le dé una solución. Eso no funcionaba del todo bien ya que los cambios o la respuesta que se daba de esta manera unilateral muy probablemente afectaba a lo planteado por otras disciplinas; es decir que, solucionando un primer problema, muy probablemente propiciábamos el surgimiento de otros más en un futuro muy próximo.

¿Cuál es la solución, entonces? Pues trabajar de manera integral todos los involucrados en el desarrollo del proyecto. De esta manera solucionábamos el primer problema y nos asegurábamos de que esta modificación no interfiriera o causase otras complicaciones.

Entrevista a la Residente de obra arquitecta Karla Carrión

01.- ¿Cuáles son los problemas que más frecuentemente ve en el proceso constructivo?

Son muy diversos y sería muy complicado enumerarlos todos; sin embargo, para nosotros que nos encargamos de la construcción física de un proyecto, no existe cosa que perturbe más la construcción que no tener toda la información necesaria para desarrollarla de manera adecuada.

No miento ni exagero si te digo que todos los planos que tengo en la oficina tienen correcciones hechas mano porque no había los detalles necesarios o porque los planos de arquitectura no compatibilizaban con los de estructuras o los de las instalaciones... muchas veces son errores pueden ser subsanados rápidamente por medio de algunas consultas, pero hay ocasiones que implican replanteos de todo un sector porque al momento del planteamiento no se coordinó, por ejemplo el pase o bajada de las tuberías o ductos que terminan seccionando elementos estructurales, entre otras cosas. Esto es mucho más complicado cuando afrontas un proyecto de gran envergadura, en el cual no solo hay las

instalaciones típicas, es decir que a las cuatro disciplinas de arquitectura, estructura, sanitarias y eléctricas; sino que tenemos las de comunicaciones, la de seguridad contra incendios, sismos, las electromecánicas etc.

02.- ¿Normalmente se cumplen los tiempos programados en obra? En el caso de que no sea así ¿A qué motivos se debe esto principalmente?

El tiempo es un factor que nos preocupa continuamente, siempre estamos pendientes de esto y tratamos de apresurar los procesos; lógicamente hay algunos que necesitan un tiempo mínimo fijo, como los fraguados del concreto o los tiempos que se toman en todo lo relacionado con la seguridad al personal, en eso no podemos saltarnos nada o improvisar, pues nos jugamos mucho; pero en otros factores siempre estamos presionados.

Y los motivos básicos creo que vienen de tener un proyecto no del todo compatible y terminado hasta los detalles porque en el caso de que no habría nada para corregir en obra simplemente la construcción seguiría su curso libre sin retraso alguno.

03.- En el tema de los desperdicios de obra ¿Cree que son los mínimos que se pueden conseguir o piensa que existe alguna manera de reducirlos aún más?

Hemos logrado reducirlo bastante porque estamos incursionando en el uso de herramientas o sistemas más modernos; por muchos años construimos de la manera tradicional apelando, básicamente a la fuerza y la artesanía de los maestros de obra, pero con la tecnología que existe en el mercado hoy en día podemos suplir y optimizar muchos procesos, así en lugar de la mezcladora o lo que conocemos como el trompo optamos por el uso de camiones mezcladores o mixers el costo puede ser el mismo o incluso algo más elevado, pero el tiempo que se gana es mucho más relevante y redituable, además de tener la certeza de un concreto más homogéneo... de igual manera muchas otras maquinarias o dispositivos nos permiten obtener trabajos más prolijos y en mucho menos tiempo.

04.- Frente a los problemas o situaciones adversas en la construcción ¿Cómo los afronta o qué soluciones toma para darles una solución?

Siempre que exista alguna incompatibilidad, corrección o situación no prevista en la construcción la informo a la gerencia; en caso sea un tema recurrente y requiera una solución inmediata procedo con las soluciones habituales; pero si se tratase de algo más serio o que implique modificaciones más significativas tenemos que detener el desarrollo de los trabajos hasta encontrar la solución más adecuada a cada caso.

Entrevista al Maestro de Obra Rigoberto Obando

01.- ¿Cuáles son los problemas que más frecuentemente ve en el proceso constructivo?

Siempre que haya material y que tengamos claro que es lo que vamos a hacer no hay problema. Felizmente en esta empresa estamos preniendo de nuestros errores y las cosas se prevén con anticipación. No se trabaja con un plan semanal, sino que desde el primer momento ya sabemos el camino que debe seguir todos los trabajos.

Todo lo demás, el manejo de los operarios y de los ayudantes es más sencillo ya que trabajamos con gente de confianza y tenemos las reglas bien claras, mientras se cumplan con las obligaciones del contrato todo va siempre bien.

02.- ¿Normalmente se cumplen los tiempos programados en obra? En el caso de que no sea así ¿A qué motivos se debe esto principalmente?

Sí... a veces es cierto que tenemos que quedarnos a hacer algún sobretiempo, como cuando hacemos los vaciados, es que en eso no podemos dejarlo a la mitad; pero son pocas las veces que eso ocurre, la mayoría del tiempo entramos y salimos a nuestras horas. También depende de los avances de cada obrero y hay veces en las que terminamos con lo que se proyecta para el día y avanzamos un poco más de lo del día siguiente. Lo bueno es que los jefes tomar nota de eso y nos premian cuando pasamos las metas, así uno trabaja de manera consciente.

Alguna vez pasa que hay que arreglar cosas ya hechas; eso cuando los planos no están con las todas las indicaciones; eso sí es feo porque tenemos que botar lo que ya hemos avanzado y de todas maneras se pierde, pero eso viene desde arriba pues. Lo bueno es que si tienes unos planos bien hechos eso no puede pasar.

03.- En el tema de los desperdicios de obra ¿Cree que son los mínimos que se pueden conseguir o piensa que existe alguna manera de reducirlos aún más?

Tenemos los mínimos porque el arquitecto nos va indicando cómo manejar todo y nos ha enseñado el valor que tiene cada cosa; hasta las bolsas de cemento que antes botábamos como basura ahora las rescatamos y nos sirven para juntar otros desperdicios o hasta para revenderlas.

Eso es lo bueno de no cerrarse y seguir haciendo las cosas como siempre se han hecho; siempre hay otras formas y ahora hay más maquinarias que hacen el trabajo no tan pesado y menos riesgoso. La verdad es que este trabajo es muy duro y te va dejando la salud y el cuerpo afectado, pero para eso están los avances tecnológicos pues, para hacer las cosas más sencillas y llevaderas ¿no cree usted?

04.- Frente a los problemas o situaciones adversas en la construcción ¿Cómo los afronta o qué soluciones toma para darles una solución?

Mi campo es el técnico, el de la obra; es decir como manejo los trabajos que define el arquitecto. Así que, cuando hay algo malo, lo primero que hago es comunicárselo al arquitecto o al ingeniero; para eso estamos ordenados y ya sabemos qué hacer en cada situación. La comunicación es importante y lo bueno aquí es que siempre abrimos y cerramos el día conversando de lo que se va a hacer y lo que se hizo; y si hubo algún problema en eso. Así nunca las cosas pueden salir mal.

ENCUESTA

PROBLEMÁTICA en PROCESOS CONSTRUCTIVOS

ELABORADA:	Arq. Román Lizárraga Santos, alumno de la maestría en Dirección de la Construcción de la UPC (Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas)
DIRIGIDA a:	Personal obrero (capataces y operarios) de la empresa constructora "Lyl".
FECHA:	Julio y agosto del año 2022.

01.- Según el orden de importancia que considere; siendo el número 1 el más importante y el número 5 el menos importante, responda la siguiente pregunta:
¿Cuál cree usted que es el problema que ocurre con más frecuencia durante el proceso constructivo?

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	ORDEN
a.-	Alteración de cronogramas de obra y costos.	
b.-	Deficiente mano de obra.	
c.-	Falta de información o especificaciones técnicas.	
d.-	Logística ineficiente en el manejo del material puesto en obra.	
e.-	Problemas de compatibilidad entre diferentes especialidades.	

02.- ¿Se cumplen con los tiempos programados en obra?
Marque la opción que más se ajuste a la realidad.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	OPCIÓN
a.-	Sí, siempre se cumplen con los tiempos programados.	
b.-	Mayoritariamente se cumplen con los tiempos programados.	
c.-	Rara vez se cumplen con los tiempos programados.	
d.-	No, nunca se cumplen con los tiempos programados.	

03.- Cuando ocurren problemas en la etapa constructiva de una obra
¿Cómo los soluciona? Marque la opción que más se ajuste a la realidad.

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	OPCIÓN
a.-	Los derivo al Residente de Obra.	
b.-	Los informo a la gerencia de la empresa.	
c.-	Empleo métodos empíricos para solucionarlos.	

Anexo 02: Formato de RFI

	CONTROL DE CALIDAD		
	REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN (RFI)		Rev. 001
DATOS GENERALES			
PROYECTO:	N° CORRELATIVO:	Página: 1 de 1	
CLIENTE:	FECHA:		
SUPERVISIÓN:	CONTRATISTA:		
PLANO O ESPECIFICACIÓN:			
EMISOR:	RECEPTOR:		
Firma:	Firma:		
REQUERIMIENTO SOLICITADO			
DESCRIPCIÓN:	<h1>Página 1</h1>		
RESPUESTA AL REQUERIMIENTO DE INFORMACIÓN			
EMISOR DE LA RESPUESTA:			
NOMBRE:	FECHA:		
ANÁLISIS DE RESPUESTA			
INCIDENCIA:			
<input type="checkbox"/> COSTO	<input type="checkbox"/> PLAZO	<input type="checkbox"/> OTROS
RESPUESTA:			
<input type="checkbox"/> CUMPLE	<input type="checkbox"/> NO CUMPLE	<input type="checkbox"/> GENERA NUEVA RFI	