



UNIVERSIDAD ANDINA DEL CUSCO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

“Análisis comparativo del sistema de gestión *Location Based Management System (LBMS)* basado en un Modelo BIM 5D y el método CPM, en la gestión del costo y del cronograma de una edificación en la especialidad de estructuras”

Línea de investigación: Ciencia, tecnología y gestión de calidad en en la ingeniería.
Gestión de la calidad en la ingeniería.

Presentado por los bachilleres:

Ordóñez Malaver, Gabriel

Código ORCID: 0009-0002-8490-9694

Serrano Valdeiglesias, Fabian Augusto

Código ORCID: 0009-0000-6591-7344

**Para optar al Título Profesional de Ingeniero
Civil**

Asesor: MBA. Ing. Hugo Cana Paullo

Código ORCID: 0000-0003-4551-5449

CUSCO – PERÚ

2023



Metadatos

Datos del autor	
Nombres y apellidos	Fabian Augusto Serrano Valdeiglesias
	Gabriel Ordoñez Malaver
Número de documento de identidad	75751026
	76876875
URL de Orcid	https://orcid.org/0009-0000-6591-7344
	https://orcid.org/0009-0002-8490-9694
Datos del asesor	
Nombres y apellidos	Hugo Cana Paullo
Número de documento de identidad	40331257
URL de Orcid	https://orcid.org/0000-0003-4551-5449
Datos del jurado	
Presidente del jurado (jurado 1)	
Nombres y apellidos	Nico Yheison Gonzalez Mamany
Número de documento de identidad	41604353
Jurado 2	
Nombres y apellidos	Kildare Jussety Ascue Escalante
Número de documento de identidad	45246758
Jurado 3	
Nombres y apellidos	Goyo Alvarez Alvarez
Número de documento de identidad	46383097
Jurado 4	
Nombres y apellidos	Javier Rodrigo Arenas Lazarte
Número de documento de identidad	70577293
Datos de la investigación	
Línea de investigación de la Escuela Profesional	Ciencia, tecnología y gestión de calidad en en la ingeniería. Gestión de la calidad en la ingeniería.



Análisis comparativo del sistema de gestión Location Based Management System (LBMS) basado en un Modelo BIM 5D y el método CPM, en la gestión del costo y del cronograma de una edificación en la especi

Fecha de entrega: 19-dic-2023 09:51a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2262580635

Nombre del archivo: TESIS_Ord_ez-Serrano.pdf (12.23M)

Total de palabras: 26189

Total de caracteres: 147452

por Ordóñez Malaver Gabriel Y Valdeiglesias, Fabian Augusto





Management System (LBMS) basado en un Modelo BIM 5D y el método CPM, en la gestión del costo y del cronograma de una edificación en la especi

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

23%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	8%
2	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	2%
3	repositorio.uandina.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	tesis.pucp.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1%

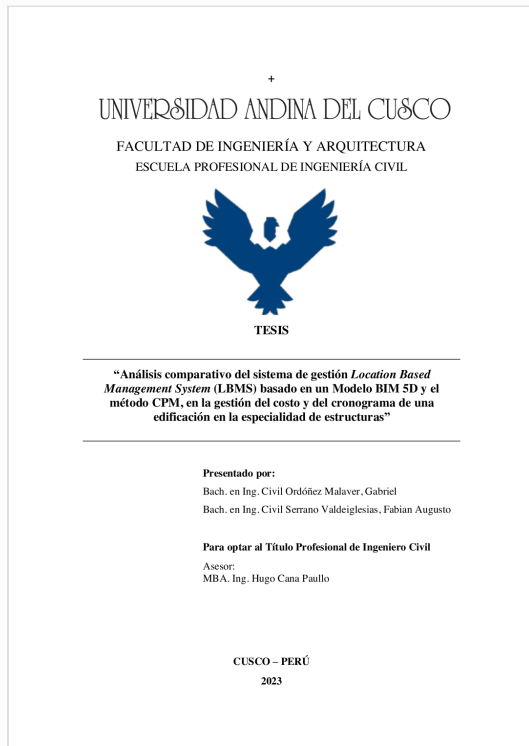


Digital Receipt

This receipt acknowledges that Turnitin received your paper. Below you will find the receipt information regarding your submission.

The first page of your submissions is displayed below.

Submission author: Ordóñez Malaver Gabriel Y Valdeiglesias, Fabian Augusto
Assignment title: Quick Submit
Submission title: Análisis comparativo del sistema de gestión Location Based ...
File name: TESIS_Ord_ez-Serrano.pdf
File size: 12.23M
Page count: 142
Word count: 26,189
Character count: 147,452
Submission date: 19-Dec-2023 09:51AM (UTC-0500)
Submission ID: 2262580635



Mgt. Hugo Cana Paullo
INGENIERO CIVIL
N° CIP : 82174



Dedicatoria

A mi familia, especialmente a mis progenitores, también mis hermanos, que con su esfuerzo y dedicación me impulsan a ser mejor cada día. Este logro también es suyo.

A mis amigos que siempre estuvieron en los tropezones y caídas para motivarme a seguir adelante.

A Jack, que me acompañó y escuchó cada noche de insomnio y escritura.

A mi amigo Gabriel y a mí, por nunca rendirse a pesar de las adversidades.

Fabian Augusto Serrano Valdeiglesias

Agradezco a Dios por la bendición de mi familia y que me dio la sabiduría para continuar con este proceso

A mis padres, que son mi sustento y mi apoyo incondicional, que siempre me alentaron a continuar y ser mejor cada día.

A todas mis amistades por su confianza y porque me alentaron a llegar a mi meta.

A mi compañero de tesis Fabian, porque fue el que tuvo sobre todo la fortaleza de seguir a pesar de todo, y fue el que siempre nos motivó a continuar.

Gabriel Ordoñez Malaver



Agradecimiento

Este trabajo no hubiera sido posible sin el apoyo constante de nuestro asesor **MBA. Ing. Hugo Cana Paullo.**

Asimismo, queremos agradecer al **Ing. Juan Carlos Suárez Cabellos** por habernos brindado el material necesario para poder continuar con nuestra investigación.

A la empresa **Trimble** por habernos provisto del software *Vico Office R 6.8* para uso educacional.

Por último, expresamos nuestro agradecimiento a la empresa constructora **REC Asociados S.A.C.** por proporcionarnos todos los datos requeridos para la investigación.



Resumen

Uno de los factores más sustanciales que aseguran que una edificación proyectada tenga una ejecución exitosa, donde se cumplan las metas y objetivos previstos es: teniendo una planificación y programación de obra adecuadas esta —mientras más detallada sea—, nos ayudará a ir resolviendo y facilitando todos los posibles contratiempos durante la ejecución misma.

Dentro de las diferentes metodologías para realizar esta planificación se tienen nuevas e innovadoras alternativas, en este caso, el sistema de gestión por locaciones, conocida como *Location-Based Management System (LBMS)*, que, mediante un modelo BIM 5D, utiliza una interoperabilidad, al manejar plazos, recursos y cuadrillas, se tienen diversas ventajas con respecto a otras metodologías tradicionales.

Dentro de la investigación se realizará una planificación de la etapa de estructuras en una edificación en Cusco, centrándose dentro de la realización del expediente técnico mediante este sistema de gestión basada en locaciones y, a su vez, comparando esta misma planificación con el método tradicional CPM.

En el presente trabajo de investigación se realiza un análisis comparativo del sistema de gestión *Location Based Management System (LBMS)* con base en un modelo BIM 5D y el método y en la gestión del costo y del cronograma de una edificación en el campo de estructuras en la ciudad del Cusco. Para ello, se empleó el software BIM Revit 2020, con el fin de realizar el modelamiento 3D; el software *Vico Office R6.7* para realizar un modelo BIM 5D y el software *Schedule Planner*, para realizar cronogramas valorizados de programación mediante líneas de flujo (vinculado a *Vico Office*).

Se concluyó que el sistema de gestión mediante locaciones mejora la gestión del tiempo y programa de actividades de un proyecto, además de optimizar la visualización de las posibles dificultades, problemas e inconvenientes que puedan generar retraso en la gestión del proyecto.

Palabras Clave: Planificación, Gestión del Costo, Gestión del Tiempo, Líneas de Flujo, Flujo de trabajo, *critical path method*.



Abstract

One of the most substantial factors that ensure that a projected building has a successful execution, where the goals and objectives are met, is having a planning and work schedule—the more detailed it is—, it will help us to resolve and facilitate all possible setbacks that may occur during the execution itself.

Within the different methodologies to carry out this planning, there are new and innovative alternatives; In this case, the location management system, known as Location-Based Management System (LBMS), which through a 5D BIM model, using interoperability, managing deadlines, resources, and crews, has several advantages, compared to other traditional methodologies.

Within the investigation, a planning of the structural stage of a building in the city of Cusco will be carried out, focusing on the realization of the technical file; through this location-based management system; and in turn comparing this same planning with the traditional CPM methodology.

In this present work, a comparative analysis of the Location Based Management System (LBMS) management system is carried out based on a 5D BIM model and the CPM methodology and, in the cost and schedule management of a building in the specialty of structures. in the city of Cusco. For this, the BIM Revit 2020 software was used to carry out the 3D modeling, the Vico Office R6.7 software to carry out a 5D BIM model and the Schedule Planner software to carry out valued planning schedules through flow lines (linked to Vico Office).

It was concluded that the management system through locations improves time management and a project schedule, in addition to optimizing the visualization of possible problems, difficulties and inconveniences that generate delays in project management.

Keywords: Planning, Cost Management, Time Management, Flow Lines, Workflow, critical path method.



Introducción

La presente investigación evalúa la utilización del sistema de gestión *Location Based Management System* (LBMS) en la gestión del costo y del cronograma de una edificación en la especialidad de estructuras en la ciudad del Cusco, todo esto a través de la interoperabilidad de las líneas de flujo, que son parte del LBMS y un modelo BIM 4D/5D, donde se podrá visualizar de mejor el cronograma de obra, dentro de la fase de planificación y ejecución de obra.

La competitividad en el rubro de la construcción en nuestro país ha ido evolucionando a pasos agigantados, por lo que las empresas requieren de nuevas técnicas y herramientas que mejoren la gestión de los proyectos que realizan, ofrecidos principalmente por los tiempos y costos que cada proyecto conlleva y que los métodos tradicionales comúnmente utilizados, presentan algunas limitaciones en cuanto a las pocas variables que utiliza, ofreciendo de este modo menores flujos de trabajo e interferencias en los flujos de trabajo, lo cual genera mayores pérdidas de tiempo y dinero.

Esta investigación persigue analizar la influencia del sistema de gestión LBMS en los flujos de trabajo y productividad de obra los cuales, a su vez, mejoran la visualización de los cronogramas los costos de obra, vinculados con un modelo BIM 4D/5D, que es una metodología que promueve la colaboración entre los agentes del proyecto, lo cual da mejores resultados en los costos y presupuestos de obra. Esta sinergia entre el LBMS y el modelo BIM nos dará a entender un nuevo enfoque en la gestión del proyecto.



Índice General

Dedicatoria.....	i
Agradecimiento	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Introducción.....	v
Índice General	vi
Índice de Tablas.....	x
Índice de Figuras	xi
Capítulo I : Planteamiento del Problema.....	1
1.1. Identificación del problema.....	1
1.1.1 Descripción del problema a investigar	1
1.1.2 Formulación interrogativa del problema	3
1.2. Justificación e importancia de la investigación	3
1.2.1 Justificación técnica	3
1.2.2 Justificación social.....	3
1.2.3 Justificación por viabilidad	4
1.2.4 Justificación por relevancia.....	5
1.3. Limitaciones de la investigación.....	5
1.4. Objetivo de la investigación.....	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos	6
Capítulo II: Marco teórico	7
2.1. Antecedentes de la tesis.....	7
2.1.1 Antecedentes a nivel nacional.....	7
2.1.2 Antecedentes a nivel internacional	9



2.2.	Aspectos teóricos pertinentes	12
2.2.1	Gestión de proyectos	12
2.2.2	Productividad	16
2.2.3	Flujo de trabajo	16
2.2.4	Metodologías de programación de proyectos de construcción.....	16
2.2.5	<i>Location Based Management System - LBMS</i>	18
2.2.6	<i>Building Information Modeling (BIM)</i>	22
2.2.7	Sinergia LBMS – BIM	28
2.2.8	Lean Construction.....	29
2.2.9	<i>Last Planner System (LPS)</i>	31
2.2.10	Procesos.....	32
2.3.	Hipótesis	33
2.3.1	Hipótesis general	33
2.3.2	Sub-hipótesis	33
2.4.	Definición de variables.....	34
2.4.1	Variables independientes	34
2.4.2	Variables dependientes	34
2.4.3	Cuadro de operacionalización de variables	35
Capítulo III:	Metodología.....	36
3.1.	Metodología de la investigación	36
3.1.1	Enfoque de la investigación	36
3.1.2	Nivel o alcance de la investigación	36
3.1.3	Método de investigación.....	36
3.2.	Diseño de la investigación	36
3.2.1	Diseño metodológico.....	36
3.2.2	Diseño de ingeniería	37
3.3.	Población y muestra	38
3.3.1	Población.....	38



3.3.2 Muestra	38
3.3.3 Criterios de inclusión	39
3.4. Instrumentos	39
3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos	39
3.4.2 Instrumentos de ingeniería	39
3.5. Procedimiento de recolección de datos	39
3.5.1 Descripción general del proyecto	39
3.5.2 Flujo de trabajo de la gestión del cronograma	41
3.5.3 Recolección de datos de cronograma CPM.....	42
3.5.4 Recolección de curva S del proyecto.....	43
3.5.5 Recolección de datos de presupuesto CPM.....	44
3.5.6 Ratios de acero.....	45
3.5.7 Realización de modelado 3D.....	46
3.6. Análisis de datos	48
3.6.1 Identificación de los LBS	48
3.6.2 Sectorización en el modelo 3D.....	56
3.6.3 Realización de modelado 4D.....	58
3.6.4 Realización de modelado 5D.....	67
3.6.5 Dependencias de actividades	69
3.6.6 Estructuración de las líneas de flujo.....	70
Capítulo IV: Resultados.....	74
4.1. Tren de trabajo - Look Ahead Planning	84
4.1.1 Procesos en la etapa de estructuras	84
4.1.2 Sectorización.....	85
4.1.3 Tren de trabajo.....	86
Capítulo V: Discusión de Resultados.....	92
5.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos	92
5.2. Gestión del tiempo.....	93



5.3. Gestión del costo	95
5.4. Modelo BIM 4D-5D.....	95
5.5. Nivel de confiabilidad del modelo de sistema de gestión propuesto	97
Glosario	98
Conclusiones	99
Conclusión N° 1	99
Conclusión N° 2	99
Conclusión N° 3	99
Conclusión N° 4	99
Recomendaciones	101
Anexos	103
Referencias.....	125



Índice de Tablas

<i>Tabla 1</i> Los 8 desperdicios de la construcción.....	30
<i>Tabla 2</i> Árbol de partidas de la especialidad de estructuras del proyecto.....	44
<i>Tabla 3</i> Rendimientos y cuadrillas por actividad	45
<i>Tabla 4</i>	46
<i>Tabla 5</i> Verificación de sectorización balanceada según la metodología LEAN de planta típica.....	52
<i>Tabla 6</i> Distribución de metrados equivalentes para sectorización de actividades para planta típica.....	52
<i>Tabla 7</i> Tabla de planificación de columnas del sector 1 de planta típica.....	54
<i>Tabla 8</i> Tabla de planificación de columnas del SECTOR 1 de planta típica.....	54
<i>Tabla 9</i> Tabla de planificación de placas del SECTOR 1 y SECTOR 2 de planta típica	55
<i>Tabla 10</i> Tabla de planificación de vigas del SECTOR 1 y SECTOR 2 de planta típica	55
<i>Tabla 11</i> Tabla de planificación de losas aligeradas del SECTOR 1 y SECTOR 2 de planta típica.....	56
<i>Tabla 12</i> Tabla de planificación de losas macizas del SECTOR 1 de planta típica.....	56
<i>Tabla 13</i> Descripción de partidas y locación a la que corresponden en casco estructural.....	68
<i>Tabla 14</i> Tabla de estimación de cuadrillas de la partida de encofrado y desencofrado	86
<i>Tabla 15</i> Tabla de estimación de cuadrillas de la partida de concreto premezclado ...	87
<i>Tabla 16</i> Tabla de estimación de cuadrillas de la partida de acero de refuerzo.....	87



Índice de Figuras

<i>Figura 1 Imagen Satelital de Ubicación de la Residencial "Altos Del Parque", Santiago - Cusco, 2022.....</i>	<i>2</i>
<i>Figura 2 Ciclo de vida de un proyecto.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 3 Ciclo de la planificación.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 4 Planificar la Gestión del Cronograma: Diagrama de Flujo de Datos.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 5 Triangulo de hierro de la gestión de proyectos.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 6 The critical path of the house construction project with CPM.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 7 Location Breakdown Structure by Vico Office</i>	<i>20</i>
<i>Figura 8 Líneas de flujo por tareas</i>	<i>22</i>
<i>Figura 9 Las 7 dimensiones BIM.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 10 Curva del esfuerzo del proceso constructivo (MacCleamy, 2005).....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 11 Nivel de información necesaria</i>	<i>28</i>
<i>Figura 12 Valor añadido y Despilfarro en la Construcción en comparación con la Fabricación, en Estados Unidos. Gráfico adaptado de Umstot, David; Fauchier, Dan (2017).</i>	<i>29</i>
<i>Figura 13 Análisis Costo-Tiempo.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 14 Diseño de Ingeniería.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 15 Flujo de Trabajo de la Gestión del Cronograma</i>	<i>41</i>
<i>Figura 16 Flujo de Trabajo en la Gestión del Costo.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 17 Extracto del Diagrama Gantt del proyecto</i>	<i>43</i>
<i>Figura 18 Curva S de la especialidad de estructuras de la Residencial “Altos del Parque”</i>	<i>43</i>
<i>Figura 19 Modelamiento 3D de subestructura Autodesk Revit 2021®.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 20 Modelamiento 3D de superestructura Autodesk Revit 2021®.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 21 Modelado 3D, sectorizado por tipos de elementos estructurales</i>	<i>48</i>
<i>Figura 22 Location Breakdown Structure adoptada del proyecto</i>	<i>49</i>
<i>Figura 23 Programación de sectorización y metrados en Dynamo – Revit 2021®.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 24 Sectorización prueba en Revit.....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 25 Sectorización según LBS del modelo 3D</i>	<i>57</i>
<i>Figura 26 Sectorización según LBS del modelo 3D - Superestructuras.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 27 Sectorización según LBS del modelo 3D - Subestructura</i>	<i>58</i>
<i>Figura 28 Interfaz del software Trimble Vico Office ®.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 29 Selección de la base de datos del software Vico Office para el uso de este. ..</i>	<i>59</i>



<i>Figura 30</i> Importación del modelo 3D al software Vico Office 2021®	60
<i>Figura 31</i> Configuraciones previas de los metrados realizados en el software 3D.....	61
<i>Figura 32</i> Tabla de planificación para el encofrado de muros de contención.....	61
<i>Figura 33</i> Tabla de planificación para el concreto de vigas de entepiso.	62
<i>Figura 34</i> Parámetro de acero de refuerzo mediante ratios dentro del modelo	62
<i>Figura 35</i> Asignación de Location Breakdown Structures en el modelo BIM	63
<i>Figura 36</i> Vista en planta de la sectorización de trabajos según LBS.....	63
<i>Figura 37</i> Formato de ingreso de recursos a las actividades, dentro del software Vico Office	65
<i>Figura 38</i> Generación de presupuesto según el modelo dentro del software Vico Office	66
<i>Figura 39</i> Ingreso final de recursos por actividades, desde un archivo externo	66
<i>Figura 40</i> Generación de modelo 4D dentro del software Vico Office.	67
<i>Figura 41</i> Dependencia entre líneas de flujo Tipo I.....	69
<i>Figura 42</i> Dependencia Tipo III de las líneas de flujo	70
<i>Figura 43</i> Buffer de tiempo y locaciones	71
<i>Figura 44</i> Líneas de flujo sin dependencias y ajustes	71
<i>Figura 45</i> Secuencialidad de actividades para ajuste de líneas de flujo.....	72
<i>Figura 46</i> Líneas de flujo con recursos	73
<i>Figura 47</i> Líneas de flujo definidas por la cuadrilla.....	73
<i>Figura 48</i> Programación de etapa de cimentaciones.....	75
<i>Figura 49</i> Programación de etapa de superestructura y cubierta.	76
<i>Figura 50</i> Extracto del cronograma maestro de la etapa de cimentaciones utilizando líneas de flujo.	77
<i>Figura 51</i> Extracto del cronograma maestro de la etapa de superestructura utilizando líneas de flujo	78
<i>Figura 52</i> Diagrama Gantt en base a la planificación mediante líneas de flujo	79
<i>Figura 53</i> Histograma de mano de obra (hh) con detalle diario	79
<i>Figura 54</i> Histograma de la actividad de encofrado con detalle mensual, para todo el proyecto	80
<i>Figura 55</i> Histograma de la actividad de acero con detalle mensual, para todo el proyecto	80
<i>Figura 56</i> Histograma de la actividad de concreto con detalle mensual, para todo el proyecto	81



<i>Figura 57</i> Histograma de Operarios con detalle diario, para todo el proyecto	81
<i>Figura 58</i> Diagrama comparativo entre presupuesto realizado con BIM 5D y el presupuesto contractual.	82
<i>Figura 59</i> Curva S de Modelo BIM 5D.....	82
<i>Figura 60</i> Comparación Curvas S entre Modelo BIM 5D y Curva S de Cronograma valorizado contractual.....	83
<i>Figura 61</i> Tren de trabajo de planta típica de SEMANA 36 a SEMANA 41	88
<i>Figura 62</i> Tren de trabajo de planta típica de SEMANA 42 a SEMANA 49.....	89
<i>Figura 63</i> Tren de trabajo de planta típica de SEMANA 50 a SEMANA 03.....	90
<i>Figura 64</i> Tren de trabajo de planta típica de SEMANA 04 a SEMANA 09 y final del cronograma	91
<i>Figura 65</i> Simulación BIM 4D del proyecto.....	93
<i>Figura 66</i> Situación actual: información fragmentada	96
<i>Figura 67</i> Flujo de trabajo BIM 5D	96



Capítulo I : Planteamiento del Problema

1.1. Identificación del problema

1.1.1 Descripción del problema a investigar

El sector de la construcción está considerado el segundo menos digitalizado del mundo (Perera, S., Jin, X., Samaratunga, M., & Gunasekara, K., 2021), y teniendo en cuenta este criterio de la industria, es importante implementar nuevas herramientas que generen una mayor eficiencia al mismo, lo cual podría crear nuevas percepciones y propuestas de valor.

La manera en la que se gestionan los proyectos es la que define el cumplimiento de las metas y el alcance que tenga este al analizar nuestro entorno, podemos ver a detalle una deficiencia en el uso de metodologías tradicionales para la gestión del cronograma y costo de un proyecto. Estas metodologías, se han aplicado de manera permanente y general en proyectos que sí han dado resultados, pero muchas veces en tiempos muy prolongados y con presupuestos mayores a los proyectados.

El uso de metodologías tradicionales, como, por ejemplo; uso del CPM para establecer las tareas y la administración del cronograma del proyecto dan resultados mejorables y poco eficientes, sobre todo al momento de buscar un flujo de trabajo que sea continuo. Podemos inferir, entonces, las siguientes preguntas: ¿qué herramientas o metodologías nos ayudarían a simplificar y mejorar los flujos de trabajo en un proyecto de edificación?, la mano de obra calificada y el personal de casa, ¿están capacitados para aplicar técnicas y herramientas que puedan dar mejores resultados en el uso del recurso y realización de actividades? ¿Qué influencia en el costo y el tiempo de una edificación habría si se aplica un conocimiento de metodologías nuevas, respecto al uso de metodologías tradicionales?

Esto es, muchas veces, causado por el desconocimiento o falta de experiencia en el uso de nuevas metodologías para la realización del cronograma de obra y el presupuesto que sean más eficientes a los métodos tradicionales.

Como consecuencia, se genera una falta de flujo y productividad de las actividades de producción en obra que se ven afectadas debido al uso de herramientas que se han visto mermadas por las nuevas innovaciones, experiencias e ideas que se han desarrollado en los últimos años. Asimismo, el uso de recursos y cuadrillas de trabajo son factores que también se ven afectados por la falta de una planificación más adecuada a la que se requiere.



Para buscar una posible mejora o solución al problema se busca aplicar sistemas de gestión para planificar y controlar proyectos de construcción que proporcionen un flujo de trabajo continuo a las cuadrillas, aumente la productividad y minimice las interrupciones. Para ello se puede mencionar el término *Location Based Management System* (LBMS), tal como nos indican (Olivieri, H., Seppänen, O., & Denis Granja, A., 2018):,

«[...] basado en líneas de flujo que se basa en un algoritmo CPM mejorado, que facilita el proceso de programación al centrarse en tareas repetitivas por ubicación. Esto automatiza la generación lógica utilizando ubicaciones y heurísticas de continuidad para planificar el trabajo continuo. Uno de los objetivos de la programación basada en la ubicación es que las cuadrillas se movilen una vez y continúen su trabajo hasta su finalización.»

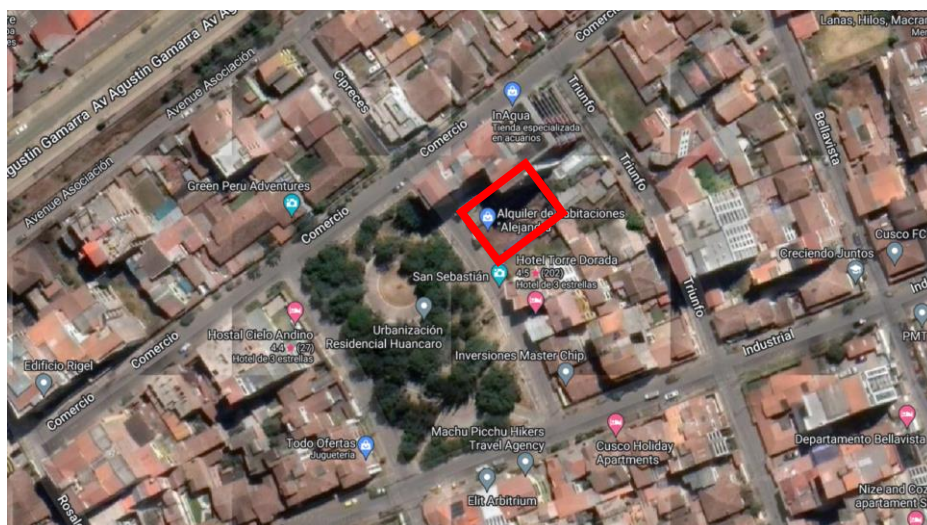
Y el uso de la metodología BIM utilizando la dimensión 4D concerniente a la gestión del cronograma y la dimensión 5D, referida a la gestión del costo.

1.1.1.1 Ubicación geográfica

- Departamento: Cusco
- Provincia: Cusco
- Distrito: Santiago, urbanización Las Retamas
- Coordenadas UTM: Norte - 8501922.04 m , Este - 177915.41 m , Altitud - 3357 m.s.n.m

Figura 1

Imagen Satelital de Ubicación de la Residencial "Altos Del Parque", Santiago - Cusco, 2022.



Nota: Tomado de Google Maps (2023)



1.1.2 Formulación interrogativa del problema

1.1.2.1 Formulación interrogativa del problema general

¿Cuál es el análisis comparativo del sistema de gestión *Location Based Management System* (LBMS) basado en un modelo BIM 5D y el método CPM en la gestión del costo y cronograma de una edificación en la especialidad de estructuras en la ciudad del Cusco?

1.1.2.2 Formulación interrogativa de los problemas específicos

Problema específico 1

¿Cuál es la variación en la gestión del cronograma con respecto al tiempo total planificado mediante el método CPM y el sistema de gestión *Location Based Management System* (LBMS) de una edificación en la especialidad de estructuras en la ciudad del Cusco?

Problema específico 2

¿Cuál es la variación en la gestión del costo con respecto al presupuesto total planificado mediante el método CPM y el sistema de gestión *Location Based Management System* (LBMS) de una edificación en la especialidad de estructuras en la ciudad del Cusco?

Problema específico 3

¿Qué influencia tiene el modelo BIM 5D en la visualización de los posibles problemas, dificultades e inconvenientes que generan retraso en la gestión de costo y cronograma de una edificación en la especialidad de estructuras en la ciudad del Cusco?

1.2. Justificación e importancia de la investigación

1.2.1 Justificación técnica

Los aspectos más importantes en un proyecto son: el alcance, el costo y el tiempo, por lo cual se busca demostrar que existen nuevas metodologías que se han ido desarrollando en los últimos años que mejoran la productividad en obra, el uso de recursos y la gestión en el costo y del cronograma. Esta nueva metodología denominada *Location-Based Management System* (LBMS) busca una mejora continua de estos aspectos. En la presente investigación pretendemos dar a conocer este método como una alternativa de gestión de proyectos, que a su vez guarda relación con la metodología colaborativa BIM.

1.2.2 Justificación social

Una de las industrias más grandes que existe en el Perú es la construcción, y los problemas que este presenta son de sobra ya conocidos, aun así, esta industria es reticente respecto a las nuevas metodologías y formas de gestión que agilizan los resultados y promueven



el trabajo colaborativo, pudiendo obtener menores márgenes de error en las diferentes etapas de la construcción. Es por ello por lo que, a partir de la presente investigación, pretendemos presentar nuevas herramientas que nos permitan tener mejores condiciones, mayor eficiencia y eficacia, con el fin de conseguir ganancia y productividad. Esta investigación será útil a los alumnos de la Universidad Andina del Cusco, pues, mediante la información que proporcionaremos, se podrán ampliar conocimientos acerca de los flujos y productividad de las actividades en obra y cómo estos pueden ser optimizados a través de nuevas metodologías y herramientas en la especialidad de estructuras.

Asimismo, la entidad responsable «Constructora REC Asociados SAC», de la obra seleccionada se verá beneficiada con la implementación de estas herramientas, puesto que se pretende mejorar el flujo de la productividad y se aumente la confiabilidad del cronograma de obra, y consecuentemente se disminuyan los costos y tiempos de la obra.

1.2.3 Justificación por viabilidad

Para el análisis de viabilidad del tema de investigación, tenemos las siguientes consideraciones:

- Se posee disponibilidad de tiempo y recursos económicos para la realización de nuestro estudio de investigación.
- Se cuenta con la información de proyectos en el área de estructuras, donde se ha utilizado el método CPM. Esto es necesario para hacer el análisis desde la nueva metodología planteada que se desea comparar.
- Los investigadores cuentan con información necesaria sobre el uso de la metodología *Location-Based Management System* (LBMS) y sobre la aplicación de la metodología BIM en otros proyectos.
- Los investigadores cuentan con los conocimientos sobre manejo de software BIM, que contiene la información total del costo y tiempo en un modelo 3D, esta metodología debe ser comparada para ver resultados con respecto al proyecto ya realizado.
- La disponibilidad de la información del tema de estudio es libre y pública, donde se tiene preponderancia sobre todo de información en inglés, la cual debe ser referenciada con mayor cuidado con respecto a su traducción al español.
- Se tiene a disposición las directrices para aplicar la metodología BIM en proyectos de inversión pública (MEF, 2020).



- Se tiene a disposición normativas internacionales sobre BIM, NTP-ISO-19650 (2021).

1.2.4 Justificación por relevancia

La presente investigación busca dar sustento para el uso de nuevas herramientas y metodologías, que permitan tener un trabajo más colaborativo, al utilizar trabajos sectorizados con un mejor manejo de las cuantías de trabajo.

1.3. Limitaciones de la investigación

- Este estudio se cimenta tomando en cuenta un expediente técnico ya realizado de una edificación en la ciudad del Cusco.
- Para esta investigación se realizará analizando únicamente partidas de la especialidad de estructuras tomando todas las partidas según la Norma Técnica – Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010).
- La investigación se realizará mediante la metodología BIM, utilizando un modelo 3D, que contenga la información global del proyecto.
- La investigación se realizará mediante la metodología BIM, utilizando un modelo 4D, donde se gestionará el tiempo y cronograma en el cual se realizará el proyecto.
- La investigación se realizará mediante la metodología BIM, utilizando un modelo 5D, donde se gestionará el costo y presupuesto del proyecto.
- Se analizará la gestión del tiempo y costo de la obra sobre la base de líneas de flujo, sectorizando las actividades y el flujo de trabajo.
- Para el modelo BIM se trabaja con un LOD definido de 200. Ya que el LOD 200 en la especialidad de estructuras puede ser utilizado en la gestión BIM 4D y 5D del proyecto, así mismo el software Vico Office® (Urbina Sánchez & Dueñas Salazar, 2018a).
- Únicamente los metrados de refuerzos de acero fueron definidos mediante ratios definidos en kg/m³ de la edificación en estudio, ya que el software Vico Office® no los reconoce correctamente.
- La investigación es realizada durante la etapa de ejecución del proyecto.



1.4. Objetivo de la investigación

1.4.1 Objetivo general

Determinar cuál es el análisis comparativo del sistema de gestión *Location Based Management System* (LBMS) basado en un modelo BIM 5D y el método CPM en la gestión del costo y del cronograma de una edificación en la especialidad de estructuras en la ciudad del Cusco.

1.4.2 Objetivos específicos

Objetivo específico 01

Evaluar la variación en la gestión del cronograma respecto al tiempo total planificado mediante el método CPM y el sistema de gestión *Location Based Management System* (LBMS) de una edificación en la especialidad de estructuras en la ciudad del Cusco.

Objetivo específico 02

Evaluar la variación en la gestión del costo respecto al presupuesto total planificado mediante el método CPM y el sistema de gestión *Location Based Management System* (LBMS) de una edificación en la especialidad de estructuras en la ciudad del Cusco.

Objetivo específico 03

Determinar la influencia que tiene el modelo BIM 5D en la visualización de los posibles problemas, dificultades e inconvenientes que generan retraso en la gestión de costo y cronograma de una edificación en la especialidad de estructuras en la ciudad del Cusco.



Capítulo II: Marco teórico

2.1. Antecedentes de la tesis

2.1.1 Antecedentes a nivel nacional

Antecedente 1:

La tesis de pregrado denominada «Planificación de un proyecto de edificaciones utilizando modelos BIM 5D y líneas de flujo», realizada por Suarez Cabellos, Juan Carlos (2019) de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Resumen:

El investigador se plantea los siguientes objetivos: diseñar la etapa estructural de un proyecto de construcción mediante la implementación de un modelo BIM 5D, basándose en el Sistema de Locaciones que potencie la automatización, visualización y confiabilidad de los cronogramas e informes de costo (pág.5).

Esta investigación se desarrolló utilizando la metodología *Location-Based Management System* (LBMS), que busca principalmente la optimización de la planificación de un proyecto y utiliza un modelo BIM 5D que contenga toda la información del proyecto.

Conclusiones relevantes:

El investigador concluyó que al usar líneas de flujo optimiza la gestión de los datos de los cronogramas que se elaboran en obra, esta metodología mejora la información que da el cronograma de Gantt, sin embargo, afirma que no lo reemplaza, sino que complementa la información que se tiene en base a la ruta crítica, lo cual aumenta la productividad en obra y el flujo de trabajo.

El investigador concluye, que las secuencias de trabajo tienen un impacto positivo en la mejora de la confiabilidad en la planificación y el control, y los modelos BIM 5D tienen un impacto en la confiabilidad de los informes de cantidades, plazos y costos (pág. 92).

Esta investigación es tomada como base principal para el desarrollo propio del trabajo de investigación planteado, puesto que se demuestra que existe una interoperabilidad entre las dimensiones BIM —referidas al costo y tiempo— y las líneas de flujo de la metodología LBMS, además de brindar un marco teórico importante y amplía el conocimiento respecto al uso de estas nuevas metodologías, lo cual permite seguir ahondando en demostrar una mejora en la gestión de un proyecto al utilizar líneas de flujo.



Antecedente 2:

El trabajo de grado titulado «Propuesta de gestión del planeamiento de obras de edificación mediante la metodología de líneas de flujo, el valor ganado y el resultado operativo proyectado en pequeñas y medianas empresas», realizada por Durand Torres, Jesús Manuel (2018) de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Resumen:

Presenta, en su investigación, herramientas y metodologías, la reducción del tiempo de ejecución, acelerar el proceso de aprendizaje y disminuir la posibilidad de error, con el objetivo de que las decisiones sean más precisas para el manejo del cronograma de la obra.

Conclusiones relevantes:

El investigador concluye que una de las ventajas de utilizar las ‘líneas de flujo’ consiste en la visualización, dando enfoque al ritmo de trabajo, intersecciones potenciales entre las tareas, los volúmenes de trabajo para el control y la variabilidad de ritmos (pág. 104).

En cuanto a la ‘gestión de costos’, se concluyó que la técnica del ‘valor ganado’ resultar ser una buena herramienta cuando se requiere fijar la condición actual de la construcción, pero no es adecuada al prever los resultados (pág. 110).

Esta investigación, además de presentar las diferentes metodologías y herramientas ya mencionadas, aportará a la investigación; con el uso o propuesta del uso del software de líneas de flujo como medio de visualización para la programación de obras.

Antecedente 3:

La tesis de pregrado denominada «Programación de fase de proyectos repetitivos y no-repetitivos mediante líneas de flujo y modelos BIM», realizada por Urbina Sánchez, Alonso y Dueñas Salazar, Dilmer Rodrigo (2018) de la Pontificia Universidad Católica del Perú.



Resumen:

Los investigadores programaron un proyecto recurrente y uno único a través de líneas de flujo y modelos BIM, con el fin de determinar su influencia en la optimización del tiempo y los flujos de trabajo.

En la investigación se hicieron dos estudios de caso: uno de un modelo repetitivo y de uno no-repetitivo, a través de modelos 3D elaborados con los softwares *Tekla Structures* y *Revit*, respectivamente, siendo analizados con simulaciones de líneas de flujo.

Conclusiones relevantes:

La presente investigación concluye en que la programación que utiliza las líneas de flujo no necesariamente garantiza una menor duración del proyecto, puesto que puede haber un aumento en la duración sugerida por la presencia de problemas potenciales en los flujos de trabajo, o puede haber una reducción de la duración planteada que se debe a una optimización del flujo de trabajo.

Del mismo modo que las líneas de flujo tienen impacto para programar los flujos de trabajo de un proyecto en términos de identificación de sobrestimación de la productividad, omisión de interacciones, delimitación y cuantificación de locaciones, conformación de cuadrillas e identificación de esperas o tiempos muertos.

Esta investigación nos ayudará con los aspectos que se deben tomar en cuenta a la hora de realizar la programación con las líneas de flujo, asimismo, nos ayuda con el uso del software *Vico Office*, ya que se muestra una secuencia lógica gráfica de los pasos a considerar durante su uso.

2.1.2 Antecedentes a nivel internacional

Antecedente 1:

La tesis de posgrado titulada «Implementación del *Location Based Management System*: caso de estudio aplicado a la toma de decisiones en proyectos de construcción», realizado por Ramírez Ramírez, David Fernando (2014) de la Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.



Resumen:

Plantea los siguientes objetivos en su investigación: identificar los beneficios que el uso del Sistema de Gestión Basado en la Ubicación (*Location-Based Management System* o línea de balance) aporta a la empresa, al compararlo mediante los enfoques convencionales de planificación, programación y control que se centran en actividades, específicamente en método de la ruta crítica (CPM) para alcanzar los objetivos establecidos (pág. 19).

La presente tesis de maestría de carácter descriptivo hace un acercamiento y compara dos métodos de planificación, programación y control en el rubro de la construcción. El método de la ruta crítica (CPM) dentro de las metodologías convencionales, con base a la actividad y la metodología *Location-Based Management System* (LBMS). Se examinan maneras de visualizar las programaciones para optimizar los recursos y la reducción de los plazos para ejecutar el proyecto.

Conclusiones relevantes:

El investigador concluye una serie de ventajas de la metodología LBMS con respecto a metodologías tradicionales, sobre todo en el flujo continuo de trabajo y un uso óptimo de recursos en global, esto a su vez, lo contrasta con una lista de resultados obtenidos al usar esta metodología tales como: eliminación de conflictos, disminución de tiempos de holgura y corrección inmediata de incongruencias en el proceso constructivo, principalmente en lugares específicos.

Esta investigación ahonda en el conocimiento de procesos constructivos, al realizar 4 programaciones diferentes en busca de la óptima, proveyendo un caso real y aplicativo en la gestión de un proyecto al utilizar la metodología LBMS.

Antecedente 2:

El artículo científico denominado «*Improving workflow and resource usage in construction schedules through Location-Based Management System (LBMS)*», realizado por Olivieri Hylton, Seppänen & Denis Granja, Ariovaldo; publicado en enero de 2018.

Resumen:

Se valida la suposición de que los métodos relacionados con LBMS podrían resolver las deficiencias clave relacionadas con la planificación de proyectos de construcción,



especialmente en lo que respecta a la falta de flujo de trabajo, la incapacidad para proporcionar el uso continuo de recursos y los procesos de programación complicados.

Además, se presentan las principales deficiencias que la programación CPM tiene en la planificación de obra con relación al flujo de trabajo, los recursos y los procesos de programación y presenta la metodología LBMS en la misma, para de esta manera, determinar si esta metodología cubre las deficiencias del CPM.

Conclusiones relevantes:

En la investigación se concluyó que utilizando LBMS se obtienen mejores flujos de trabajo y se demostró que LBMS logra flujos de trabajo significativamente mejores, medidos por el número de movilizaciones y desmovilizaciones sin utilizar ningún algoritmo formal de nivelación de recursos. Y, por último, la utilización del LBMS en la planificación de obra cubre las 3 deficiencias clave de CPM, las cuales son: la falta de flujo de trabajo, la incapacidad de programar el uso continuo de recursos y la cantidad de elementos de planificación.

A partir de esta investigación se extraen las diferentes deficiencias y desventajas que presenta el CPM y, el flujo de trabajo que se realiza a través de las diferentes metodologías.

Antecedente 3:

El artículo científico denominado «*A survey comparing critical path method, Last Planner System, and Location-Based techniques*», realizado por Hylton Olivieri, Olli Seppänen, Thais da C.L. Alves, Natalie M. Scala, Vincent Schiavone, Min Liu y Ariovaldo Denis Granja, publicado en el año 2019.

Resumen:

La presente investigación tiene como objetivo comparar y ver las principales diferencias que existen entre el método de la ruta crítica (CPM), el Last Planner System y técnicas basadas en locaciones, en la gestión y control de proyectos en 4 diferentes países: Brasil, China, Finlandia y Estados Unidos. De esta manera se identificarán los principales beneficios asociados en la gestión de proyectos y a cómo gestionar la producción a través de encuestas realizadas a diferentes profesionales especializados de los países mencionados.



Conclusiones relevantes:

Los resultados muestran que el método CPM es el sistema más usado, pero que no es capaz de apoyar la gestión de la producción de manera adecuada. Por otro lado, el uso del Last Planner System y las técnicas basadas en locaciones ofrecen beneficios relacionados con el flujo continuo de recursos, visualización de interferencias entre actividades, reducción de incertidumbre y riesgos asociados a las actividades, así como un mayor control de producción.

2.2. Aspectos teóricos pertinentes

2.2.1 Gestión de proyectos

La gestión de proyectos se basa en un conjunto de buenas prácticas, conocimientos, procedimientos y metodologías, las cuales buscan cumplir con todo el alcance y el objetivo del proyecto. Una correcta gestión del proyecto optimiza cada etapa, dando eficiencia, calidad y el criterio necesario para el correcto uso de todos los recursos que el proyecto implique (Project Management Institute®, 2017).

Por ello, la gestión de proyectos plantea que un proyecto tenga diferentes etapas denominadas 'ciclo de vida del proyecto'. Estas etapas varían según el tipo y el tamaño del proyecto, pero son fundamentales para manejar de manera eficiente cada proceso y tarea que se tenga dentro del concepto del proyecto (Lledó & Rivarola, 2007).

2.2.1.1 Gestión del costo

El costo de un proyecto es uno de los factores que influye y restringe directamente el avance del proyecto, la gestión de este costo representa el manejo y la administración de recursos que son necesarios para cumplir con las tareas del alcance del proyecto. Está conformado por cinco factores: organizar la administración de gastos, calcular los costos, establecer el presupuesto y supervisar los costos (García, 2015).

2.2.1.2 Gestión del cronograma

El correcto manejo del tiempo en un proyecto se convierte en uno de los factores más importantes para lograr los objetivos y metas propuestos. Nos permite el completo manejo y disposición del recurso tiempo que se tiene disponible, para ello, es necesario invertir este tiempo de manera productiva y metodológica, evitando todo desperdicio y retraso (Mengual, Juárez, Sempere y Rodríguez, 2012).

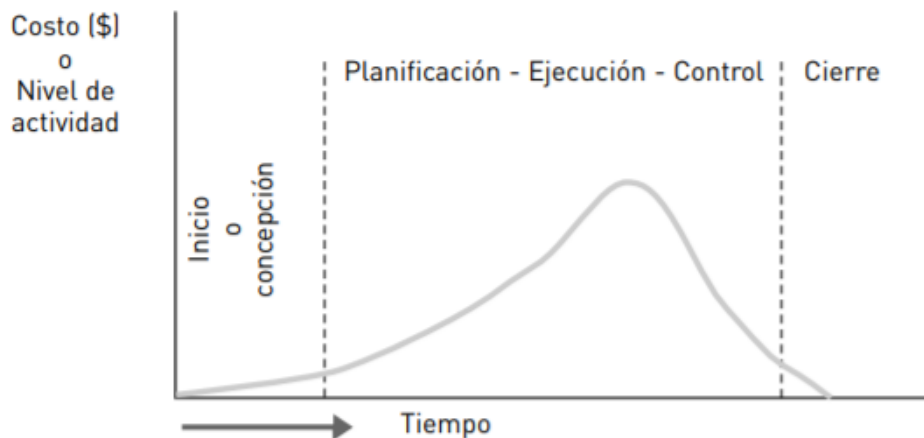


2.2.1.3 Ciclo de vida de un proyecto

Generalmente las etapas de vida de un proyecto están determinadas por los siguientes conceptos: planificación, control, ejecución y cierre. Estas están bien definidas a lo largo del proyecto y forman un conjunto de actividades las cuales tienen como objetivo buscar la mejora de la gestión de un proyecto. En la figura 2, mediante una campana de Gauss, observamos las etapas de un proyecto.

Figura 2

Ciclo de vida de un proyecto



Nota: Tomado de Lledó & Rivarola, 2007

A. Planificación de obra

Según Jiménez Castro (1982) (Jiménez Castro, 1990), la planificación se puede asimilar como: «[...] el proceso consciente de selección y desarrollo del mejor curso de acción para lograr el objetivo.»

La fase de planificación de un proyecto toma una función significativa en la gestión del proyecto, incidiendo de manera directa en factores como la productividad. La fase de planificar un proyecto es fundamental para encaminar y cumplir con el objetivo que se ha planteado, cumplir con el alcance del proyecto planteando las estrategias y medidas necesarias (Project Management Institute®, 2017 Óp. Cit.).

Esta planificación debe cumplir un ciclo el cual se dará en toda la duración del proyecto; este ciclo está definido en la figura 3 (Serpell Bley y Alarcón Cárdenas, 2015).



Figura 3
Ciclo de la planificación



Nota: Tomado de Serpell Bley & Alarcón Cárdenas, 2015

B. Control de obra

El control es la verificación y evaluación que se da al desempeño y progreso de un proyecto. Estos procesos se dan para realizar correcciones, mejoras y verificaciones (Project Management Institute®, 2017 Óp. Cit.).

Supervisar un proyecto de construcción implica el monitoreo continuo de los procesos hasta la entrega final de la obra. Este control garantiza el cumplimiento de estándares de calidad, plazos y costos, al tiempo que verifica los permisos y licencias necesarios para legalizar los procedimientos de construcción. La supervisión de proyectos de construcción constituye una labor compleja y multifacética. En función de la complejidad del proyecto, puede requerir la participación de más de una persona. Para llevar a cabo una supervisión efectiva de una obra, o cualquier proyecto de construcción, es esencial involucrarse desde el inicio, estar presente durante el diseño y supervisar el proceso hasta la finalización de la construcción.

2.2.1.4 Planificar la gestión del cronograma

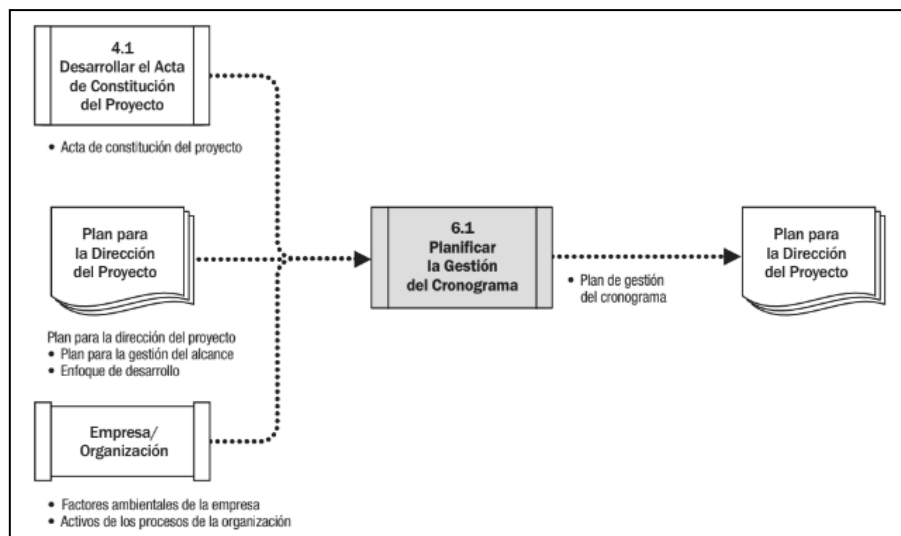
Es aplicar un conjunto de requisitos, conocimientos y experiencias con el fin de definir los procedimientos para desarrollar, gestionar y planificar el cronograma de un proyecto; esto nos ayuda a determinar en qué dirección se desarrollará el proyecto y de qué manera se deben administrar los recursos generales del mismo. Para lograr esto el PMBOK® define una estructura de cómo desarrollar este proceso, tal cual se muestra en la Figura 4 (Project Management Institute®, 2017 Óp. Cit.).



1. Proceso de entrada
 - Acta de constitución
 - Plan para la dirección
 - Plan para la gestión del alcance
 - Enfoque de desarrollo
 - Factores ambientales de la empresa
 - Activos de los procesos de la organización
2. Herramientas y técnicas
 - Juicio de expertos
 - Análisis de datos
 - Reuniones
3. Proceso de salida
 - Plan de gestión del cronograma

Figura 4

Planificar la Gestión del Cronograma: Diagrama de Flujo de Datos



Nota: Tomado de Project Management Institute®, 2017

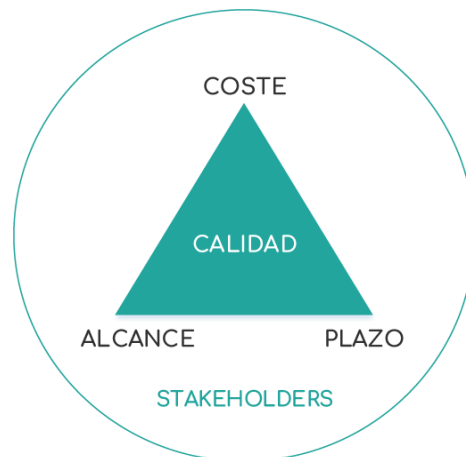
2.2.1.5 Las 3 restricciones de un proyecto

Llamado también como «el triángulo de hierro de un proyecto», estos tres conceptos definen como lograr el objetivo del proyecto, pero a su vez, son las restricciones que limitan todo lo que se pueda realizar en el mismo. Estos conceptos son: el alcance, el costo y el tiempo (ver Figura 5). Se consideran a estos elementos como restricciones ya que son los más importantes manejados dentro de la idea de un proyecto, entonces cuando se modifique (reduzca o aumente) también ocurrirá con todos a la vez (EALDE, 2017).



Figura 5

Triangulo de hierro de la gestión de proyectos



Nota: Tomado de <https://livingwerk.com/gestion-de-proyectos/>

2.2.2 Productividad

Según (Ghío Castillo, 2001), el concepto general de productividad está definido como el vínculo entre cuantificación de producción traducido en bienes y servicios y los recursos necesarios que se hayan utilizado para llegar a esa producción.

2.2.3 Flujo de trabajo

Hace referencia al movimiento de la información y materiales a lo largo de la red de instalaciones de producción, donde cada uno realiza el proceso antes de dejarlos pasar a las unidades de corriente abajo.

2.2.4 Metodologías de programación de proyectos de construcción

2.2.4.1 Metodología basada en actividades

Esta metodología es, en general, el método que más se aplica para la programación de proyectos, esto debido a que los métodos que se emplean para generar la planificación del proyecto es recurrente y forma parte del conocimiento general en el ámbito de la construcción. Esta metodología desarrollada por Kelley y Walker en los años 50, se complementa con los alcances del trabajo realizado por Taylor y Gantt.

Existen diferentes métodos que explican y utilizan grupos reducidos de trabajo, también expresados como actividades, para realizar la programación del proyecto. Entre estas metodologías, las más recurrentes y utilizadas en el entorno es el método 'determinístico' conocido como la ruta crítica o CPM (por sus siglas en inglés *Critical Path Method*), y



un método ‘probabilístico’: la técnica de evaluación y revisión de programas o PERT (Kenley & Seppänen, 2010).

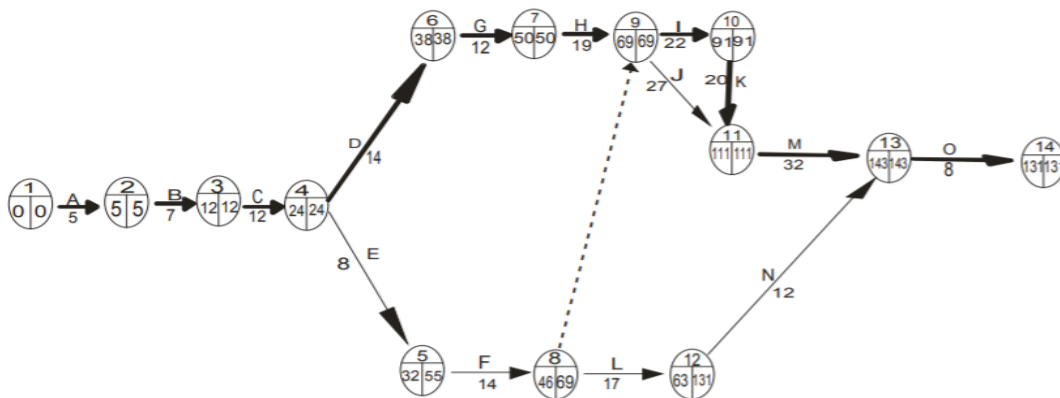
2.2.4.1.1 Método de la ruta crítica o CPM

Fue desarrollado para poder controlar, planificar y programar un proyecto, se inicia en la búsqueda de dar coherencia y orden a las actividades que se realizan dentro del mismo. CPM busca apoyarse en un cronograma de obra que tenga una estructura compleja, entendiendo todas las actividades necesarias en el alcance del proyecto, medir la duración de cada actividad y buscar una relación lógica entre actividades, es decir, definir tareas predecesoras. CPM se puede definir como una secuencia de actividades de la red del proyecto que se suman a la duración más larga. Su secuencia regula el menor tiempo posible para completar el proyecto (Orumie Ukamaka, 2020).

Por lo tanto, esta herramienta nos expresa qué es lo que tenemos que desarrollar, en qué orden, las jerarquías de las actividades y en cuanto tiempo lograremos los objetivos. En la Figura 6, podemos observar cuál es la estructura de una programación con CPM.

Figura 6

The critical path of the house construction project with CPM



Nota: Tomado de Orumie Ukamaka, 2020

2.2.4.1.2 Técnica de Revisión y Evaluación de Programas – PERT

Utiliza un análisis de manera probabilística que trata de explicar en tiempo necesario para realizar actividades sin conocer exactamente la duración y el coste de estas. Este método acuñó el término de ‘camino crítico’, el cual también está descrito dentro del Método de la Ruta Crítica o CPM; por lo que, podemos asimilar que estos dos métodos guardan relación. Este método consiste en el análisis y la cuantificación en tiempo de todas las



actividades dentro del proyecto, en busca de reducir este camino crítico (Piñeiro Fernández, 1995).

Markland y Sweigart (como se citó en López Aguilar, 2017, pág. 18), nos dicen que el principio del método consiste en la creación de una red lógica de actividades, enumerándolas y estimar cuánto durará cada una de ellas en finalizar. Por tal razón se debe tener 3 estimaciones en el tiempo, estas se explican a continuación:

- Optimista: cálculo del tiempo mínimo en que una actividad se completaría si se ejecuta según lo planeado, sin problemas.
- Tiempo más probable: cálculo del tiempo normal para completar una tarea. Corresponde al resultado más común si se repite la tarea varias veces.
- Pesimista: cálculo del tiempo máximo necesario para concluir una actividad. Considera la posibilidad de fracaso inicial y reinicio posterior; no incluye ocurrencia de catástrofes a menos que representen un riesgo específico.

2.2.4.2 Método basado en la ubicación

Estos métodos también se basan en tareas o actividades a realizar, pero su representación es más gráfica y busca ubicar y posicionar cuadrillas de trabajo, al realizar un seguimiento y buscando que el flujo de trabajo sea continuo. Desde este punto de vista más gráfico, se tiene en consideración 5 principios: *Location Breakdown Structure*, visualización con líneas de flujo, lógica en capas, manejo de *buffers* y proceso de planificación de cronogramas (Suárez Cabellos, 2019).

2.2.5 Location Based Management System - LBMS

Según Olivieri Olivieri, Seppänen & Granja (2018), LBMS, por sus siglas en inglés (*Location Based Management System*) y traducida al español como «sistema de planificación basada en locaciones», se trata de un sistema de gestión para controlar la gestión del cronograma y del costo de un proyecto.

En comparación con las metodologías precedentes, no utiliza el análisis de una ruta crítica para determinar la duración de un proyecto sino integra el método CPM con métodos de programación repetitivos, y los cuales son representados a través de herramientas llamadas ‘líneas de flujo’ o *flowlines* (Shankar, A., & Varghese, K., 2013).

Estas locaciones son consideradas como la base de datos del proyecto y toman el nombre de *Location Breakdown Structure* (LBS), es traducida como ‘estructura de descomposición en locaciones’, las cuales son un conjunto de locaciones o ubicaciones



en 3D, que definen la planificación, basadas en tareas repetitivas y el costo que comprenderán las actividades de cada una de estas ubicaciones (Ibid.).

Este es uno de los procesos más importantes del LBMS, puesto que aquí se define el orden jerárquico de la planificación y el control del proyecto y el cual puede estar ordenado en forma de columnas que muestran las locaciones elegidas (Suárez Cabellos, 2019).

Este desglose de ubicaciones hace que el LBMS sea un contenedor de datos integrados de un proyecto, lo que hace que sea un sistema con una sinergia enorme con la metodología BIM y, de la misma manera, adopta los principios del *Lean Construction*, que eliminan los residuos que obstaculizan los flujos en el sistema de producción. Toda esta integración de datos y procesos convierte al LBMS en un sistema de gestión bastante complejo (Kenley & Seppänen, 2010).

Según Kenley y Seppänen (2010): El uso de *Location Based Management System* reducirá los costos debido a errores de diseño, mejorar la constructabilidad, reducir el riesgo en la ejecución del proyecto y reducir la producción de costos cuando se aplican consistentemente a través de proyectos sucesivos (pág. 387).

A continuación se detalla los componentes de sistema de gestión LBMS.

2.2.5.1 Locación – unidad de análisis

Las locaciones en el contexto del sistema de gestión *Location Based Management System* (LBMS) son las unidades de análisis y los que contienen toda la información del proyecto los cuales se definen a través del proceso del *Location Breakdown Structure* (LBS); algunos datos que las locaciones pueden almacenar son: objetos o componentes de construcción, cantidades planificadas y reales del proyecto de construcción, costos planificados y reales, sistemas de costos de construcción, entre otros (Kenley & Seppänen, 2010 Ibid.). Estas locaciones pueden ser consideradas las torres, pisos, bloques, sectores, secciones, apartamentos, etc. (Suárez Cabellos, 2019).

2.2.5.2 Location Breakdown Structure (LBS)

Location Breakdown Structure, traducido al español como ‘estructura de descomposición de actividades’, busca un orden jerárquico de actividades para definir la programación y planificación del proyecto. Visualmente, este método se expresa construyendo columnas, mostrando las ubicaciones y buscando una secuencia constructiva lógica.

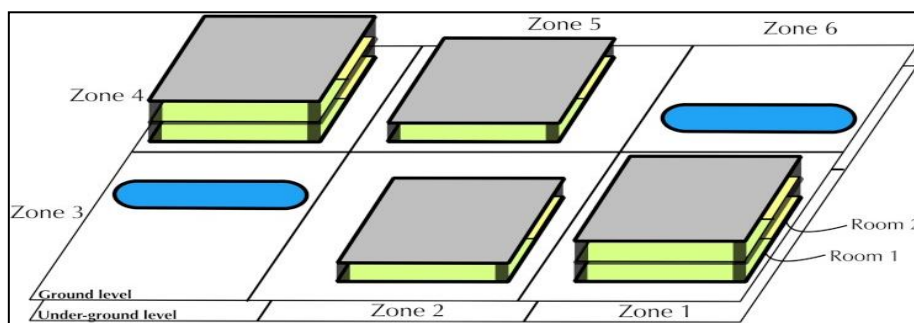
Location Breakdown Structure, es un sistema jerárquico en el que cada nivel tiene un propósito diferente y cada nivel superior debe incluir, de manera lógica, todos los niveles inferiores. Por lo general, el nivel más alto es aquel que optimiza la secuencia de construcción, por lo que tiene que ser independiente de cualquier otra sección de la jerarquía. Los niveles de jerarquía medios son los que planifican el flujo de la producción y, por último, los niveles más bajos son usualmente los detalles y los acabados de la construcción (Kenley & Seppänen, 2010 Óp. Cit.).

Podemos entender este método haciendo la analogía con los métodos que se basan en actividades, los que se estructuran en una descomposición de actividades. En este caso se realiza una descomposición en locaciones (Suárez Cabellos, 2019).

Por ejemplo, la estructura se construye un piso a la vez, por lo que el nivel de jerarquía lógica es piso. Los acabados se realizan apartamento a apartamento, por lo que el nivel jerárquico lógico es apartamento. La tarea contiene los siguientes tipos de datos.

Figura 7

Location Breakdown Structure by Vico Office



Nota: Tomado de <https://www.youtube.com/watch?v=7VC47x9Pkro>

2.2.5.3 Location Based Quantities

Traducido al español como “Cantidades basadas en la ubicación”, Las cantidades serán parte fundamental del sistema de gestión LBMS, estas cantidades establecidas de manera exacta esta vinculadas directamente con el proceso de producción en la planificación para la ejecución del proyecto. Estas cantidades contiene explícitamente el alcance de cada actividad, y todo el trabajo a ejecutar por unidad de producción, y también definirá el tiempo de duración hasta que se pase a la siguiente ubicación. Existen unas pautas para considerar la cuantificación de los trabajos, y es la siguiente según (Kenley & Seppänen, 2010).



- Flujo de trabajo continuo siempre que sea posible dentro de las limitaciones del proyecto Descansos planificados o tripulación múltiple con el fin de lograr los objetivos del proyecto
- Alineación de las tasas de producción para lograr una producción rítmica
- Amortiguadores de espacio y tiempo entre oficios
- Reducción de interferencias o perturbaciones entre oficios
- Prevención de retrasos en cascada del cronograma
- Confianza en los cronogramas, particularmente para los subcontratistas
- Flexibilidad y variación en los requisitos de ubicación (la repetición puede ser variable)

Tomando de referencia principios de la Ingeniería Industrial, podemos definir el tipo de distribución en planta de los proyectos de construcción civil, según su naturaleza inherente a ellos como distribución por posición fija, debido a que todos los recursos necesarios para construirlos (maquinaria, materiales, mano de obra, equipo técnico, etc.) necesariamente deben dirigirse hacia cada frente de trabajo

Para realizar una LBS se aplican 6 principios básicos para asegurarse de tener una buena distribución de planta (Trueba Jainaga, J.I.):

Principio de la satisfacción y la seguridad: Un trabajo equitativo y seguro aumentará el grado de satisfacción del trabajador.

Principio de la integración de conjunto: La distribución más efectiva es aquella que personal, materiales, maquinaria y otros factores, logrando el mejor equilibrio entre ellos.

Principio de la mínima distancia recorrida: en situaciones equivalentes, la distribución que minimiza la distancia que debe recorrer el material es siempre preferible.

Principio de la circulación o flujo de materiales: Bajo condiciones similares, la distribución más eficiente ubica las áreas de trabajo en la misma secuencia en que se transforman, tratan o ensamblan los materiales.

Principio del espacio cúbico: Se logra eficiencia económica al utilizar de manera efectiva todos los recursos disponibles en su totalidad, tanto en su alcance horizontal como vertical.

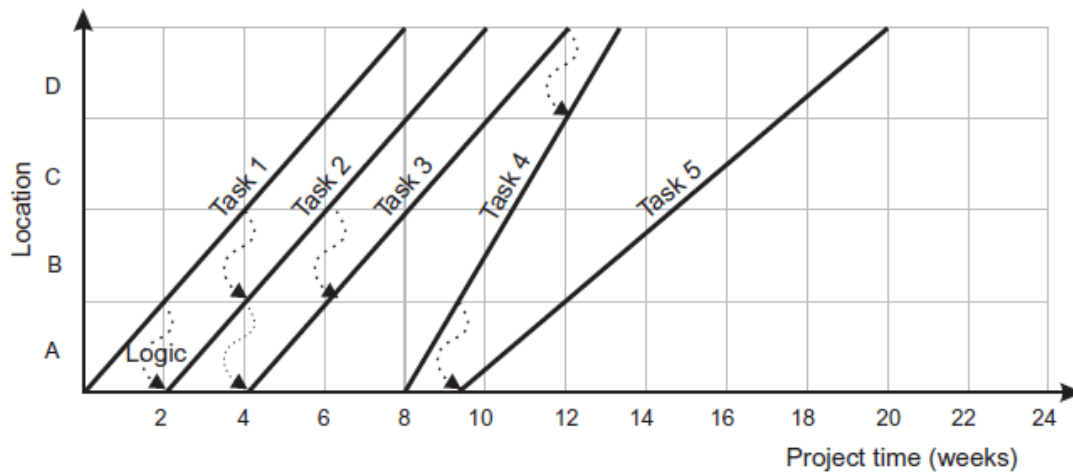
2.2.5.4 Líneas de flujo

Las líneas de flujo o *flowlines* son una representación gráfica que simbolizan cada actividad del proyecto como una línea y que presenta las locaciones definidas en el LBS en el eje vertical; en el eje horizontal se presenta el tiempo (Olivieri et al., 2018) y las

tareas, como ya se mencionó, son representadas como líneas inclinadas presentando, además, la tasa de producción. La estructura de las líneas de flujo se pueden apreciar en la Figura 8.

Figura 8

Líneas de flujo por tareas



Nota: Tomado de Kenley & Seppänen, 2010

(Olivieri, H., Seppänen, O., & Granja, D. A., 2018), nos indican que este método busca agilizar los tiempos de producción, pudiendo trabajar en la planificación con actividades que se pueden realizar en paralelo y que la mano de obra se movilice y continúe su trabajo asignado hasta terminarlo, lo que resulta en menos discontinuidades de flujo.

2.2.6 Building Information Modeling (BIM)

2.2.6.1 La metodología BIM

BIM por sus siglas en inglés *Building Information Modeling*, se refiere al conjunto de procesos y tecnologías los cuales permiten a los agentes de un proyecto a colaborar de forma activa durante todas las fases del proyecto en un espacio virtual (BIM Dictionary, 2021).

El objetivo principal de la metodología BIM es proponer una variación en la toma de decisiones de los proyectos y, de esta manera, evitar la pérdida de valor de la información a lo largo de las diferentes etapas de su ciclo de vida, consecuentemente, influir positivamente en el costo total estimado (Choclán Gámez, Soler Severino y Gonzáles Márquez, 2014).

La metodología BIM permite establecer procedimientos de entrega de información entre los agentes que se encuentran incluidos en el desarrollo de proyectos de edificaciones o



infraestructuras a través de una base de datos con vasta información gráfica (forma, color, etc.) e información no gráfica (resistencia acústica, espesor, altura, etc.), siendo la información no gráfica o no geométrica la más importante, que está contenida en los parámetros de las entidades, puesto que servirán para las tomas de decisiones y que estas sean transparentes, eficaces y confiables, dando además una mayor eficacia y calidad de entrega de los proyectos (MEF, 2020).

2.2.6.2 Dimensiones BIM

De acuerdo con (Vera y Costes, 2018), la metodología BIM abarca diferentes subcategorías, estas actualmente son 7 (ver Figura 9) y son las siguientes:

- 1 Dimensión de concepción - 1D, en el cual se determinan los alcances del proyecto.
- 2 Dimensión del plan - 2D, la dimensión que usualmente se usa en la metodología CAD, que abarca las coordenadas X y Y en el plano.
- 3 Dimensión tridimensional - 3D, en esta dimensión, además de trabajar en el plano, se le agrega una coordenada más lo que genera volumen a los elementos geométricos.
- 4 Análisis de la programación temporal - 4D, esta dimensión representa la gestión del tiempo en un proyecto lo que hace referencia a los procesos de planificación, permitiendo realizar simulaciones del proceso de ejecución; se puede ver el avance de la obra, así como los retrasos o las interferencias que puedan suceder, agilizando los procesos en el terreno mismo.
- 5 Incorporación de costes presupuestos - 5D, esta dimensión agrega a lo ya visto, a través del modelo 3D, la gestión del costo lo que vincula los costos unitarios con las partidas que se gestionan en la dimensión 4D, obteniendo presupuestos ordenados y coherentes del proyecto con un margen de error muy pequeño.
- 6 Sostenibilidad - 6D, también llamada en algunos lugares como *Green BIM*, esta dimensión nos va a permitir simular y entender qué tan sostenible es el proyecto en todas sus fases; haciendo posible la generación de certificaciones energéticas y conocer el impacto ambiental puede causar el proyecto por lo cual es una dimensión muy importante, pero a la vez, muy compleja.
- 7 Gestión del ciclo de vida. Mantenimiento y operaciones - 7D, esta dimensión permite ver el control operacional y logístico durante toda su vida útil cuando este pasa a ser un activo, incluyendo las reparaciones e inspecciones que pueda requerir en algún momento.

Figura 9
Las 7 dimensiones BIM



Nota: Tomado de <https://www.bimtool.com/Article/12468893/Las-7-dimensiones-BIM-1D-2D-3D-4D-5D-6D-y-7D>

2.2.6.3 Objetivos de la metodología BIM

El BIM Forum Chile (2017), en su guía de implementación, presenta 4 grandes objetivos:

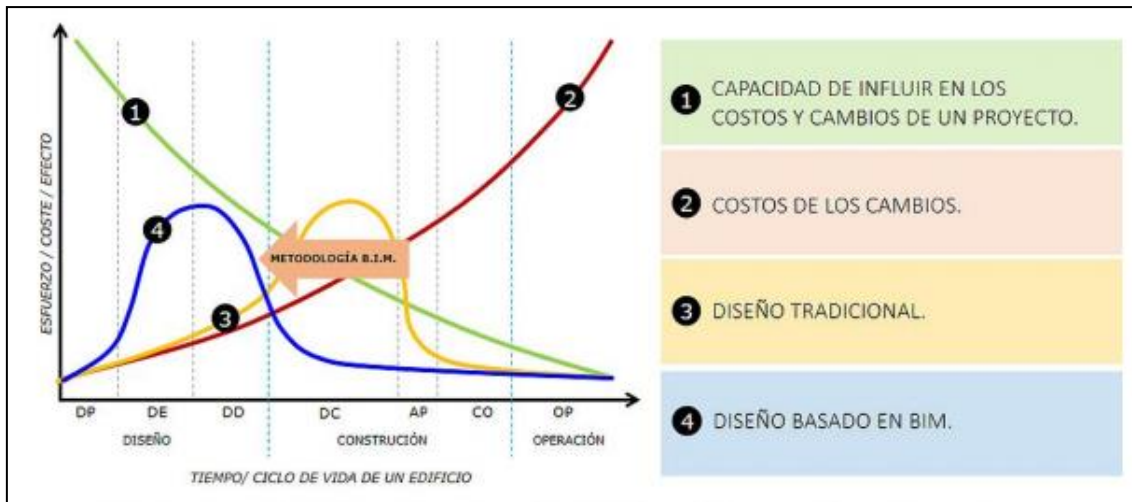
- 1 Mejorar el acceso a la información: la administración de la información debe ser eficiente independientemente del tipo de software BIM que se esté usando.
- 2 Mejorar la colaboración: mediante protocolos y estándares comunes de la administración de la información, se mejora la interacción y la colaboración entre los diferentes agentes involucrados en el proyecto.
- 3 Mayor control de procesos: teniendo los protocolos, estándares y objetivos claros; estos se verán reflejados en un mejor y mayor control de los procesos del proyecto.
- 4 Mayor productividad: el ágil acceso a la información, la eficiente colaboración entre los agentes y las herramientas que nos proporcionan los softwares BIM, se traducen una mayor productividad del proyecto.

Todos estos beneficios se pueden observar en la Figura 10, propuesta por Patrick MacLeamy en el año 2005 en la AIA (*American Institute of Architects*), y en la cual, se

contempla cómo la utilización de la metodología BIM genera un mayor esfuerzo en la etapa de diseño y también se ve beneficioso en las demás etapas del ciclo de vida.

Figura 10

Curva del esfuerzo del proceso constructivo (MacCleamy, 2005)



Nota: Tomado de BIM Forum Chile, 2017

2.2.6.4 Niveles de desarrollo o madurez BIM (LOD)

Los proyectos en donde se utiliza la metodología BIM, se definen niveles de madurez, con la finalidad de que permitan un mejor entendimiento de los procesos que se van a utilizar (Urbina Sánchez & Dueñas Salazar, 2018), de acuerdo con el tipo de proyecto que se esté realizando y su magnitud. Según indica (Alonso Madrid, 2015), el acrónimo LOD corresponde a 2 definiciones:

- LOD como nivel de detalle (*Level of Detail*), el cual contempla la evolución de la cantidad de información de un proceso constructivo, incluye los costos y presupuestos y la planificación del proyecto (Alonso, 2015) sin embargo, no se asegura que toda esta información sea relevante para tomar decisiones en el proyecto.
- LOD como nivel de desarrollo (*Level of Development*) hace referencia al nivel de información que tiene un elemento de modelo, no es una información gráfica, sino la información que contiene el modelo o elemento, que es relevante para tomar decisiones en el proyecto (Vera Galindo C. , 2018).

Según la Guía Nacional BIM Perú (2021), establece 5 niveles de detalle (LOD) definidos los cuales se nombran a continuación:



- 1 LOD 1, los elementos gráficos en este nivel están representados de forma muy básica y conceptual.
- 2 LOD 2, los elementos gráficos en este nivel están representados de forma genérica, pueden ser usados para la coordinación espacial al inicio del proyecto.
- 3 LOD 3, los elementos gráficos en este nivel ya están representados de forma precisa considerando sus formas y dimensiones definidas para una coordinación espacial completa.
- 4 LOD 4, los elementos de este nivel están representados de forma detallada, considerando, además, la fabricación, instalación y montaje de estos.
- 5 LOD 5, la representación de los elementos gráficos en este nivel está verificado (*As-built*), los cuales presentan el tamaño, forma, ubicación, cantidad, orientación, etc., del proyecto terminado.

Por otro lado, el (BIMForum, 2015) define 5 niveles de desarrollo (LOD):

- 1 LOD 100, los elementos están representados con un símbolo o alguna anotación genérica, por ejemplo, estos pueden ser información vinculada de otro modelo, sin llegar a tener forma, tamaño o una locación definida.
- 2 LOD 200, los elementos gráficos en este nivel tienen cuantificaciones muy aproximadas a la realidad (tamaño, forma, ubicación y orientación), algunas cuantificaciones deberán medirse a través de información fuera del modelo.
- 3 LOD 300, este nivel incluye un mayor logro de detalle, se muestran los elementos tal y como fue diseñado, por lo que las cuantificaciones y ubicaciones serán más precisas, las mediciones se extraen directamente del modelo.
- 4 LOD 400, este nivel incluye un mayor logro de detalle específico, los elementos tienen la suficiente información y precisión para su fabricación, las mediciones se extraen directamente del modelo.
- 5 LOD 500, la representación de los elementos es una fiel representación verificada de la realidad tanto en tamaño, forma, orientación ubicación, etc., las mediciones se extraen directamente del modelo.

2.2.6.5 Nivel de Información BIM (LOI)

Mientras que el *Level of Detail (LOD)* es la información orientada a la descripción gráfica del proyecto el *Level of Information (LOI)* o comúnmente llamado en nuestro medio



‘nivel de información’, está orientado a la descripción de información no gráfica del proyecto y el cual complementa la información gráfica de los modelos 3D (Guía Nacional BIM, 2021).

Según la Guía Nacional BIM Perú, establece 5 niveles de información definidos (LOI), los cuales se nombran a continuación:

- 1 LOI 1, en este nivel se encuentra la información suficiente para la identificación y la prefactibilidad del proyecto. Contiene la intención del proyecto sin incidir en los valores técnicos.
- 2 LOI 2, en este nivel se encuentra la información suficiente para la investigación y la viabilidad del proyecto. Contiene las propiedades generales técnicas del diseño.
- 3 LOI 3, la información que tiene este nivel es el suficiente para el diseño del proyecto. Contiene las especificaciones técnicas y específicas que cumplen con las propiedades generales del elemento.
- 4 LOI 4, este nivel contiene la suficiente información para la construcción del proyecto; tiene información más definida y las especificaciones técnicas necesarias para la compra de los activos del proyecto.
- 5 LOI 5, este nivel contiene la suficiente información para la administración de activos del proyecto; tiene la información precisa del activo que requiere mantenimiento, así como los documentos necesarios para la gestión de estos y esto, a su vez, debe transferirse a una base de datos de activos.

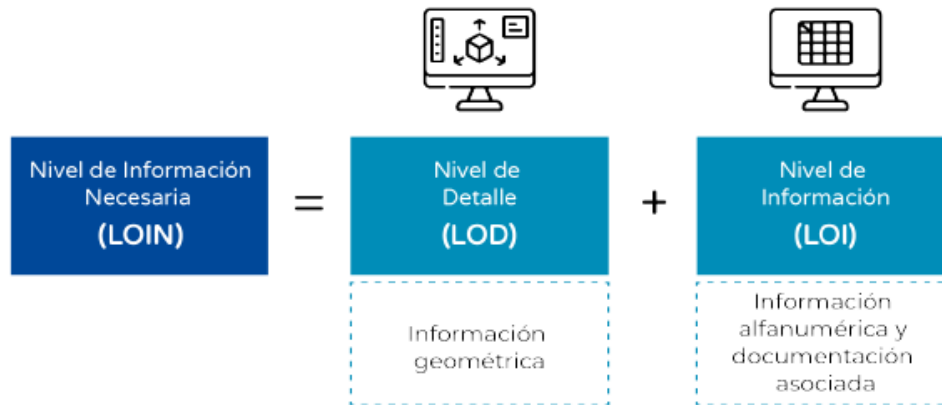
2.2.6.6 Nivel de información necesaria (LOIN)

Level of Information Need o Nivel de información necesaria (LOIN), incluye tanto la información gráfica que contiene el Nivel de Detalle (LOD) así como la información no gráfica que contiene el Nivel de Información (LOI), las cuales tienen igual importancia y juntos aumentan la confiabilidad de la información del proyecto, por lo que es importante identificar estos niveles y resulta importante saber que no siempre estos niveles van a ser equivalentes, esto dependerá de los requisitos de información que demande el proyecto (Guía Nacional BIM, 2021). Esta definición se puede apreciar en la Figura 11.



Figura 11

Nivel de información necesaria



Nota: Tomado de Guía Nacional BIM (pág. 47).

2.2.7 Sinergia LBMS – BIM

Al realizar un modelado BIM 3D, cada elemento modelado tiene su propia información —como ya se mencionó con anterioridad—, esta información incluye volúmenes, cuantías, áreas (lo que en realidad sería el metrado de las partidas de un proyecto) estas, a su vez, pueden ser vinculadas con un ‘análisis de costos unitarios’, que es influida por el rendimiento de la mano de obra, los materiales, equipos, entre otros; generando costos en el proyecto. Además de esto, puede ser integrado también un cronograma que nos daría las duraciones de cada partida. En el modelo 3D se implementan locaciones (*Location Breakdown Structure, LBS*), lo que nos permite saber cuánto trabajo se ejecutará por cada locación. Todo esto es integrado en las llamadas *Flow lines* o líneas de flujo, vinculándolas al modelo 5D costes y presupuestos (Suárez Cabellos, 2019).

La interoperabilidad que nos ofrece la metodología BIM, hace que se constituya como una herramienta indispensable y colaborativa en comparación a la información que nos podrían presentar las herramientas tradicionales, esta sinergia existente entre el LBMS y BIM, ayudará a detectar errores en etapas tempranas del proyecto, dar un mayor control y aumentar la productividad de la misma, dando un valor agregado de gestión inmenso (Choclán G., F.; Soler S., M.; & González M. R., 2014).



2.2.8 Lean Construction

“Lean” en pocos términos se puede traducir de la lengua inglesa como magro o esbelto, y este se ha sido adaptado a los procesos como ágil o flexible (Martí Ogayar, J. J., & Torrubiano Galante, J., 2014).

El *Lean Construction Institute* (LCI) se basa en la gestión de la producción orientada al respeto y a las relaciones para la entrega de proyectos, Una metodología innovadora y revolucionaria para la planificación y construcción de estructuras e infraestructuras emerge. La implementación de estrategias Lean en la gestión de la producción ha generado una transformación significativa en el diseño, abastecimiento y ensamblaje, originalmente aplicado en la fabricación industrial pero ahora influyendo de manera profunda en la forma en que se desenvuelve cada etapa del proceso de entrega de proyectos (Ibid., pág. 28).

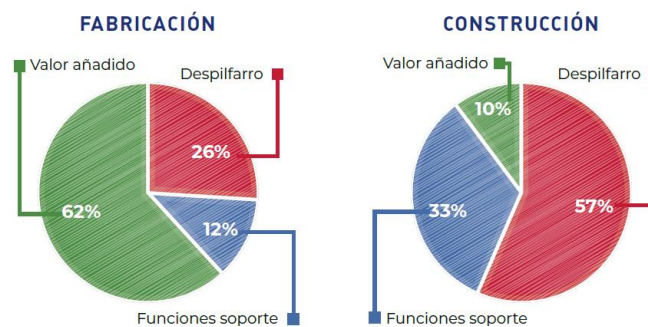
Partiendo de esta idea se puede decir entonces, que *Lean Construction* son las herramientas y procesos que acompañan en todas las fases del ciclo de vida de un proyecto de construcción con el fin de identificar, minimizar y, en el mejor de los casos, eliminar aquellas actividades y procesos que no añaden valor y optimizar las actividades que sí lo hacen, pudiendo reducir costes y mejorar la excelencia de la empresa mediante una mejora continua en el proceso. (Pons Achell, 2014).

2.2.8.1 Clasificación de los desperdicios Lean

Según un estudio del *Construction Industry Institute* y el *Lean Construction Institute*, distribuyen y comparan el valor añadido, los desperdicios o despilfarros y las funciones de soporte en la industria de la fabricación y de la construcción, la cual se ve en la Figura 12.

Figura 12

Valor añadido y Despilfarro en la Construcción en comparación con la Fabricación, en Estados Unidos. Gráfico adaptado de Umstot, David; Fauchier, Dan (2017).



Nota: Tomado de Pons & Rubio, 2019



Como se puede observar, la industria de la construcción presenta un índice de desperdicios mucho más elevado de lo que presenta la industria de la fabricación o la industria manufacturera, estos desperdicios están resumidos en la Tabla 1, la cual presenta los 7 desperdicios de la industria de la construcción que no agregan valor y afectan a los procesos de las actividades de los proyectos incluyendo, además, el desperdicio del talento que fue definido por (Liker, Jeffrey & Meier, David, 2008).

Tabla 1

Los 8 desperdicios de la construcción.

Desperdicios	Descripción
Sobreproducción	Generar cantidades superiores a las necesarias o anticipar la producción antes de lo requerido, elaboración planos adicionales (poco prácticos, no esenciales o muy detallados); emplear equipos sofisticados cuando uno más sencillo sería adecuado y con una calidad que excede las expectativas.
Esperas o tiempo de inactividad	Pueden producirse retrasos, paradas o inactividad como consecuencia de diversos factores, como la falta de datos, información, especificaciones u órdenes, así como retrasos en la obtención de planos, materiales o equipos. Además, la espera de la finalización de una actividad anterior, los retrasos en la recepción de resultados de laboratorio, financiación o personal, y las dificultades de acceso a la zona de trabajo también pueden contribuir a los retrasos. Otros factores son la coordinación insuficiente, las discrepancias en los documentos de diseño, los retrasos en el transporte o en la entrega de equipos, la falta de coordinación entre cuadrillas, la escasez de equipos, las repeticiones de trabajo causadas por cambios y revisiones de diseño y los accidentes derivados de medidas de seguridad inadecuadas.
Transporte innecesario	Hace referencia a la movilización interna de los recursos (materiales, datos, etc.) en la obra. El problema se asocia sobre todo a una asignación inadecuada y una organización insuficiente de los flujos de material e información. Las desventajas son: menor productividad, despilfarro de recursos, desaprovechamiento del espacio y mayor riesgo de pérdida de material durante el transporte.



Sobreprocesamiento	Procedimientos adicionales implicados en la producción o instalación de componentes que dan lugar a una mayor utilización de materias primas, equipos, energía y otros recursos. También implica una mayor supervisión, como inspecciones intrusivas.
Exceso de inventario	La acumulación de excedentes de inventario, innecesarios o inoportunos, que provoca pérdidas de material. Esto indica la necesidad de más personal para gestionar el material sobrante y los gastos financieros relacionados con la adquisición prevista.
Movimientos innecesarios	Desplazamientos ineficientes realizados por los trabajadores durante sus labores. Uso de equipo inapropiado, métodos de trabajo poco efectivos o condiciones inadecuadas en el lugar de trabajo. Como consecuencia, se pierde tiempo y bajas laborales.
Defectos de calidad	La presencia de defectos de diseño, imprecisiones en mediciones y planos, discrepancias entre los planos de diseño y los planos estructurales o de instalación, utilización de procedimientos de trabajo inadecuados y empleo de trabajadores con formación insuficiente. Las principales ramificaciones incluyen la repetición de tareas y el descontento de los clientes.
Talento	Se desaprovechan tiempo, ideas, capacidades y oportunidades de progreso, y se pierden perspectivas de gran rendimiento por falta de motivación o por no hacer caso al personal. Esto puede atribuirse a un personal poco cualificado, con formación limitada, información insuficiente y falta de apoyo y recursos para la mejora continua y la resolución de problemas.

Nota: Tomado de Pons Achell, 2014

2.2.9 Last Planner System (LPS)

Last Planner System (LPS), es un método de gestión y control de proyectos de construcción desarrollado por Glenn Ballard y Greg Howell en los años 90, la cual, en comparación con los métodos tradicionales de planificación en la que normalmente el proyectista es el que realiza la planificación mediante un diagrama de Gantt, el LPS promueve una colaboración activa que involucra a todos los actores de la obra o también llamados ‘últimos planificadores’ para la toma de decisiones (Pons, Juan F., & Rubio, Iván, 2019).

El *último planificador* es aquella persona que se encarga de realizar y supervisar los trabajos realizados por una unidad de producción y asignar ese trabajo a campo; esta



función puede ser llevada por el contratista, por el proyectista, o incluso por el capataz de la cuadrilla, pues su función principal es transferir la planificación a todos los trabajadores de campo (Suárez Cabellos, 2019).

Last Planner System es un método de control que integra lo que debería hacerse, lo que puede hacerse y lo que se va a hacer y, consecuentemente, se decide qué y cuanto trabajo se va a realizar en las actividades siguientes, lo cual es establecido en un *master schedule* o ‘cronograma maestro’, en el cual se establecen los principales hitos del proyecto, tales como el inicio, la duración y el final de cada una (Ballard, 2000), permitiendo así que se reduzcan las brechas que existen entre lo que se planifica y lo que se ejecuta.

2.2.10 Procesos

2.2.10.1 Sectorización

La sectorización es la división relativamente equitativa del plano del proyecto, ya sea en 3D o 2D, denominándose cada división como sector (Buleje Revilla, 2012). Lo que se busca con esta división es generar metrados y rendimientos idénticos en cada uno de los sectores y, consecuentemente, las actividades se realizan de forma continua y sin muchas complicaciones haciendo que el flujo de trabajo sea productivo (Anaya Ayala & Inga Bereche, 2019).

2.2.10.2 Análisis costo-tiempo

Existen diferentes métodos para calcular un costo reducido y un menor tiempo para concluir un proyecto. Este modelo se denomina análisis de costo-tiempo, el cual consiste en dar aproximadamente un costo y tiempo óptimos, con respecto a los que se plantearon en un principio como parte del expediente técnico inicial.

Los modelos usados en este análisis contemplan el método de la ruta crítica dentro de su estructura, es decir, son extensiones de dicho método. El criterio se basa en las dimensiones del proyecto: tiempo, costo y alcance y la gestión de estos de acuerdo con la experiencia de las personas que supervisarán el trabajo.

Existen 2 métodos para el análisis costo-tiempo, que se detallan a continuación:

Método de aproximación de Siemens (SAM)

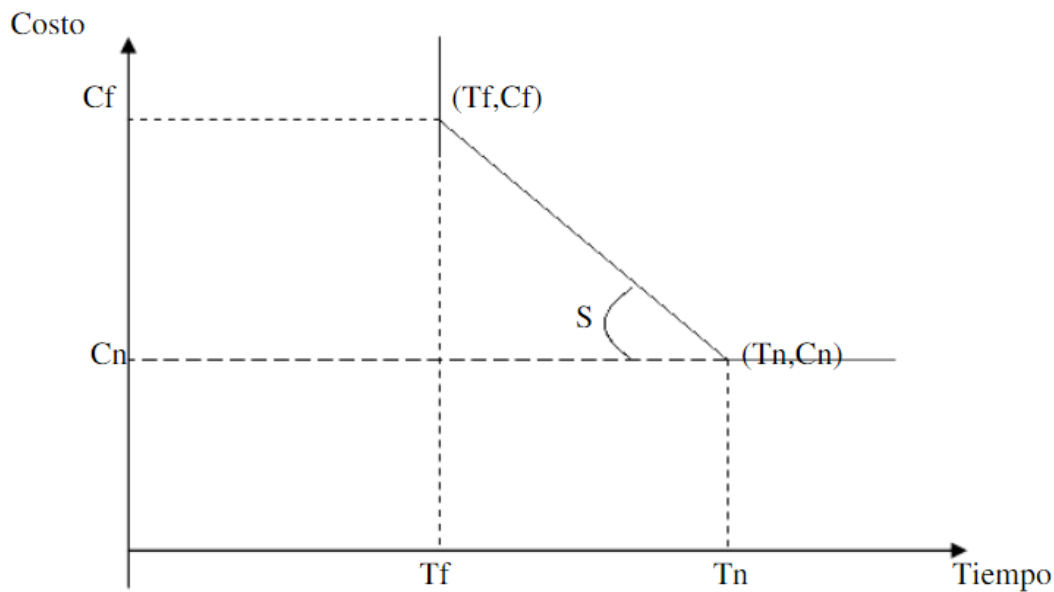
Esta herramienta determina el costo y tiempo óptimos para tomar decisiones como parte de la gestión del proyecto. Según Valdés, A. (2013) el procedimiento para la aplicación de este método de aproximación es:



- 1 Cimentar una red de actividades con tiempos adecuados.
- 2 Determinar las posibles rutas de la red y los tiempos de ejecución.
- 3 Determinar la duración deseada.
- 4 Determinar cuánto reducir cada ruta para cumplir con la restricción previa.

Figura 13

Análisis Costo-Tiempo



Nota: Tomado de Project Management Institute PMI® (2006)

2.3. Hipótesis

2.3.1 Hipótesis general

El análisis comparativo del sistema de gestión *Location Based Management System* (LBMS) basado en un modelo BIM 5D da resultados óptimos con respecto al método CPM en la gestión del costo y tiempo de una edificación en la especialidad de estructuras en la ciudad de Cusco.

2.3.2 Sub-hipótesis

Sub-hipótesis 01:

El tiempo total planificado realizado mediante el sistema de gestión *Location Based Management System* (LBMS) se reducirá respecto al planificado mediante el método CPM en la gestión del cronograma de una edificación en la especialidad de estructuras en la ciudad de Cusco.

Sub-hipótesis 02:



El presupuesto total planificado realizado mediante el sistema de gestión *Location Based Management System* (LBMS) se reducirá respecto al planificado mediante el método CPM en la gestión del costo de una edificación en la especialidad de estructuras en la ciudad de Cusco.

Sub-hipótesis 03

El modelo BIM 5D permite visualizar de manera concreta y más exacta los posibles problemas, dificultades e inconvenientes que generan retraso en la gestión de costo y cronograma de una edificación en la especialidad de estructuras en la ciudad de Cusco.

2.4. Definición de variables

2.4.1 Variables independientes

BIM 5D

Location Based Management System

2.4.2 Variables dependientes

Gestión del cronograma

Gestión del costo



2.4.3 Cuadro de operacionalización de variables

Denominación:	Tipo:	Indicador:	Unidad de medida:	Instrumento:	Dimensión:	Definición conceptual:
Sistema de gestión LBMS	Independiente	Rendimiento Metrados Identificación de interferencias de actividades <i>Look a head</i>	Horas/día Cant. de act. (Glb.) Horas Hombre (hh) Cantidad de producto	Líneas de flujo	Localización de actividades Cantidad de trabajo <i>Last Planner System</i>	Se refiere al proceso de ubicar dónde ocurren todas las tareas de una actividad, esto para aumentar la producción y la eficiencia de la planificación en obra.
Modelo BIM 4D/5D	Independiente	Modelo 3D Cronograma de obra	Días Nuevos Soles	<i>Autodesk Revit</i> <i>Navisworks</i> <i>Delphin express</i>	Planificación de obra Presupuesto de obra	Las actividades de la planificación y cronograma de obra.
Gestión del costo	Dependiente	Metrados Precios unitarios	Nuevos soles	Presupuesto analítico	Presupuesto del proyecto	Hace referencia a los recursos de costos indispensables que se requieren para lograr el alcance del proyecto.
Gestión del cronograma	Dependiente	Metrados Precios unitarios Rendimientos	Meses	Diagrama Gantt	Cronograma de obra	Se refiere a la planificación y proyección en el tiempo de todas las actividades definidas por el alcance del proyecto.



Capítulo III: Metodología

3.1. Metodología de la investigación

3.1.1 Enfoque de la investigación

Este estudio es de carácter cuantitativo, puesto que a partir de la necesidad de desarrollar nuevas herramientas y procesos que sean más eficientes, exactos y productivos — respecto a las metodologías tradicionales—se realizó un análisis comparativo entre estas metodologías tradicionales PERT/CPM y metodologías innovadoras como es la metodología LBMS (*Location-Based Management System*). Se tendrá como resultado reportes de consumo de los recursos principales, el tiempo en el que cada actividad se desarrolla, el presupuesto final, rendimientos y según ese análisis se sustentarán las hipótesis planteadas.

3.1.2 Nivel o alcance de la investigación

El trabajo de investigación se ha establecido en el nivel **Correlacional**, debido a que se pretende un pronóstico de variación y comparación entre las metodologías de análisis en la gestión del costo y cronograma de un proyecto en la ciudad de Cusco en las partidas de estructuras (Hernández Sampieri, Fernández, & Baptista, 2014).

3.1.3 Método de investigación

El tipo de investigación inductivo, puesto que mediante las observaciones realizadas de un caso particular en una edificación se desea extraer conclusiones de carácter general, cuya verdad o falsedad se desconoce inicialmente, y que se indagan mediante la presente investigación haciendo uso de la lógica inductiva, tomado como punto de inicio los procesos sistematizados y ordenados de la ingeniería civil.

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1 Diseño metodológico

El diseño metodológico de esta investigación es no experimental, debido a que no se manipula la naturaleza de las variables dependientes e independientes, y solo se analiza la información y se compara para demostrar las hipótesis planteadas (Ibid.).

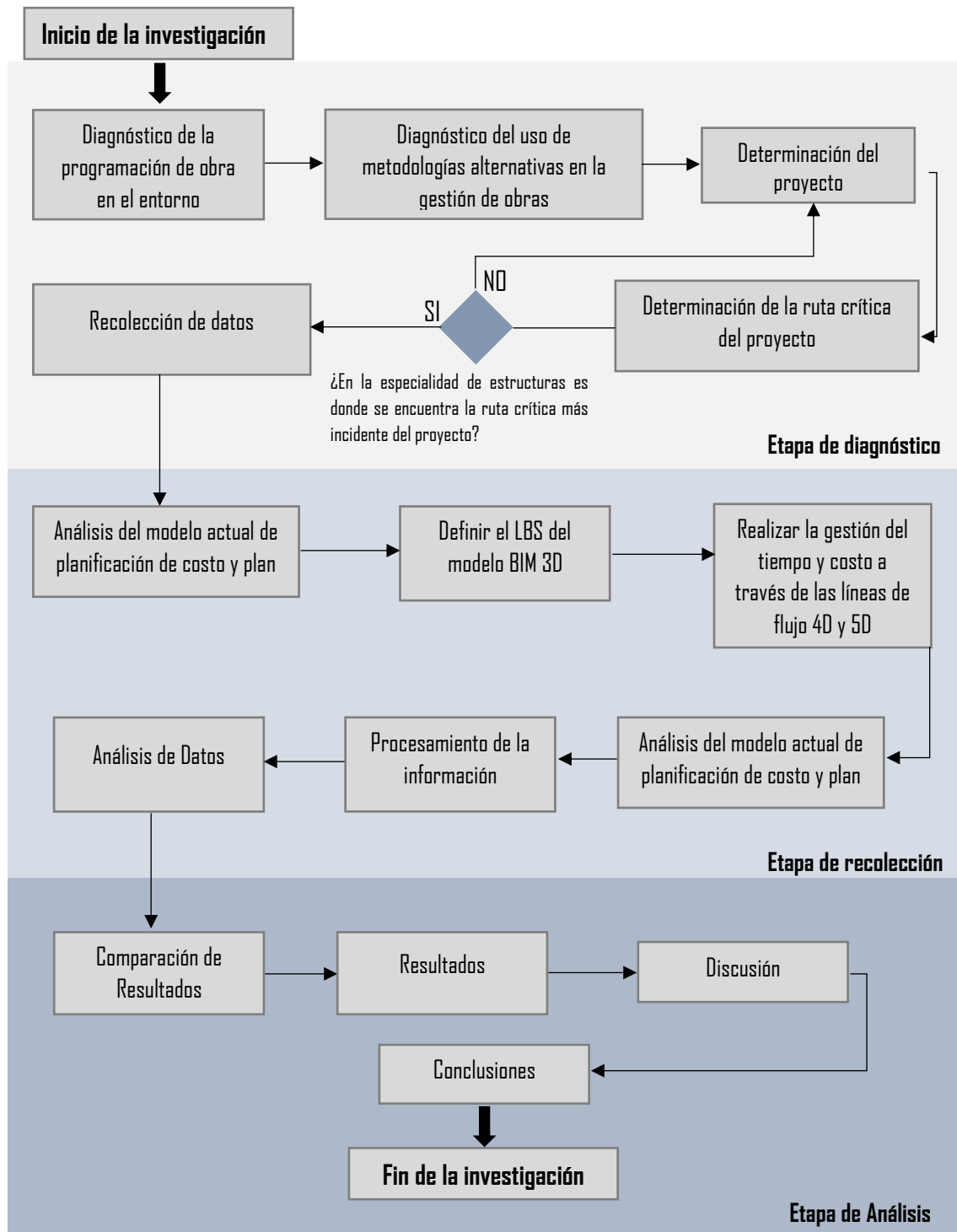


3.2.2 Diseño de ingeniería

Figura 14

Diseño de Ingeniería

“Análisis comparativo del sistema de *Gestión Location Based Management System (LBMS)* basado en un modelo BIM 5D y el método CPM en la gestión del costo y cronograma de una edificación en la especialidad de estructuras”





3.3. Población y muestra

3.3.1 Población

3.3.1.1 Descripción de la población

La población lo conforma todas las partidas consideradas para la construcción de la edificación Vivienda Multifamiliar “Residencial Altos del Parque”, las cuales hayan sido planificadas y controladas mediante las metodologías tradicionales PERT/CPM.

3.3.1.2 Cuantificación de la población

La población estará determinada por todas las partidas que están definidas en la Norma Técnica – Metrados para obras de edificación y habilitaciones urbanas, siendo en total 467 partidas.

3.3.2 Muestra

3.3.2.1 Descripción de la muestra

La muestra está compuesta por todas las partidas para obras de edificación de la especialidad de estructuras definidas en la Norma Técnica – Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas, las cuales hayan sido planificadas y controladas mediante las metodologías tradicionales PERT/CPM.

3.3.2.2 Cuantificación de la muestra

La muestra estará definida por todas las partidas de la especialidad de estructura que están definidas en la Norma Técnica – Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas, siendo en total 149 partidas.

3.3.2.3 Método de muestreo

Se usará el método de muestreo no probabilístico, porque se consideran las partidas más incidentes en la ruta crítica siendo estas, todas las partidas de la especialidad de estructuras definidas en la Norma Técnica – Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas.

3.3.2.4 Criterios de evaluación de muestra

La evaluación de la muestra se realizó mediante la planificación y control de obras utilizando el diagrama de Gantt y la cadena CCM, estos a su vez, son comparados con la planificación y control de obras aplicando líneas de flujo, de tal manera que se llega a aceptar o rechazar las hipótesis planteadas en una edificación en Cusco en la especialidad de estructuras.



3.3.3 Criterios de inclusión

- El criterio de inclusión en la muestra fue que el desarrollo del proyecto se haya programado y planificado bajo las metodologías tradicionales CPM.
- El criterio de inclusión para el análisis de la etapa constructiva a comparar está dado por todas las partidas que más inciden en la ruta crítica.
- Considerar todas las partidas que se encuentran descritas en la Norma Técnica – Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas de la especialidad con más incidencia dentro de esta ruta crítica.

3.4. Instrumentos

3.4.1 Instrumentos metodológicos o instrumentos de recolección de datos

Instrumentos de documentación

Los instrumentos utilizados en esta investigación, de los cuales se hizo un análisis y procesamiento de datos, son los siguientes:

- Diagrama Gantt
- Curva S
- Líneas de Flujo

3.4.2 Instrumentos de ingeniería

- Modelo 3D, realizado con el software Autodesk Revit 2021[®]. Este software sirve para plasmar el alcance de un proyecto y tener toda la información, con base en la metodología BIM.
- Modelo 4D, realizado con el software VICO Office[®]. Este software sirve para gestionar el modelo 3D, ver las interferencias del proyecto y hacer una simulación del tiempo probable que puede demorar el proyecto.
- Modelo 5D, realizado con el software VICO Office[®].
- Una programación mediante líneas de flujo procesado con la ayuda del software VICO Office[®].
- Microsoft Project 2016[®], esta herramienta sirve para realizar la programación de obra mediante la metodología PERT/CPM.

3.5. Procedimiento de recolección de datos

3.5.1 Descripción general del proyecto

3.5.1.1 Información general del proyecto

La edificación denominada edificio multifamiliar «Residencial Altos del Parque», es el caso de estudio para la presente investigación, a cargo de la empresa constructora «REC



Asociados SAC», la que tendrá la entera responsabilidad en el diseño, ejecución, programación y control del proyecto. Esta es una obra residencial ubicada en la calle Los Cipreses N-9, Urbanización Huancaro, distrito de Santiago, departamento de Cusco, teniendo un área propia de terreno de 300 m² y el área construida de 1800 m². La edificación está comprendida por 2 sótanos y 9 pisos.

La presente investigación abarca el alcance de la obra considerando desde la etapa de construcción de estructuras de sostenimiento, construcción de elementos de la subestructura y la construcción de la superestructura.

3.5.1.2 Información por actividades según etapa constructiva

3.5.1.2.1 Estructuras de sostenimiento

Esta etapa será comprendida por las siguientes actividades:

Movimiento de tierras – Comprende las actividades de excavación masiva, acarreo, eliminación y perfilado del volumen de tierra que será retirado para la construcción de la cimentación, de acuerdo con el diseño estructural y geotécnico.

Calzaduras – Estas estructuras de sostenimiento se elaborarán en el perímetro colindante del terreno a construir con la finalidad de reforzar las cimentaciones de las edificaciones colindantes y de este modo evitar deslizamientos de taludes al momento de realizar los movimientos de tierra. Esta actividad implica el perfilado, vaciado, encofrado y desencofrado de la forma de la calzada, definidas en los planos de estructuras – calzaduras. Esta estructura será de concreto ciclópeo con un concreto de $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$.

3.5.1.2.2 Subestructuras

Esta etapa constructiva está comprendida de las siguientes actividades:

Plata de cimentación – El tipo de cimentación diseñada para la edificación en su totalidad es una platea de cimentación definida a una profundidad de N.F.C. -5.60m. Esta estructura abarca toda la superficie del terreno del proyecto con un espesor de 0.45m.

Esta estructura será de concreto armado premezclado de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y una malla doble de acero grado 60 con un $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$.

Muros de contención – Elemento de concreto armado diseñado para soportar el empuje activo provocado por el subsuelo adyacente.



Esta estructura será de concreto armado premezclado de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y una malla doble de acero grado 60 con un $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$.

3.5.1.2.1 Superestructura

Esta etapa constructiva estará comprendida por las siguientes actividades:

Elementos verticales – Constituidos por las placas y las columnas. Esta estructura será de concreto armado premezclado de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y una estructura armada de acero grado 60 con un $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$.

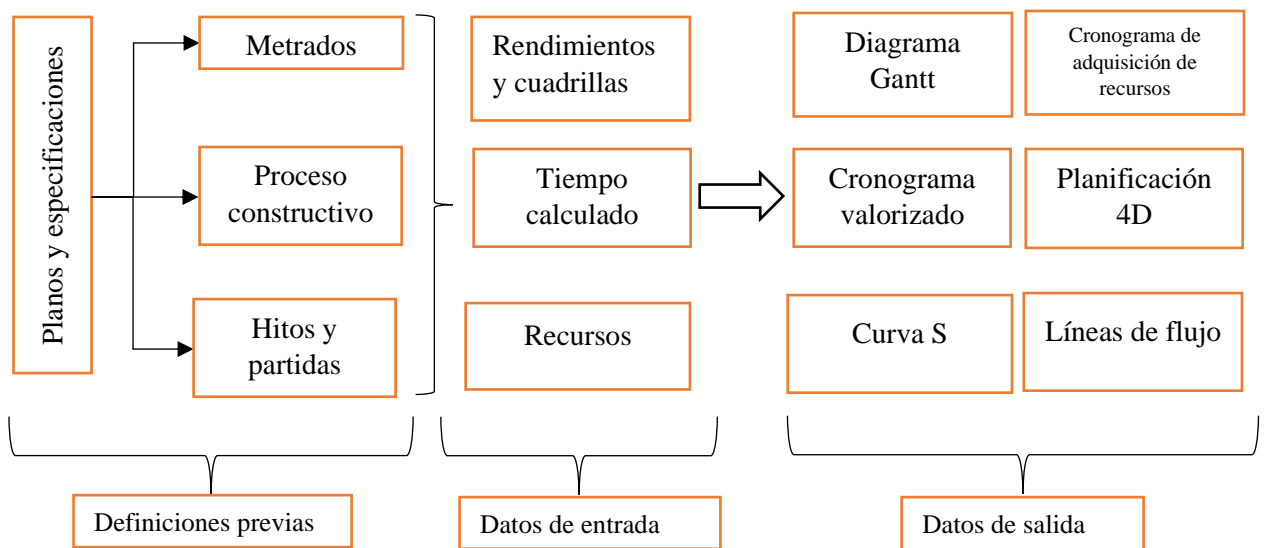
Elementos horizontales - Constituidos por las vigas, losas aligeradas y losas macizas. Esta estructura será de concreto armado premezclado de $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ y una estructura armada de acero grado 60 con un $f_y=4200 \text{ kg/cm}^2$.

3.5.2 Flujo de trabajo de la gestión del cronograma

3.5.2.1 Flujo de trabajo en la gestión del cronograma

Figura 15

Flujo de Trabajo de la Gestión del Cronograma

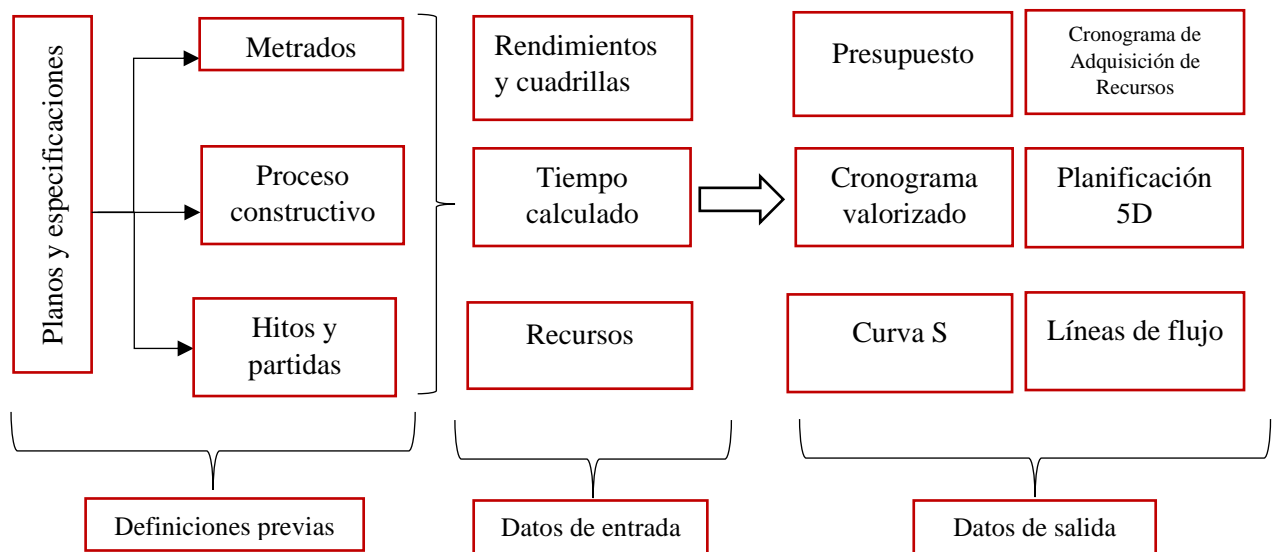


Nota: Adaptado de Suárez J. (2019)

3.5.2.2 Flujo de trabajo en la gestión del costo

Figura 16

Flujo de Trabajo en la Gestión del Costo



Nota: Adaptado de Suárez J. (2019)

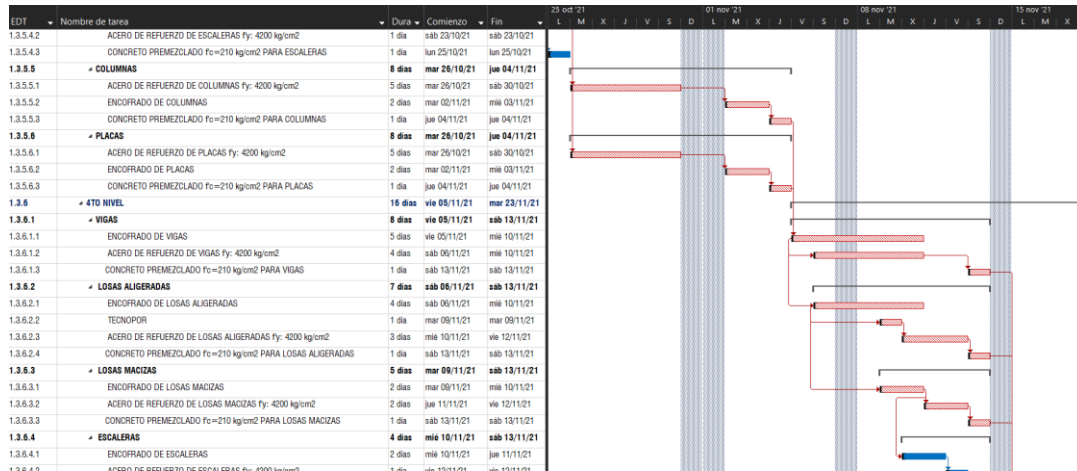
3.5.3 Recolección de datos de cronograma CPM

Para la recolección de los datos de los plazos determinados del proyecto se utilizó el diagrama Gantt del expediente técnico realizado bajo la método CPM, del cual se extrae la ruta crítica del mismo evidenciados en barras de color rojo, sin embargo, se puede observar que las dependencias y la ubicación de cada partida no son muy distinguibles, lo que dificulta la lectura del cronograma y no se puede seguir con claridad la secuencia de que deben seguir las actividades, asimismo, es muy probable que existan partidas desconectadas de la red. Para la presente investigación se utilizan todas las partidas correspondientes a la especialidad de estructuras.

Se procedió a tomar de referencia la programación de obra realizada por la empresa **Constructora REC Asociados S.A.C.**, la cual contiene el tiempo total de la ejecución de obra proyectada para la construcción del proyecto, esta información fue fundamental, ya que con esta se realizó el análisis comparativo, donde una de la hipótesis se basaba en la reducción del tiempo programado en el expediente técnico original. La figura de la programación inicial se muestra en la Figura 17.



Figura 17
Extracto del Diagrama Gantt del proyecto



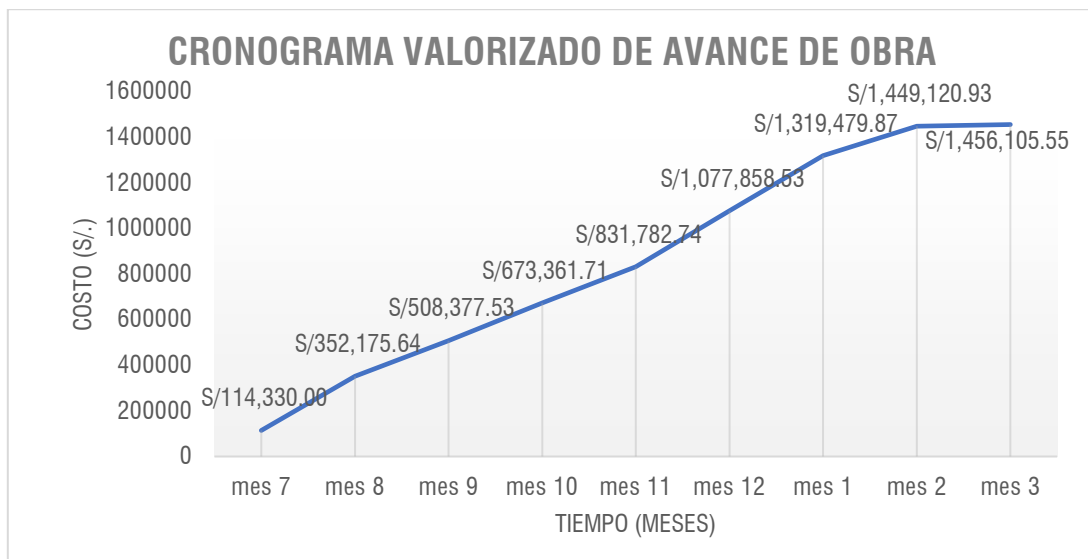
Nota: Tomado de Expediente Técnico "Altos del Parque"

3.5.4 Recolección de curva S del proyecto

Para la definición de la tasa de producción o la velocidad del avance del proyecto se realiza una curva de producción. Lo que representa esta curva es el avance acumulado del proyecto a través del tiempo, relacionando unidades de producción en el eje "y", contra unidades de tiempo en el eje "x", la cual es llamada "Curva S".

Este documento es importante analizar, ya que en éste se detallan los montos de dinero en un período de tiempo, en este caso, la curva S que se muestra en la Figura 18, detalla los montos de la especialidad de estructuras, que es nuestro foco de estudio.

Figura 18
Curva S de la especialidad de estructuras de la Residencial "Altos del Parque"



Nota: Tomado de Expediente Técnico "Altos del Parque"



3.5.5 Recolección de datos de presupuesto CPM

Se analizará el contenido del expediente técnico original. Para ello se extrae el árbol de partidas de la especialidad de estructuras, este árbol de partidas se muestra a continuación en la Tabla 2. Así también los recursos y los costos estimados son extraídos del presupuesto del expediente técnico, y los rendimientos y las cuadrillas son tomadas sobre la base del Análisis de Precios Unitarios (APU) de cada partida, como se muestra en la Tabla 3. En el Anexo 3, se muestra el presupuesto de la especialidad de estructuras, dentro del expediente técnico original del proyecto.

Tabla 2

Árbol de partidas de la especialidad de estructuras del proyecto

ESTRUCTURA	
1.	ESTRUCTURAS
1.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS
1.1.1	EXCAVACIONES
1.1.1.1	EXCAVACIÓN MASIVA DE TERRENO CON EQUIPO PESADO
1.1.2	RELLENOS
1.1.2.1	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO
1.1.3	NIVELACIÓN DEL TERRENO
1.1.3.1	ENROCADO
1.1.3.2	PERFILADO
1.2	OBRAS DE CONCRETO SIMPLE
1.2.1	SOLADOS
1.2.1.1	SOLADO PARA LOSA DE CIMENTACIÓN $e=0.10$ m C:H 1:12
1.2.2	FALSO PISO
1.2.2.1	FALSO PISO. CONCRETO C:H 1:8 h=0.10m
1.2.3	CALZADURAS
1.2.3.1	EXCAVACIÓN DE CALZADURAS
1.2.3.2	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CALZADURAS
1.2.3.3	CONCRETO PARA CALZADURAS C:H 1:12 c/ MEZCLADORA
1.3	OBRAS DE CONCRETO ARMADO 1,299,257.31
1.3.1	PLATEA DE CIMENTACIÓN
1.3.1.1	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210$ kg/cm ² PARA PLATEA
1.3.1.2	ACERO DE REFUERZO DE PLATEA $f_y: 4200$ kg/cm ²
1.3.2	VIGAS DE CIMENTACIÓN
1.3.2.1	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210$ kg/cm ² PARA VIGA DE CIMENTACIÓN
1.3.2.2	ACERO DE REFUERZO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN $f_y: 4200$ kg/cm ²
1.3.2.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGA DE CIMENTACIÓN
1.3.3	PLACAS
1.3.3.1	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210$ kg/cm ² PARA PLACAS
1.3.3.2	ACERO DE REFUERZO DE PLACAS $f_y: 4200$ kg/cm ²
1.3.3.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PLACAS
1.3.4	COLUMNAS
1.3.4.1	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210$ kg/cm ² PARA COLUMNAS
1.3.4.2	ACERO DE REFUERZO DE COLUMNAS $f_y: 4200$ kg/cm ²
1.3.4.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS
1.3.5	VIGAS
1.3.5.1	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210$ kg/cm ² PARA VIGAS
1.3.5.2	ACERO DE REFUERZO DE VIGAS $f_y: 4200$ kg/cm ²
1.3.5.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS
1.3.6	LOSAS ALIGERADAS
1.3.6.1	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c=210$ kg/cm ² PARA LOSAS ALIGERADAS
1.3.6.2	ACERO DE REFUERZO DE LOSAS ALIGERADAS $f_y: 4200$ kg/cm ²
1.3.6.3	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS
1.3.6.4	TECNOPOR



1.3.7	LOSAS MACIZAS
1.3.7.1	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ PARA LOSAS MACIZAS
1.3.7.2	ACERO DE REFUERZO DE LOSAS MACIZAS $f_y: 4200 \text{ kg/cm}^2$
1.3.7.3	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS
1.3.8.	ESCALERAS
1.3.8.1	CONCRETO PREMEZCLADO $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ PARA ESCALERAS
1.3.8.2	ACERO DE REFUERZO DE ESCALERAS $f_y: 4200 \text{ kg/cm}^2$
1.3.8.3	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE ESCALERAS
1.4	ESTRUCTURAS METÁLICAS
1.4.1	ESTRUCTURAS METÁLICAS

Tabla 3

Rendimientos y cuadrillas por actividad

PARTIDAS	ELEMENTOS	RENDIMIENTO PROM	UNIDAD	CUADRILLAS
ACERO	Platea	500	kg/dia	1op 1of 1pe
	Vigas de Cimentación	300	kg/dia	1op 1of 1pe
	Placas y columnas	250	kg/dia	1op 1of 2pe
	Horizontales (Losa aligerada/losa maciza/vigas/Rampa/Tapa Cisterna)	200	kg/dia	1op 1of 1pe
	Muros Cisterna	250	kg/dia	1op 1of 2pe
	Escalera	250	kg/dia	1op 1of 1pe
	Cisterna	250	kg/dia	
CONCRETO	Calzaduras	20	m3/dia	2op 2of 2 pe
	Platea	65	m3/dia	2op 1of 4 pe
	Vigas de Cimentación	60	m3/dia	2op 2of 1pe
	Horizontales (Losa aligerada/losa maciza/vigas/Rampa/Tapa Cisterna)	50	m3/dia	2op 2of 5pe
	Verticales (Muros Perimetrales/Columas/placas)	25	m3/dia	2op 1of 4pe
	Escaleras	30	m3/dia	1op 1of 3pe
	Muros Cisterna	25	m3/dia	2op 1of 4pe
ENCOFRADO	Calzaduras	25	m2/dia	2of 1pe
	Platea y Vigas de Cimentacion	10	m2/dia	1op 1of 2pe
	Placas y columnas	20	m2/dia	1op 1of 2pe
	Muros de contencion	24	m2/dia	1op 1of 2pe
	Horizontales (Losa aligerada/losa maciza/vigas/Rampa/Tapa Cisterna)	20	m2/dia	1op 1of 2pe
	Escaleras	15	m2/dia	2of 1pe
	Muros Cisterna	20	m2/dia	1op 1of 2pe
OTROS	Relleno	18	m3/dia	1 op liv 5 pe
	Solado	200	m2/dia	2op 2of 1pe
	Falso piso	110	m2/dia	2op 1of 6pe
	Excavacion Masiva	350	m3/dia	2op liv 2pe
	Excavacion calzaduras	20	m3/dia	2of 2 pe
	Enrocado	10	m3/dia	1op 2 pe
	Perfilado	5	m2/dia	1 of 2 pe

Sin embargo, estos rendimientos y cuadrillas son referenciales debido a que será actualizado conforme se avance con la obra.

3.5.6 Ratios de acero

Según Suárez Cabellos, 2019, para suplir la deficiencia del software Vico Office® de no poder reconocer los elementos de acero, se deberán determinar estas cantidades de forma indirecta en el programa a través de ratios de acero, que relaciona la cantidad de acero en kilogramos que hay por cada metro cúbico de concreto por cada elemento, esto se obtuvo a través de las cantidades del presupuesto del expediente técnico, esto lo observamos en la Tabla 4, que se muestra a continuación.



Tabla 4

Ratios de acero por elemento

Elemento	Concreto (m3)	Acero (kg)	Ratio acero (kg/m3)
Platea	106.44	7514.22	70.60
Vigas de cimentación	49.43	361.9	7.32
Placas	120.23	7611.43	63.31
Columnas	160.94	32179.63	199.95
Vigas	251.38	28133.25	111.92
Losas aligeradas	112.03	11227.19	100.22
Losas macizas	49.22	5776.77	117.37
Escaleras	20.03	1575	78.63

Se hizo un análisis de ratios, según el volumen de concreto, por elemento, esto siendo comparado con el metrado real de acero de la estructura, dando resultados similares, pero sobre todo este procedimiento nos ayuda a usar el software, ya que no entiende de modelado de acero, pero esta información se puede añadir como información de recursos, y costo para cada elemento. Esto hace que los datos no sean exactos, pero de igual manera son necesarios y aproximados para generar una planificación optima.

3.5.7 Realización de modelado 3D

La información del proyecto está englobada en un modelamiento 3D de toda la especialidad de estructuras, de donde se obtendrá la información para generar costos y presupuestos en función a una metodología BIM.

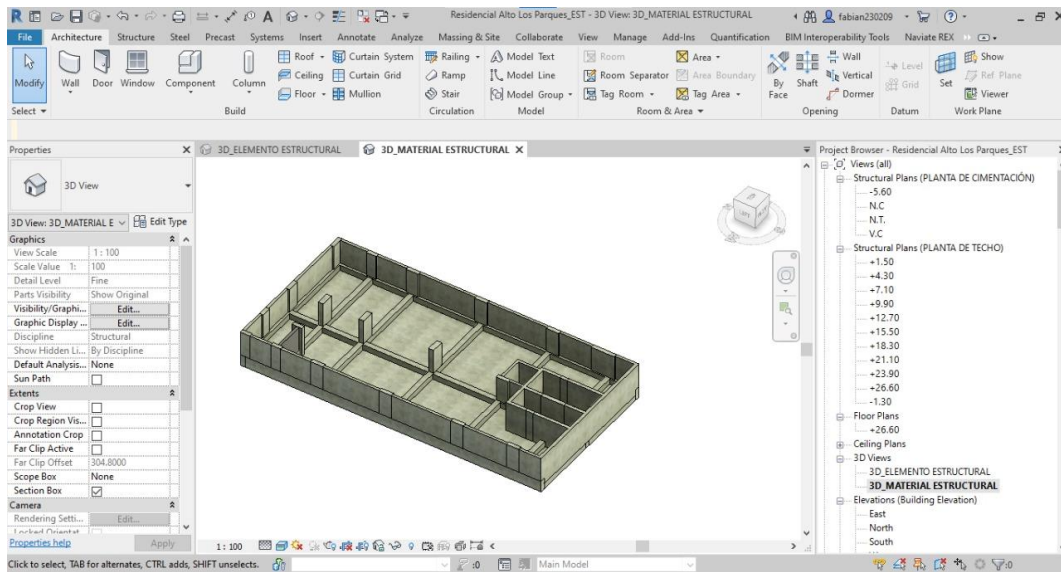
Este modelamiento 3D, como ya se mencionó, fue realizado mediante el software *Autodesk Revit 2021®*. Cabe resaltar que el software que se utilizó para el modelo 4D-5D (*Vico office*), no reconoce los elementos de refuerzo que se modelen en el software Revit; en cambio, se utilizaron ratios (los cuales reemplazan este modelamiento de acero que no sería compatible) en función de los metros cúbicos de concreto de la edificación y el acero metrado de los planos del expediente técnico a los cuales reemplazan.

3.5.7.1 Descripción del modelamiento 3D

Siguiendo las consideraciones de los planos en el expediente se modeló la subestructura (vigas y platea de cimentación) y la superestructura (columnas, placas, vigas y losas), los cuales se muestran en las figuras 19 y 20.

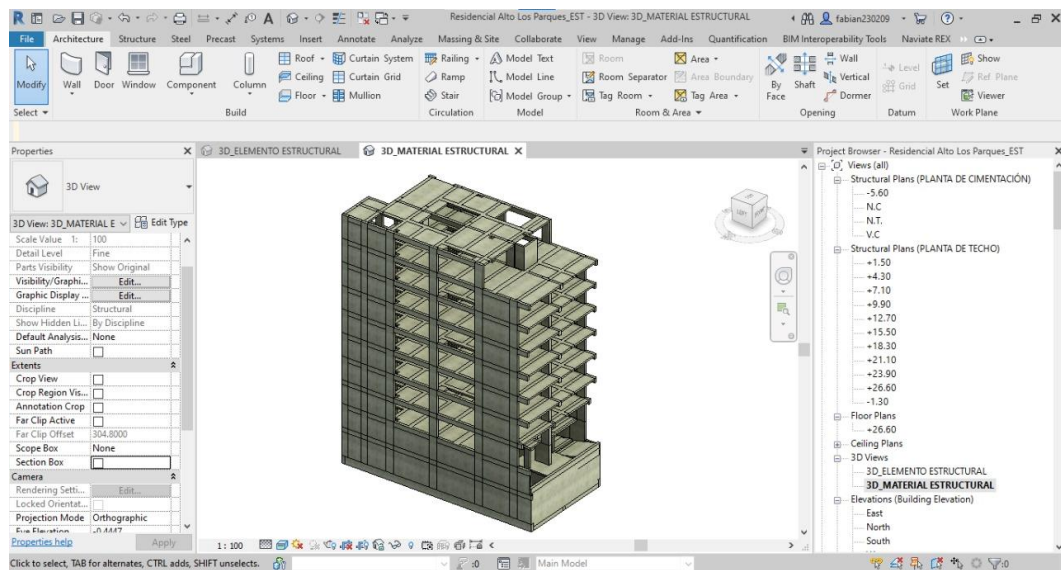


Figura 19
Modelamiento 3D de subestructura Autodesk Revit 2021®



Nota: Tomado del software Autodesk Revit 2021

Figura 20
Modelamiento 3D de superestructura Autodesk Revit 2021®

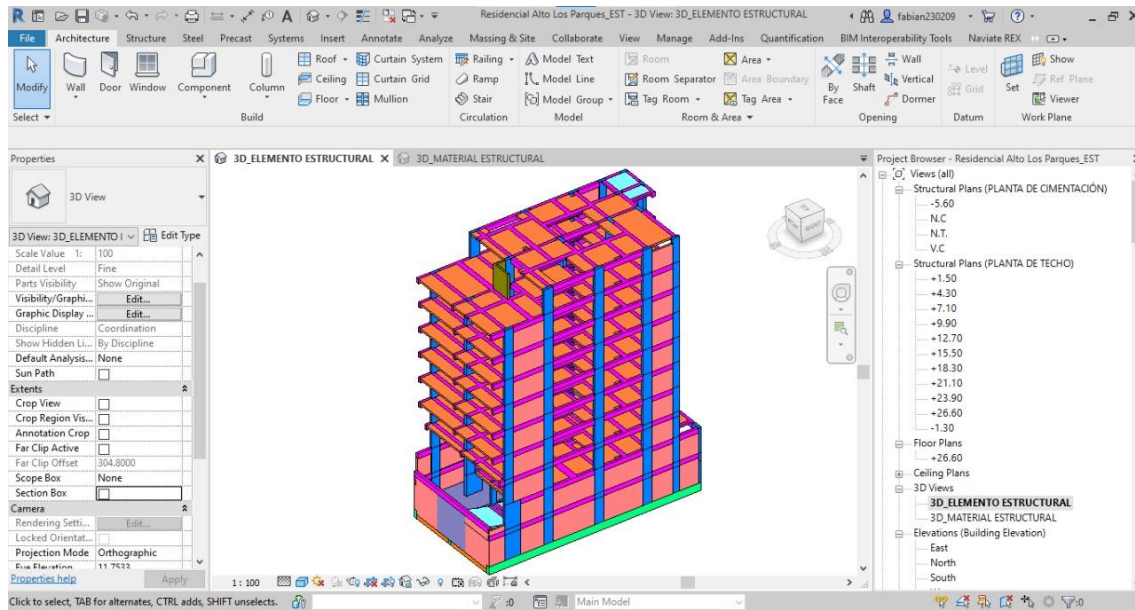


Nota: Tomado del software Autodesk Revit 2021

En la figura 21 se modelaron los elementos de tal manera que se puedan diferenciar cada elemento estructural así; por ejemplo, las columnas y placas se representan con un color azul y las losas con un color naranja, de modo que el LBS debe estar incluido en el modelo 3D. Esta visualización nos ayudará a que el desglose de ubicaciones o sectores sea más preciso para incluirlo en el modelo BIM 4D-5D.

Figura 21

Modelado 3D, sectorizado por tipos de elementos estructurales



Nota: Tomado de software Autodesk Revit 2021

3.6. Análisis de datos

3.6.1 Identificación de los LBS

Realizado el modelado 3D de la edificación, se procede con la conformación y/o identificación del *Location Breakdown Estructure* (LBS), el cual es una etapa fundamental en la planificación bajo el sistema de gestión *Location Based Management System* (LBMS), ya que influye directamente en la cantidad de trabajo, en la cantidad de recursos y las relaciones lógicas, para esto se seguirán las siguientes recomendaciones de Kenley y Seppanen (2010):

- Las locaciones de las jerarquías más altas son elegidas de tal manera que estas sean posibles de construir independientemente de las otras secciones.
- Las jerarquías de los niveles medios se definirán, de tal modo que busquen la planificación del flujo de actividades, por ejemplo: los pisos de una residencial pueden ser considerados en esta jerarquía, puesto que un piso debe ser finalizado antes de pasar al siguiente.
- Las jerarquías más bajas son consideradas aquellas en las cuales solo se puede realizar una operación en el área, así como detalles y acabados, por ejemplo, apartamentos, corredores, etcétera.

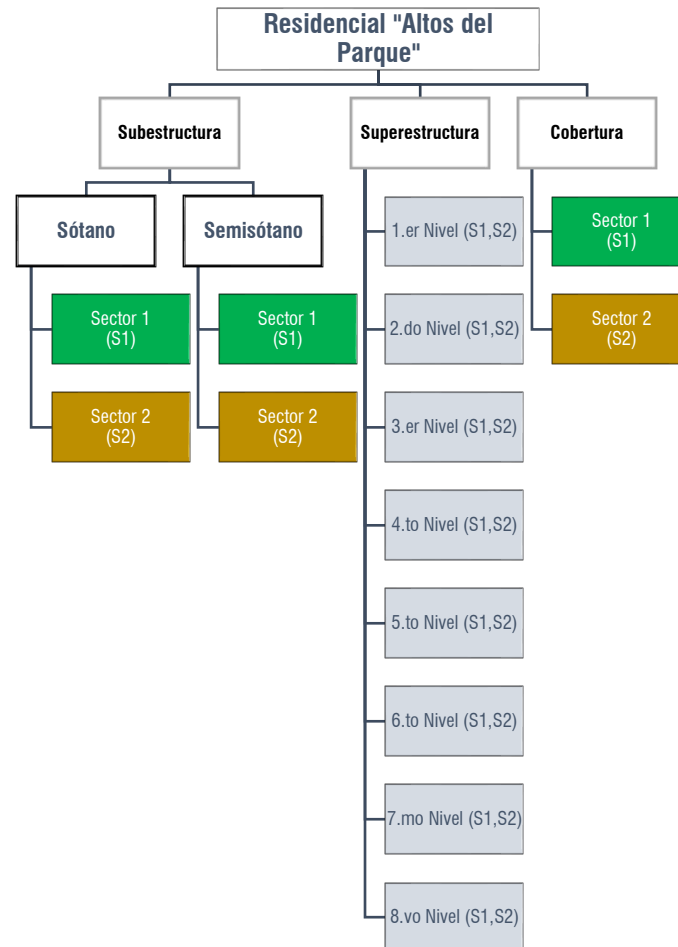
Según la experiencia de los planificadores bajo esta metodología se recomienda que como máximo hayan solo 6 niveles de jerarquía (Kenley & Seppänen, 2010).

3.6.1.1 Identificación del *Location Breakdown Structure* (LBS)

Para definir la estructura de desglose por locaciones o *Location Breakdown Structure* (LBS), se optó por dividir la edificación en 3 distintas etapas (subestructura, superestructura y cobertura), las cuales son diferentes entre sí, y en sus jerarquías más bajas se definieron configuraciones similares. Esto se puede observar en la figura 22.

Figura 22

Location Breakdown Structure adoptada del proyecto



3.6.1.2 Procedimiento de sectorización del modelo del proyecto

Las actividades principales y globales del proyecto en la especialidad de estructuras son repetitivas, por lo que el LBS puede ser fraccionado tan solo por niveles, también se recomienda ponerlo a un nivel más detallado, como fraccionar esos niveles en sectores, con el fin de conseguir la máxima economía del trabajo, recurrir a menos traslados de recursos y de cuadrillas, consiguiendo a su vez volúmenes de trabajo similares en todos los frentes de trabajo, así como la seguridad y satisfacción de los trabajadores. (Orihuela & Esteves, 2013). A su vez entendiendo que la sectorización del tren de trabajo se hace



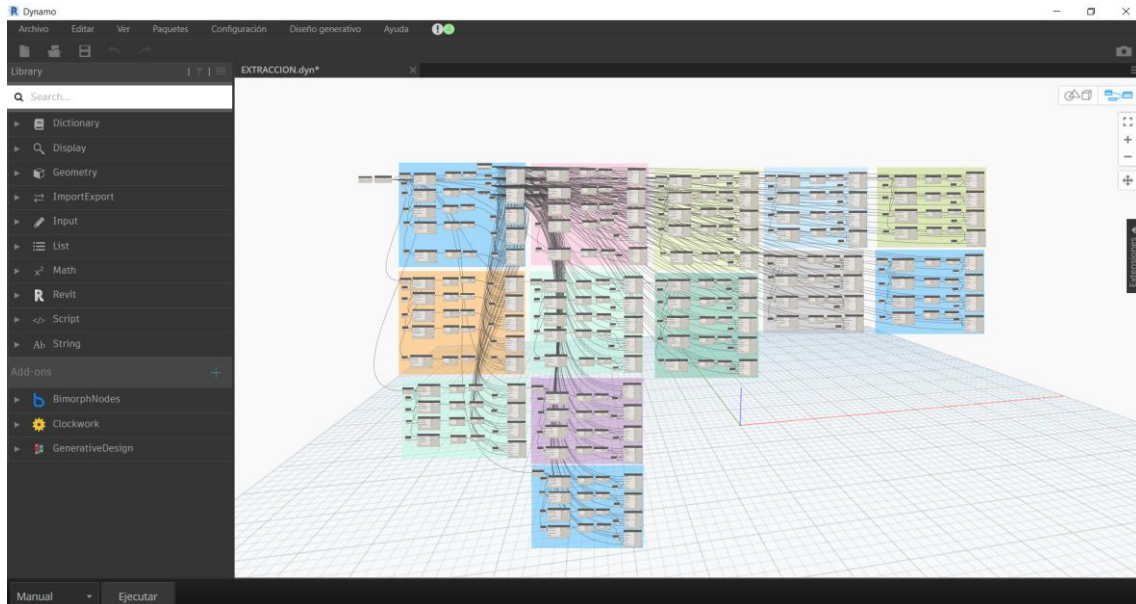
balanceando la igualdad de trabajo, como se tiene una disposición y presupuestación de vaciado de concreto con la ayuda de bombas de mixer. Se podrá vaciar mayores cantidades de concreto y por ende el avance será más rápido, es por ello por lo que se optó por esta cantidad de sectores.

Es así como en la presente investigación se optó por considerar dos sectores, ya que nos proporciona el mismo volumen de trabajo en los dos sectores, las distancias recorridas de los recursos y cuadrillas son mínimos, dando como resultado un flujo de actividades continuo.

Para definir los sectores, se procedió a sectorizar el proyecto, a través de una programación en *Dynamo* (Figura 23) que permite extraer los metrados de los diferentes sectores definidos del modelo 3D en el software *Revit* 2021. De tal manera que, a través de diferentes iteraciones los metrados de los sectores definidos sean idénticos como se muestra en la Tabla 5 y Tabla 6, la cual va a permitir definir adecuadamente el flujo de trabajo y el uso de recursos por ubicación definida dentro de los LBS.

Figura 23

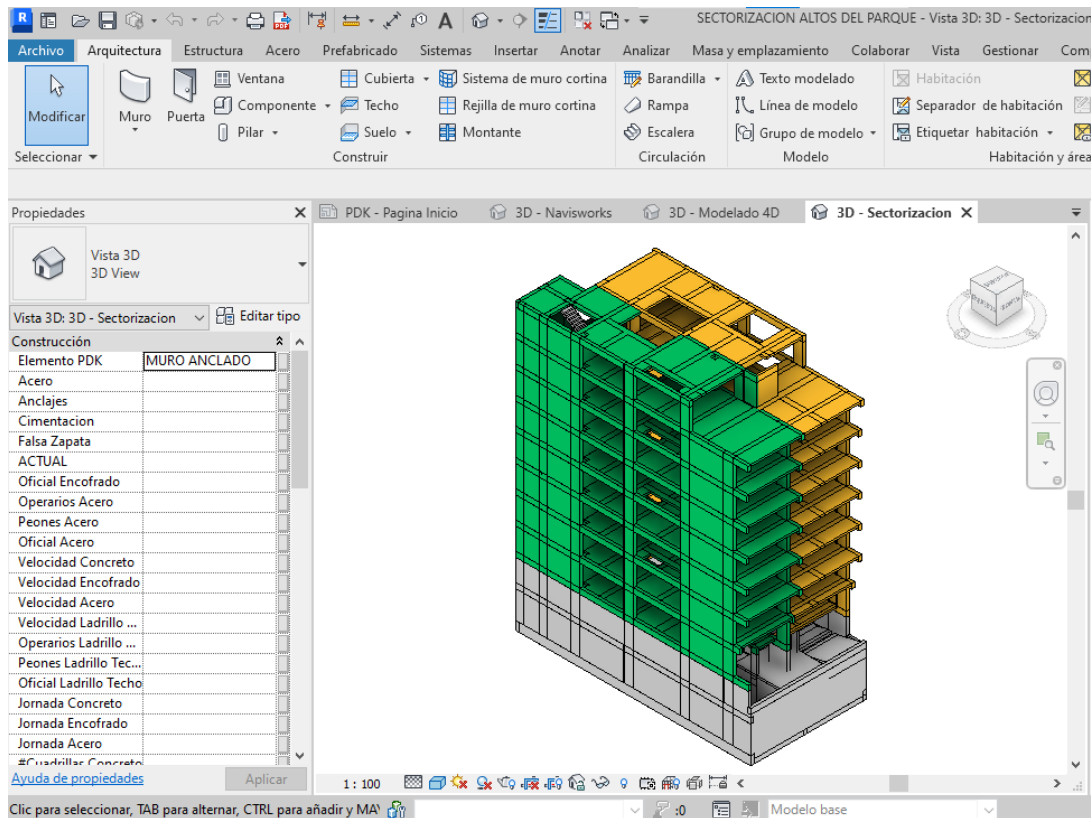
Programación de sectorización y metrados en Dynamo – Revit 2021®



Nota: Tomado de software *Dynamo - Autodesk Revit 2021®*



Figura 24
Sectorización prueba en Revit



Nota: Tomado de software *Autodesk Revit 2021*

En base a la metodología *Lean Construction*, se tiene que el flujo de trabajo viene de una distribución de cantidad de trabajo similares por jornada, esto para mantener el rendimiento máximo de la mano de obra y para la utilización de los recursos de manera fluida. En las tablas 5 y 6, se especifica la distribución de la cantidad de trabajo que se realizó con el software *Revit 2021*®, con la ayuda del software *Dynamo*. Como se puede observar se debe tener un porcentaje mínimo del 20%, entre los sectores que se hayan definido, iterando y llegando a respetar ese porcentaje se puede aceptar como definitivo tal sectorización.



Tabla 5

Verificación de sectorización balanceada según la metodología LEAN de planta típica

	TOTAL	SECTOR	Δ SECTOR 1	Δ SECTOR 2
Encofrado de columnas	102.15	51.08	7.5 %	-7.5 %
Encofrado de placas	93.59	46.80	15.8 %	-15.8 %
ENCOFRADO DE VERTICALES	195.74	97.87	11.4 %	-11.4 %
Encofrado de costado de vigas	92.62	46.31	-5.3 %	5.3 %
Encofrado de fondo de vigas	54.16	27.08	-10.3 %	10.3 %
Apuntalamiento prelosa 1D	148.05	74.03	-18.1 %	18.1 %
Apuntalamiento prelosa maciza	11.41	5.71	100.0 %	-100.0 %
ENCOFRADO DE HORIZONTALES	306.24	153.12	3.5 %	8.5 %
Colocación de prelosa	159.46	79.73	-9.7 %	9.7 %
COLOCACIÓN DE PRELOSA	159.46	79.73	-9.7 %	9.7 %
Concreto de columnas	16.25	8.13	0.2 %	-0.2 %
Concreto de placas	9.06	4.53	12.8 %	-12.8 %
CONCRETO DE VERTICALES	25.31	12.66	4.7 %	-4.7 %
Concreto de vigas	84.34	42.17	-6.9 %	6.9 %
Concreto prelosa aligerada 1D	11.10	5.55	-18.1 %	18.1 %
Concreto prelosa maciza	0.87	0.44	100.0 %	-100.0 %
Concreto de losa maciza	4.47	2.24	-100.0 %	-100.0 %
CONCRETO DE HORIZONTALES	100.78	50.39	-5.2 %	2.5 %

Tabla 6

Distribución de metrados equivalentes para sectorización de actividades para planta típica

		SECTOR 1	SECTOR 2	TOTAL
PLANTA TÍPICA 1	Encofrado de columnas	54.90	47.25	102.15
	Encofrado de placas	54.17	39.42	93.59
	ENCOFRADO DE VERTICALES	109.07	86.67	195.74
	Encofrado de costado de vigas	43.86	48.76	92.62
	Encofrado de fondo de vigas	24.29	29.87	54.16
	Apuntalamiento prelosa 1D	60.60	87.45	148.05
	Apuntalamiento prelosa 2D	0.00	0.00	0.00
	Apuntalamiento prelosa maciza	11.41	0.00	11.41
	Encofrado de losa maciza	0.00	0.00	0.00
	Encofrado escalera	18.32	0.00	26.46
	ENCOFRADO DE HORIZONTALES	158.48	166.08	332.70
	Colocación de prelosa	72.01	87.45	159.46
	COLOCACIÓN DE PRELOSA	72.01	87.45	159.46
	Concreto de columnas	8.14	8.11	16.25
	Concreto de placas	5.11	3.95	9.06
	CONCRETO DE VERTICALES	13.25	12.06	25.31



	Concreto de vigas	39.26	45.08	84.34
	Concreto prelosa aligerada 1D	4.55	6.56	11.10
	Concreto prelosa aligerada 2D	0.00	0.00	0.00
	Concreto prelosa maciza	0.87	0.00	0.87
	Concreto de losa maciza	0.00	0.00	0.00
	Concreto de escalera	3.12	0.00	4.47
	CONCRETO DE HORIZONTALES	47.80	51.64	100.78

La tabla 6 muestra los metrados extraídos del modelo por sector y nivel, en este caso se muestra los metrados de la planta típica de la edificación. En la tabla 5, indica las variaciones porcentuales de metrados de los elementos del modelo. En la tercera columna de la tabla 5 (Sector) indica el metrado total de cada partida entre la cantidad de sectores definidos, y representa la cantidad promedio tentativa de cada sector.

Las variaciones porcentuales se obtienen mediante la división del metrado de cada sector entre el metrado que debería tener cada sector (Columna 3, tabla 3), estas pueden ser positivas o negativas, ya que el metrado obtenido por sector puede resultar mayor o menor del metrado promedio obtenido. Los resultados porcentuales totales que se muestran en verde resultan de la suma de los metrados de las partidas específicas. Por ejemplo, encofrado de columnas y encofrado de placas, en el sector 1 tienen una suma de 109.07 m² (Tabla 6), lo que representa el encofrado de verticales, este resultado es dividido entre el metrado que debería tener por sector, es decir 97.87 m², y nos da una variación porcentual de 11.4%, el cual es menor a un 20% que sugiere la metodología Lean Construction.

Para contrastar los resultados extraídos del Dynamo, se realizaron tablas de planificación dentro del software Autodesk Revit 2020®. A continuación, se presentan las tablas de planificación del modelo Revit del piso típico:



Tabla 7

Tabla de planificación de columnas del sector 1 de planta típica

A	B	C	D	E	F	G
Tipo	Elemento PDK	Nivel	Sector	Concreto	Encofrado	V
1er Nivel						
1						
0.55						
C-4 (0.30x0.80)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.13	1.21	H
C-4 (0.30x0.80)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.14	1.21	H
C-4 (0.30x0.80)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.14	1.21	H
C-4 (0.30x0.80)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.14	1.21	H
C-2 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.17	1.43	H
C-2 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.17	1.43	H
C-2 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.17	1.43	H
C-2 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.17	1.43	H
C-6 (0.25x0.80)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.09	0.94	H
C-3 (0.30x1.88)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.31	2.38	H
C-2 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.17	1.43	H
0.55: 11				1.78	15.30	
2.25						
C-4 (0.30x0.80)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.55	4.95	V
C-4 (0.30x0.80)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.55	4.95	V
C-4 (0.30x0.80)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.55	4.95	V
C-4 (0.30x0.80)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.55	4.95	V
C-2 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.69	5.85	V
C-2 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.69	5.85	V
C-2 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.69	5.85	V
C-2 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.69	5.85	V
C-2 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.69	5.85	V
C-2 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.69	5.85	V
C-3 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	1	0.69	5.85	V
2.25: 10				6.37	54.90	
1: 21				8.15	70.20	

Tabla 8

Tabla de planificación de columnas del SECTOR 1 de planta típica

A	B	C	D	E	F	G
Tipo	Elemento PDK	Nivel	Sector	Concreto	Encofrado	V
1er Nivel						
2						
0.55						
C-5 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.17	1.43	H
C-5 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.17	1.43	H
C-1 (0.40x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.22	1.54	H
C-4 (0.30x0.80)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.14	1.21	H
C-2 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.17	1.43	H
C-1 (0.40x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.22	1.54	H
C-2 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.17	1.43	H
C-2 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.17	1.43	H
C-6 (0.25x0.80)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.08	0.94	H
C-3 (0.30x1.88)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.31	2.38	H
C-1 (0.40x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.22	1.54	H
0.55: 11				2.05	16.29	
2.25						
C-1 (0.40x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.92	6.30	V
C-4 (0.30x0.80)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.55	4.95	V
C-2 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.69	5.85	V
C-1 (0.40x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.92	6.30	V
C-2 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.69	5.85	V
C-2 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.69	5.85	V
C-1 (0.40x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.92	6.30	V
C-3 (0.30x1.00)	COLUMNA	1er Nivel	2	0.69	5.85	V
2.25: 8				6.08	47.25	
2: 19				8.13	63.54	



En la Tabla 7 y 8, se puede observar la tabla de planificación para el concreto de columnas, según planta típica, dando valores de 8.15 y 8.13 m³, correspondientemente. Esto se contrasta y verifica los valores obtenidos mostrados anteriormente en la tabla 6.

Tabla 9

Tabla de planificación de placas del SECTOR 1 y SECTOR 2 de planta típica

A	B	C	D	E
Elemento PDK	Nivel	Sector	Concreto	Encofrado
1				
1er Nivel				
H				
Placas	1er Nivel	1	0.11	1.35
H: 1			0.11	1.35
V				
Placas	1er Nivel	1	1.59	16.64
Placas	1er Nivel	1	1.09	11.74
Placas	1er Nivel	1	0.75	8.35
Placas	1er Nivel	1	0.46	5.51
Placas	1er Nivel	1	1.11	11.93
V: 5			5.01	54.17
1er Nivel: 6			5.13	55.52
1: 6			5.13	55.52
2				
1er Nivel				
H				
Placas	1er Nivel	2	0.25	2.70
H: 1			0.25	2.70
V				
Placas	1er Nivel	2	1.59	16.64
Placas	1er Nivel	2	1.09	11.74
Placas	1er Nivel	2	1.02	11.04
V: 3			3.71	39.41

Para la Tabla 9, donde se puede observar la tabla de planificación para el concreto y encofrado de placas, según planta típica, dando valores que contrasta y verifica los valores obtenidos mostrados anteriormente en la tabla 6.

El metrado de columnas y placas tienen un trato especial, ya que, por el proceso constructivo, estas se dividen en elementos verticales como en elementos horizontales, lo cual fue denotado en las tablas de planificación y tomado en cuenta en las tablas de sectorización; debido a que estos elementos horizontales no se encofran, exactamente entre el encuentro de viga y columna o placa.

Tabla 10

Tabla de planificación de vigas del SECTOR 1 y SECTOR 2 de planta típica

A	B	C	D	E
Elemento JM	Nivel	Sector	Concreto	Encofrado
1er Nivel				
1				
VIGAS	1er Nivel	1	39.26	67.94
1: 86			39.26	67.94
2				
VIGAS	1er Nivel	2	45.08	78.07
2: 76			45.08	78.07



Tabla 11

Tabla de planificación de losas aligeradas del **SECTOR 1** y **SECTOR 2** de planta típica

A	B	C	D	E	F	G	H
Elemento PDK	Nivel	Tipo	Sector	Concreto	Encofrado	Espesor	Vaciado (H/V)
1er Nivel							
1							
LOSA ALIGERADA	1er Nivel	LOSA ALIGERADA 1D 20	1	0.60	6.88	0.20	H
LOSA ALIGERADA	1er Nivel	LOSA ALIGERADA 1D 20	1	0.53	10.34	0.20	H
LOSA ALIGERADA	1er Nivel	LOSA ALIGERADA 1D 20	1	1.25	14.29	0.20	H
LOSA ALIGERADA	1er Nivel	LOSA ALIGERADA 1D 20	1	0.98	11.18	0.20	H
LOSA ALIGERADA	1er Nivel	LOSA ALIGERADA 1D 20	1	0.53	10.96	0.20	H
LOSA ALIGERADA	1er Nivel	LOSA ALIGERADA 1D 20	1	0.18	2.03	0.20	H
LOSA ALIGERADA	1er Nivel	LOSA ALIGERADA 1D 20	1	0.43	4.92	0.20	H
1:7				4.55	60.59		
2							
LOSA ALIGERADA	1er Nivel	LOSA ALIGERADA 1D 20	2	0.94	10.73	0.20	H
LOSA ALIGERADA	1er Nivel	LOSA ALIGERADA 1D 20	2	1.46	16.73	0.20	H
LOSA ALIGERADA	1er Nivel	LOSA ALIGERADA 1D 20	2	0.10	1.15	0.20	H
LOSA ALIGERADA	1er Nivel	LOSA ALIGERADA 1D 20	2	0.77	8.77	0.20	H
LOSA ALIGERADA	1er Nivel	LOSA ALIGERADA 1D 20	2	1.02	11.63	0.20	H
LOSA ALIGERADA	1er Nivel	LOSA ALIGERADA 1D 20	2	0.59	12.44	0.20	H
LOSA ALIGERADA	1er Nivel	LOSA ALIGERADA 1D 20	2	0.59	12.44	0.20	H
LOSA ALIGERADA	1er Nivel	LOSA ALIGERADA 1D 20	2	0.96	12.04	0.20	H
LOSA ALIGERADA	1er Nivel	LOSA ALIGERADA 1D 20	2	0.13	1.52	0.20	H
2:9				6.56	87.46		

Tabla 12

Tabla de planificación de losas macizas del **SECTOR 1** de planta típica

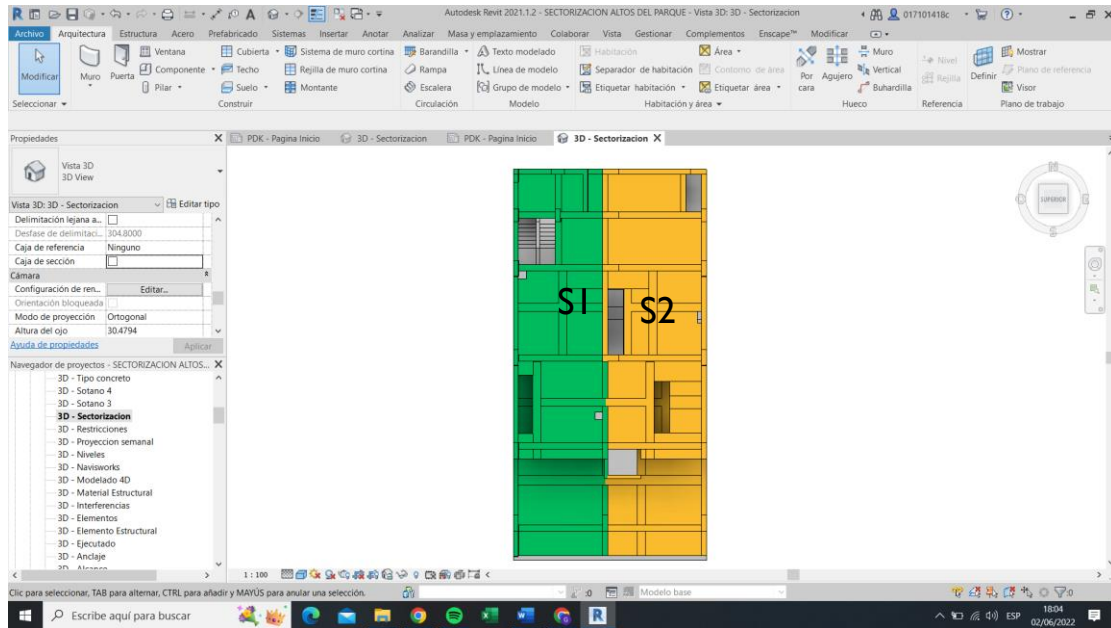
A	B	C	D	E	F
Elemento PDK	Nivel	Tipo	Sector	Concreto	Encofrado
1er Nivel					
LOSA MACIZA	1er Nivel	LOSA MACIZA 20	1	0.42	5.75
LOSA MACIZA	1er Nivel	LOSA MACIZA 20	1	0.45	5.66
1er Nivel: 2				0.87	11.41

3.6.2 Sectorización en el modelo 3D

En las Figuras 25, 26 y 27, se puede apreciar dentro del software la manera de distribución de los trabajos, teniendo en cuenta los equivalentes por jornada y un proceso constructivo lógico.



Figura 25
Sectorización según LBS del modelo 3D



Nota: tomado de software Autodesk Revit 2021

Figura 26
Sectorización según LBS del modelo 3D - Superestructuras

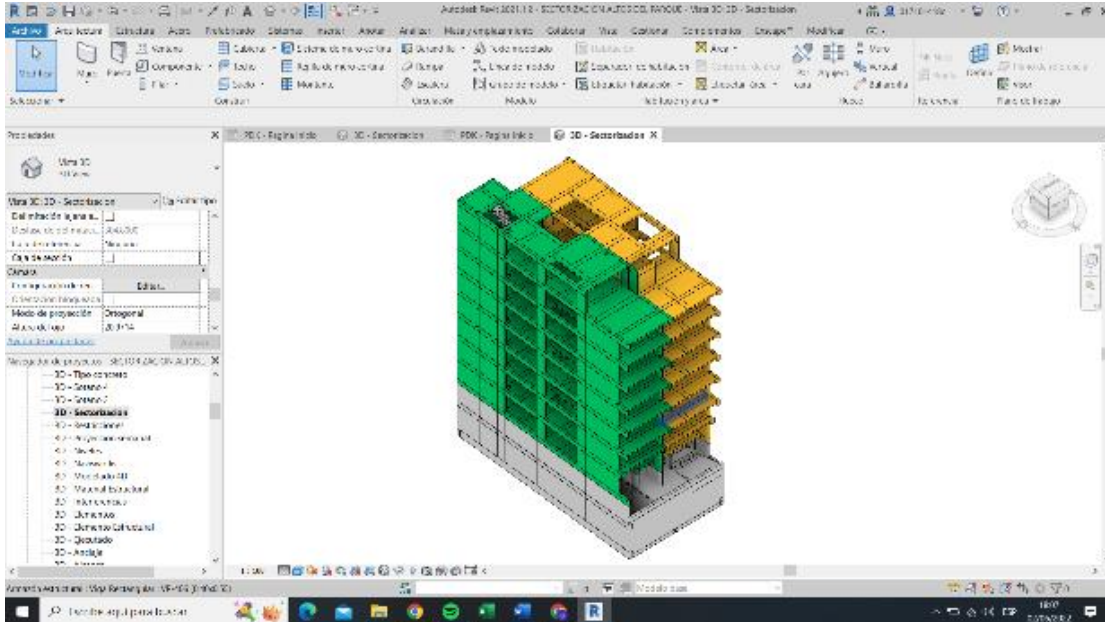
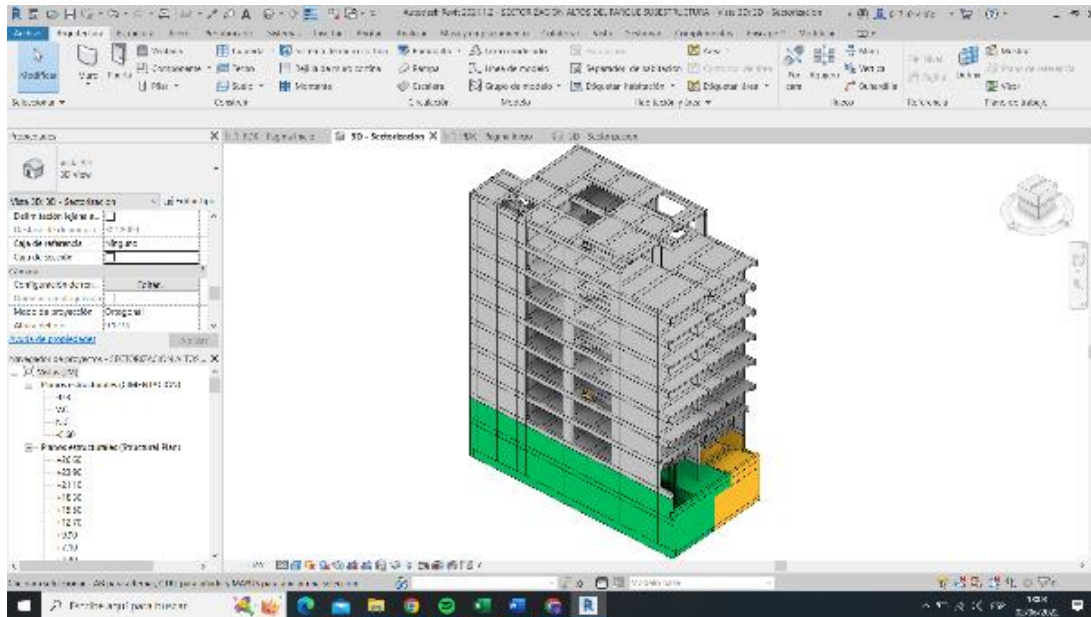




Figura 27
Sectorización según LBS del modelo 3D - Subestructura



Nota: Tomado de software *Autodesk Revit 2021*

3.6.3 Realización de modelado 4D

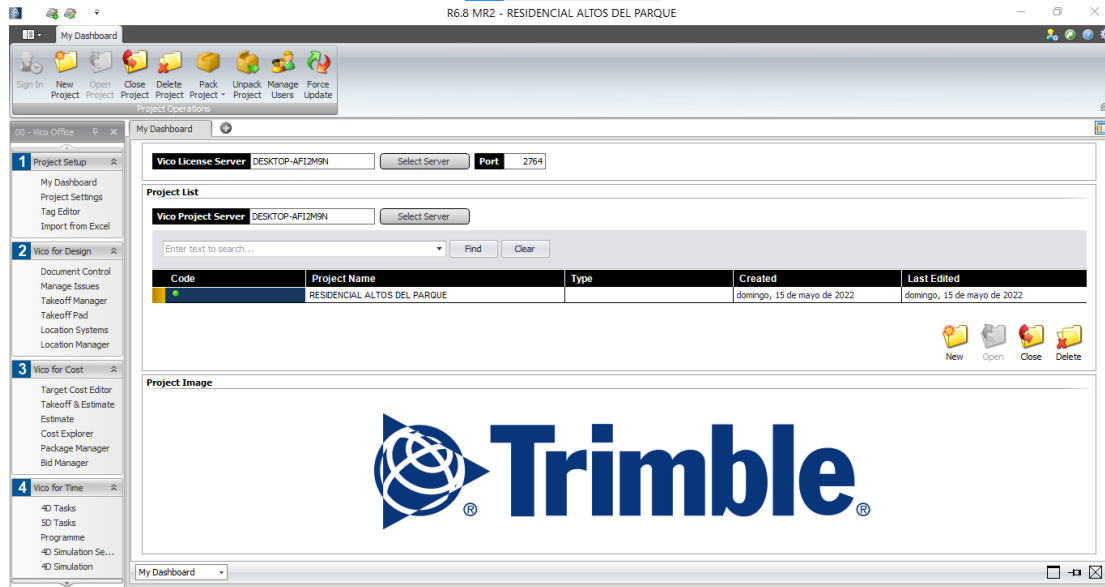
El procesamiento de datos de la información obtenida mediante el modelo 3D de la edificación se dará por el software *Trimble Vico Office 2021*®, el uso de este software está justificado debido a que dentro de este se puede generar al modelo 4D, modelo 5D del proyecto y realizar la planificación de obra mediante líneas de flujo. Es por ello, por lo que a continuación se detalla el procedimiento necesario para la realización del modelo 4D, dentro del software. Por tal razón se describirán las etapas correspondientes a este proceso.

Etapa 1

Dentro del software es necesario crear un nuevo proyecto, ingresar la descripción e información preliminar, de esta manera realizar las configuraciones iniciales del archivo creado. Se puede observar en las Figuras 28 y 29.

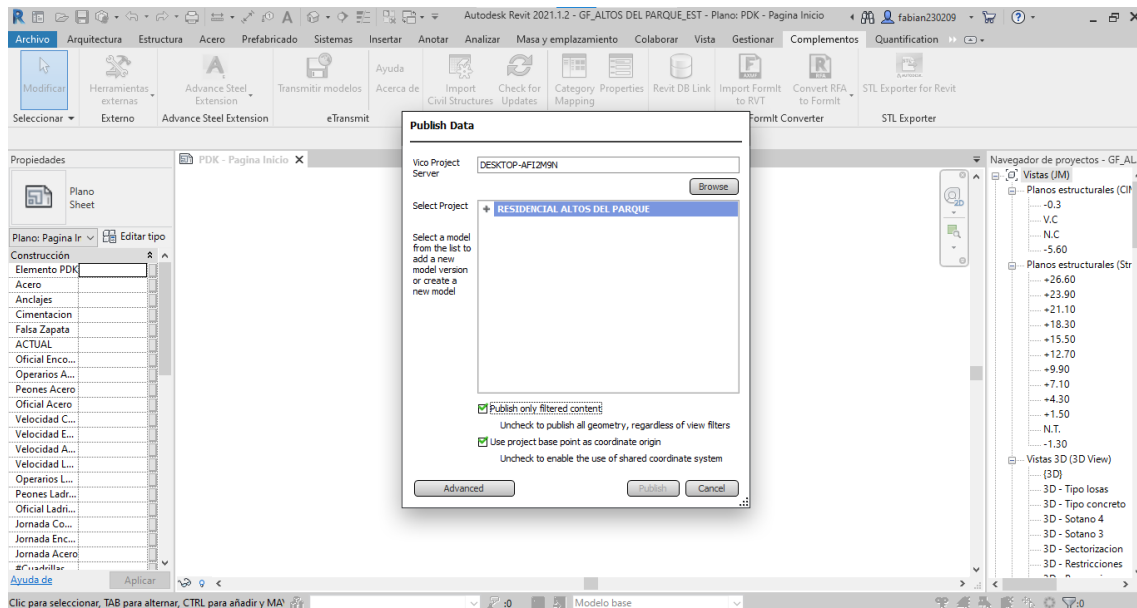


Figura 28
Interfaz del software Trimble Vico Office ®



Nota: Tomado de software Trimble Vico Office 2021®

Figura 29
Selección de la base de datos del software Vico Office para el uso de este



Nota: Tomado de software Trimble Vico Office 2021®

Etapa 2

Después de generar el modelo BIM 3D, el cual fue realizado en el software de licencia estudiantil *Autodesk Revit 2021*, se procede a importar dentro del software *Vico Office*, con el fin de ingresar toda la información del proyecto, tal como dimensión de los elementos estructurales, así como los metrados totales de cada partida establecida en la

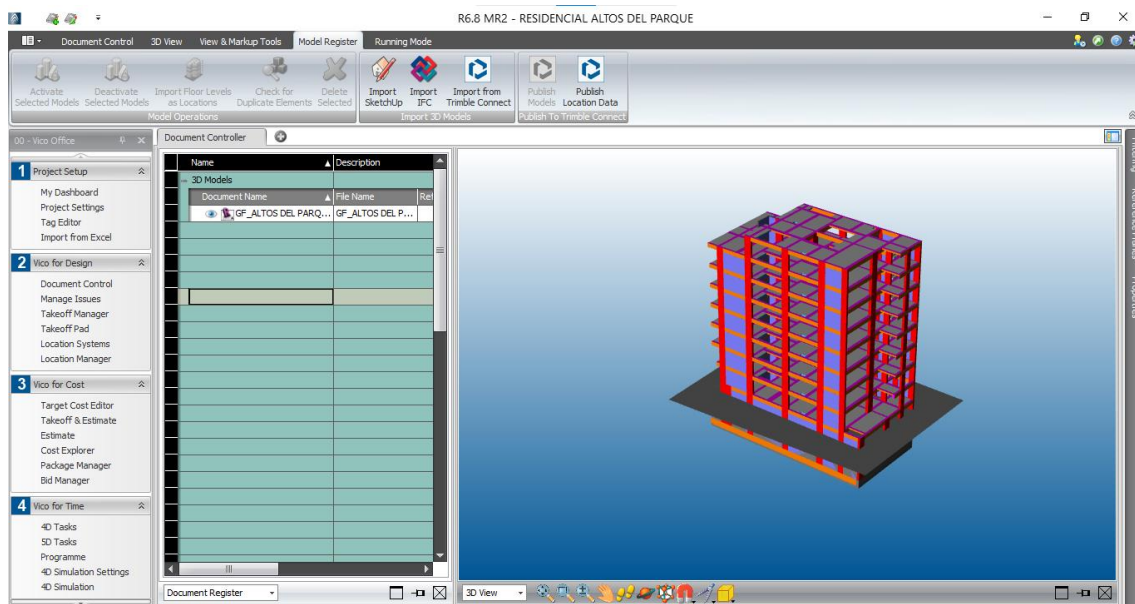


planificación realizada. Estos elementos y metrados corresponderán, según la sectorización realizada, mediante los *Location Breakdown Structures* realizados con anterioridad y definidas en el punto 3.6.1., dentro de esta investigación.

El procedimiento que seguimos para llegar a esto es: primero ingresamos a la sección *Document Control*, se ingresa a la pestaña *Model Register*; posteriormente seleccionamos el modelo que aparecerá en esa vista y oprimiendo la opción *Activate selected models*. En caso de que se desee cambiar ciertos parámetros de la activación se puede configurar a través de *Change activation options*. Este procedimiento se ilustra en las Figuras 30 y 31.

Figura 30

Importación del modelo 3D al software Vico Office 2021®



Nota: Tomado de software *Trimble Vico Office 2021®*

Todos estos metrados se extraen del modelo 3D, donde se realizaron las tablas de planificación de cada partida dentro de la especialidad de estructuras. Cada tabla de planificación deberá tener la información adecuada y ordenada para que el software pueda reconocer el modelo 3D y sus metrados de manera adecuada. Las tablas de planificación realizadas en el modelo 3D se pueden observar en las Figuras 32 y 33.



Figura 31
Configuraciones previas de los metrados realizados en el software 3D

Info	Code	Name	Type	Unit	Cost	Task	Count
Viga Rectangular							
Name			Beam Rectangular	No	No	No	461
Ends Surface Area	M2	No	No	2,560.17			
Length	M	No	No	1,776.90			
Piece Length	M	No	No	1,776.90			
CAD_Length	M	No	No	1,776.90			
Top Surface Area	M2	No	No	1,288.15			
Bottom Surface Area	M2	No	No	1,288.15			
Reference Side Surface Area	M2	No	No	799.36			
Opposite Reference Side Surface Area	M2	No	No	742.36			
Count	NR	No	No	461.00			
Piece Count	NR	No	No	461.00			
CAD_Count	NR	No	No	461.00			
Gross Volume	M3	No	No	303.47			
Net Volume	M3	No	No	303.46			
CAD_Volume	M3	No	No	303.46			
Hole Surface Area	M2	No	No	0.02			
Joint Horizontal Surface Area	M2	No	No	0.00			
Joint Vertical Surface Area	M2	No	No	0.00			
Columna Rectangular							
Name			Column Rectangular	No	No	No	370
Vertical Surface Area	M2	No	No	2,848.49			
Hole Surface Area	M2	No	No	1,199.63			
Height	M	No	No	532.55			
Piece Height	M	No	No	532.55			
CAD_Length	M	No	No	532.55			
Count	NR	No	No	370.00			

Nota: Tomado de software Trimble Vico Office 2021®

Figura 32
Tabla de planificación para el encofrado de muros de contención.

A	B	C	D	E
Elemento PDK	Espesor	Altura	Longitud	Encofrado
Semisótano				
Muro de contención	0.20	0.82	3.70	5.70
Muro de contención	0.20	0.82	3.80	6.39
Muro de contención	0.20	2.25	3.50	15.73
Muro de contención	0.20	2.25	4.80	21.62
Muro de contención	0.20	2.25	4.54	20.43
Muro de contención	0.20	2.25	2.41	10.83
Muro de contención	0.20	2.25	1.85	7.44
Muro de contención	0.20	0.60	1.70	1.85
Muro de contención	0.20	2.25	2.64	11.86
Muro de contención	0.20	2.25	4.80	21.62
Muro de contención	0.20	2.25	4.54	20.43
Muro de contención	0.20	2.25	2.41	10.83
Muro de contención	0.20	2.25	2.15	9.69
Muro de contención	0.20	2.25	1.70	7.08
Muro de contención	0.25	0.82	4.30	7.20
				178.76
Sótano				
Muro de contención	0.20	2.85	2.05	11.69
Muro de contención	0.20	2.85	2.40	13.68
Muro de contención	0.20	2.45	4.45	21.92
Muro de contención	0.20	2.85	2.41	13.71
Muro de contención	0.20	2.85	4.54	25.88
Muro de contención	0.20	2.85	4.80	27.39
Muro de contención	0.20	2.85	3.50	19.92
Muro de contención	0.20	2.85	1.70	10.26
Muro de contención	0.20	3.30	3.70	22.74

Nota: Tomado de software Autodesk Revit 2021



Figura 33

Tabla de planificación para el concreto de vigas de entrepiso.

<CONCRETO DE VIGAS>					
A	B	C	D	E	
Elemento JM	Longitud	Baso	Pieralle	Concreto	
Ter Nivel					
VIGAS	2.04	0.30	0.55	0.17	
VIGAS	2.04	0.30	0.55	0.17	
VIGAS	2.39	0.30	0.55	0.20	
VIGAS	2.39	0.30	0.55	0.20	
VIGAS	4.44	0.30	0.55	0.37	
VIGAS	4.44	0.30	0.55	0.37	
VIGAS	2.29	0.40	0.20	0.09	
VIGAS	2.29	0.40	0.20	0.09	
VIGAS	2.64	0.40	0.55	0.29	
VIGAS	2.64	0.40	0.55	0.29	
VIGAS	2.64	0.40	0.55	0.29	
VIGAS	5.14	0.40	0.55	0.57	
VIGAS	5.14	0.40	0.55	0.57	
VIGAS	5.24	0.40	0.55	0.58	
VIGAS	5.24	0.40	0.55	0.58	
VIGAS	5.14	0.40	0.55	0.57	
VIGAS	5.25	0.50	0.20	0.27	
VIGAS	4.35	0.50	0.20	0.22	
VIGAS	4.35	0.50	0.20	0.22	
VIGAS	5.24	0.40	0.55	0.58	
VIGAS	5.24	0.40	0.55	0.58	
VIGAS	5.45	0.40	0.55	0.57	
VIGAS	5.45	0.40	0.55	0.57	

Nota: Tomado de software Autodesk Revit 2021

Etap 3

Después de verificar los metrados de los elementos, los cuales deben ser iguales a los utilizados en el presupuesto base, se debe insertar la información del acero de refuerzo dentro de la información del modelo (debido a que el software no reconoce el acero modelado se deberá trabajar con ratios de acero en kg utilizado por m³ de concreto). Esto de acuerdo con la Figura 34.

Figura 34

Parámetro de acero de refuerzo mediante ratios dentro del modelo

Info	Code	Name	Type	Pad Template	Cost M ³
CAO_Length	M	No	No	25.70	
Steel	KG	No	No	209.04	
Viga Rectangular: VP-102 (0.40x0.55)	M	No	No	Beam Rectangular [1]	No
Hole Surface Area	M2	No	No	0.00	
Joint Horizontal Surface Area	M2	No	No	0.00	
Joint Vertical Surface Area	M2	No	No	0.00	
CAO_Volume	M3	No	No	1.72	
Net Volume	M3	No	No	1.72	
Gross Volume	M3	No	No	1.72	
Count	NR	No	No	2.00	
Piece Count	NR	No	No	2.00	
CAO_Count	NR	No	No	2.00	
Reference Side Surface Area	M2	No	No	3.24	
Opposite Reference Side Surface Area	M2	No	No	3.77	
Top Surface Area	M2	No	No	6.25	
Bottom Surface Area	M2	No	No	6.25	
Length	M	No	No	8.10	
Piece Length	M	No	No	8.10	
CAO_Length	M	No	No	8.10	
Ends Surface Area	M2	No	No	13.37	
Steel	KG	No	No	192.46	
Viga Rectangular: VP-101 (0.30x0.55)	M	No	No	Beam Rectangular	No
Viga Rectangular: VP-103 (0.40x0.55)	M	No	No	Beam Rectangular	No
Viga Rectangular: VPCH-2 (0.80x0.20)	M	No	No	Beam Rectangular	No
Viga Rectangular: VP-104 (0.40x0.55)	M	No	No	Beam Rectangular	No
Viga Rectangular: VP-105 (0.40x0.55)	M	No	No	Beam Rectangular	No

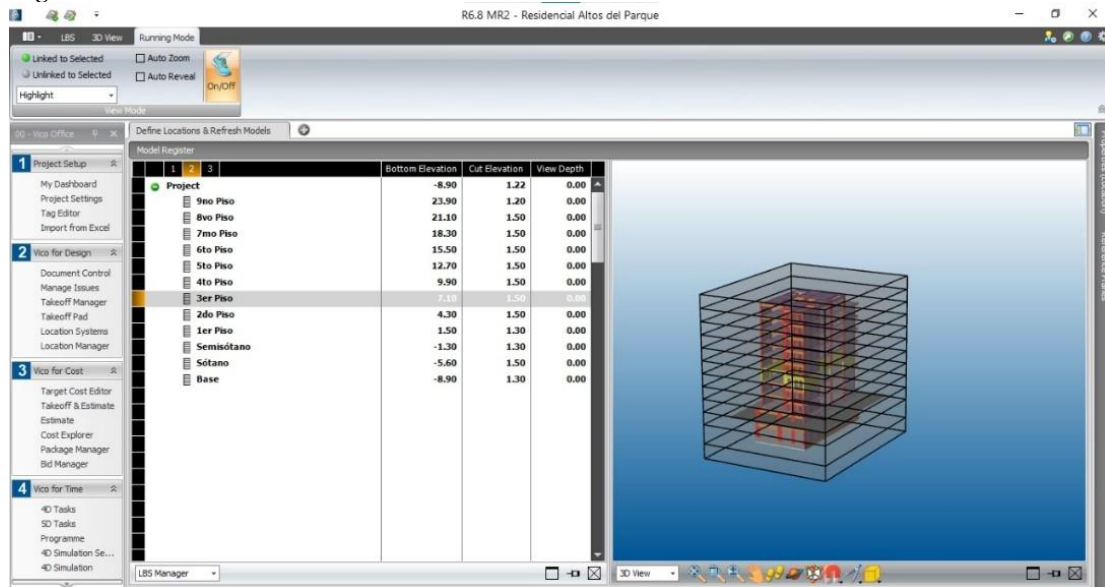
Nota: Tomado de software Trimble Vico Office 2021®



Para reflejar los sectores definidos según la estructura de desglose según la ubicación (LBS), se asigna la altura de entrepiso para todos los niveles del edificio, esto se puede apreciar en la Figura 35, posteriormente se selecciona una vista en planta y mediante líneas se dividen según las locaciones definidas. Este procedimiento se puede observar en la Figura 36.

Figura 35

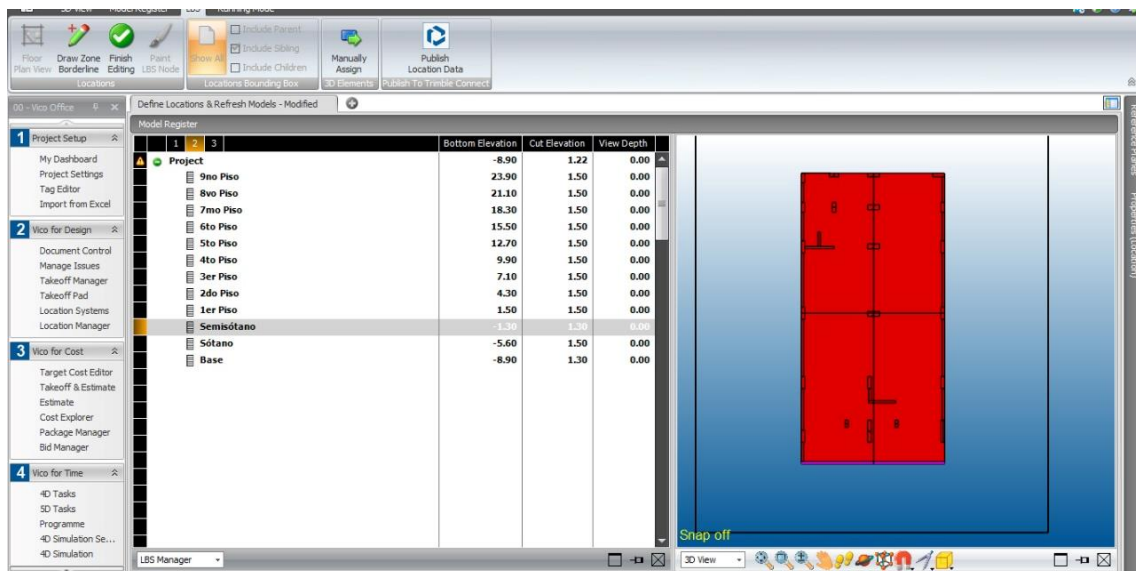
Asignación de Location Breakdown Structures en el modelo BIM



Nota: Tomado de software Trimble Vico Office 2021®.

Figura 36

Vista en planta de la sectorización de trabajos según LBS



Nota: Tomado de software Trimble Vico Office 2021®.



Etapa 4

Una vez vinculadas las métricas correspondientes a una partida del presupuesto, se procede a realizar la planificación del modelo. Para ello, se ingresa a la sección 5 – *Schedule Planning* y precisamente a la opción *Manage Tasks*. En la pantalla amarilla de la izquierda introducimos las actividades que se ejecutarán en el proyecto, que serán las líneas de flujo. En esta sección se desarrolla una lista de actividades que se pueden agrupar según sea conveniente al planificador, y se arrastran las actividades del presupuesto hacia las actividades creadas. Con ello, las métricas y los costes se vinculan a las tareas a desarrollar en la construcción y representarán las líneas de flujos.

Etapa 5

Teniendo la verificación de metrados —tanto en tablas de planificación ejecutadas en *Revit* como realizando una medición y cuantificación de trabajos en el software *Vico Office*—, posteriormente ingresamos todas las actividades jerarquizadas, según la sectorización del LBS definido por el proyecto, se deberá colocar todos los recursos por partidas que se necesiten. Estos recursos son:

- Velocidad: es la cantidad de actividad por jornada que se realiza.
- Rendimiento: estará definido como la relación del producto de la cantidad de cuadrilla de la partida por la jornada de 8 horas, entre la velocidad que se le haya designado a la actividad.
- Materiales: son todos los insumos que influyen directamente en el costo y alcance de una partida.
- Mano de obra: es el personal capacitado que realizará cada partida, el número de la cuadrilla estará dado por la experiencia y, en el caso de las líneas de flujo, lo definirá según el ajuste y a la pendiente de las líneas.
- Equipos y herramientas

Para el ingreso de los recursos se realizó una plantilla de información base para realizar el presupuesto, dentro de esta información relevante se ingresó:

- Jerarquización de las actividades, dentro de esta jerarquización se tiene, a diferencia de un análisis por costos unitarios, todos los insumos dentro de cada subpartida, esto para generar un análisis de recursos más profundo.
- Partidas, subpartidas e insumos



- Rendimientos
- Porcentaje de pérdidas a considerar por cada actividad
- Unidad de medida

En la Figura 37 se muestra la plantilla de ingreso de recursos.

Figura 37

Formato de ingreso de recursos a las actividades, dentro del software Vico Office

Activity Code	Description	Parent Quantity	Unit	Quantity	Unit	Quantity
1.3.1	PLATEA	0.0000				
1.3.1.1	Concreto premezclado fc=210 kg/cm2 PARA PLATEA	1.00		1.0000		
MO02	Operario	Parent Quantity	0.5333	1.03	hh	24
MO01	Oficial	Parent Quantity	0.5333	1.03	hh	19.2
MO04	Peon	Parent Quantity	0.5333	1.03	hh	11
EM01	Herramientas manuales	Parent Quantity	0.0500	1.03	%MO	28.91
EQ05	Vibrador de concreto 4HP 1.50"	Parent Quantity	0.5333	1.03	hm	4.5
MAT08	Concreto premezclado fc=210 kg/cm2	Parent Quantity	1.0200	1.03	m3	310
1.3.1.2	Acero de refuerzo DE PLATEA fy=4200 kg/cm2	1.00		1.0000		
MO01	Oficial	Parent Quantity	0.0533	1.05	hh	19.2
MO02	Operario	Parent Quantity	0.0533	1.05	hh	24
MAT03	Alambre negro recocido BWG N°16	Parent Quantity	0.0250	1.05	kg	5.65
MAT01	Acero corrugado fy= 4200 kg/cm2 GRADO 60	Parent Quantity	1.0000	1.05	kg	5
EM01	Herramientas manuales	Parent Quantity	0.0500	1.05	%MO	2.3
1.3.2	MUROS DE CONTENCIÓN					
1.3.2.1	Concreto premezclado fc=210 kg/cm2 PARA MUROS DE CONTE	1.00		1.0000		
MO02	Operario	Parent Quantity	0.5333	1.05	hh	24
MO01	Oficial	Parent Quantity	0.5333	1.05	hh	19.2
MO04	Peon	Parent Quantity	0.5333	1.05	hh	11
EM01	Herramientas manuales	Parent Quantity	0.0500	1.05	%MO	28.91
EQ05	Vibrador de concreto 4HP 1.50"	Parent Quantity	0.5333	1.05	hm	4.5
MAT08	Concreto premezclado fc=210 kg/cm2	Parent Quantity	1.0200	1.05	m3	310
1.3.2.2	Acero de refuerzo DE MUROS DE CONTENCIÓN fy=4200 kg/cm2	1.00		1.0000		
MO01	Oficial	Parent Quantity	0.0533	1.05	hh	19.2
MO02	Operario	Parent Quantity	0.0533	1.05	hh	24
MAT03	Alambre negro recocido BWG N°16	Parent Quantity	0.0250	1.05	kg	5.65
MAT01	Acero corrugado fy= 4200 kg/cm2 GRADO 60	Parent Quantity	1.0000	1.05	kg	5
EM01	Herramientas manuales	Parent Quantity	0.0500	1.05	%MO	2.3
1.3.2.3	Encofrado y desencofrado PARA MUROS DE CONTENCIÓN	1.00		1.0000		
MO01	Oficial	Parent Quantity	0.4000	1.02	hh	19.2
MO02	Operario	Parent Quantity	0.8000	1.02	hh	24
MAT02	Alambre negro recocido BWG N°08	Parent Quantity	0.3000	1.02	kg	5.65
MAT06	Clavos promedio	Parent Quantity	0.1700	1.02	kg	5.6
MAT11	Madera formita	Parent Quantity	5.1600	1.02	m2	4.5

Nota: Tomado de Microsoft Excel 2016

En la figura 38 se observa la programación sin generar recursos, donde se podrá colocar manual sin problemas los recursos, pero estos no se enlazarán correctamente a la gestión del costo dentro del programa.

En la figura 39 se muestran todos los recursos del proyecto, esto nos generará tablas de recursos e histogramas que, aparte de generar informes de uso de recursos, nos ayudarán a definir el flujo de trabajo con los insumos necesarios de manera efectiva. De acuerdo con la hipótesis de la tesis, es lo que se busca demostrar, reducción en costo del proyecto utilizando la metodología *Location Based Management System*.



Figura 38
Generación de presupuesto según el modelo dentro del software Vico Office

Code	Description	Source Qty	Consump.	Consump.	Waste	Qty	Labor	UOM	Unit Cost	Base Cost	CostPar.	%Parent	Wd
000	Residencial Altos del Parque	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1	Estructuras	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.1	Movimiento de tierras	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.1.1	Excavación	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.1.1.1	Excavación masiva de terreno con	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.1.2	Relleno	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.1.2.1	Relleno con material de préstamo	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.1.3	Nivelación de terreno	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.1.3.1	Perfilado y enrocado	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.2	Obras de concreto simple	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.2.1	Soldado	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.2.1.1	Soldado para losa de cimentación	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.2.2	Falso piso	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.2.2.1	Falso piso concreto h=0.10m C/H 1:8	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.2.3	Calzaduras	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.2.3.1	Excavación de calzaduras	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.2.3.2	Encofrado y desencofrado de	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.2.3.3	Concreto para calzaduras C/H 1:12 c/	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.3	Obras de concreto armado	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.3.1	Plataea	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.3.1.1	Concreto premezclado f'c=210 kg/cm2	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.3.1.2	Aceros de refuerzo fy=200 kg/cm2	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.3.2	Viga de cimentación	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.3.2.1	Concreto premezclado f'c=210 kg/cm2	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.3.2.2	Encofrado y desencofrado	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	
OE.1.3.2.3	Aceros de refuerzo fy=200 kg/cm2	1.00	1.000	1.000	1.000	1.000	1.00	0.00	0.00	0.00	N/A	N/A	

Figura 39
Ingreso final de recursos por actividades, desde un archivo externo

Code	Description	Source Qty	Consump.	Consumption	Waste	Qty	Labor	UOM	Unit	Base Cost
000	Residencial Altos del Parque	0.00	1.000	1.000	1.000	1.000	0.00	0.00	0.00	27,243.62
1	ESTRUCTURA	0.00	1.000	1.000	1.000	1.000	0.00	0.00	0.00	1,424.11
1.1	MOVIMIENTO DE TIERRAS	0.00	1.000	1.000	1.000	1.000	0.00	0.00	0.00	43.15
1.1.1	EXCAVACIONES	0.00	1.000	1.000	1.000	1.000	0.00	0.00	0.00	15.15
1.1.1.1	Excavación masiva de terreno con equipo	1,341.01	1.000	1.000	1.000	1,341.01	306.55	M3	11.44	15.15
EQ11	Camión volquete 12m3	1,341.01	0.114	0.114	0.114	8.749	153.28	HR	45.00	6.1
MO03	Operario de equipo liviano	1,341.01	0.046	0.046	0.046	21.882	61.28	HR	20.00	1.1
MO04	Peon	1,341.01	0.046	0.046	0.046	21.882	61.28	HR	11.00	0.6
EQ04	Tractor de orugas de 140-160 HP	1,341.01	0.023	0.023	0.023	43.668	30.71	HR	210.00	6.1
EM01	Herramientas manuales	1,341.01	0.050	0.050	0.050	20.000	67.05	%MO	1.41	1.1
1.1.2	RELLENOS	0.00	1.000	1.000	1.000	1.000	0.00	0.00	0.00	8.36
1.1.2.1	Relleno compactado con material de	223.64	1.000	1.000	1.000	223.64	695.75	M3	36.78	8.36
MO03	Operario de equipo liviano	223.64	0.444	0.444	0.444	2.250	99.39	HR	20.00	1.1
MO04	Peon	223.64	0.444	0.444	0.444	2.250	99.39	HR	11.00	0.6
EM01 (01)	Herramientas manuales	223.64	0.050	0.050	0.050	20.000	11.18	%MO	33.33	0.6
EQ02	Compactado vibratorio de tipo plancha 7 HP	223.64	0.444	0.444	0.444	2.250	99.39	HR	4.00	0.2
1.1.3	NIVELACION DE TERRENO	0.00	1.000	1.000	1.000	1.000	0.00	0.00	0.00	19.17
1.1.3.1	Enrocado	291.60	1.000	1.000	1.000	291.60	699.84	M2	67.04	19.17
MO02	Operario	291.60	0.800	0.800	0.800	233.28	233.28	HR	24.00	5.1
MO04	Peon	291.60	1.600	1.600	1.600	466.56	466.56	HR	11.00	5.1
MAT13	Piedra grande de 6"	291.60	0.700	0.700	0.700	1.429	204.12	m3	32.00	6.1
EM01(02)	Herramientas manuales	291.60	0.050	0.050	0.050	20.000	14.58	%MO	36.80	6.1
1.1.3.2	Perfilado	291.60	1.000	1.000	1.000	291.60	139.97	M2	6.72	19.17
MO01	Oficial	291.60	0.160	0.160	0.160	6.250	46.66	HR	18.00	6.1
MO04	Peon	291.60	0.320	0.320	0.320	3.125	93.31	HR	11.00	6.1
EM01(03)	Herramientas manuales	291.60	0.050	0.050	0.050	20.000	14.58	%MO	6.80	6.1

Nota: Tomado de software Trimble Vico Office 2021®

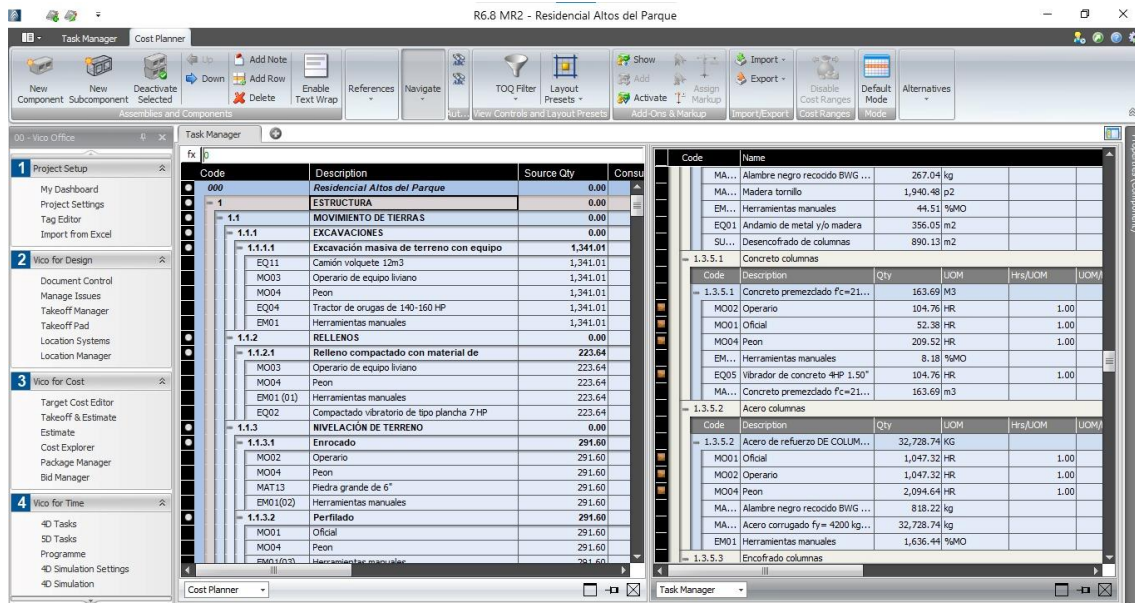
Etapas

Para generar información del modelo 4D, se tiene que generar la información base necesaria —como la generación de los rendimientos de obra reales tomados de la base de datos de la empresa constructora—, así como todas las actividades contempladas en la etapa de estructuras. Se ingresó los costos unitarios dentro de la pestaña denominada ‘4D



task' y se ingresaron todas las actividades por hacer. Esto se enlaza al presupuesto, enseguida se coloca el rendimiento calculado con anterioridad, para ello, también es importante conocer los rendimientos o el avance que se puede realizar cada actividad por hora. Todo lo descrito con anterioridad se observa en la figura 40.

Figura 40
Generación de modelo 4D dentro del software *Vico Office*.



Nota: Tomado de software *Trimble Vico Office 2021*®

3.6.4 Realización de modelado 5D

3.6.4.1 Definiciones previas en costo

En estas definiciones, lo primero es la delimitación de las partidas que controlarán los costes del proyecto, por lo que, se utilizará las principales partidas de la especialidad de estructuras del expediente técnico. A continuación, se deben especificar los recursos y costes (según los métodos constructivos formulados), mediante el 'Análisis de precios unitarios' del expediente técnico y, por último, determinar los rendimientos y cuadrillas por unidad de medida, obtenida también del 'Análisis de precios unitarios'.

3.6.4.2 Alcance de partida y presupuesto

En esta investigación se abarca principalmente las partidas de la fase de estructuras del proyecto las mismas que se muestran en la Tabla 2. Las partidas elegidas son aquellas referentes a elementos de concreto armado (excepto sobrecimientos, columnetas y vigas de amarre); en suma, son un total de 154 partidas que representan el 60 % del costo directo de la especialidad de estructuras y el 20 % del costo directo del presupuesto total. En la



Tabla 13, se indica una descripción breve de cada grupo de partidas y el ‘Nivel de localización’ donde se ubican las mediciones. Con respecto a la planificación de estructuras de sostenimiento, se tomó en cuenta las siguientes partidas: excavación masiva, eliminación, excavación puntual en calzada, acero en calzada, encofrado en calzada y concreto en calzada.

Tabla 13

Descripción de partidas y locación a la que corresponden en casco estructural

Partida	Descripción	Locación
SOLADOS	Piso de concreto simple de 10 cm de espesor con resistencia $f'c=100 \text{ kg/cm}^2$	Cimentación
CALZADURAS	Zapatas aisladas y combinadas con resistencia $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$	Cimentación
PLATEA DE CIMENTACIÓN	Elementos horizontales que conectan zapatas aisladas, resistencia $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$	Cimentación
VIGAS DE CIMENTACIÓN	Elementos horizontales que conectan zapatas aisladas, resistencia $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$	Cimentación
RELLENO	Relleno compactado con material propio de excavación en capas de 20 cm	Cimentación
FALSO PISO	Piso de concreto simple de 15 cm de espesor con resistencia $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$	Sótano y semisótano
COLUMNAS	Elementos verticales de concreto armado con resistencia $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$	Cimentación hasta entretecho
MUROS Y PLACAS	Elementos verticales de concreto armado con resistencia $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$	Cimentación hasta entretecho
MUROS DE CONTENCIÓN	Elementos perimetrales verticales de concreto armado con resistencia $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$ encofrados a una sola cara	Cimentación hasta semisótano
VIGAS	Elementos horizontales de concreto armado con resistencia $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$	Semisótano hasta entretecho
LOSAS ALIGERADAS	Losas de superficies planas de concreto armado con resistencia $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$	Semisótano hasta entretecho
LOSAS MACIZAS	Losas de superficies planas de concreto armado con resistencia $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$	Semisótano hasta entretecho
ESCALERAS	Estructuras para comunicación vertical entre niveles, con resistencia $f'c=240 \text{ kg/cm}^2$	Semisótano hasta entretecho
CISTERNA	Estructura para almacenamiento de agua, tiene una cuadrilla dedicada exclusivamente a esta partida, abarca: zapatas, losas de fondo, placas y muros de contención de la cisterna	Cimentación hasta sótano
RAMPA	Estructura para el acceso de vehículos, comprende: losa y vigas de rampa	Semisótano hasta primer nivel



3.6.5 Dependencias de actividades

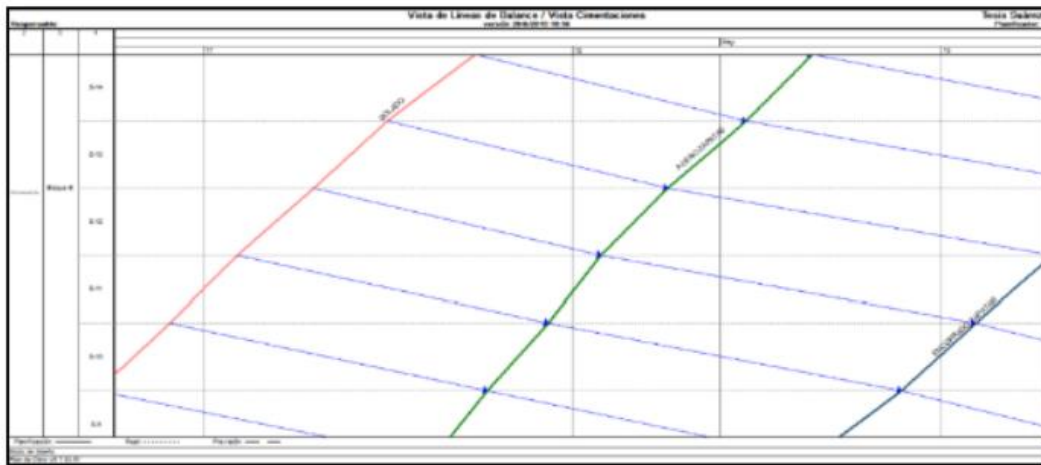
Para incorporar las dependencias se utilizó una secuencia lógica de actividades, según la experiencia en obra de los investigadores. Dentro de las diferentes dependencias se tienen 5 tipos de relaciones lógicas de la teoría del sistema de locaciones, estas se indican a continuación.

3.6.5.1 Dependencia Tipo 1

Los diferentes tipos de dependencias se dan según jerarquías de actividades, en este caso, se dará la dependencia entre partidas que tengan la misma jerarquía: ya sea entre partidas, subpartidas o recursos. Esta dependencia esta descrita en la figura 41.

Figura 41

Dependencia entre líneas de flujo Tipo I



Nota: Tomado de Suárez (2019)

3.6.5.2 Dependencia Tipo II

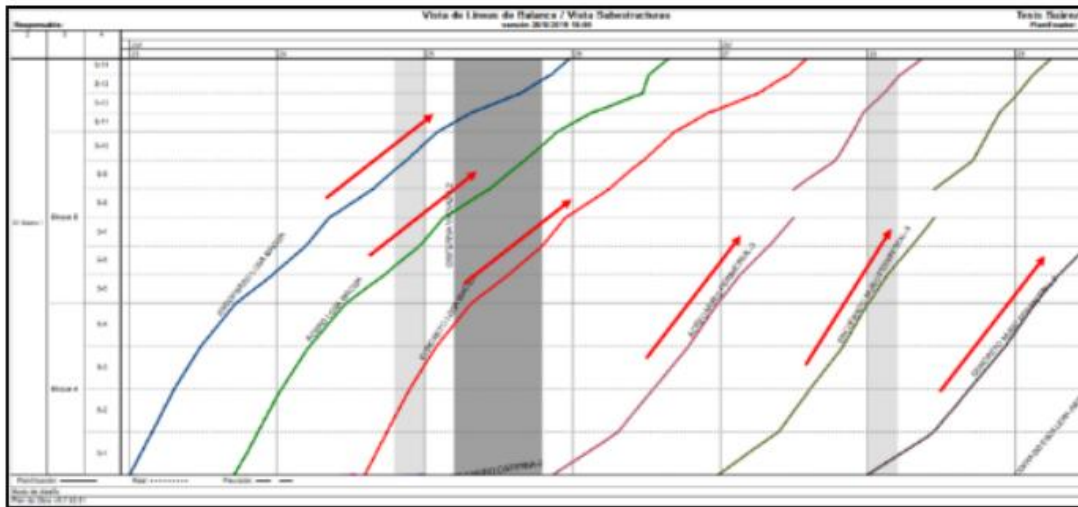
Estas dependencias se darán en un entorno jerárquico distinto con la nomenclatura (Inicio-Fin), esto quiere decir que, cuando una actividad inicia la otra termina, como ejemplo se puede observar en actividades de armado de acero en bloques del mismo nivel.

3.6.5.3 Dependencia Tipo III

Estas partidas tienen un orden lógico de secuencialidad, esto se observa en el vaciado de columnas e inmediatamente en el fondo de las vigas de entrepiso. Esta dependencia esta descrita en la figura 42.

Figura 42

Dependencia Tipo III de las líneas de flujo



Nota: Tomado de Suárez (2019)

3.6.5.4 Dependencia Tipo IV

Se da cuando existe precedencias de actividades en distintas locaciones, es decir, por ejemplo: que para comenzar con el encofrado de placas del S2, es necesario el armado de acero del S1.

3.6.6 Estructuración de las líneas de flujo

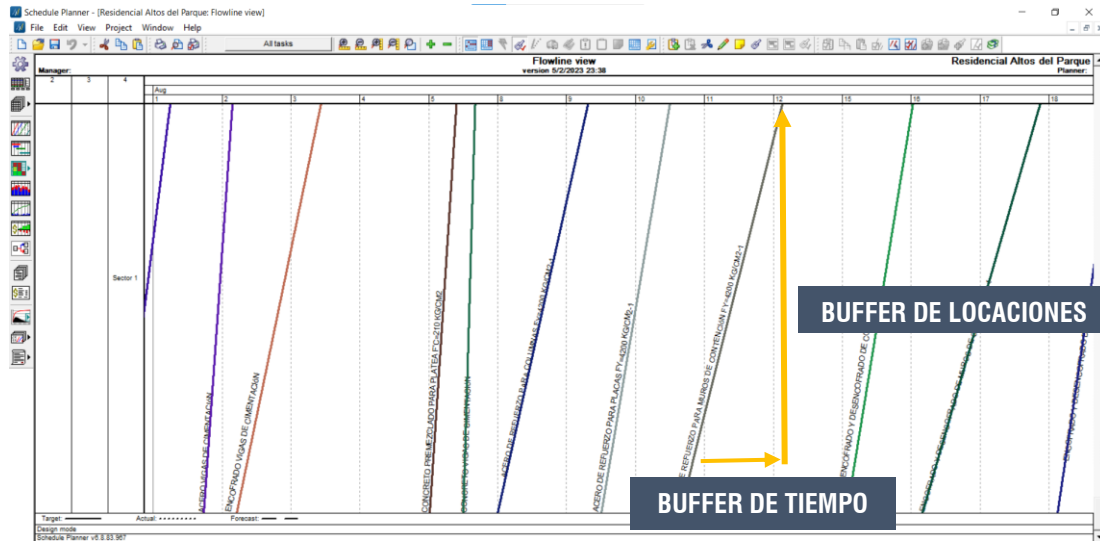
3.6.6.1 Interfaz y entorno de las líneas de flujo

Las líneas de flujo consisten en tareas que están relacionadas con las partidas presupuestarias y con las mediciones cuantificadas del modelo 3D. Las líneas de flujo están plasmadas en un plano de 2 dimensiones, donde en el eje horizontal (eje X) se tendrá la línea del tiempo de las partidas que definirá el inicio y final del proyecto (igual que en un diagrama Gantt). En el eje vertical se tendrá las partidas jerarquizadas, como los sectores que se tendrán. Dentro del gráfico se podrán observar las líneas de flujo, estas líneas tendrán una pendiente que definirá el rendimiento y las cuadrillas, es decir, a mayor pendiente se tendrá un mayor rendimiento, pero también una mayor cantidad de cuadrilla; esta relación deberá estar bien sustentada y balanceada, ya que, si la cuadrilla incrementa demasiado, el costo también se elevará y no será un trabajo óptimo.

Toda esta información gráfica que generan las líneas de flujo, junto a un análisis correcto de las mismas, son base de la planificación y del uso de la metodología LBMS para la gestión del costo y cronograma del proyecto.

Figura 43

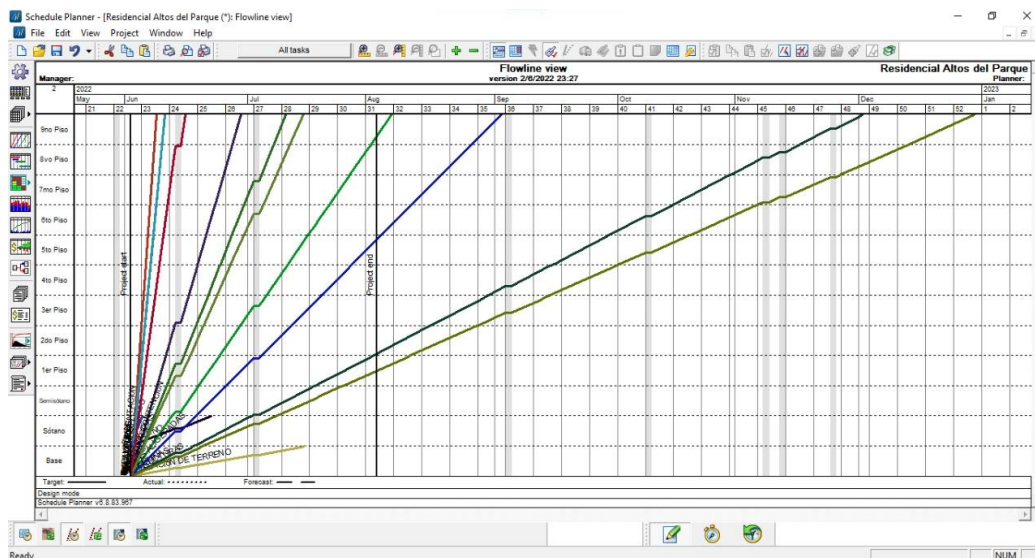
Buffer de tiempo y locaciones



Nota: Tomado de *Vico Office*

Figura 44

Líneas de flujo sin dependencias y ajustes



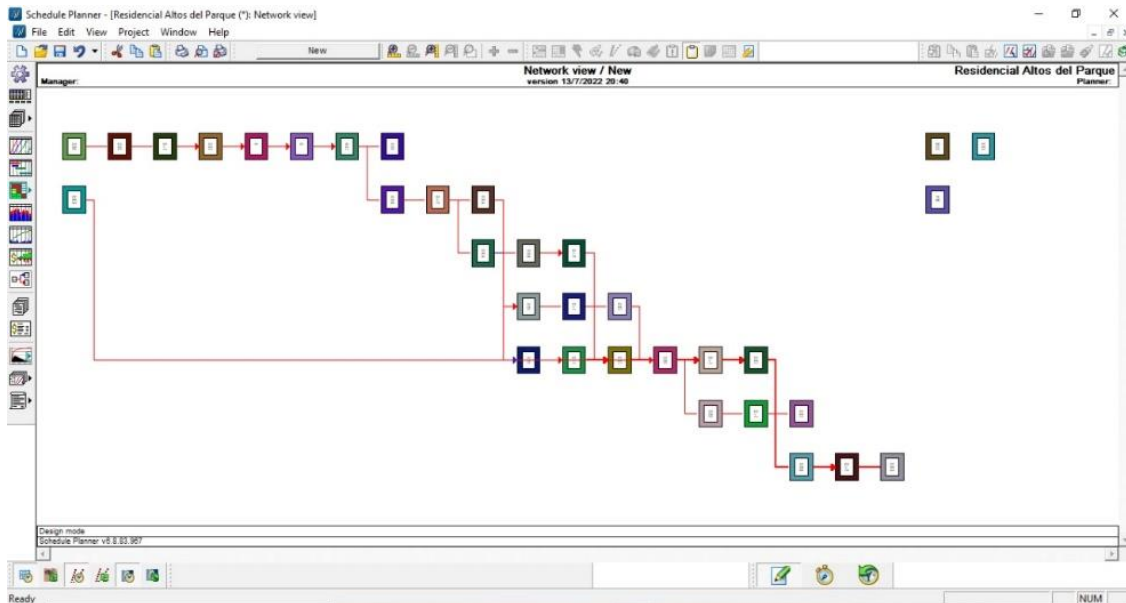
Nota: Tomado de *Vico Office*

Las líneas de flujo se miden según la pendiente: a mayor pendiente, el rendimiento de las cuadrillas, el flujo de trabajo y el uso de recursos es menor y óptimo. Dentro de esta lógica se debe buscar que las actividades tengan la mayor pendiente posible, pero que sea real al trabajo que se va a realizar en campo, es decir, por tener una pendiente mayor no podemos aumentar abruptamente la cuadrilla. Es por ello por lo que se debe ajustar teniendo un criterio de proceso constructivo, esto es la definición previa de las líneas de

flujo. Para el ajuste de las líneas de flujo es necesario dar un orden lógico a las actividades dentro del proyecto en el apartado de *Network View*, donde según la experiencia de los investigadores, se dio en los predecesores de actividades del proyecto, esto se observa a continuación en la Figura 45.

Figura 45

Secuencialidad de actividades para ajuste de líneas de flujo

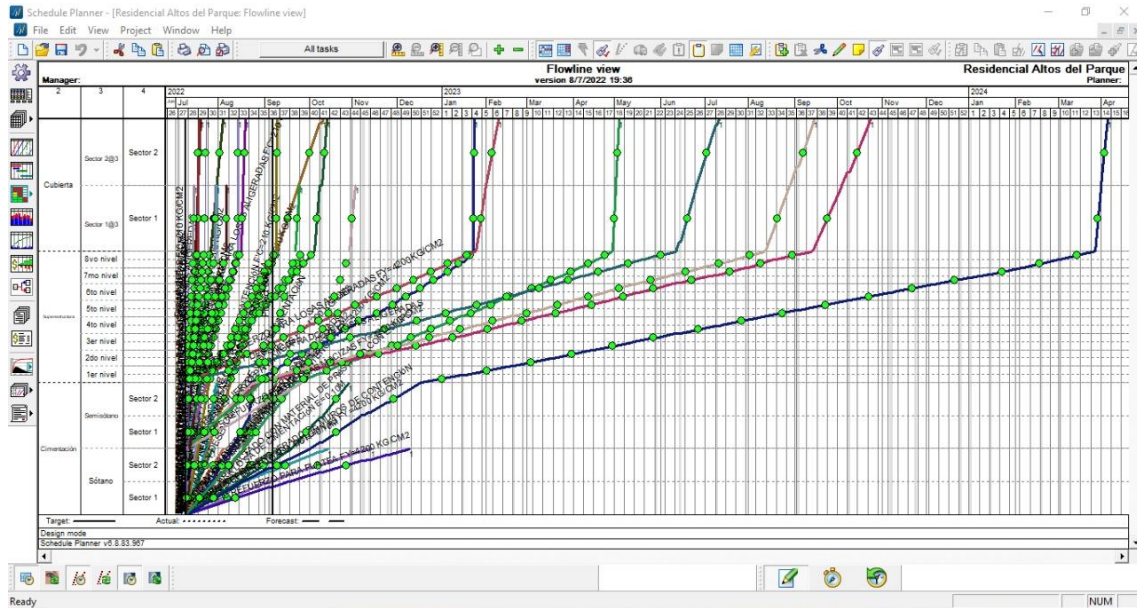


Nota: Tomado de *Vico Office*

Para ajustar las líneas de flujo se dará un proceso de actividades de dependencias. Relaciones lógicas entre partidas. Después de equilibrar las líneas de flujo, se procede a establecer las relaciones lógicas entre los grupos de trabajo en base al procedimiento constructivo que ha sido planificado para la obra. Para definir estas relaciones es necesario tener una visión clara del orden de ejecución de las partidas, además, sus dependencias se establecen de acuerdo con las necesidades del proceso constructivo. Observado a continuación en la Figura 46 y Figura 47.

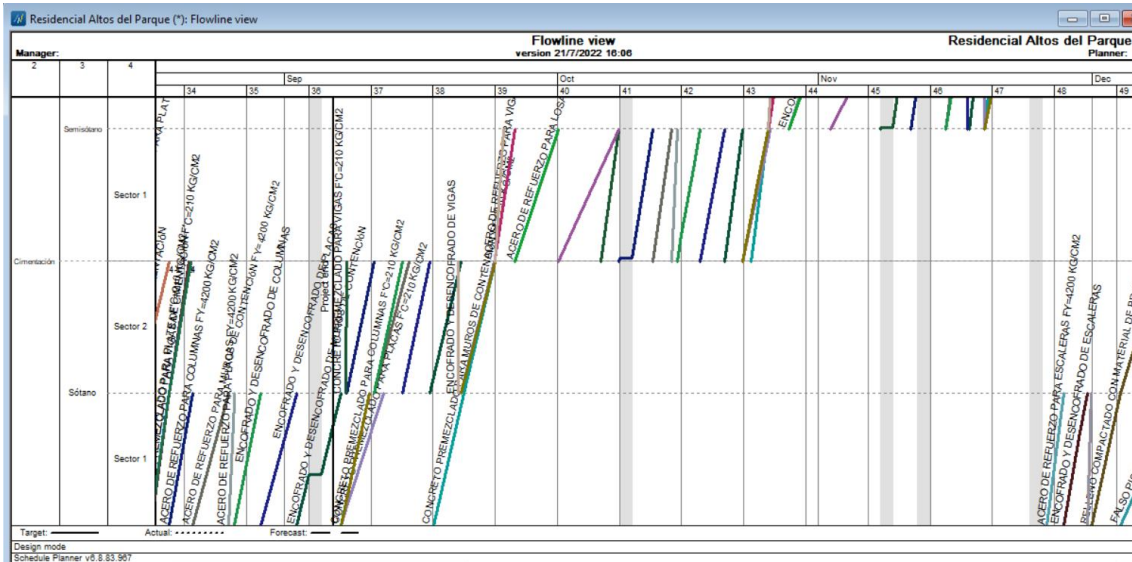


Figura 46
Líneas de flujo con recursos



Nota: Tomado de *Vico Office*

Figura 47
Líneas de flujo definidas por la cuadrilla



Nota: Tomado de *Vico Office*



Capítulo IV: Resultados

A partir del análisis BIM realizado y la vinculación del modelo BIM 3D (la información y alcance del proyecto), el modelo BIM 4D (el análisis de la planificación de tiempo del proyecto) y el modelo BIM 5D (el análisis del costo del proyecto); se obtuvo la planificación y el costo del proyecto a través de líneas de flujo.

Para la realización de líneas de flujo se tuvo una secuencia lógica, según proceso constructivo de las actividades, de modo que se haya utilizado el uso continuo de recursos y el flujo de las cuadrillas de trabajo. De igual manera, al tener una visualización sencilla de actividades mediante líneas de flujo, se redujeron interferencias y holguras, así como, reducción de mermas de material debido a un flujo correcto de recursos.

Se realizó el ‘cronograma maestro’, a partir de nuestra unidad de producción (sectores), teniendo así la fase de cimentaciones (Figura 48) y una planificación para la etapa de superestructura y cubierta (Figura 49). A partir de este análisis, se obtuvieron reportes (histogramas) en los que se muestran el flujo de recursos y mano de obra que sucedería durante la ejecución de obra. Se muestra el ‘histograma de mano de obra’ (hh), con detalle diario (Figura 53), además los siguientes histogramas: histograma de la actividad de encofrado con detalle mensual para todo el proyecto en m^2 (Figura 54); histograma de la actividad de acero con detalle mensual, para todo el proyecto, (Figura 55), e histograma de la actividad de concreto con detalle mensual para todo el proyecto (Figura 56). Asimismo, con los datos de los reportes obtenidos se realizó el cronograma valorizado de obra o Curva S (Figura 59), el cual se comparó con el ‘cronograma valorizado contractual de obra’, el cual se muestra en la Figura 60.

En la Figura 58, también se puede visualizar la variación porcentual de las partidas del proyecto planificadas mediante planificación CPM del proyecto y la planificación LBMS planteada. Pudiendo

Ese análisis comparativo en el cual la partida de ‘movimiento de tierras’ tiene un 24 % mayor en el contractual y un 66 % en escaleras (encofrado, acero y vaciado), sin embargo, en las otras partidas hay una compensación de mayores y menores valores por lo que, en el presupuesto total del proyecto se visualiza que entre el modelo BIM 5D y el presupuesto contractual solo hay una diferencia de precio del 1 %.



Figura 50

Extracto del cronograma maestro de la etapa de cimentaciones utilizando líneas de flujo.

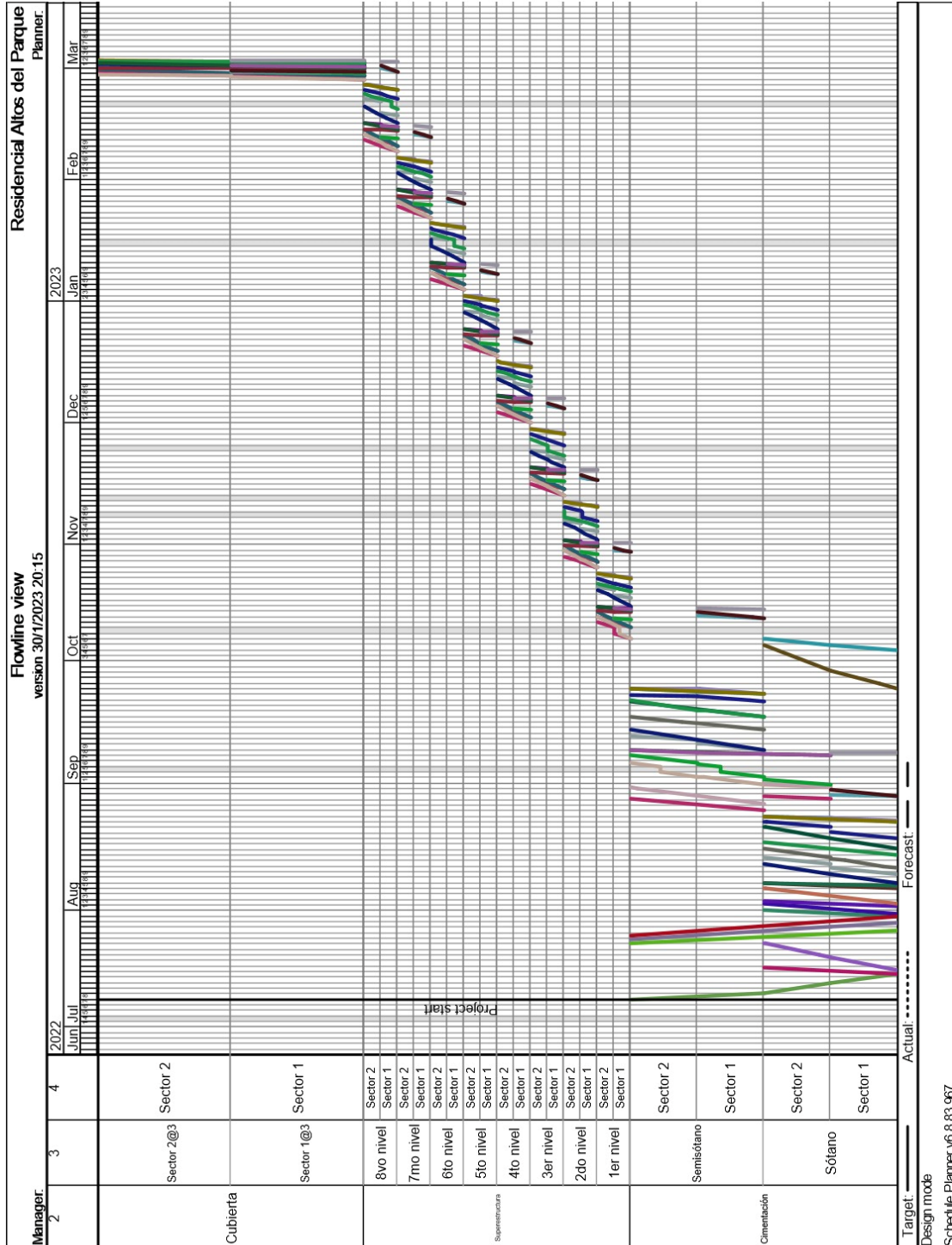
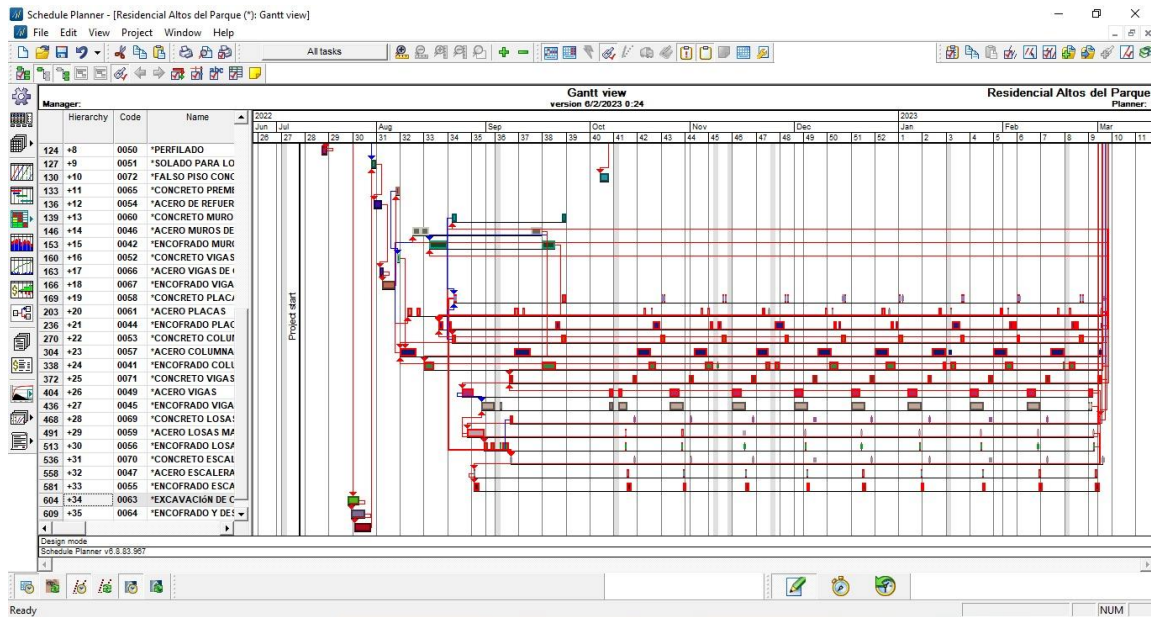


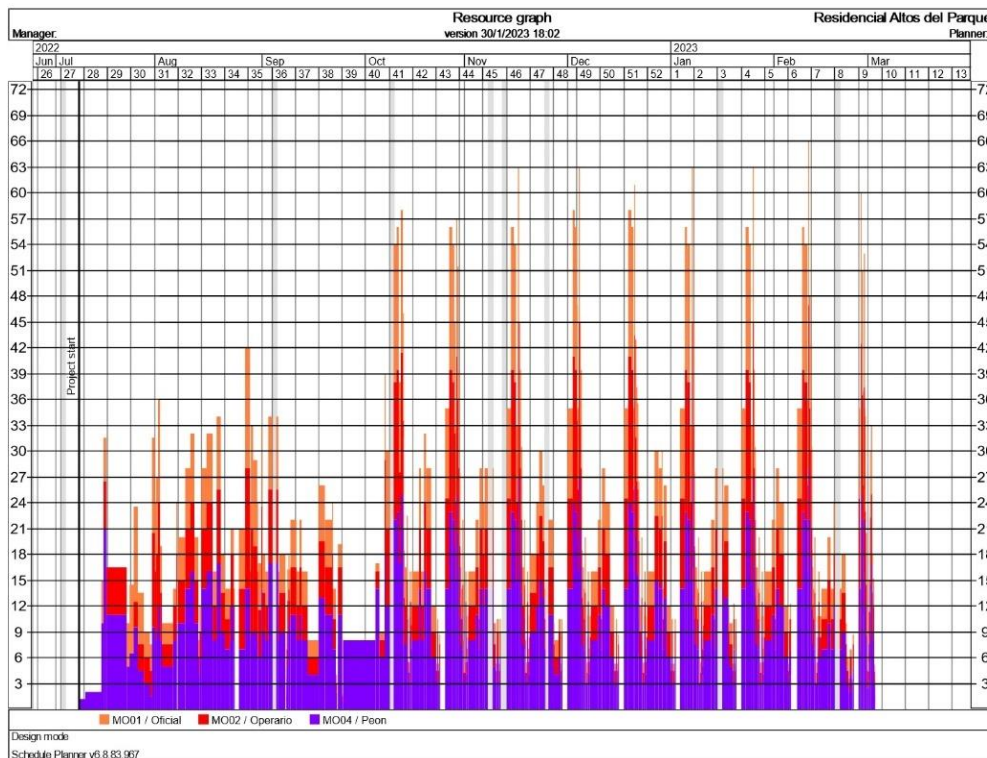


Figura 52
Diagrama Gantt en base a la planificación mediante líneas de flujo



Nota: Tomado de Software *Vico Office*

Figura 53
Histograma de mano de obra (hh) con detalle diario

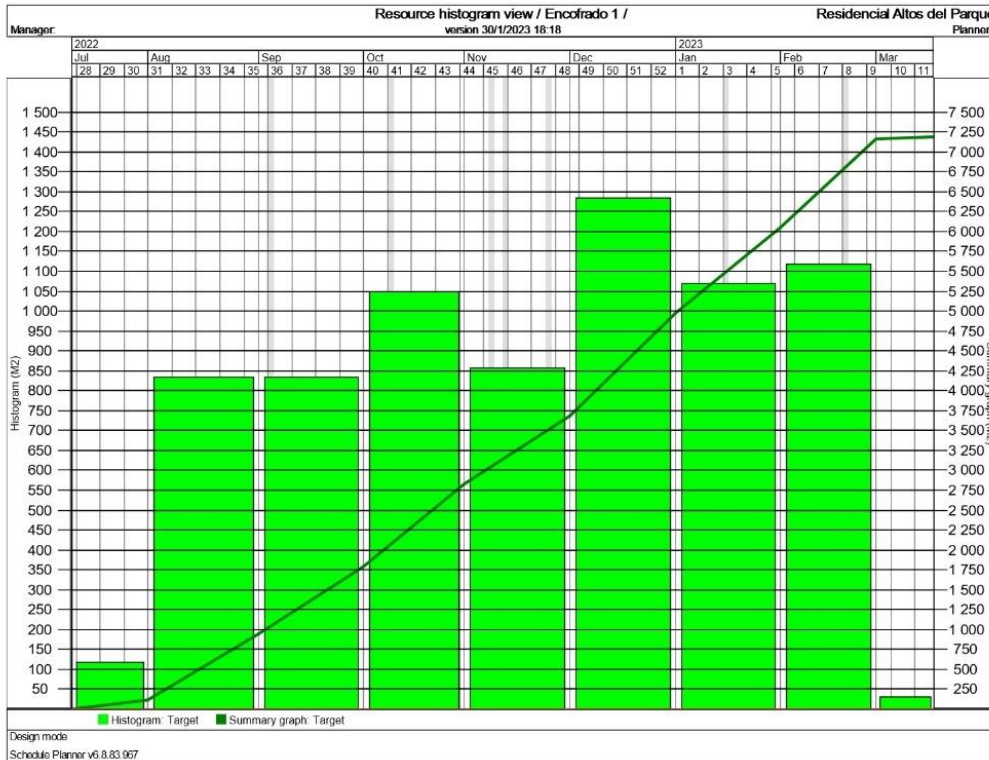


Nota: Tomado de Software *Vico Office*



Figura 54

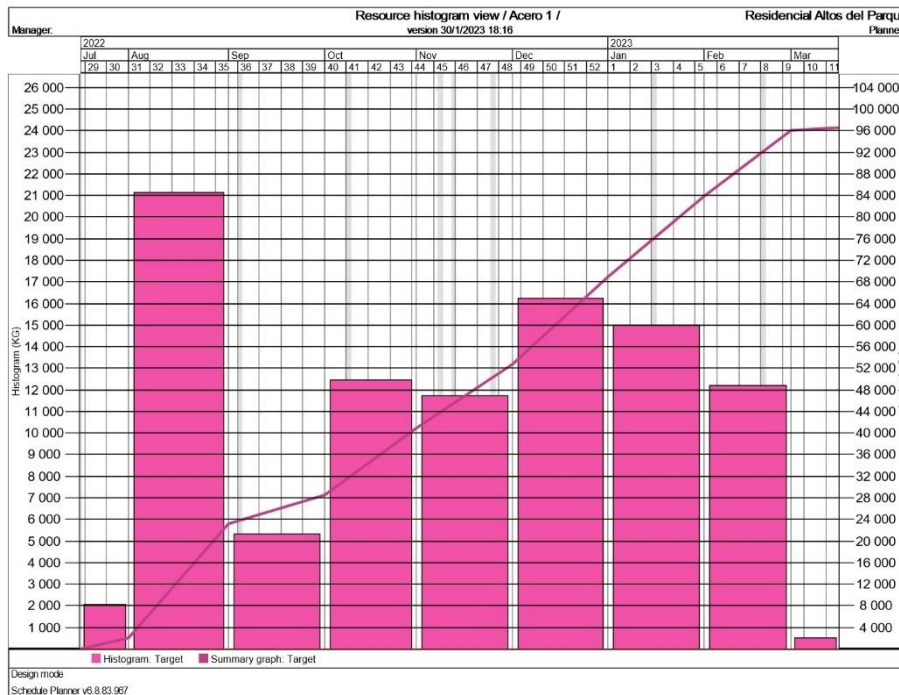
Histograma de la actividad de encofrado con detalle mensual, para todo el proyecto



Nota: Tomado de Software *Vico Office*

Figura 55

Histograma de la actividad de acero con detalle mensual, para todo el proyecto

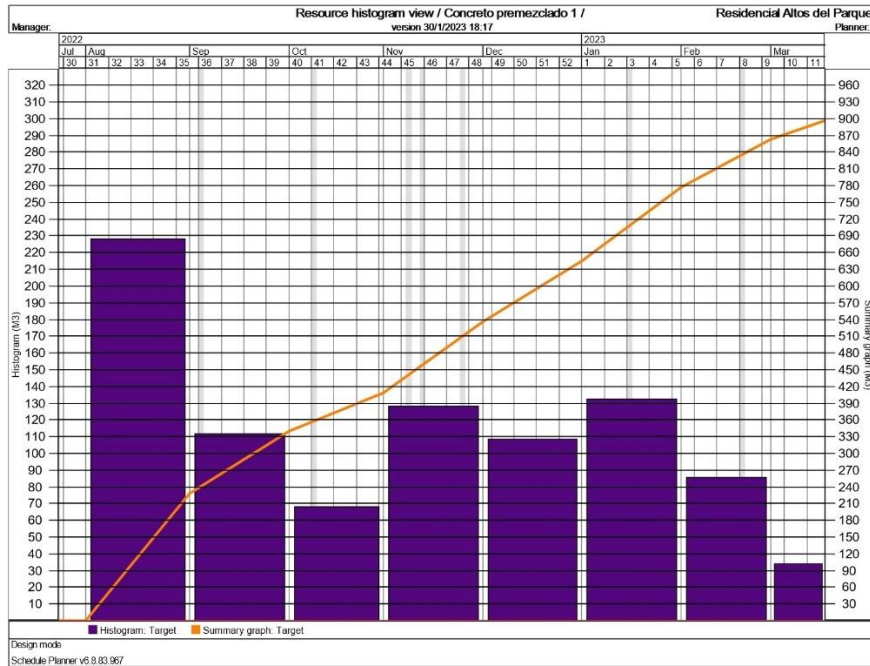


Nota: Tomado de Software *Vico Office*



Figura 56

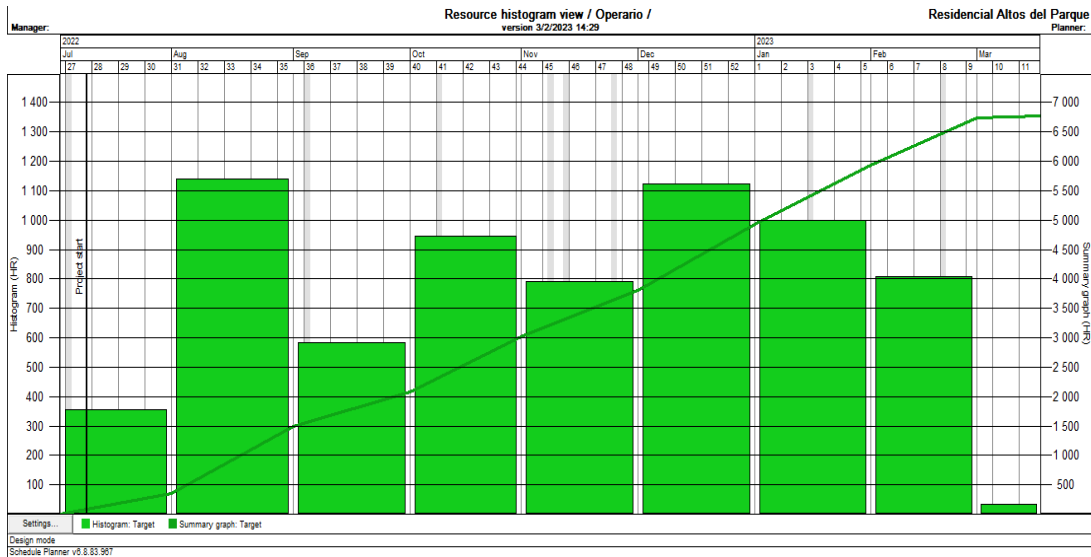
Histograma de la actividad de concreto con detalle mensual, para todo el proyecto



Nota: Tomado de Software Vico Office

Figura 57

Histograma de Operarios con detalle diario, para todo el proyecto

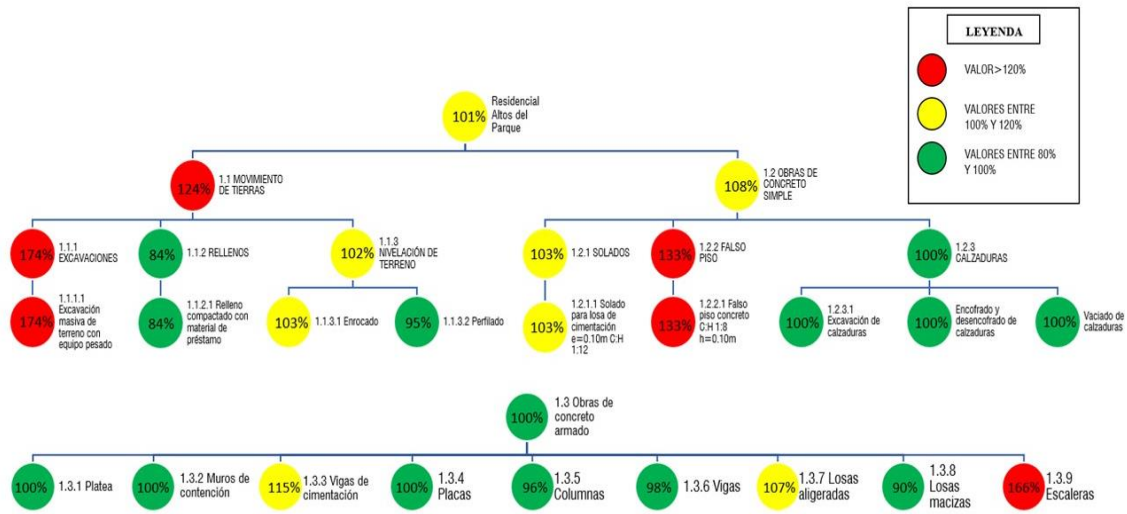


Nota: Tomado de Software Vico Office



Figura 58

Diagrama comparativo entre presupuesto realizado con BIM 5D y el presupuesto contractual.



Nota: Tomado de Software *Vico Office*

Figura 59

Curva S de Modelo BIM 5D

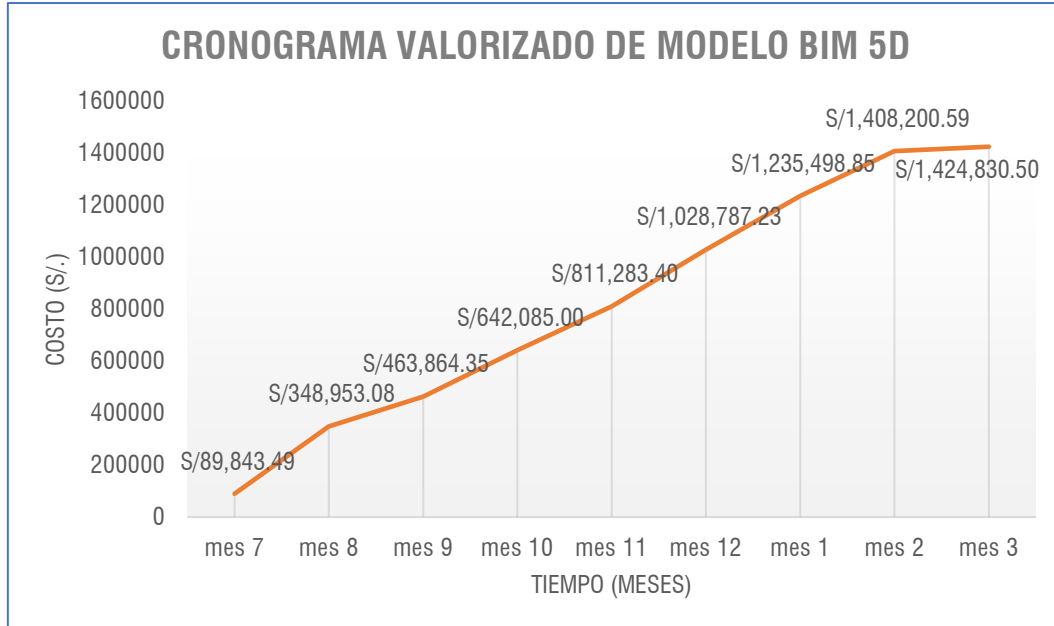
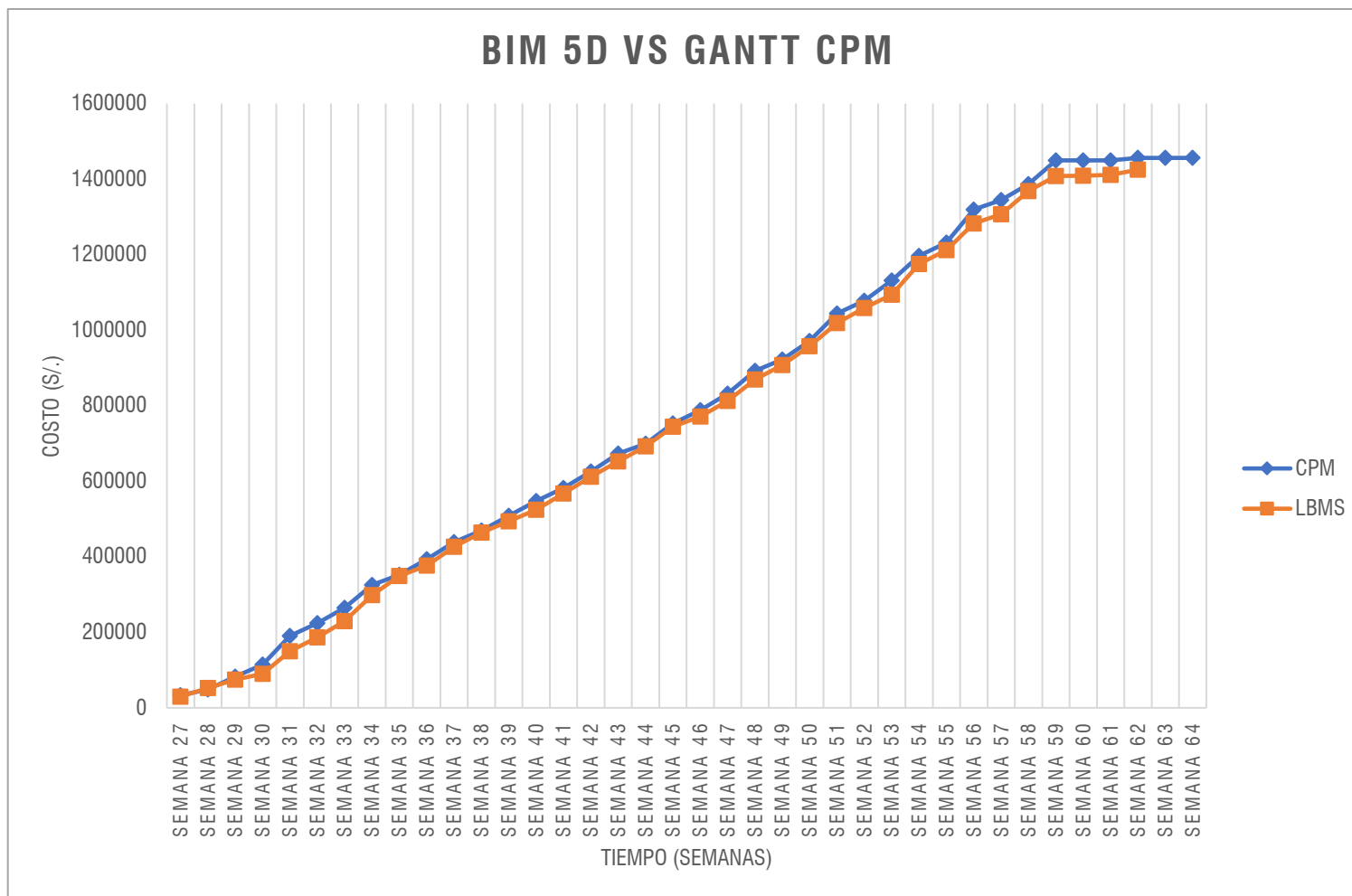




Figura 60

Comparación Curvas S entre Modelo BIM 5D y Curva S de Cronograma valorizado contractual.





4.1. Tren de trabajo - Look Ahead Planning

Para obtener un flujo eficiente de actividades en la etapa de estructura, se planteó un Look Ahead Planning, para ello es necesario entender y tener mapeados los distintos procesos y actividades en la etapa de estructuras, pues ayudará a elaborar una completa y eficiente programación de trabajo, lo cual es un punto importante en la gestión de acabados en construcción.

4.1.1 Procesos en la etapa de estructuras

Subestructuras - esta etapa contiene los siguientes procesos:

1. Excavación masiva de terreno con equipo pesado
2. Relleno compactado con material de préstamo
3. Enrocado
4. Perfilado
5. Solado para losa de cimentación $e=10\text{cm}$ C:H 1:12
6. Excavación de calzaduras
7. Encofrado y desencofrado de calzaduras
8. Concreto para calzaduras C:H 1:12
9. Concreto premezclado $f^c=210\text{ kg/cm}^2$ para platea
10. Acero de refuerzo de platea $f^y=4200\text{ kg/cm}^2$
11. Concreto premezclado $f^c=210\text{ kg/cm}^2$ para vigas de cimentación
12. Acero de refuerzo de vigas de cimentación $f^y=4200\text{ kg/cm}^2$
13. Encofrado y desencofrado de vigas de cimentación
11. Concreto premezclado $f^c=210\text{ kg/cm}^2$ para vigas de cimentación
12. Acero de refuerzo de vigas de cimentación $f^y=4200\text{ kg/cm}^2$
13. Encofrado y desencofrado de vigas de cimentación

Subestructuras - esta etapa contiene los siguientes procesos:

1. Concreto premezclado $f^c=210\text{ kg/cm}^2$ para placas
2. Acero de refuerzo de placas $f^y=4200\text{ kg/cm}^2$
3. Encofrado y desencofrado de placas
4. Concreto premezclado $f^c=210\text{ kg/cm}^2$ para columnas
5. Acero de refuerzo de columnas $f^y=4200\text{ kg/cm}^2$



6. Encofrado y desencofrado de columnas
7. Concreto premezclado $f^c=210$ kg/cm² para vigas
8. Acero de refuerzo de vigas $f^y=4200$ kg/cm²
9. Encofrado y desencofrado de vigas
10. Concreto premezclado $f^c=210$ kg/cm² para losas aligeradas
11. Acero de refuerzo de losas aligeradas $f^y=4200$ kg/cm²
12. Encofrado y desencofrado de losas aligeradas
13. Tecnopor
14. Concreto premezclado $f^c=210$ kg/cm² para losas macizas
15. Acero de refuerzo de losas macizas $f^y=4200$ kg/cm²
16. Encofrado y desencofrado de losas macizas
14. Concreto premezclado $f^c=210$ kg/cm² para escaleras
15. Acero de refuerzo de losas escaleras $f^y=4200$ kg/cm²
16. Encofrado y desencofrado de escaleras

4.1.2 Sectorización

Los sectores son los siguientes:

- S1Sm - Sector 1 Semisótano
- S2Sm - Sector 2 Semisótano
- S1St - Sector 1 sótano
- S2St - Sector 2 sótano
- S1N1 - Sector 1 Primer nivel
- S2N1 - Sector 2 Primer nivel
- S1N2 - Sector 1 Segundo nivel
- S2N2 - Sector 2 Segundo nivel
- S1N3 - Sector 1 Tercer nivel
- S2N3 - Sector 2 Tercer nivel
- S1N4 - Sector 1 Cuarto nivel
- S2N4 - Sector 2 Cuarto nivel
- S1N5 - Sector 1 Quinto nivel
- S2N5 - Sector 2 Quinto nivel
- S1N6 - Sector 1 Sexto nivel



S2N6 - Sector 2 Sexto nivel

S1N7 - Sector 1 Séptimo nivel

S2N7 - Sector 2 Séptimo nivel

S1N8 - Sector 1 Octavo nivel

S2N8 - Sector 2 Octavo nivel

S1N9 - Sector 1 Noveno nivel

S2N9 - Sector 2 Noveno nivel

4.1.3 Tren de trabajo

A continuación, se muestran las tablas 14, 15 y 16; de recursos y nuevas cuadrillas para las partidas de encofrado, concreto y acero, que forman parte de las partidas más críticas y relevantes; esto para la realización del tren de trabajo del proyecto.

A su vez en las Figuras 61, 62, 63 y 64 se aprecia toda la planificación mediante el tren de trabajo de cada nivel, llegando a la fecha establecida también mediante líneas de flujo.

Tabla 14

Tabla de estimación de cuadrillas de la partida de encofrado y desencofrado

ENCOFRADO Y DESENCOFRADO												
DESCRIPCION	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BW/G # 08	MADERA TORNILLO	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	UNIDAD	METRADOS	RENDIMIENTO	UNIDAD	DIAS	CUADRILLA		
										OPERARIO	OFICIAL	PEON
PLACAS	0,3	2,12	0,3	0,15	m2	93,59	40	m2/día	3	2	2	4
COLUMNAS	0,3	2,12	0,3	0,15	m2	102,15	40	m2/día	3	2	2	4
VIGAS	0,3	2,12	0,3	0,15	m2	146,78	40	m2/día	4	2	2	4
LOSAS ALIGERADAS	0,3	2,12	0,3	0,15	m2	148,05	40	m2/día	4	2	2	4
LOSAS MACIZAS	0,3	2,12	0,3	0,15	m2	11,41	20	m2/día	1	1	1	2
ESCALERAS	0,3	2,12	0,3	0,15	m2	26,46	30	m2/día	1	0	4	2



Tabla 15

Tabla de estimación de cuadrillas de la partida de concreto premezclado

CONCRETO PREMEZCLADO									
DESCRIPCION	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm ²	UNIDAD	METRADO	RENDIMIENTO	UNIDAD	DIAS	CUADRILLA		
							OPERARIO	OFICIAL	PEON
PLACAS	1.00	m3	9,06	25	m3/día	1	2	1	4
COLUMNAS	1.00	m3	16,25	25	m3/día	1	2	1	4
VIGAS	1.00	m3	84,34	100	m3/día	1	4	4	10
LOSAS ALIGERADAS	1.00	m3	11,10	50	m3/día	1	2	2	5
LOSAS MACIZAS	1.00	m3	0,87	50	m3/día	1	2	2	5
ESCALERAS	1.00	m3	4,47	30	m3/día	1	1	1	3

Tabla 16

Tabla de estimación de cuadrillas de la partida de acero de refuerzo

ACERO DE REFUERZO										
DESCRIPCION	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 16	ACERO CORRUGADO f'y: 4200 kg/cm ² GRADO 60	UNIDAD	METRADOS	RENDIMIENTO	UNIDAD	DIAS	CUADRILLA		
								OPERARIO	OFICIAL	PEON
PLACAS	0.02	1.00	kg	573,79	2ss50	kg/día	3	1	1	1
COLUMNAS	0.02	1.00	kg	3249,19	850	kg/día	4	4	3	6
VIGAS	0.02	1.00	kg	2.283	600	kg/día	4	3	3	3
LOSAS ALIGERADAS	0.02	1.00	kg	1112,44	400	kg/día	3	2	2	2
LOSAS MACIZAS	0.02	1.00	kg	102,11	200	kg/día	1	1	1	1
ESCALERAS	0.02	1.00	kg	351,48	250	kg/día	1	1	1	0



Figura 62 Tren de trabajo de planta típica de SEMANA 42 a SEMANA 49

N°	ACTIVIDADES	SEMANA 42					SEMANA 43					SEMANA 44					SEMANA 45					SEMANA 46					SEMANA 47					SEMANA 48					SEMANA 49						
		L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V		
N°	ACTIVIDADES	17	18	19	20	21	24	25	26	27	28	31	1	2	3	4	7	8	9	10	11	14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	28	29	30	1	2	5	6	7	8	9		
01	EXCAVACIÓN MASIVA DE TERRENO CON EQUIPO PESADO																																										
02	PERFILADO																																										
03	ENDOCADO																																										
33	EXCAVACION DE CALZADURAS																																										
34	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CALZADURAS																																										
35	CONCRETO PARA CALZADURAS C.H 1:12 en MEZCLADORA																																										
04	SOLADO PARA LOSA DE CIMENTACIÓN E=0,10m																																										
05	ACERO DE REFUERZO DE PLATEA f'y: 4200 kg/cm2																																										
06	ACERO DE REFUERZO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN f'y: 4200 kg/cm2																																										
07	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGA DE CIMENTACIÓN																																										
08	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 PARA PLATEA																																										
09	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGA DE CIMENTACIÓN																																										
10	ACERO DE REFUERZO DE COLUMNAS f'y: 4200 kg/cm2	S1N2	S2N2	S2N2								S1N3	S1N3	S2N3	S2N3											S1N4	S1N4	S2N4	S2N4														
11	ACERO DE REFUERZO DE PLACAS f'y: 4200 kg/cm2	S1N2	S1N2	S2N2	S2N2							S1N3	S1N3	S2N3	S2N3											S1N4	S1N4	S2N4	S2N4														
12	ACERO DE REFUERZO DE MUROS DE CONTENCIÓN f'y: 4200 kg/cm3																										S1N4	S1N4	S2N4	S2N4													
13	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS		S1N2	S1N2	S2N2	S2N2						S1N3	S1N3	S2N3	S2N3											S1N4	S1N4	S2N4	S2N4														
14	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PLACAS			S1N2	S1N2	S2N2	S2N2					S1N3	S1N3	S2N3	S2N3											S1N4	S1N4	S2N4	S2N4														
15	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS DE CONTENCIÓN																										S1N4	S1N4	S2N4	S2N4													
16	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 PARA COLUMNAS						S1N2	S2N2									S1N3	S2N3									S1N4	S2N4															
17	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 PARA PLACAS						S1N2	S2N2									S1N3	S2N3									S1N4	S2N4															
18	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 PARA MUROS DE CONTENCIÓN																										S1N4	S2N4															
19	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS						S1N2	S1N2	S2N2	S2N2						S1N3	S1N3	S2N3	S2N3											S1N4	S1N4	S2N4	S2N4										
20	ACERO DE REFUERZO DE VIGAS f'y: 4200 kg/cm2						S1N2	S1N2	S2N2	S2N2						S1N3	S1N3	S2N3	S2N3											S1N4	S1N4	S2N4	S2N4										
21	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS											S1N2									S1N3										S1N4												
22	ACERO DE REFUERZO DE LOSAS MACIZAS f'y: 4200 kg/cm2											S1N2									S1N3										S1N4												
25	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS											S1N2	S1N2	S2N2	S2N2						S1N3	S1N3	S2N3	S2N3						S1N4	S1N4	S2N4	S2N4										
26	ACERO DE REFUERZO DE LOSAS ALIGERADAS f'y: 4200 kg/cm2											S1N2	S1N2	S2N2	S2N2						S1N3	S1N3	S2N3	S2N3						S1N4	S1N4	S2N4	S2N4										
28	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESCALERAS																																										
29	ACERO DE REFUERZO DE ESCALERAS f'y: 4200 kg/cm2																																										
30	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 PARA ESCALERAS																																										
27	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 PARA LOSAS ALIGERADAS											S1N2	S2N2													S1N3	S2N3																
23	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS											S1N2	S2N2													S1N3	S2N3																
24	CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 PARA LOSAS MACIZAS											S1N2														S1N3																	
31	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO																																										
32	FALSO PISO. CONCRETO C.H 1:8 h=0,10m																																										

LEYENDA

S1N2	Sector 1-Nivel 2
S2N2	Sector 2-Nivel 2
S1N3	Sector 1-Nivel 3
S2N3	Sector 2-Nivel 3
S1N4	Sector 1-Nivel 4
S2N4	Sector 2-Nivel 4



Figura 64 Tren de trabajo de planta típica de SEMANA 04 a SEMANA 09 y final del cronograma

N°	ACTIVIDADES	SEMANA 04					SEMANA 05					SEMANA 06					SEMANA 07					SEMANA 08					SEMANA 09						
		L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V		
01	EXCAVACIÓN MASIVA DE TERRENO CON EQUIPO PESADO	23	24	25	26	27	30	31	1	2	3	6	7	8	9	10	13	14	15	16	17	20	21	22	23	24	27	28	1	2	3		
02	PERFILADO																																
03	ENROSCADO																																
33	EXCAVACION DE CALZADURAS																																
34	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CALZADURAS																																
35	CONCRETO PARA CALZADURAS C:H 1:12 c/ MEZCLADORA																																
04	SOLLADO PARA LOSA DE CIMENTACIÓN E=0.10M																																
05	ACERO DE REFUERZO DE PLATEA f'y: 4200 kg/cm2																																
06	ACERO DE REFUERZO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN f'y: 4200 kg/cm2																																
07	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGA DE CIMENTACIÓN																																
08	CONCRETO Premezclado f'c=210 kg/cm2 PARA PLATEA																																
09	CONCRETO Premezclado f'c=210 kg/cm2 PARA VIGA DE CIMENTACIÓN																																
10	ACERO DE REFUERZO DE COLUMNAS f'y: 4200 kg/cm2	S1N7	S2N7	S2N7								S1N8	S1N8	S2N8	S2N8																		
11	ACERO DE REFUERZO DE PLACAS f'y: 4200 kg/cm2		S1N7	S1N7	S2N7	S2N7								S1N8	S1N8	S2N8	S2N8																
12	ACERO DE REFUERZO DE MUROS DE CONTENCIÓN f'y: 4200 kg/cm3																																
13	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS			S1N7	S1N7	S2N7	S2N7							S1N8	S1N8	S2N8	S2N8																
14	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PLACAS				S1N7	S1N7	S2N7	S2N7							S1N8	S1N8	S2N8	S2N8															
15	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS DE CONTENCIÓN																																
16	CONCRETO Premezclado f'c=210 kg/cm2 PARA COLUMNAS						S1N7	S2N7									S1N8	S2N8															
17	CONCRETO Premezclado f'c=210 kg/cm2 PARA PLACAS						S1N7	S2N7									S1N8	S2N8															
18	CONCRETO Premezclado f'c=210 kg/cm2 PARA MUROS DE CONTENCIÓN																																
19	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS						S1N7	S1N7	S2N7	S2N7							S1N8	S1N8	S2N8	S2N8													
20	ACERO DE REFUERZO DE VIGAS f'y: 4200 kg/cm2						S1N7	S1N7	S2N7	S2N7							S1N8	S1N8	S2N8	S2N8													
21	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS								S1N7	S1N7									S1N8	S1N8													
22	ACERO DE REFUERZO DE LOSAS MACIZAS f'y: 4200 kg/cm2								S1N7	S1N7									S1N8	S1N8													
25	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS								S1N7	S1N7	S2N7	S2N7							S1N8	S1N8	S2N8	S2N8											
26	ACERO DE REFUERZO DE LOSAS ALIGERADAS f'y: 4200 kg/cm2								S1N7	S1N7	S2N7	S2N7							S1N8	S1N8	S2N8	S2N8											
28	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESCALERAS									S1N7																							
29	ACERO DE REFUERZO DE ESCALERAS f'y: 4200 kg/cm2									S1N7																							
30	CONCRETO Premezclado f'c=210 kg/cm2 PARA ESCALERAS										S1N7																						
27	CONCRETO Premezclado f'c=210 kg/cm2 PARA LOSAS ALIGERADAS										S1N7	S2N7														S1N8	S2N8						
23	CONCRETO Premezclado f'c=210 kg/cm2 PARA VIGAS										S1N7	S2N7														S1N8	S2N8						
24	CONCRETO Premezclado f'c=210 kg/cm2 PARA LOSAS MACIZAS										S1N7															S1N8							
31	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO																																
32	FALSO PISO. CONCRETO C:H 1:8 h=0.10m																																

LEYENDA	
S1N7	Sector 1-Nivel 7
S2N7	Sector 2-Nivel 7
S1N8	Sector 1-Nivel 8
S2N8	Sector 2-Nivel 8



Capítulo V: Discusión de Resultados

5.1. Descripción de los hallazgos más relevantes y significativos

En esta investigación se planteó un sistema de gestión de presupuesto y el cronograma de un proyecto que no solo pueda complementar al método CPM de manera gráfica o visual, sino que la información que se maneje desde el expediente técnico sea confiable, válido y funcional. Tener la información del uso de los recursos (la mano de obra y materiales) de cada actividad dentro del proyecto, hace que se cumpla con los objetivos de buscar la ejecución de un proyecto de manera eficiente, esto implica cumplir con el cronograma y con el costo del proyecto.

Dentro de los resultados obtenidos en la investigación, se desarrolló la manera en cómo la metodología *Location-Based Management System*, planteada para planificar la ejecución del proyecto «Residencial Multifamiliar Altos del Parque», desglosa los frentes de trabajo, explica el manejo de cuadrillas por semana y el flujo de recursos a lo largo de la línea del tiempo de la ejecución del proyecto, cumpliendo con las hipótesis planteadas, reduciendo el costo y tiempo de la ejecución del proyecto frente a una posible planificación utilizando el método CPM. Mediante las herramientas utilizadas a lo largo de la investigación se llegó a los resultados que a continuación exponemos en este capítulo.

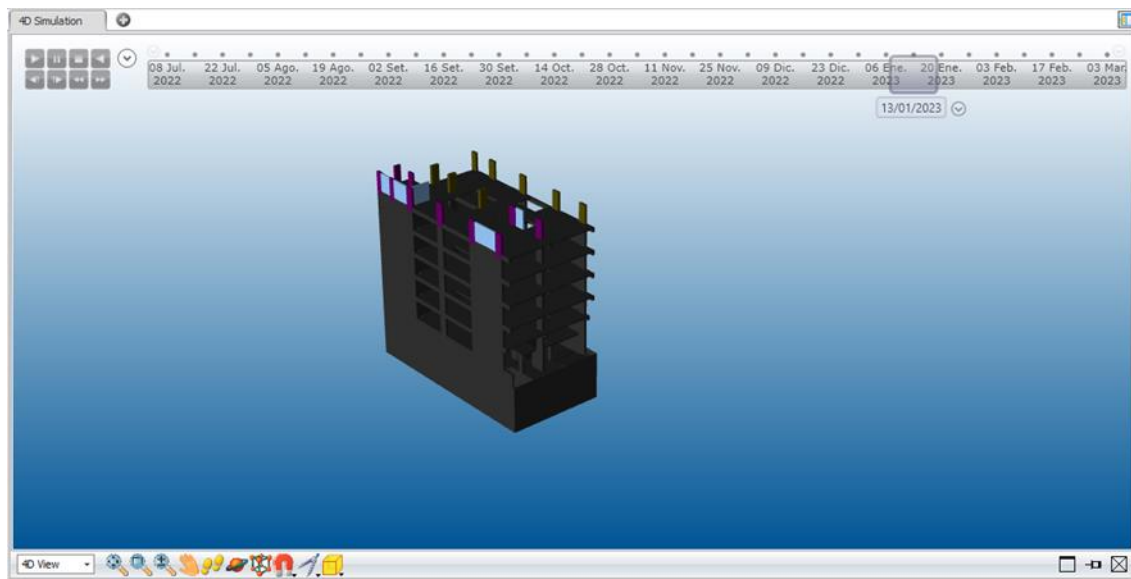
Acorde a la investigación *Improving workflow and resource usage in construction schedules through location-based management system (LBMS)* de Olli Seppänen, Hylton Olivieri & Arioaldo Denis Granja (2018), la planificación —usando el sistema de gestión *Location Based Management System (LBMS)*—, resolvió los problemas que la metodología PERT/CPM acogen, estos fueron: la falta de programación del flujo de trabajo y el uso continuo de recursos; hechos que se comprueban en la presente investigación.

De acuerdo con la planificación elaborada a partir de un modelo BIM 5D y la metodología LBMS, encontramos una serie de ventajas respecto a una planificación elaborada con el método CPM. Una de esas ventajas es la fácil visualización de los sectores y niveles de la edificación, así como las interferencias entre las actividades, pudiendo ver, además, los posibles ‘cuellos de botella’ al tener un flujo constante de recursos y mano de obra, los cuales son dificultosos de ver en un cronograma Gantt, además esta planificación pudo

ser representada a través de un tren de trabajo (mostrado en el capítulo IV, ítem 4.1.3), que nos muestra el flujo que se describe tanto por niveles y sectores definidos.

Además, se incluye una simulación 4D de toda la planificación, obtenidas a partir del modelo BIM 5D; este resultado nos ayuda a saber si los criterios tomados para la programación fueron los óptimos o, si existe algún tipo de interferencia o errores durante la ejecución de este (Figura 65).

Figura 65
Simulación BIM 4D del proyecto



Nota: Tomado de software *Vico Office*

5.2. Gestión del tiempo

En lo que concierne a la gestión del tiempo al utilizar la metodología *Location Based Management System* (LBMS) basado en un modelo BIM 4D-5D, se tiene una programación de la edificación —de la especialidad de estructuras—, la que termina el 02 de marzo del año 2023; mientras que la programación contractual termina el 24 de marzo del año 2023, y se tiene 22 días calendario de diferencia entre uno y otro. Es menester resaltar que la programación del modelo BIM 5D no consideró los sábados como días laborables, puesto que estos fueron tomados como posibles *buffers*, en caso faltaran terminar algunas partidas durante la semana planificada.

Esta planificación es confiable, puesto que se visualiza que no existe ningún tipo de interferencia entre las partidas, además, las pendientes de las líneas de flujo funcionan sobre la base a las tasas de producción proyectadas y son paralelas entre sí, teniendo un



flujo continuo de recursos y mano de obra, mientras que, en los cronogramas Gantt son con base a duraciones planificadas inicialmente (Suárez Cabellos, 2019). Además, al tener los diferentes histogramas obtenidos nos permite saber qué cantidad de cuadrilla y cuántos recursos se necesitan en un tiempo específico, minimizando los posibles errores que pueda haber durante la ejecución de obra.

Sin embargo, es claro precisar que las pendientes de las líneas de flujo tratan de ser lo más perpendiculares posibles, debido a que están basadas sobre las tasas de producción reales y proyectadas y son mostradas de forma precisa y dinámica en un gráfico que muestra las locaciones en el eje “Y”, y el tiempo en el eje “X”, por lo que, es mucho más fácil identificar las diferentes interferencias, problemas potenciales, restricciones, cuellos de botella, etc., sobre procesamientos, flujos de trabajo y demás; esto puede influir de modo trascendente en la gestión del tiempo, puesto que si estos problemas son identificados de forma temprana, la duración total de la programación del proyecto puede alargarse para evitar estos problemas, generalmente en el flujo de trabajo. Por otro lado, tal como vemos en la presente investigación, luego de identificar los problemas mencionados, se plantea una mejora en los flujos de trabajo sin generar contratiempos y con los *buffers* necesarios se reduce la duración total de la planificación (Urbina Sánchez, A., & Dueñas Salazar, D. R., 2018).

A partir del histograma de mano de obra con detalle semanal (Figura 53), se puede inferir de que se necesitará un pico máximo de 18 operarios y un mínimo de 3 operarios; un pico máximo de 27 peones y un mínimo de 2 peones; un pico máximo de 20 oficiales y un pico mínimo de 3 oficiales. Asimismo, durante los meses de octubre de 2022 hasta marzo de 2023, se estiman los picos más altos de personas durante semanas, teniendo un pico máximo de 66 personas. La cantidad de trabajadores expresados en el gráfico son tan solo de las partidas analizadas.

De igual manera, analizando los histogramas obtenidos, en la que se analizaron las partidas más influyentes del proyecto teniendo así la partida de encofrado con detalle mensual en m² (Figura 54), en el que se puede apreciar un pico máximo de 1 285.3 m² en el mes de diciembre de 2022, con un costo de S/61 836.75 soles; en la partida de acero con detalle mensual en kg (Figura 55), se puede observar un pico máximo de 21 129.7 kg en el mes de agosto de 2022, con un costo de S/139 853.70 soles; por último, en la partida



de concreto premezclado con detalle mensual en m^3 (Figura 56), se tiene un pico máximo de $228.4 m^3$ en el mes de agosto de 2022, con un costo de S/76 087.71 soles.

El software nos permite, además, un histograma para todos los recursos insertados en el Análisis de Precios Unitarios, tal como se muestra en la Figura 57 donde requiere una demanda total de operarios en el mes de agosto de 2022, requiriendo 1 139 horas-hombre.

5.3. Gestión del costo

El presupuesto total planificado, mismo que se ejecuta mediante el sistema de gestión *Location Based Management System* (LBMS), después del análisis del modelo BIM 5D resulta el monto de S/1 424 860.34 soles, con respecto al presupuesto planificado contractual de S/ 1 441 590.78 soles y una disminución del costo directo de 1.16 %.

La variación de costos se puede apreciar en la Figura 58, teniendo variaciones en diferentes partidas la cual se presenta en la Figura 60, donde se ven los cronogramas valorizados utilizando la metodología *Location Based Management* y el contractual. Se puede decir que esta diferencia de costos es debido a algunos metrados y la planificación de obra, puesto que en el presupuesto contractual se realizó un método tradicional y este puede tener varios errores, los que son realizados sobre la base de la experiencia del planificador.

5.4. Modelo BIM 4D-5D

Si bien en los últimos años se ha estado intentando implementar las nuevas tendencias y metodologías en el sector de la construcción, todavía es una realidad que nos encontramos en una situación en el que el uso de la información es fragmentado, donde se usan diferentes programas para los diferentes flujos en el anteproyecto (Figura 66).

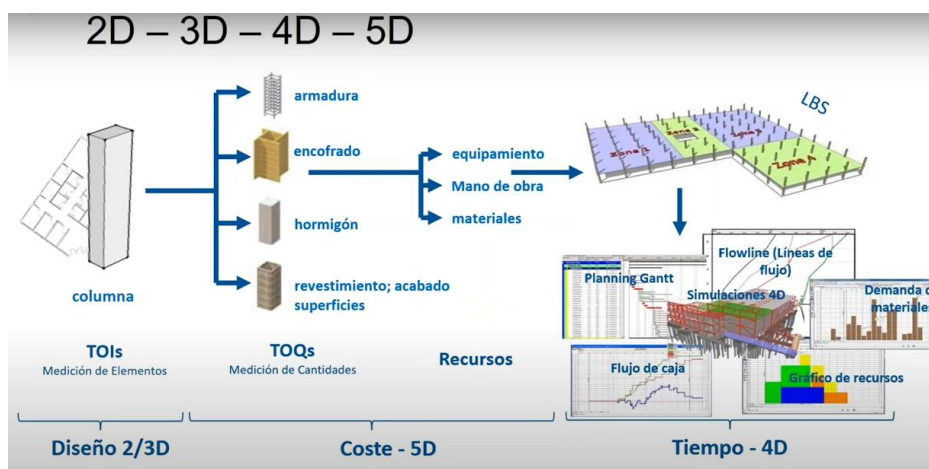
Figura 66
Situación actual: información fragmentada

Dibujos 2D	Modelo 3D	Estimación de costes	Planificación
AutoCAD	Revit	S10	MS Project
ArchiCAD	ArchiCAD	Excel	Excel
CorelCAD	Tekla	Presto	Asta Project
AllPlan	Sketch-up	Kraan	Power Project

Nota: Tomado de 'Formación online Vico Office PUCP' (Trimble 2014)

Con un modelo BIM 5D todo este proceso de exportar la información entre softwares, lo cual podría generar errores o pérdida de información, se simplifica, ya que todo es administrado en un solo software, en la presente investigación se utilizó el software Vico Office, y el flujo de la información se representa en la Figura 67.

Figura 67
Flujo de trabajo BIM 5D



Nota: Tomado de 'Formación online Vico Office PUCP' (Trimble 2014).



Teniendo esto en cuenta, se puede decir que el modelo BIM 4D-5D reduce errores e interferencias que puedan generar retraso en la gestión del costo y cronograma, ya que la información es vinculada y transparente.

5.5. Nivel de confiabilidad del modelo de sistema de gestión propuesto

Entendiendo que el plan maestro de obra obtenido mediante la metodología LMBS, tiene una complejidad de información mayor a un CPM, los datos obtenidos desde gabinete para el expediente técnico, también se ajustaran más a la realidad.

Según Kenley & Seppänen (2010), acerca de la fiabilidad de las programaciones bajo el método CPM, indica que existen muchos cambios e imprevistos que ocurren en una programación detallada, por lo que la fiabilidad de la programación es baja. Sin embargo, la programación bajo el enfoque del sistema de sistema de gestión Location Based Management System (LBMS) y de localización en grandes niveles como se recomienda y como se realizó en la presente investigación (fases, niveles, sectores), se mantiene estable durante el proceso de ejecución, por lo que se puede decir que las tasas globales de producción efectivas de las tareas se encuentran entre el 5 al 20% de lo planificado (Orihuela & Estebes, 2013).



Glosario

BIM: Building Information Modeling (BIM) es el conjunto de metodologías y herramientas colaborativas que ayudan a la correcta gestión y manejo de la información de proyectos de construcción.

Costo directo: Conjunto de costes de insumos del proyecto que incurren directamente en la obra, tales como mano de obra, equipos y materiales.

Cronograma Valorizado de Obra: Es la programación de obra, expresada en montos del presupuesto de obra, por una unidad de tiempo, es parte fundamental de un expediente técnico, y expresa el movimiento de caja y la adquisición de materiales para obra.

Curva S: Es el grafico que resulta del costo acumulado de la ejecución de obra, con respecto al tiempo acumulado.

Diagrama Gantt: Método de planificación grafico mediante barras horizontales que expresan la duración en tiempo de una actividad y la dependencia entre las mismas, dando hitos dentro de un proyecto como el inicio y final.

Documentos contractuales: Es toda la información legal contractual dentro de un proceso legal.

Líneas de flujo: Es la herramienta visual en la que se sustenta el sistema de gestión basado en locaciones, al tener una pendiente dentro de un plano donde el eje X es el tiempo y el eje Y son las locaciones de las actividades antes sectorizadas, se puede entender a la pendiente como la dependencia del tiempo de duración de la partida según la cantidad de cuadrilla.

Presupuesto de obra: Documento que contiene los datos detallados de la estimación de costes del proyecto, mostrando los gastos directos y los gastos indirectos de la obra.

Rendimiento: Con relación a la productividad, esta se define como la cantidad de trabajo, expresada en horas-hombre, necesaria para realizar una cierta cantidad de trabajo, generalmente se expresa como hh/um.



Conclusiones

Conclusión N° 1

Se logró demostrar la hipótesis general, la cual indicaba que:

«[...] el análisis comparativo del sistema de gestión *Location Based Management System* (LBMS) basado en un modelo BIM 5D da resultados óptimos con respecto al método CPM, en la gestión del costo y tiempo de una edificación en la especialidad de estructuras en la ciudad de Cusco».

Conclusión N° 2

Se comprueba la sub-hipótesis N° 1, que indica que el tiempo total planificado llevado a cabo mediante el sistema de gestión *Location Based Management System* (LBMS), se reducirá respecto al planificado mediante el método CPM, en la gestión del cronograma de una edificación en la especialidad de estructuras en la ciudad del Cusco.

Esto se puede visualizar en el término del tiempo total planificado a partir de la metodología LBMS en la Figuras 50, y el término del tiempo total planificado realizado mediante el método CPM, presentada en el Anexo 1.

Conclusión N° 3

Se comprueba la sub hipótesis N° 2 , que indica que el presupuesto total planificado llevado a efecto mediante el sistema de gestión *Location Based Management System* (LBMS) se reducirá respecto al planificado mediante el método CPM en la gestión del costo de una edificación en la especialidad de estructuras en la ciudad de Cusco, esto es demostrado en la comparación entre los cronogramas valorizados de obra, utilizando el sistema de gestión LBMS y el método CPM en la Figura 59, oponiendo de una diferencia total de S/ 16 730.44 soles, la cual representa disminución respecto del presupuesto original.

Conclusión N° 4

Se comprueba la sub-hipótesis N° 3, que indica que el modelo BIM 5D permite visualizar de manera concreta y más exacta los posibles problemas, dificultades e inconvenientes que generan retraso en la gestión del costo y cronograma de una edificación en la especialidad de estructuras en la ciudad de Cusco, ya que gracias a las cuantificaciones que nos da el modelo 3D, nos da una vinculación sin pérdida de información para la



gestión del costo. De igual manera, en la gestión del cronograma se pudo identificar interferencias entre actividades, velocidades más o menos cortas que lo real en los precios unitarios e inicios apresurados.

Además, la información que relaciona la gestión del tiempo y la gestión del cronograma utilizando el método CPM, no fue siempre la correcta, puesto que se encontraron ciertas incongruencias entre estas, lo cual no sucede en el modelo BIM 5D, puesto que la información y su flujo son vinculadas una con otra, de modo que, si se afecta alguna geometría de algún componente, alguna cuadrilla de alguna actividad, algún precio unitario, etc., estos se verán reflejados automáticamente en los demás flujos, habida cuenta que los reportes de cuantías, costos y plazos están interrelacionados entre sí.



Recomendaciones

Primera

Se recomienda a la constructora REC S.R.L., que, para tener un plan de producción a mediano plazo, las líneas de flujo mediante el software *Vico Office* nos permite realizar un cronograma real, el cual nos muestra lo que en realidad se está construyendo y si se está cumpliendo con los plazos exigidos en el cronograma maestro. Este seguimiento de la obra es representado a través de líneas punteadas sobre la planificación ya hecha, pudiendo ver con claridad en qué partida no se consiguió el tiempo y el costo esperados, de manera que se puedan tomar las acciones necesarias.

Segunda

Para que las tareas puedan ser realmente ejecutadas en el plazo previsto, se recomienda a las empresas constructoras que quieran aplicar esta metodología que deberían usar la ‘planificación a medio plazo’ (*Look Ahead Plan*), que nos proyecta a la planificación en un plazo de 6 semanas inmediatas, aunque dependiendo de la madurez del equipo, duración y circunstancias, esta duración oscila entre 3 y 8 semanas, de acuerdo a la metodología *Lean Construction*, (Pons & Rubio, 2019) para que así podamos actualizar las líneas de flujo de acuerdo a como se esté avanzando en obra.

Tercera

Se recomienda a la constructora REC S.R.L., que hacer una sectorización bajo los lineamientos del *Lean Construction* y con una programación en *Dynamo*, como se realizó en la presente investigación y, a través de varias iteraciones, tener metrados balanceados entre sectores.

Cuarta

Se debe tener en cuenta la cantidad de cuadrillas que puede haber en el proyecto analizado, verificando si existe el espacio suficiente y la capacidad de la empresa de tener la maquinaria y la mano de obra suficientes para realizar la ejecución en el plazo y presupuesto planificados.



Quinta

Durante la ejecución se debe tener una constante revisión y capacitación a los trabajadores, así como involucrar a los diferentes agentes del proyecto, de manera que haya un mayor nivel de precisión y detalle en función a lo planificado.

Sexta

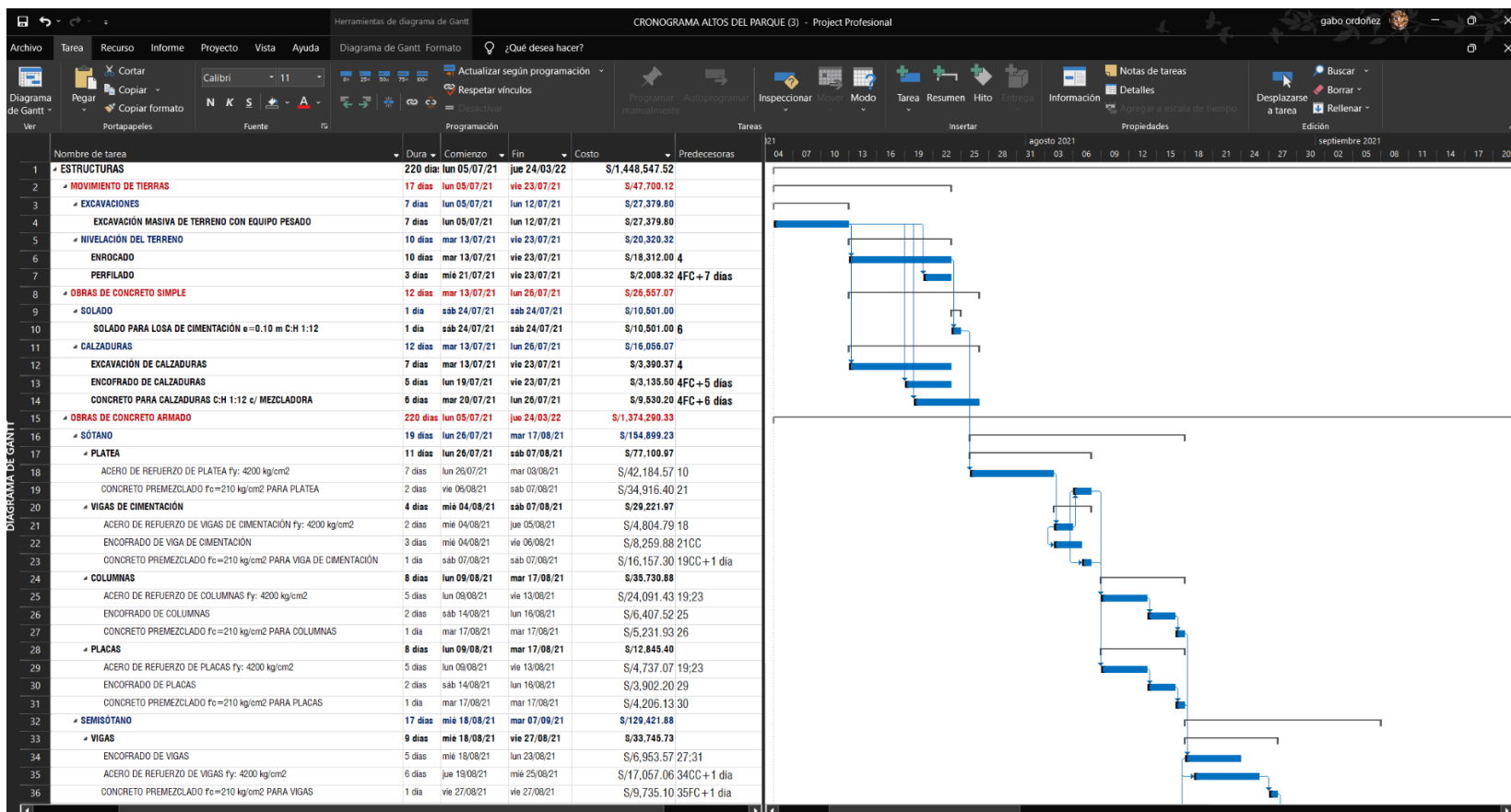
En presente investigación, se utilizó el sistema de gestión *Location Based Management System* (LBMS), basado en un modelo BIM 5D en la especialidad de estructuras, lo cual conlleva a que se pueda generalizar también en las especialidades de arquitectura, instalaciones sanitarias, instalaciones eléctricas, etc.

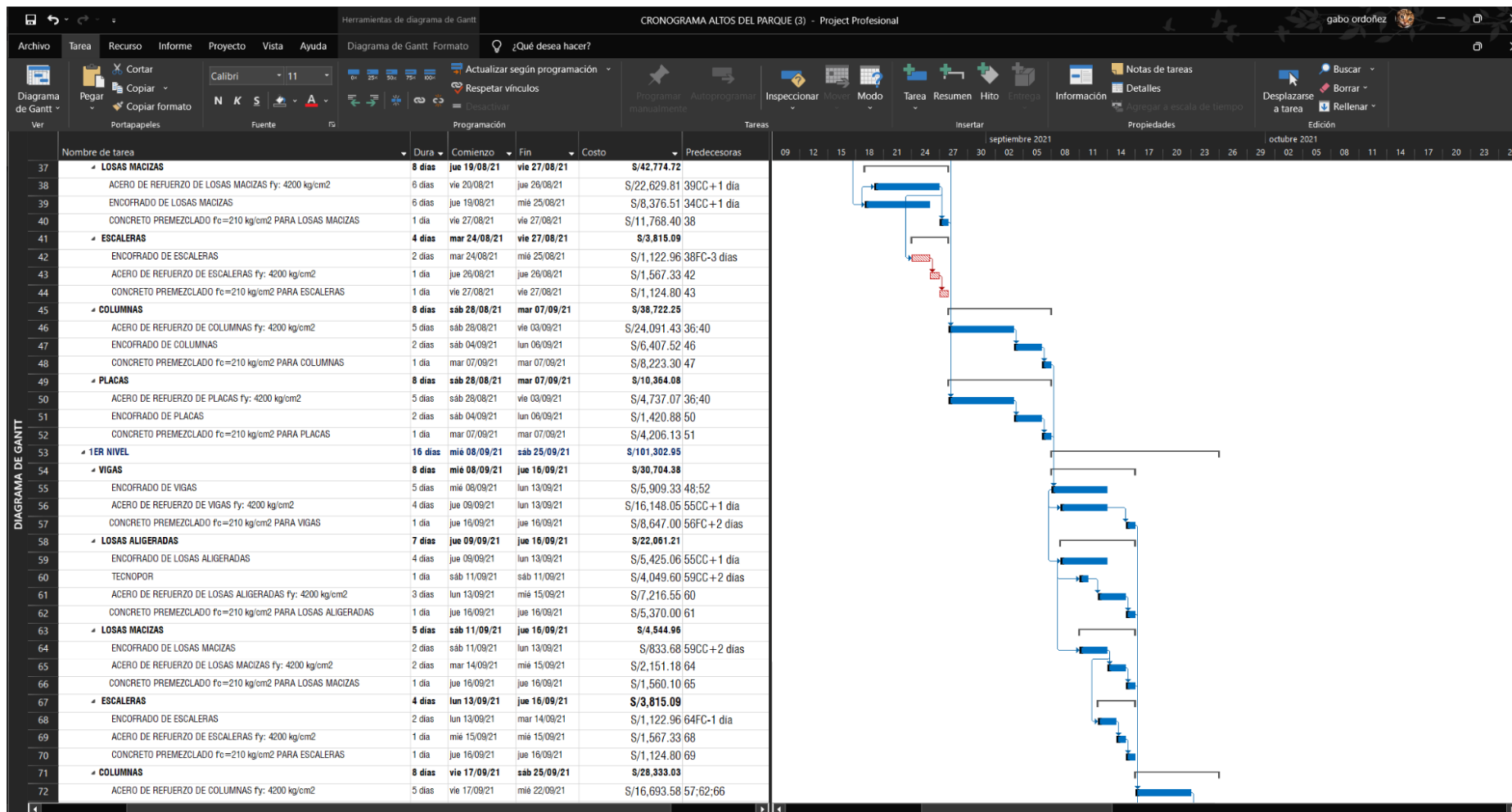


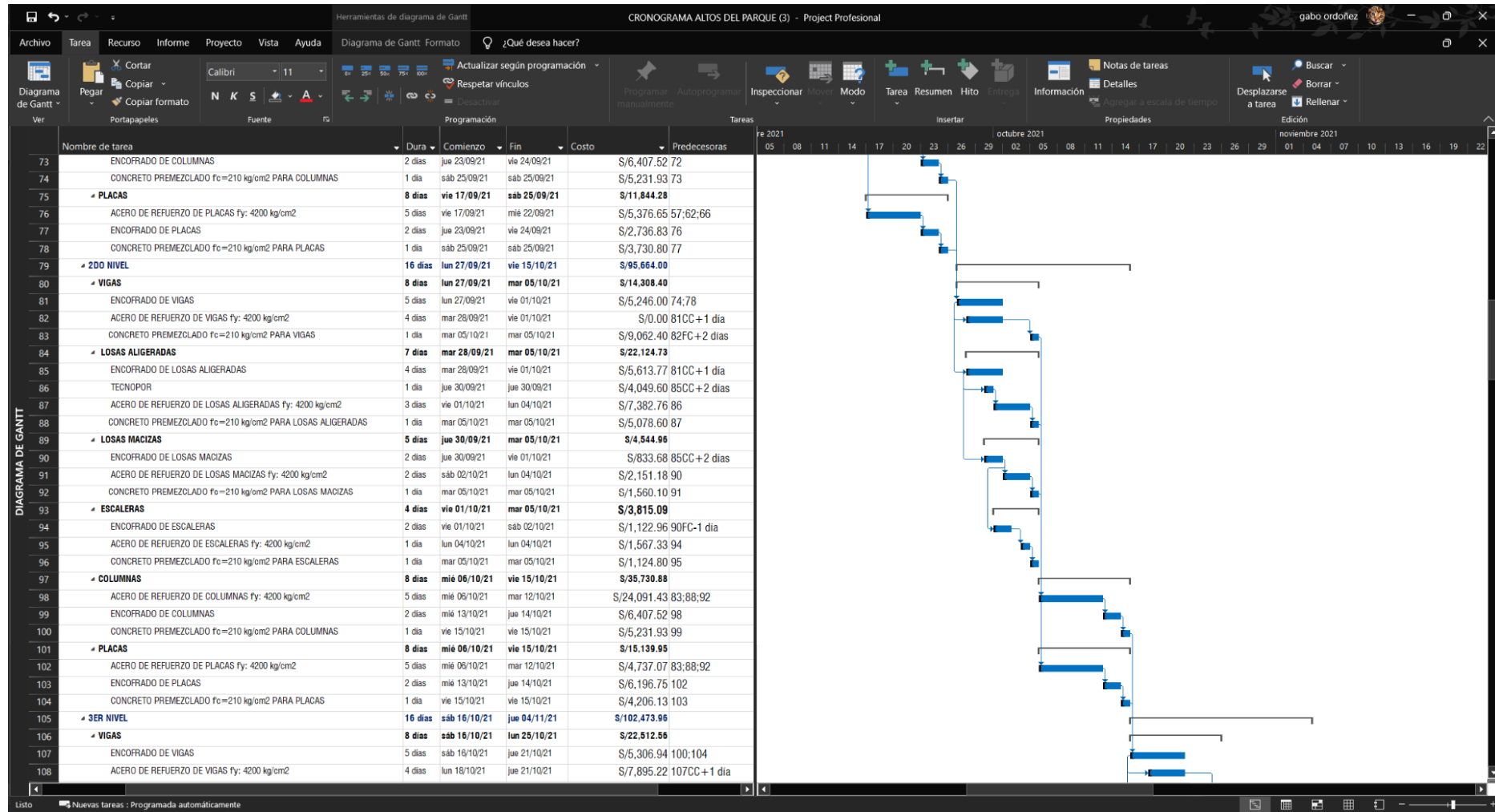
Anexos

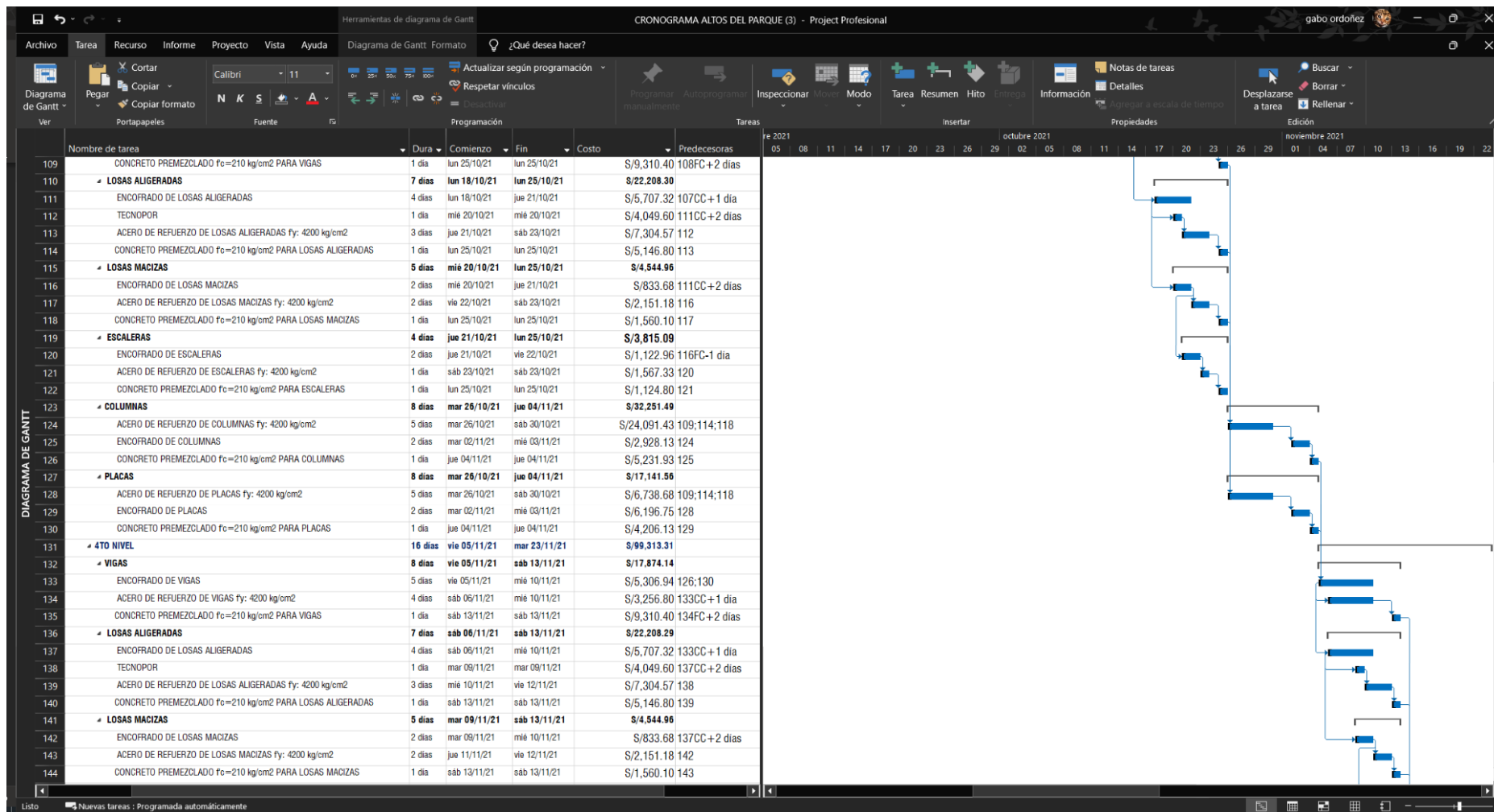
Anexo 1

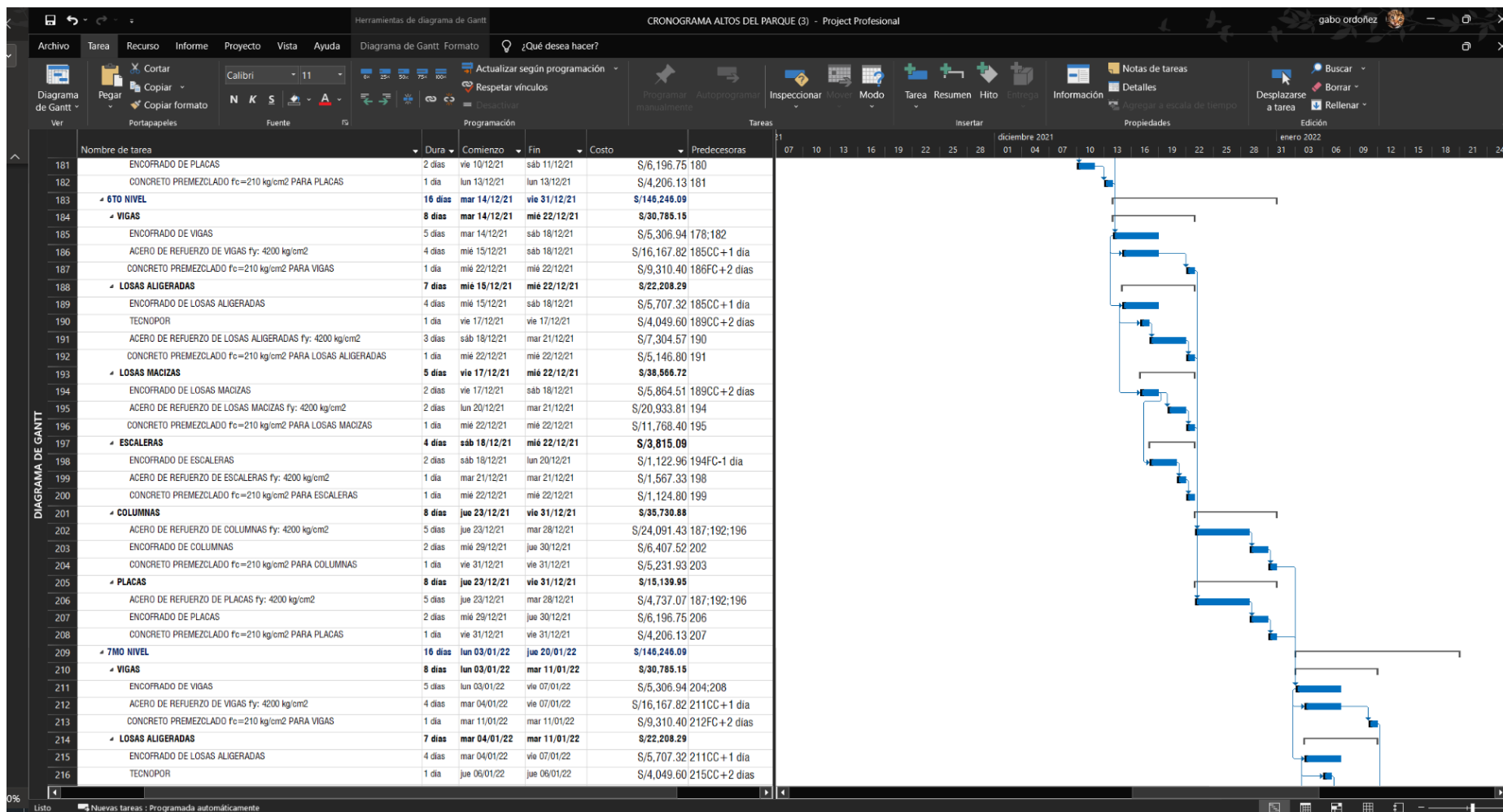
Cronograma de obra de la especialidad de estructuras de la residencial «Altos del Parque»

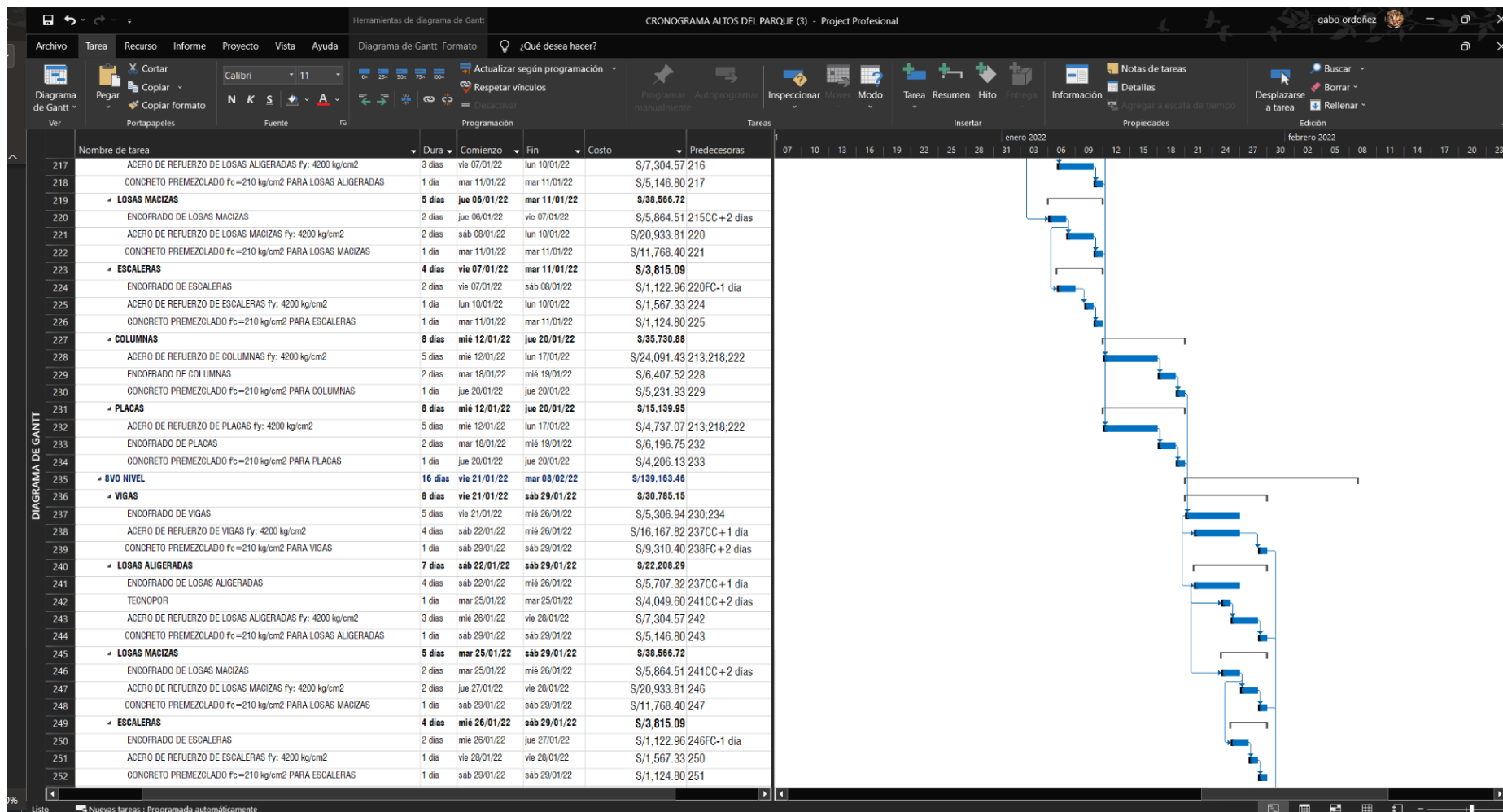


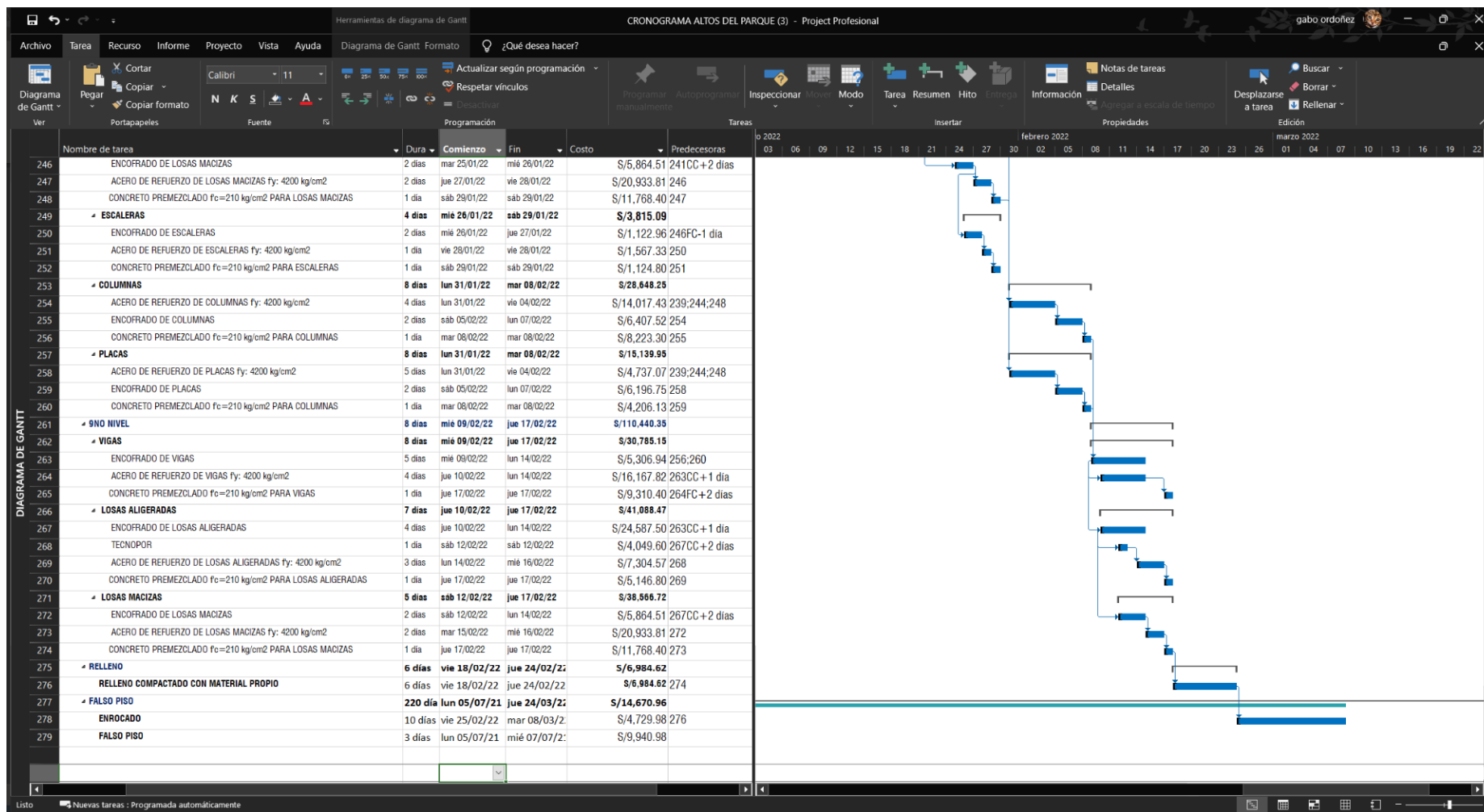










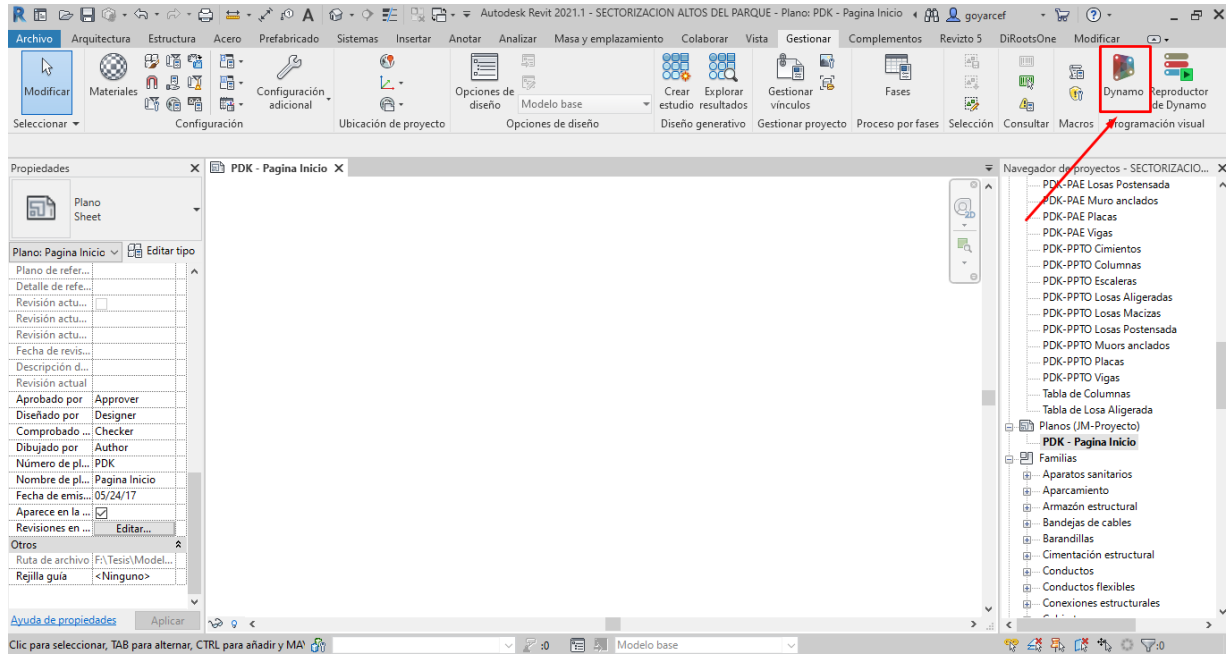




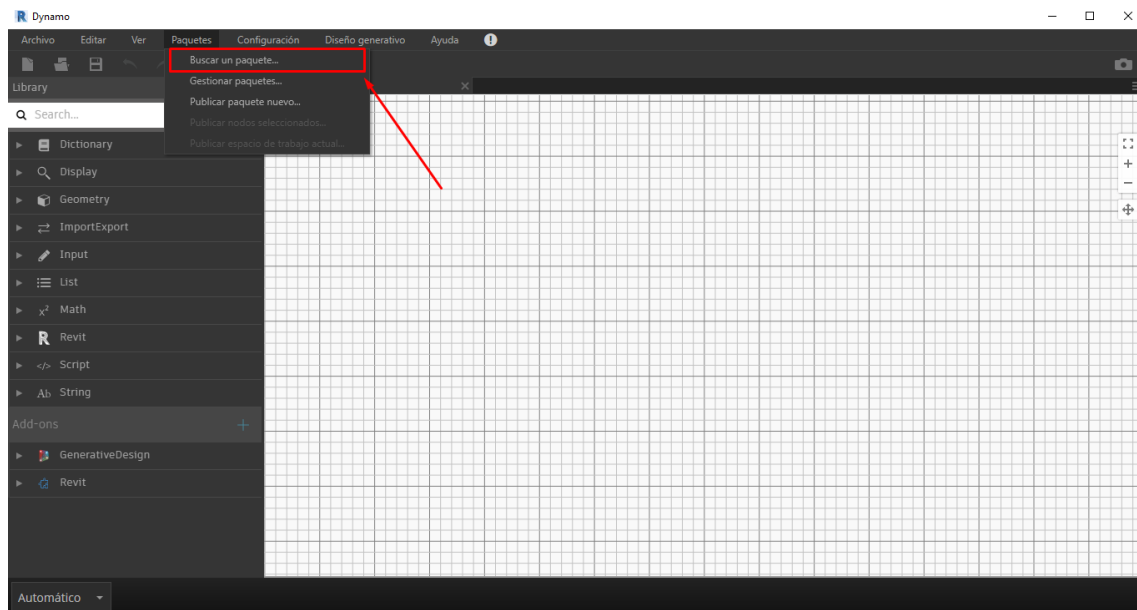
Anexo 2

Manejo de programación de Dynamo para sectorización de edificaciones

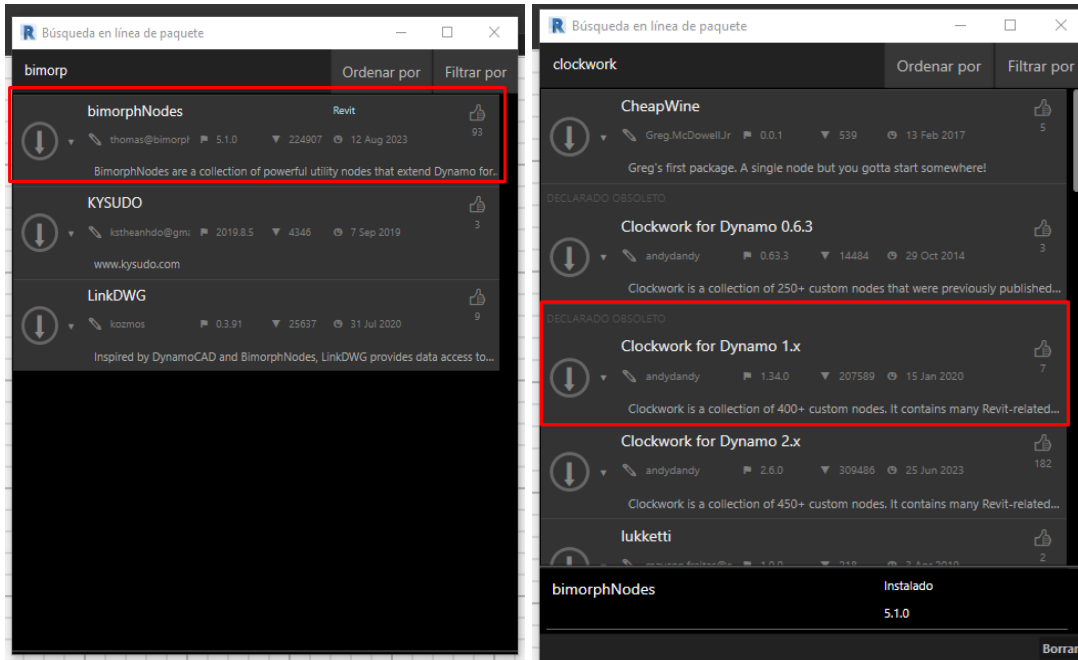
1. Para ingresar al plugin de programación de Revit, Dynamo, primero ingresar al icono que se muestra en la pestaña “Gestionar” y se procede a abrir el archivo con la programación de sectorización.



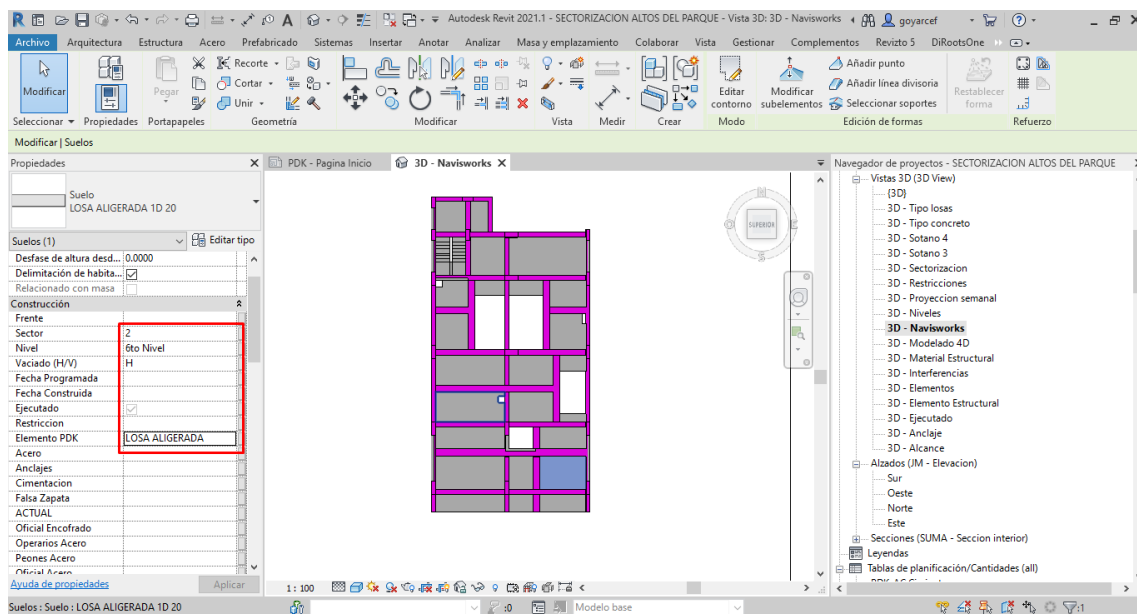
2. Para que la programación funcione de manera correcta es necesario instalar 2 *packages*, los cuales son complementos de Dynamo que genera la comunidad. Para esto, se debe ingresar a la pestaña de “Paquetes” y luego “Buscar paquetes”.



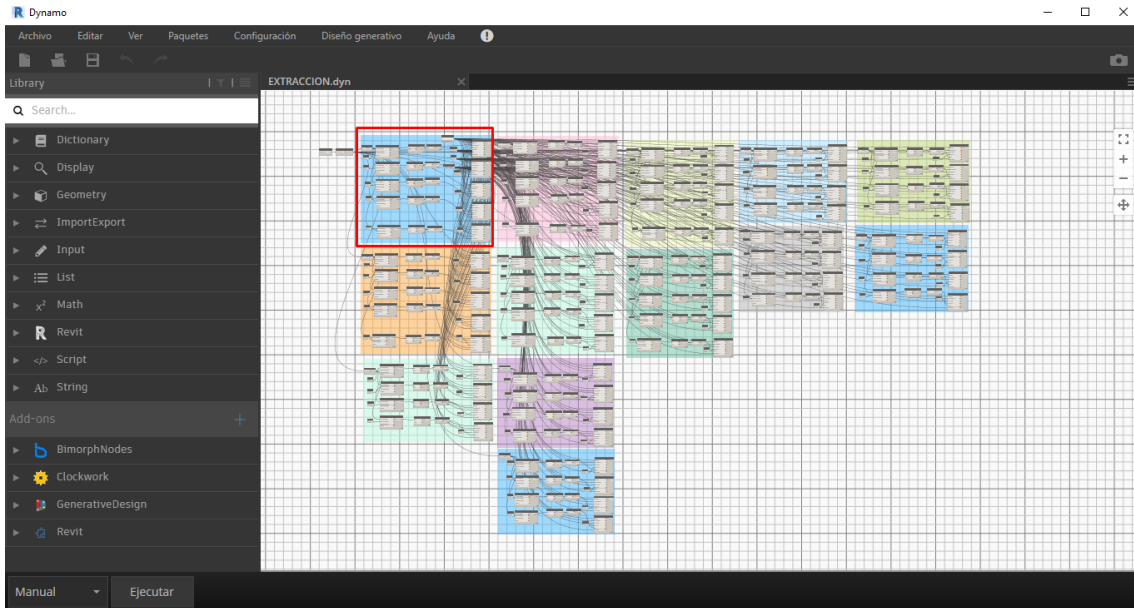
3. Buscar e instalar los siguientes *Packages*: *bimorphNodes* y *Clockwork*.



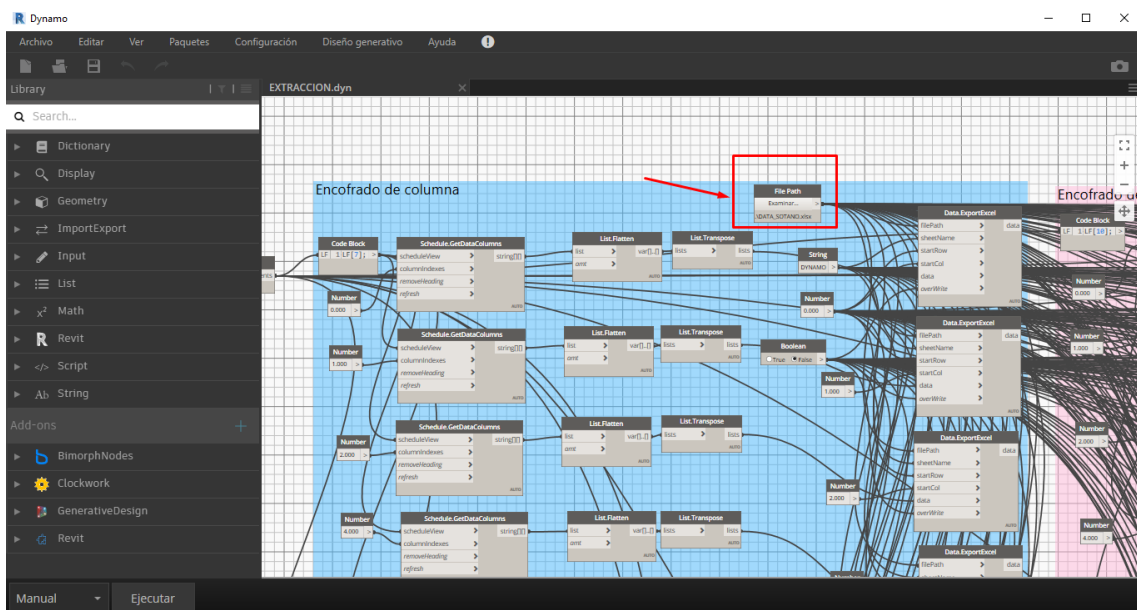
4. Posteriormente se importan parámetros compartidos para los elementos estructurales y se les asigna los valores correspondientes según se hayan configurado o definidos los sectores y niveles del proyecto, así como definir si el elemento es horizontal o vertical. Se muestra el ejemplo de la asignación de parámetros de una losa aligerada.



5. Asignados ya los elementos, se procede a iniciar la programación del Dynamo, para esto se crea una hoja nueva en Excel y se guarda. Para esto nos dirigimos al grupo de nodos que se muestra en la figura.



6. Seleccionamos la ruta de la hoja de Excel que se creó y se ejecuta la programación.



7. Los datos obtenidos se pegan en la hoja "ITERACION" de la plantilla de Excel generada en la investigación.



Elemento	Nivel	Sector	Encofrado	Vaciado (H/\ Elemento	PC Nivel	Sector	Concreto	Vaciado (H/\ Elemento	PC Nivel	Sector	Encofrado	Vaciado (H/\ Elemento	PC Nivel
COLUMNA	1er Nivel	1	1.21 H	COLUMNA	1er Nivel	1	0.13 H	Placas	1er Nivel	2	16.64 V	Placas	1er Ni
COLUMNA	1er Nivel	1	1.21 H	COLUMNA	1er Nivel	1	0.14 H	Placas	1er Nivel	2	11.74 V	Placas	1er Ni
COLUMNA	1er Nivel	2	1.43 H	COLUMNA	1er Nivel	2	0.17 H	Placas	1er Nivel	1	16.64 V	Placas	1er Ni
COLUMNA	1er Nivel	2	1.43 H	COLUMNA	1er Nivel	2	0.17 H	Placas	1er Nivel	1	11.74 V	Placas	1er Ni
COLUMNA	1er Nivel	1	1.21 H	COLUMNA	1er Nivel	1	0.14 H	Placas	1er Nivel	1	8.35 V	Placas	1er Ni
COLUMNA	1er Nivel	2	1.54 H	COLUMNA	1er Nivel	2	0.22 H	Placas	1er Nivel	2	11.04 V	Placas	1er Ni
COLUMNA	1er Nivel	2	1.21 H	COLUMNA	1er Nivel	2	0.14 H	Placas	1er Nivel	1	11.93 V	Placas	1er Ni
COLUMNA	1er Nivel	1	1.43 H	COLUMNA	1er Nivel	1	0.17 H	Placas	1er Nivel	1	1.35 H	Placas	1er Ni
COLUMNA	1er Nivel	2	1.43 H	COLUMNA	1er Nivel	2	0.17 H	Placas	1er Nivel	2	2.7 H	Placas	1er Ni
COLUMNA	1er Nivel	1	1.43 H	COLUMNA	1er Nivel	1	0.17 H	1er Nivel: 10			97.63	1er Nivel: 10	
COLUMNA	1er Nivel	2	1.54 H	COLUMNA	1er Nivel	2	0.22 H	Placas	2do Nivel	1	11.74 V	Placas	2do N
COLUMNA	1er Nivel	2	1.43 H	COLUMNA	1er Nivel	2	0.17 H	Placas	2do Nivel	1	8.35 V	Placas	2do N
COLUMNA	1er Nivel	1	1.43 H	COLUMNA	1er Nivel	1	0.17 H	Placas	2do Nivel	1	16.64 V	Placas	2do N
COLUMNA	1er Nivel	1	1.43 H	COLUMNA	1er Nivel	1	0.17 H	Placas	2do Nivel	2	11.74 V	Placas	2do N
COLUMNA	1er Nivel	2	1.43 H	COLUMNA	1er Nivel	2	0.17 H	Placas	2do Nivel	2	16.64 V	Placas	2do N
COLUMNA	1er Nivel	1	0.94 H	COLUMNA	1er Nivel	1	0.09 H	Placas	2do Nivel	1	6.43 V	Placas	2do N
COLUMNA	1er Nivel	2	0.94 H	COLUMNA	1er Nivel	2	0.08 H	Placas	2do Nivel	2	10.13 V	Placas	2do N
COLUMNA	1er Nivel	1	2.38 H	COLUMNA	1er Nivel	1	0.31 H	Placas	2do Nivel	1	11.93 V	Placas	2do N
COLUMNA	1er Nivel	2	2.38 H	COLUMNA	1er Nivel	2	0.31 H	Placas	2do Nivel	1	1.35 H	Placas	2do N
COLUMNA	1er Nivel	1	1.43 H	COLUMNA	1er Nivel	1	0.17 H	Placas	2do Nivel	4	2.7 H	Placas	2do N

- Los datos se cargarán en un cuadro por nivel y por sector, los cuales indicarán si la sectorización fue hecha de manera correcta o no mostrando un balanceo de metrados, si este fuera menor al 20% se pinta de verde si, por el contrario, es de mayor al 20% se pintará de rojo y se deberá repetir todo el proceso hasta conseguir el resultado deseado.

	TOTAL	SECTOR	Δ SECTOR 1	Δ SECTOR 2	Δ SECTOR 3	Δ SECTOR 4	Δ SECTOR 5	Δ SECTOR 6	Δ SECTOR 7	Δ SECTOR 8
Encofrado de columnas	102.15	51.08	7.5%	-7.5%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%
Encofrado de placas	89.60	46.80	17.7%	-17.7%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%
ENCOFRADO DE VERTICALES	195.75	97.88	12.4%	-12.4%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%
Encofrado de costado de vigas	98.33	49.17	-7.2%	-3.8%	-105.5%	-105.5%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%
Encofrado de fondo de vigas	61.34	30.67	-2.8%	2.8%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%
Apuntalamiento prelosa 1D	151.21	75.61	-2.6%	2.6%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%
Apuntalamiento prelosa 2D	0.00	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Apuntalamiento prelosa maciza	8.58	4.29	100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%
Encofrado de losa maciza	0.00	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
ENCOFRADO DE HORIZONTALES	319.46	159.73	-1.3%	5.2%	-97.3%	-101.7%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%
Colocación de prelosa	159.79	79.90	2.9%	-2.9%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%
COLOCACION DE PRELOSA	159.79	79.90	2.9%	-2.9%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%
Concreto de columnas	15.46	7.73	2.3%	-2.3%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%
Concreto de placas	9.00	4.54	15.4%	-15.4%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%
CONCRETO DE VERTICALES	24.54	12.27	7.2%	-7.2%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%
Concreto de vigas	89.86	44.93	0.6%	0.6%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%
Concreto prelosa aligerada 1D	11.34	5.67	-2.6%	2.6%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%
Concreto prelosa aligerada 2D	0.00	0.00	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
Concreto prelosa maciza	1.30	0.65	100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%
Concreto de losa maciza	2.58	1.29	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%
CONCRETO DE HORIZONTALES	105.08	52.54	-2.0%	0.4%	-98.4%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%	-100.0%



Anexo 3

Análisis de precios unitarios de Expediente Técnico inicial

Análisis de Costos Unitarios

PROYECTO : Residencial Altos del Parque - T
PRESUPUESTO 1.0 : ESTRUCTURAS
PROPIETARIO : CONSTRUCTORA REC ASOCIADOS SAC
UBICACION : DPTO: CUSCO PROV: CUSCO DIST: SANTIAGO
FECHA PROYECTO : 03/03/2022

Partida: 1.1.1.1 EXCAVACIÓN MASIVA DE TERRENO CON EQUIPO PESADO Rendimiento:350 m³/Día
Costo unitario por m³ **11.43**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						
470010001	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	2.0000	0.0457	20.0000	0.91
470010006	PEON	hh	2.0000	0.0457	11.0000	0.50
EQUIPO						
490010332	TRACTOR DE ORUGAS DE 140-160 HP	hm	1.0000	0.0229	210.0000	4.81
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	1.4100	0.07
480010311	CAMION VOLQUETE 12 m3	hm	5.0000	0.1143	45.0000	5.14

Partida: 1.1.2.1 RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRÉSTAMO Rendimiento:18 m³/Día
Costo unitario por m³ **36.78**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						
470010001	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.4444	20.0000	8.89
470010006	PEON	hh	5.0000	2.2222	11.0000	24.44
EQUIPO						
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	33.3300	1.67
490010001	COMPACTADOR VIBRATORIO TIPO PLANCHA 7 HP	hm	1.0000	0.4444	4.0000	1.78

Partida: 1.1.3.1 ENROCADO Rendimiento:10 m³/Día
Costo unitario por m³ **61.04**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						
470010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	24.0000	19.20
470010006	PEON	hh	2.0000	1.6000	11.0000	17.60
MATERIALES						
050020003	PIEDRA GRANDE DE 6"	m ³	-	0.7000	32.0000	22.40
EQUIPO						
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	36.8000	1.84

Partida: 1.1.3.2 PERFILADO Rendimiento:50 m³/Día
Costo unitario por m³ **6.72**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.1600	18.0000	2.88
470010006	PEON	hh	2.0000	0.3200	11.0000	3.52
EQUIPO						
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	6.4000	0.32



Partida: 1.2.1.1 SOLADO PARA LOSA DE CIMENTACIÓN e=0.10 m C:H 1:12

Rendimiento:200 m²/Día

Costo unitario por m² 34.99

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						3.80
470010004	OPERARIO	hh	2.0000	0.0800	24.0000	1.92
470010005	OFICIAL	hh	2.0000	0.0800	18.0000	1.44
470010006	PEON	hh	1.0000	0.0400	11.0000	0.44
EQUIPO						0.19
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	3.8000	0.19
SUB-CONTRATOS						31.00
390010017	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210 KG/CM2	m³	-	0.1000	310.0000	31.00

Partida: 1.2.2.1 FALSO PISO. CONCRETO C:H 1:8 h=0.10m

Rendimiento:110 m²/Día

Costo unitario por m² 52.62

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						9.60
470010004	OPERARIO	hh	2.0000	0.1455	24.0000	3.49
470010006	PEON	hh	6.0000	0.4364	11.0000	4.80
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0727	18.0000	1.31
MATERIALES						19.05
210010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	-	0.4830	24.0000	11.59
340020002	GASOLINA	gal	-	0.0273	7.5600	0.21
380010002	HORMIGON	m³	-	0.1450	50.0000	7.25
EQUIPO						1.17
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	9.6000	0.48
490010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	1.0000	0.0727	4.5000	0.33
480010278	MEZCLADORA DE CONCRETO 18 HP TIPO TAMBOR DE 11-12 p3	hm	1.0000	0.0727	5.0000	0.36
SUB-PARTIDAS						22.80
CU0020001	CONCRETO C:H 1:8 c/ MEZCLADORA	m³	-	0.1000	228.0200	22.80

Partida: 1.2.3.1 EXCAVACIÓN DE CALZADURAS

Rendimiento:20 m³/Día

Costo unitario por m³ 24.36

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						23.20
470010006	PEON	hh	2.0000	0.8000	11.0000	8.80
470010005	OFICIAL	hh	2.0000	0.8000	18.0000	14.40
EQUIPO						1.16
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	23.2000	1.16

Partida: 1.2.3.2 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE CALZADURAS

Rendimiento:25 m²/Día

Costo unitario por m² 39.12

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						15.04
470010005	OFICIAL	hh	2.0000	0.6400	18.0000	11.52
470010006	PEON	hh	1.0000	0.3200	11.0000	3.52
MATERIALES						15.98
020010008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 08	kg	-	0.3000	5.6500	1.70
430010002	MADERA TORNILLO	p²	-	2.5000	4.5000	11.25
020010003	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	-	0.2000	5.0000	1.00
040020370	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg	-	0.2000	5.0000	1.00
440020001	TRIPLAY LUPUNA 4 x 8 x 4 mm	pln	-	0.0410	25.0000	1.03
EQUIPO						0.75
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	15.0400	0.75
SUB-PARTIDAS						7.35
CU0180063	DESENCOFRADO DE COLUMNAS	m²	-	1.0000	7.3500	7.35



Partida: 1.2.3.3 CONCRETO PARA CALZADURAS C:H 1:12 c/ MEZCLADORA		Rendimiento:20 m³/Día				
Costo unitario por m³						192.56
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						42.63
470010005	OFICIAL	hh	2.0000	0.8000	18.0000	14.40
470010006	PEON	hh	2.0000	0.8000	11.0000	8.80
470010004	OPERARIO	hh	2.0000	0.8000	24.2900	19.43
MATERIALES						145.80
380010002	HORMIGON	m³	-	0.7800	50.0000	39.00
210010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	-	3.7500	24.0000	90.00
050010026	PIEDRA MEDIANA DE 6"	m³	-	0.4200	40.0000	16.80
EQUIPO						4.13
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	42.6300	2.13
480010278	MEZCLADORA DE CONCRETO 18 HP TIPO TAMBOR DE 11-12 p3	hm	1.0000	0.4000	5.0000	2.00

Partida: 1.3.1.1 CONCRETO PREMEZCLADO Fc=210 kg/cm2 PARA PLATEA		Rendimiento:65 m³/Día				
Costo unitario por m³						325.34
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						13.55
470010004	OPERARIO	hh	2.0000	0.2462	24.0000	5.91
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.1231	18.0000	2.22
470010006	PEON	hh	4.0000	0.4923	11.0000	5.42
EQUIPO						1.79
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	13.5500	0.68
490010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	2.0000	0.2462	4.5000	1.11
SUB-CONTRATOS						310.00
390010017	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210 KG/CM2	m³	-	1.0000	310.0000	310.00

Partida: 1.3.1.2 ACERO DE REFUERZO DE PLATEA fy: 4200 kg/cm2		Rendimiento:500 kg/Día				
Costo unitario por kg						5.67
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						0.85
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0160	18.0000	0.29
470010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.0160	24.0000	0.38
470010006	PEON	hh	1.0000	0.0160	11.0000	0.18
MATERIALES						4.78
020010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 16	kg	-	0.0200	5.7000	0.11
030010001	ACERO CORRUGADO fy: 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	1.0000	4.6700	4.67
EQUIPO						0.04
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	0.8500	0.04

Partida: 1.3.2.1 CONCRETO PREMEZCLADO Fc=210 kg/cm2 PARA VIGA DE CIMENTACIÓN		Rendimiento:60 m³/Día				
Costo unitario por m³						324.50
Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						12.67
470010004	OPERARIO	hh	2.0000	0.2667	24.0000	6.40
470010005	OFICIAL	hh	2.0000	0.2667	18.0000	4.80
470010006	PEON	hh	1.0000	0.1333	11.0000	1.47
EQUIPO						1.83
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	12.6700	0.63
490010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	2.0000	0.2667	4.5000	1.20
SUB-CONTRATOS						310.00
390010017	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210 KG/CM2	m³	-	1.0000	310.0000	310.00



Partida: 1.3.2.2 ACERO DE REFUERZO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN fy: 4200 kg/cm2

Rendimiento:300 kg/Día

Costo unitario por kg 6.26

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						1.41
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0267	18.0000	0.48
470010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.0267	24.0000	0.64
470010006	PEON	hh	1.0000	0.0267	11.0000	0.29
MATERIALES						4.78
020010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 16	kg	-	0.0200	5.7000	0.11
030010001	ACERO CORRUGADO fy: 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	1.0000	4.6700	4.67
EQUIPO						0.07
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	1.4100	0.07

Partida: 1.3.2.3 ENCOFRADO Y DESENCOFADO DE VIGA DE CIMENTACIÓN

Rendimiento:20 m²/Día

Costo unitario por m² 47.99

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						25.60
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	18.0000	7.20
470010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	24.0000	9.60
470010006	PEON	hh	2.0000	0.8000	11.0000	8.80
MATERIALES						13.76
020010008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 08	kg	-	0.3000	5.6500	1.70
430010002	MADERA TORNILLO	p²	-	2.1800	4.5000	9.81
020010003	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	-	0.3000	5.0000	1.50
040020370	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg	-	0.1500	5.0000	0.75
EQUIPO						1.28
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	25.6000	1.28
SUB-PARTIDAS						7.35
CU0180063	DESENCOFADO DE COLUMNAS	m²	-	1.0000	7.3500	7.35

Partida: 1.3.3.1 CONCRETO PREMEZCLADO fc=210 kg/cm2 PARA PLACAS

Rendimiento:25 m³/Día

Costo unitario por m³ 349.84

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						35.20
470010004	OPERARIO	hh	2.0000	0.6400	24.0000	15.36
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	18.0000	5.76
470010006	PEON	hh	4.0000	1.2800	11.0000	14.08
EQUIPO						4.64
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	35.2000	1.76
490010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	2.0000	0.6400	4.5000	2.88
SUB-CONTRATOS						310.00
390010017	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210 KG/CM2	m³	-	1.0000	310.0000	310.00

Partida: 1.3.3.2 ACERO DE REFUERZO DE PLACAS fy: 4200 kg/cm2

Rendimiento:250 kg/Día

Costo unitario por kg 6.93

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						2.05
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	18.0000	0.58
470010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	24.0000	0.77
470010006	PEON	hh	2.0000	0.0640	11.0000	0.70
MATERIALES						4.78
020010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 16	kg	-	0.0200	5.7000	0.11
030010001	ACERO CORRUGADO fy: 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	1.0000	4.6700	4.67
EQUIPO						0.10
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	2.0500	0.10



Partida: 1.3.3.3 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE PLACAS

Rendimiento: 20 m²/Día

Costo unitario por m² **48.39**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						25.60
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	18.0000	7.20
470010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	24.0000	9.60
470010006	PEON	hh	2.0000	0.8000	11.0000	8.80
MATERIALES						13.76
020010008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 08	kg	-	0.3000	5.6500	1.70
430010002	MADERA TORNILLO	p ²	-	2.1800	4.5000	9.81
020010003	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	-	0.3000	5.0000	1.50
040020370	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg	-	0.1500	5.0000	0.75
EQUIPO						1.68
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	25.6000	1.28
480010279	ANDAMIO DE METAL y/o MADERA	hm	1.0000	0.4000	1.0000	0.40
SUB-PARTIDAS						7.35
CU0180063	DESENCOFRADO DE COLUMNAS	m ²	-	1.0000	7.3500	7.35

Partida: 1.3.4.1 CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm² PARA COLUMNAS

Rendimiento: 25 m³/Día

Costo unitario por m³ **349.84**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						35.20
470010004	OPERARIO	hh	2.0000	0.6400	24.0000	15.36
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	18.0000	5.76
470010006	PEON	hh	4.0000	1.2800	11.0000	14.08
EQUIPO						4.64
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	35.2000	1.76
490010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	2.0000	0.6400	4.5000	2.88
SUB-CONTRATOS						310.00
390010017	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210 KG/CM2	m ³	-	1.0000	310.0000	310.00

Partida: 1.3.4.2 ACERO DE REFUERZO DE COLUMNAS fy: 4200 kg/cm²

Rendimiento: 250 kg/Día

Costo unitario por kg **6.93**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						2.05
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	18.0000	0.58
470010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	24.0000	0.77
470010006	PEON	hh	2.0000	0.0640	11.0000	0.70
MATERIALES						4.78
020010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 16	kg	-	0.0200	5.7000	0.11
030010001	ACERO CORRUGADO fy: 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	-	1.0000	4.6700	4.67
EQUIPO						0.10
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	2.0500	0.10



Partida: 1.3.4.3 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE COLUMNAS

Rendimiento:20 m²/Dia

Costo unitario por m² **48.39**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						25.60
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	18.0000	7.20
470010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	24.0000	9.60
470010006	PEON	hh	2.0000	0.8000	11.0000	8.80
MATERIALES						13.76
020010008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 08	kg	-	0.3000	5.6500	1.70
430010002	MADERA TORNILLO	p ²	-	2.1800	4.5000	9.81
020010003	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	-	0.3000	5.0000	1.50
040020370	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg	-	0.1500	5.0000	0.75
EQUIPO						1.68
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	25.6000	1.28
480010279	ANDAMIO DE METAL y/o MADERA	hm	1.0000	0.4000	1.0000	0.40
SUB-PARTIDAS						7.35
CU0180063	DESENCOFRADO DE COLUMNAS	m ²	-	1.0000	7.3500	7.35

Partida: 1.3.5.1 CONCRETO PREMEZCLADO Fc=210 kg/cm2 PARA VIGAS

Rendimiento:50 m³/Dia

Costo unitario por m³ **334.79**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						22.24
470010004	OPERARIO	hh	2.0000	0.3200	24.0000	7.68
470010005	OFICIAL	hh	2.0000	0.3200	18.0000	5.76
470010006	PEON	hh	5.0000	0.8000	11.0000	8.80
EQUIPO						2.55
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	22.2400	1.11
490010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	2.0000	0.3200	4.5000	1.44
SUB-CONTRATOS						310.00
390010017	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210 KG/CM2	m ³	-	1.0000	310.0000	310.00

Partida: 1.3.5.2 ACERO DE REFUERZO DE VIGAS fy: 4200 kg/cm2

Rendimiento:200 kg/Día

Costo unitario por kg **7.01**

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						2.12
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0400	18.0000	0.72
470010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	24.0000	0.96
470010006	PEON	hh	1.0000	0.0400	11.0000	0.44
MATERIALES						4.78
020010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 16	kg	-	0.0200	5.7000	0.11
030010001	ACERO CORRUGADO fy: 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	1.0000	4.6700	4.67
EQUIPO						0.11
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	2.1200	0.11



Partida: 1.3.5.3 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE VIGAS

Rendimiento:20 m²/Día

Costo unitario por m² 47.99

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						25.60
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	18.0000	7.20
470010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	24.0000	9.60
470010006	PEON	hh	2.0000	0.8000	11.0000	8.80
MATERIALES						13.76
020010008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 08	kg	-	0.3000	5.6500	1.70
430010002	MADERA TORNILLO	p²	-	2.1800	4.5000	9.81
020010003	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	-	0.3000	5.0000	1.50
040020370	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg	-	0.1500	5.0000	0.75
EQUIPO						1.28
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	25.6000	1.28
SUB-PARTIDAS						7.35
CU0180063	DESENCOFRADO DE COLUMNAS	m²	-	1.0000	7.3500	7.35

Partida: 1.3.6.1 CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 PARA LOSAS ALIGERADAS

Rendimiento:50 m³/Día

Costo unitario por m³ 334.79

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						22.24
470010004	OPERARIO	hh	2.0000	0.3200	24.0000	7.68
470010005	OFICIAL	hh	2.0000	0.3200	18.0000	5.76
470010006	PEON	hh	5.0000	0.8000	11.0000	8.80
EQUIPO						2.55
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	22.2400	1.11
490010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	2.0000	0.3200	4.5000	1.44
SUB-CONTRATOS						310.00
390010017	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210 KG/CM2	m³	-	1.0000	310.0000	310.00

Partida: 1.3.6.2 ACERO DE REFUERZO DE LOSAS ALIGERADAS fy: 4200 kg/cm2

Rendimiento:200 kg/Día

Costo unitario por kg 7.01

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						2.12
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0400	18.0000	0.72
470010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	24.0000	0.96
470010006	PEON	hh	1.0000	0.0400	11.0000	0.44
MATERIALES						4.78
020010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 16	kg	-	0.0200	5.7000	0.11
030010001	ACERO CORRUGADO fy: 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	1.0000	4.6700	4.67
EQUIPO						0.11
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	2.1200	0.11



Partida: 1.3.6.3 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS ALIGERADAS

Rendimiento:20 m²/Día

Costo unitario por m² 47.99

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						25.60
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	18.0000	7.20
470010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	24.0000	9.60
470010006	PEON	hh	2.0000	0.8000	11.0000	8.80
MATERIALES						13.76
020010008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 08	kg	-	0.3000	5.6500	1.70
430010002	MADERA TORNILLO	p²	-	2.1800	4.5000	9.81
020010003	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	-	0.3000	5.0000	1.50
040020370	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg	-	0.1500	5.0000	0.75
EQUIPO						1.28
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	25.6000	1.28
SUB-PARTIDAS						7.35
CU0180063	DESENCOFRADO DE COLUMNAS	m²	-	1.0000	7.3500	7.35

Partida: 1.3.6.4 TECNOPOR

Rendimiento:150 und/Día

Costo unitario por und 23.63

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						1.55
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0533	18.0000	0.96
470010006	PEON	hh	1.0000	0.0533	11.0000	0.59
MATERIALES						22.00
600010003	TECNOPOR 3.00x0.30x0.15	und	-	1.0000	22.0000	22.00
EQUIPO						0.08
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	1.5500	0.08

Partida: 1.3.7.1 CONCRETO PREMEZCLADO f'c=210 kg/cm2 PARA LOSAS MACIZAS

Rendimiento:50 m³/Día

Costo unitario por m³ 334.79

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						22.24
470010004	OPERARIO	hh	2.0000	0.3200	24.0000	7.68
470010005	OFICIAL	hh	2.0000	0.3200	18.0000	5.76
470010006	PEON	hh	5.0000	0.8000	11.0000	8.80
EQUIPO						2.55
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	22.2400	1.11
490010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	2.0000	0.3200	4.5000	1.44
SUB-CONTRATOS						310.00
390010017	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 KG/CM2	m³	-	1.0000	310.0000	310.00

Partida: 1.3.7.2 ACERO DE REFUERZO DE LOSAS MACIZAS fy: 4200 kg/cm2

Rendimiento:200 kg/Día

Costo unitario por kg 7.01

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						2.12
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0400	18.0000	0.72
470010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.0400	24.0000	0.96
470010006	PEON	hh	1.0000	0.0400	11.0000	0.44
MATERIALES						4.78
020010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 16	kg	-	0.0200	5.7000	0.11
030010001	ACERO CORRUGADO fy: 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	-	1.0000	4.6700	4.67
EQUIPO						0.11
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	2.1200	0.11



Partida: 1.3.7.3 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE LOSAS MACIZAS

Rendimiento:20 m²/Día

Costo unitario por m² 47.99

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						25.60
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.4000	18.0000	7.20
470010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.4000	24.0000	9.60
470010006	PEON	hh	2.0000	0.8000	11.0000	8.80
MATERIALES						13.76
020010008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 08	kg	-	0.3000	5.6500	1.70
430010002	MADERA TORNILLO	p ²	-	2.1800	4.5000	9.81
020010003	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	-	0.3000	5.0000	1.50
040020370	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg	-	0.1500	5.0000	0.75
EQUIPO						1.28
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	25.6000	1.28
SUB-PARTIDAS						7.35
CU0180063	DESENCOFRADO DE COLUMNAS	m ²	-	1.0000	7.3500	7.35

Partida: 1.3.8.1 CONCRETO PREMEZCLADO f_c=210 kg/cm² PARA ESCALERAS

Rendimiento:30 m³/Día

Costo unitario por m³ 333.40

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						20.00
470010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.2667	24.0000	6.40
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.2667	18.0000	4.80
470010006	PEON	hh	3.0000	0.8000	11.0000	8.80
EQUIPO						3.40
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	20.0000	1.00
490010002	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.50"	hm	2.0000	0.5333	4.5000	2.40
SUB-CONTRATOS						310.00
390010017	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210 KG/CM2	m ³	-	1.0000	310.0000	310.00

Partida: 1.3.8.2 ACERO DE REFUERZO DE ESCALERAS fy: 4200 kg/cm²

Rendimiento:250 kg/Día

Costo unitario por kg 6.20

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						1.35
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.0320	18.0000	0.58
470010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	24.0000	0.77
MATERIALES						4.78
020010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 16	kg	-	0.0200	5.7000	0.11
030010001	ACERO CORRUGADO fy: 4200 kg/cm ² GRADO 60	kg	-	1.0000	4.6700	4.67
EQUIPO						0.07
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	1.3500	0.07

Partida: 1.3.8.3 ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE ESCALERAS

Rendimiento:15 m²/Día

Costo unitario por m² 47.16

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
MANO DE OBRA						25.07
470010005	OFICIAL	hh	2.0000	1.0667	18.0000	19.20
470010006	PEON	hh	1.0000	0.5333	11.0000	5.87
MATERIALES						13.49
020010008	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO BWG # 08	kg	-	0.3000	5.6500	1.70
430010002	MADERA TORNILLO	p ²	-	2.1200	4.5000	9.54
020010003	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg	-	0.3000	5.0000	1.50
040020370	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 4"	kg	-	0.1500	5.0000	0.75
EQUIPO						1.25
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	25.0700	1.25
SUB-PARTIDAS						7.35
CU0180063	DESENCOFRADO DE COLUMNAS	m ²	-	1.0000	7.3500	7.35

Partida: 1.4.1 ESTRUCTURAS METÁLICAS

Rendimiento: gbl

Costo unitario por gbl 50,000.00

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
SUB-CONTRATOS						50,000.00
390010016	ESTRUCTURAS METÁLICAS	gbl	-	1.0000	50,000.0000	50,000.00



Detalle de sub-partidas del presupuesto

Código	Descripción	Unid.	Recursos	Cantidad	Precio	Parcial
CU0020001	CONCRETO C:H 1:8 c/ MEZCLADORA					
Rendimiento:25 m³/Día						
Costo unitario por m³						228.02
MANO DE OBRA						
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.3200	18.0000	5.76
470010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.3200	24.0000	7.68
470010001	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	hh	1.0000	0.3200	20.0000	6.40
470010006	PEON	hh	3.0000	0.9600	11.0000	10.56
MATERIALES						
380010002	HORMIGON	m³	-	1.2500	50.0000	62.50
210010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol	-	5.5000	24.0000	132.00
EQUIPO						
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	30.4000	1.52
480010278	MEZCLADORA DE CONCRETO 18 HP TIPO TAMBOR DE 11-12 p3	hm	1.0000	0.3200	5.0000	1.60
CU0180063	DESENCOFRADO DE COLUMNAS					
Rendimiento:48 m³/Día						
Costo unitario por m³						7.35
MANO DE OBRA						
470010005	OFICIAL	hh	1.0000	0.1667	18.0000	3.00
470010004	OPERARIO	hh	1.0000	0.1667	24.0000	4.00
EQUIPO						
370010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO	-	5.0000	7.0000	0.35



Referencias

- Alonso, J. (2015). BIM (Building Information Modelling): New LOD definitions. Level of Development for LOD000 to LOD600 and LOD X00. *Spanish Journal of BIM*, November, 12.
- Anaya Ayala, O. A., & Inga Bereche, M. A. (2019). Aplicación De Sectorización Para Una Mejora De La Rentabilidad En La Obra Zona Minorista Unicachi, En Comas, Año - 2019 [Universidad Ricardo Palma]. In *Universidad Ricardo Palma*. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2603>
- BIM Dictionary. (2021). *Diccionario BIM*. <https://bimdictionary.com/en/building-information-modelling/1/>
- BIM Forum Chile. (2017). Guía Inicial para implementar BIM en las organizaciones. In *BIM Forum Chile*. <http://www.bimforum.cl/wp-content/uploads/2017/07/Guía-inicial-para-implementar-BIM-en-las-organizaciones-versión-imprenta.pdf>
- BIMForum. (2015). *Level of Development Specification: Version 2015*. 1–165. <https://bimforum.org/wp-content/uploads/2022/02/LOD-Spec-2021-Part-I-FINAL-2021-12-28.pdf>
- Choclán Gámez, F., Soler Severino, M., & Gonzales Márquez, R. (2014). *Introduccion a la Metodología BIM*. 10. <https://doi.org/10.2307/2103629>
- EALDE. (2017). *El “Triángulo de Hierro” en Dirección de Proyectos*. <https://www.ealde.es/triangulo-de-hierro-direccion-de-proyectos>
- Jiménez Castro, W. (1982). *Introducción al Estudio de la Teoría Administrativa*.
- Kenley, R., & Seppänen, O. (2010a). Location-Based Management for Construction: Planning, Scheduling and Control. In Spon Press (Ed.), *Location-Based Management for Construction* (Primera Ed). <https://doi.org/10.4324/9780203030417>
- Kenley, R., & Seppänen, O. (2010b). *Location-based Management of Construction Projects: Part of a New typology for Project Scheduling Methodologies*. ResearchGate. <https://doi.org/10.1109/WSC.2009.5429669>
- Lean Construction Institute. (2021). *Lean construction Institute* (pp. 27–31). <https://leanconstruction.org/uploads/wp/2016/02/TDC-CH04.pdf>



Lledó, P., & Rivarola, G. (2007). *Gestión de Proyecto-Cómo dirigir proyectos exitosos, coordinar los recursos humanos y administrar los riesgos* (1ra Edición). Pearson Prentice Hall. <https://thedigitalprojectmanager.com/es/ciclo-de-vida-gestion-proyectos/>

López Aguilar, A. (2017). *Planificación, Programación y Control de Proyectos: PERT y CPM*. <https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/12738/ORTIZAGUIRR-EUXUE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mengual Recuerda, A., Juárez Varón, D., Sempere Ripoll, M., & Rodríguez Villalobos, A. (2012). *La gestión del tiempo como habilidad directiva* (Issue 7).

Guía Nacional BIM, (2021).

Olivieri, H., Seppänen, O., & Denis Granja, A. (2018). Improving workflow and resource usage in construction schedules through location-based management system (LBMS). In *Construction Management and Economics* (Vol. 36, Issue 2). Routledge. <https://doi.org/10.1080/01446193.2017.1410561>

Orihuela, P., & Esteves, D. (2013). Aplicación Del Método De La Línea De Balance a La Planificación Maestra. *Encuentro Latino Americano de Gestión y Economía de La Construcción*, 6. <http://www.motiva.com.pe/>

Orumie Ukamaka, C. (2020). Implementation of Project Evaluation and Review Technique (PERT) and Critical Path Method (CPM): A Comparative Study. *International Journal of Industrial and Operations Research*, 3(1). <https://doi.org/10.35840/2633-8947/6504>

Piñeiro Fernández, S. (1995). *PERT y CPM: Programación y control de proyectos*. 5. <https://doi.org/10.5209/CESE.11655>

Pons Achell, J. F. (2014). Introducción a Lean Construction. In *Fundación Laboral de la Construcción*. <http://www.juanfelipepons.com/wp-content/uploads/2017/02/Introduccion-al-Lean-Construction.pdf>

Pons, J. F., & Rubio, I. (2019). *Lean Construction y la planificación colaborativa Metodología del Last Planner System*.

Project Management Institute. (2017). *A Guide to the Project Management Body of*



Knowledge PMBOK Guide. In *Guía de los Fundamentos para la dirección de Proyectos Sexta Edición*. (Sexta Edic). Project Management Institute, Inc.

Serpell Bley, A., & Alarcón Cárdenas, L. F. (2015). *Planificación y control de proyectos* (Cuarta Edi). Ediciones UC.

[https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=-](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=-e1TDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=planificacion,+control+y+ejecucion&ots=dOciJGU4DT&sig=p7vW_iGroXH86ezh1w_p9frx6vY#v=onepage&q=planificacion%2C%20control%20y%20ejecucion&f=false)

[e1TDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=planificacion,+control+y+ejecucion&ots=dOciJGU4DT&sig=p7vW_iGroXH86ezh1w_p9frx6vY#v=onepage&q=planificacion%2C control y ejecucion&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=-e1TDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=planificacion,+control+y+ejecucion&ots=dOciJGU4DT&sig=p7vW_iGroXH86ezh1w_p9frx6vY#v=onepage&q=planificacion%2C%20control%20y%20ejecucion&f=false)

Suárez Cabellos, J. C. (2019). *Planificación De Un Proyecto De Edificaciones Utilizando Modelos BIM 5D y Líneas de Flujo*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Urbina Sánchez, A., & Dueñas Salazar, D. R. (2018a). Programación de fase en proyectos repetitivos y no-repetitivos mediante líneas de flujo y modelos BIM [Pontificia Universidad Católica del Perú]. In *Repositorio de Tesis - PUCP*. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/12003>

Urbina Sánchez, A., & Dueñas Salazar, D. R. (2018b). Programación de fase en proyectos repetitivos y no-repetitivos mediante líneas de flujo y modelos BIM. In *Repositorio de Tesis - PUCP*. Pontificia Universidad Católica del Perú.