

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



Pérdidas durante la construcción de un edificio multifamiliar de una constructora y sugerencia de herramientas del *lean project delivery system* para su mitigación

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Mesias Orosco, Franco Renato

Asesor:

Ing. Jaime Francisco Zapata Carreño

Lima, diciembre 2023

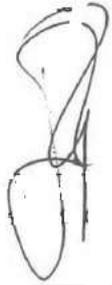
Informe de Similitud

Yo, Jaime Francisco Zapata Carreño, docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia

Universidad Católica del Perú, asesor de la tesis titulada “Pérdidas durante la construcción de un edificio multifamiliar de una constructora y sugerencia de herramientas del *Lean Project Delivery System* para su mitigación”, del autor Franco Renato Mesías Orosco, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 12%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 04/12/2023.
- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis o Trabajo de Suficiencia Profesional, y no se advierte indicios de plagio.
- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: Lima, 12 de diciembre de 2023

Apellidos y nombres del asesor: Zapata Carreño, Jaime Francisco	
DNI: 08271914	 Firma
ORCID: 0000-0001-7662-8329	

RESUMEN EJECUTIVO

La creciente demanda de viviendas en la ciudad de Lima, Perú y el desarrollo económico han impulsado la construcción de edificios multifamiliares, pero se enfrentan a pérdidas de materiales, valor y tiempo debido a enfoques tradicionales ineficientes. Por lo tanto, este estudio se justifica al buscar identificar y mitigar las pérdidas en la construcción de edificios mediante el uso de herramientas del lean project delivery system. Para respaldar esta investigación, se recopiló información de diversas fuentes y se analizaron casos exitosos en Perú. Los objetivos se centran en identificar las pérdidas, evaluar los factores contribuyentes y seleccionar herramientas adecuadas para mitigarlas. Se concluyó que las pérdidas en la construcción de edificios multifamiliares representan un desafío significativo en términos de competitividad, afectando el tiempo del proyecto, la calidad del producto y los recursos utilizados durante la construcción. Además, la implementación de las herramientas sugeridas puede mitigar estas pérdidas al abordar las causas subyacentes. El uso de la matriz de selección el *kanban* y una planificación adecuada resultan en una reducción de las pérdidas del proyecto en general. En resumen, este estudio tiene como objetivo mejorar la eficiencia y el valor entregado al cliente en la construcción de edificios multifamiliares a través de la aplicación de herramientas del lean project delivery system, en respuesta a la necesidad de reducir las pérdidas durante la construcción de un edificio multifamiliar en el distrito de Pueblo Libre, Lima.

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mis más sinceros agradecimientos a las personas que han sido fundamentales
en la realización de esta tesis.

Gracias.



ÍNDICE

Capítulo 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Pregunta de investigación.....	7
1.2.1. Pregunta general.....	7
1.2.2. Preguntas específicas	7
1.3. Objetivos de la investigación	8
1.3.1. Objetivo general.....	8
1.3.2. Objetivos específicos	8
1.4. Hipótesis de la investigación.....	8
1.5. Justificación de la investigación.....	9
1.6. Alcance de la investigación.....	10
1.7. Metodología	12
1.7.1. Revisión bibliográfica.....	12
1.7.2. Levantamiento de información en campo:.....	12
1.7.3. Análisis de datos de campo y entrevistas:.....	13
1.7.4. Propuesta de herramientas:	14

1.7.5.	Conclusiones y recomendaciones:	15
Capítulo 2: MARCO TEÓRICO.....		16
2.1.	Antecedentes	16
2.1.1.	Antecedentes internacionales:.....	16
2.1.2.	Antecedentes nacionales:	18
2.2.	Bases teóricas	21
2.2.1.	<i>Lean construction</i>	21
2.2.2.	<i>Lean project delivery system</i>	27
2.2.3.	Pérdidas en la construcción de un edificio multifamiliar.....	36
2.2.4.	Herramientas para identificar las causas raíz de las pérdidas en la construcción de un edificio multifamiliar	42
2.2.5.	Sugerencia de herramientas en el marco del <i>lean project delivery system</i> para mitigar las pérdidas identificadas en la construcción de un edificio multifamiliar.	44
Capítulo 3: DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS		54
3.1.	Descripción de la empresa constructora.....	54
3.2.	Descripción del proyecto.....	55
3.3.	Recolección y análisis de datos.....	58

3.3.1. Información recopilada de campo:.....	58
3.3.2. Entrevistas:.....	83
3.4. Diagrama de Ishikawa para determinar las causas raíz de las pérdidas	86
3.5. Identificación de las causas subyacentes de las pérdidas identificadas durante la construcción	100
Capítulo 4: SUGERENCIA DE HERRAMIENTAS.....	103
4.1. Matriz de selección.....	103
4.2. Kanban	107
4.3. Tren de actividades.....	108
Capítulo 5: CONCLUSIONES	140
Bibliografía	1
Anexo A: Resumen de metrados para calcular la distribución de la sectorización previa del semisótano.....	5
Anexo B: Resumen de metrados para calcular la distribución de la sectorización previa del tercer piso.....	7
Anexo C: Cronograma maestro del proyecto.....	9
Anexo D: Programación semanal del proyecto.	15
Anexo E: Métricas de calidad en la construcción del casco estructural.	52

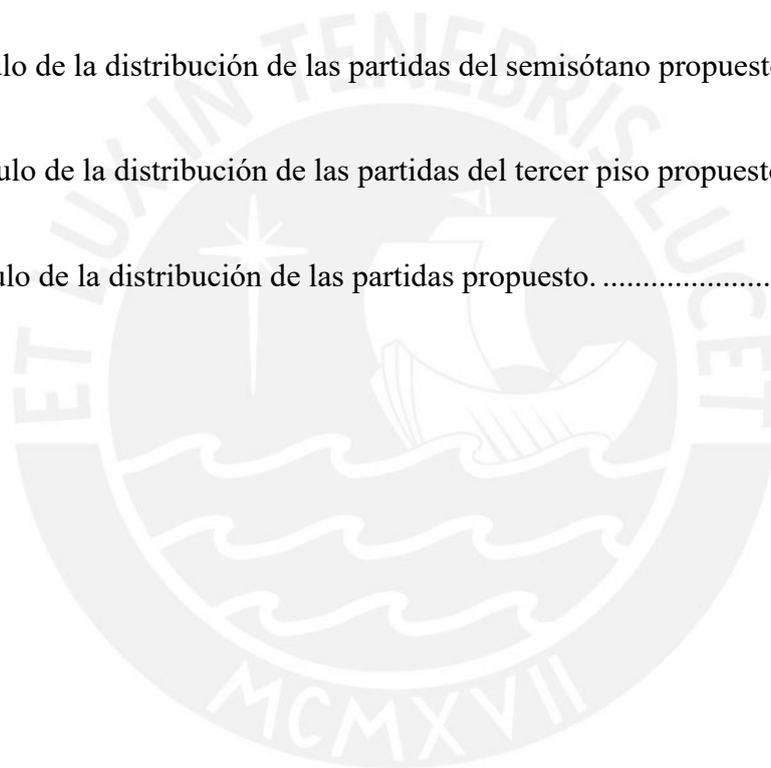
Anexo F: Listado de observaciones de calidad en los sótanos.	53
Anexo G: Listado de encofrados cedidos y cangrejas en los sótanos.....	82
Anexo H: Listado de pedidos de compra de acero durante la construcción del edificio.	84
Anexo I: Información sobre la construcción de la tabiquería.	86
Anexo J: Cálculo de materiales a emplear para la tabiquería del segundo piso.	89
Anexo K: Resumen de metrados para calcular la sectorización propuesta para los sótanos.	90
Anexo L: Resumen de metrados para calcular la sectorización propuesta para el semisótano.	92
Anexo M: Resumen de metrados para calcular la sectorización propuesta para los pisos superiores.	94
Anexo N: Resumen de metrados para calcular la distribución propuesta para los pisos acabados de los pisos superiores.	97

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Uso de herramientas <i>lean</i> en proyectos en el Perú.	9
Tabla 2 Taxonomía de las pérdidas de producción.....	40
Tabla 3 Distribución de las partidas del semisótano previo a la reformulación.	60
Tabla 4 Distribución de las partidas del tercer y segundo piso previo a la reformulación.	62
Tabla 5 Métricas de programación semanal incompleta y reprogramación de actividades. ...	66
Tabla 6 Hitos de la construcción del edificio multifamiliar y los días de retraso.....	69
Tabla 7 Peso total de acero comprado durante la construcción del edificio multifamiliar.....	75
Tabla 8 Fechas de inicio y fin de acabados húmedos y secos.	76
Tabla 9 Días de ejecución de las actividades de acabados húmedos durante la construcción del edificio multifamiliar.	80
Tabla 10 Resumen de las respuestas brindadas luego de la aplicación del método de los cinco porqués.....	86
Tabla 11 Resumen de la identificación de las pérdidas y las causas de las mismas.....	100
Tabla 12 Resumen de la identificación de las pérdidas y las causas de las mismas.....	105
Tabla 13 Matriz de selección para la contratación del contratista en la construcción del casco estructural.....	106
Tabla 14 Distribución de las partidas para la sectorización del sótano dos.....	119

Tabla 15 Distribución de las partidas para la sectorización del semisótano. Agregar formato a los numeros	119
Tabla 16 Distribución de las partidas para la sectorización de los pisos superiores.....	124
Tabla 17 Distribución de las partidas de acabados húmedos de los pisos superiores.....	130
Tabla 18 Distribución de las partidas de acabados secos de los pisos superiores.	131
Tabla 19 Hitos de la construcción del edificio multifamiliar proyectado y propuesta de estudio.	139
Anexo A1 Cálculo de la distribución de las partidas del semisótano previo a la reformulación.	5
Anexo B1 Cálculo de la distribución de las partidas sectorización de las partidas sectorización en el piso tres.	7
Anexo E1 Listado de programación y reprogramación de actividades durante la construcción del edificio multifamiliar.	52
Anexo G1 Listado de encofrados cedidos en los sótanos durante la construcción del edificio multifamiliar.	82
Anexo G2 Listado de cangrejeras en los sótanos durante la construcción del edificio multifamiliar.	83
Anexo H1 Listado de pedidos de acero corrugado.	84

Anexo I1 Cantidad total de materiales solicitados para la tabiquería del edificio multifamiliar.	86
Anexo I2 Cantidad total de materiales presupuestados para la tabiquería del edificio multifamiliar.	87
Anexo J1 Listado de materiales de ladrillo silico calcáreo y mortero.	89
Anexo K1 Cálculo de la distribución de las partidas de los sótanos propuesto.....	90
Anexo L1 Cálculo de la distribución de las partidas del semisótano propuesto.....	92
Anexo M1 Cálculo de la distribución de las partidas del tercer piso propuesto.....	94
Anexo N1 Cálculo de la distribución de las partidas propuesto.	97



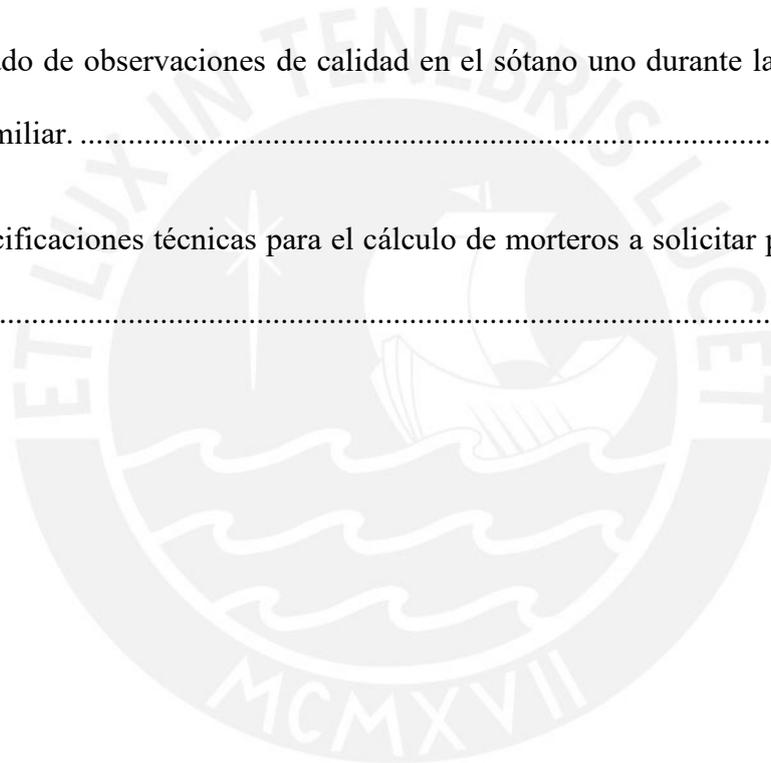
ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fases y módulos del <i>lean project delivery system</i>	29
Figura 2: Cuatro estrategias del proceso: (1) enfoque en el proceso; (2) enfoque repetitivo; (3) enfoque en el producto, y (4) personalización masiva.....	37
Figura 3: Panel de búsqueda de los 5 por qué.....	42
Figura 4: Panel Ishikawa de búsqueda de causas raíz.....	44
Figura 5: Matriz de selección.....	50
Figura 6: Ejemplo de aplicación del método Kanban.....	53
Figura 7: Planta arquitectónica del semisótano.	56
Figura 8: Planta arquitectónica representativa del piso típico.	57
Figura 9: Jerarquía staff de obra.	58
Figura 10: Sectorizaciones del semisótano.	60
Figura 11: Sectorizaciones del segundo y tercer piso.....	62
Figura 12: Extracto del cronograma maestro para la construcción de los sótanos y pisos superiores.....	65
Figura 13: Días de reprogramación de actividades no cumplidas según la programación semanal.	67
Figura 14: Días de retraso para cumplir los hitos del proyecto.	70

Figura 15: Observaciones de calidad en los sótanos durante la construcción del edificio multifamiliar.	72
Figura 16: Observaciones de calidad respecto a encofrados cedidos en elementos verticales.	73
Figura 17: Observaciones de calidad respecto a cangrejeras en elementos verticales.	74
Figura 18: Extracto del cronograma maestro para los acabados húmedos y secos.	79
Figura 19: Desperdicio durante la construcción de la tabiquería.	82
Figura 20: Diagrama de Ishikawa para identificar las pérdidas en la producción de la construcción del edificio multifamiliar.	88
Figura 21: Porcentajes proyectados y de desperdicio en diferentes aspectos de la construcción del proyecto.	102
Figura 22: Ficha <i>kanban</i> para limitar el consumo de materiales durante la tabiquería.	107
Figura 23: Plano de muro pantalla del primer anillo incluyendo el área de la excavación masiva.	109
Figura 24: Elevaciones por zonas de los muros pantalla y planificación de los paños a trabajar.	110
Figura 25: Plano de muro pantalla del segundo anillo incluyendo el área de la excavación masiva.	111

Figura 26: Elevaciones por zonas de los muros pantalla y planificación de los paños a trabajar.	112
Figura 27: Plano de muro pantalla del segundo anillo incluyendo el área de la excavación masiva.	114
Figura 28: Elevaciones por zonas de los muros pantalla y planificación de los paños a trabajar.	115
Figura 29: Tren de actividades para la construcción de los muros pantallas.	116
Figura 30: Sectorización de las cimentaciones para la construcción del proyecto.	118
Figura 31: Sectorización desde el encofrado del sótano 3 hasta el sótano 1 para la construcción del proyecto.....	120
Figura 32: Sectorización del encofrado del semisótano para la construcción del proyecto. .	121
Figura 33: Tren de actividades para la construcción de las cimentaciones, cisternas y sótanos.	123
Figura 34: Sectorización desde el encofrado del piso 1 hasta el piso 9 para la construcción del proyecto.....	125
Figura 35: Sectorización desde el encofrado de la azotea para la construcción del proyecto.	126
Figura 36: Tren de actividades para la construcción de los pisos superiores.	129
Figura 37: Tren de actividades para los acabados húmedos y secos en el edificio.....	138

Figura C1: Cronograma maestro del edificio multifamiliar.	14
Figura D1: Programación semanal del edificio multifamiliar.	51
Figura F1: Listado de observaciones de calidad en el sótano tres durante la construcción del edificio multifamiliar.	60
Figura F2: Listado de observaciones de calidad en el sótano dos durante la construcción del edificio multifamiliar.	69
Figura F3: Listado de observaciones de calidad en el sótano uno durante la construcción del edificio multifamiliar.	81
Figura I1: Especificaciones técnicas para el cálculo de morteros a solicitar para la tabiquería.	88



Capítulo 1: INTRODUCCIÓN

En el marco de este estudio, se ha decidido no revelar el nombre de la compañía constructora involucrada. Esta decisión se ha tomado debido a una solicitud expresa por parte de la mencionada entidad, con el fin de preservar su confidencialidad. A pesar de ello, se han recopilado y analizado exhaustivamente los datos necesarios para llevar a cabo el presente estudio, los cuales han sido obtenidos a través de mi propia experiencia y participación laboral directa en la empresa durante un período continuo de siete meses.

Es importante destacar que, aunque no se mencione explícitamente el nombre de la constructora, se ha asegurado la rigurosidad y veracidad de la información recopilada. La confidencialidad solicitada por la empresa no afecta la validez y relevancia de los resultados obtenidos, ya que estos se basan en observaciones, análisis y conclusiones derivadas de mi participación activa en diversos proyectos y actividades llevados a cabo por la constructora en estudio.

Por consiguiente, a pesar de la confidencialidad en cuanto al nombre de la empresa constructora, puedo garantizar la confiabilidad y legitimidad de los resultados y conclusiones presentados en este estudio, respaldados por la experiencia acumulada y el tiempo invertido colaborando directamente con la mencionada empresa.

1.1. Planteamiento del problema

Los proyectos de construcción en general se continúan ejecutando, en su mayoría, bajo un enfoque tradicional. En ellos, los responsables se involucran en diferentes etapas de la ejecución del proyecto, por ejemplo, el diseñador se encarga del desarrollo en las primeras

fases, mientras que el constructor inicia sus actividades una vez completado el expediente técnico. Como resultado de esto, los proyectos tradicionales poseen organizaciones verticales y separadas por muros contractuales (Thomsen et al., 2009). La ausencia de comunicación entre el equipo de diseño y el constructor durante la fase de desarrollo del proyecto conduce a la aparición de problemas durante la construcción, lo que inevitablemente resulta en pérdidas y retrasos, además de desperdiciar la oportunidad de aprovechar la transferencia de información para lograr una optimización más eficiente del proyecto.

También es importante mencionar que en este enfoque tradicional se suele invertir una gran cantidad de tiempo durante la planificación de las actividades. Todo este esfuerzo inicial se convierte en uno de control cuando inicia la construcción del proyecto. Lamentablemente, esto suele quedar inservible al poco tiempo, debido a la alta variabilidad de las obras (Ballard, 1994). La planificación derivada de esta metodología no es confiable y esto puede acarrear que los objetivos no se ejecuten a tiempo, el nivel de productividad sea bajo y generar sobrecostos en el desarrollo de las partidas para recuperar el tiempo perdido. Según Orihuela (2001), cuando se reducen las holguras de tiempo se incrementan las presiones por terminar la obra a tiempo lo que ocasiona que el control en la ejecución del proyecto se torne aún peor. Esto incrementa significativamente los gastos en recursos humanos, equipos y materiales., por lo que algunas empresas terminan aplicando lo que se conoce como “ataque apache” que no es más que invertir una gran cantidad de recursos con baja eficiencia y poco nivel de calidad para intentar terminar la obra según lo planificado inicialmente.

Según Rizk, Hamzeh y Emdanat (2017), señalan que uno de los factores clave para alcanzar el éxito en un proyecto de construcción radica en tener una planificación sólida y confiable. Asimismo, es esencial que el producto satisfaga las necesidades del cliente y que en

su diseño participen los encargados de la construcción.. Esto porque nos permite asignar recursos de manera adecuada; define criterios y necesidades para lograr los objetivos planteados, y anticipa los riesgos con suficiente tiempo para gestionarlos y mitigarlos eficazmente (Aziz & Hafez, 2013).

La ineficiencia en la planificación de proyectos de construcción puede acarrear diversas pérdidas, tanto en términos de material, tiempo y valor. En primer lugar, las pérdidas de materiales son una consecuencia directa de la ausencia de una planificación precisa y detallada. Cuando no se tienen claros los requerimientos y las necesidades del proyecto, es común que se adquieran materiales en exceso o se utilicen de forma inapropiada, generando desperdicio y un aumento innecesario en los costos. En segundo lugar, las pérdidas de tiempo son otro problema recurrente en la planificación ineficiente. Cuando los plazos y actividades no están correctamente establecidos, pueden surgir demoras y retrasos en la ejecución del proyecto. Estos retrasos pueden deberse a una mala coordinación entre equipos, la falta de recursos adecuados o la subestimación de la duración real de las tareas. Cada día de retraso no solo implica mayores costos operativos, sino también una posible disminución en la satisfacción del cliente. Por último, las pérdidas de valor también afectan significativamente el éxito del proyecto. Una planificación insuficiente puede dar lugar a una entrega final que no satisface las expectativas del cliente o que no cumple con los estándares de calidad previstos. Cuando el resultado final no cumple con las expectativas del cliente, la percepción de valor del producto o servicio entregado se reduce, lo que puede dar lugar a una mala reputación para la empresa y la pérdida de oportunidades futuras.

Se hace imperativo reconsiderar la manera en que se planifican los proyectos de construcción. Los nuevos enfoques deben de solucionar las principales deficiencias de las

filosofías tradicionales, asegurando una planificación confiable y aumentando el valor del producto entregado al cliente. También deben tener la capacidad de adaptarse a las crecientes demandas que surgen debido al incremento en la complejidad de las tareas en la construcción y la interconexión entre ellas, así como a la complejidad cultural y social (Girmscheid y Brockmann et al., 2008).

Para aumentar la eficiencia y minimizar las pérdidas en la construcción, es esencial adoptar una nueva filosofía que garantice un flujo ininterrumpido de actividades en el proceso de construcción, así como la colaboración activa de todos los implicados desde la etapa de diseño del proyecto. En este sentido, la filosofía *Lean Construction* se presenta como una opción viable, ya que se enfoca en gestionar y organizar un proyecto como un proceso generador de valor, manteniendo un flujo de producción constante y reduciendo la variabilidad del proceso mediante una planificación confiable (Koskela, 1992). Al implementar la filosofía *Lean Construction*, se busca mejorar la producción y aumentar el valor del producto entregado al cliente. Esta filosofía también promueve la cooperación y una comunicación eficiente entre los integrantes del equipo de proyecto, lo que puede generar una mayor motivación y compromiso (Ballard, & Howell, 2003). En resumen, la adopción de la filosofía *Lean Construction* en la industria de la construcción es crucial para mejorar la eficiencia, reducir los desperdicios, aumentar la calidad y el valor entregado al cliente, y promover la colaboración y el compromiso del equipo de proyecto (Howell & Koskela, 2001).

El enfoque de *Lean Construction* se materializa a través de la aplicación del sistema de entrega de proyectos *Lean* (LPDS), que descompone el ciclo de vida del proyecto en cinco fases: definición del proyecto, diseño *Lean*, suministro *Lean*, ensamblaje *Lean* y uso *Lean* (Ballard y Howell, 2008). Cada una de estas fases tiene como objetivo optimizar la entrega de

valor al cliente a través de la erradicación de desperdicios, el proceso de mejora continua y la promoción de la colaboración entre los miembros del equipo de proyecto. Esto se logrará mediante el trabajo conjunto de tres dominios: la estructura organizacional que comprenda la formación de equipos de trabajo colaborativo, las condiciones comerciales o los tipos de contrato se desarrollen para fomentar el trabajo en equipo y que se puedan aplicar los principios *lean* (Alarcón, Mesa & Howell, 2013). Según Alarcón, Mesa y Howell (2013), una de las principales características del *Lean project delivery system* es el método de alcanzar los objetivos del proyecto, bajo un ambiente de colaboración e integración. En la búsqueda por mejorar la eficiencia en la construcción, diversas herramientas han sido desarrolladas para aplicar los principios del *Lean Construction*.

El *Last Planner System* (LPS), diseñado por Glenn Ballard y Greg Howell, es una herramienta que busca mejorar la planificación y programación de proyectos, permitiendo una mayor colaboración y compromiso entre los integrantes del equipo de proyecto (Ballard & Howell, 1998). Por un lado, el *Value Stream Mapping* (VSM), herramienta desarrollada en el contexto del *Lean Manufacturing* y adaptada al *Lean Construction*, busca identificar el flujo de valor en un proceso y eliminar los desperdicios en el mismo (Howell, Macomber, Koskela & Draper, 2004). Entonces, el enfoque del *Lean project delivery system* (LPDS) ofrece herramientas importantes para la industria de la construcción.

Si tenemos en cuenta que en las últimas décadas, la economía peruana ha experimentado un importante crecimiento, impulsado principalmente por sectores como la construcción, que representó el 6.7% del producto bruto interno (PBI) del país (INEI, 2021), que este crecimiento ha llevado a un auge inmobiliario en la ciudad de Lima, impulsado por la alta necesidad de viviendas y la limitada oferta formal de estas, y que a pesar de este crecimiento, las empresas

peruanas dedicadas a la construcción han enfrentado problemas de producción y bajos índices de calidad, lo que se traduce en productos de poco valor para el cliente, se deduce que es crucial la aplicación de herramientas *Lean* en la construcción en el Perú para mejorar la eficiencia y la calidad del producto final, y así garantizar un mayor valor para el cliente y un desarrollo sostenible del sector de la construcción en el país.

Durante las últimas dos décadas, la filosofía *Lean Construction* y sus herramientas asociadas han sido adoptadas en algunos proyectos de construcción en Perú con el objetivo de disminuir las pérdidas, asegurar un flujo de producción continuo y aumentar el valor del producto final. Esta tendencia ha sido reflejada en más de veinte publicaciones en el International Group for *Lean Construction* (IGLC), donde se han aplicado estas herramientas y se ha medido su impacto en proyectos de construcción en Perú (Huaman y Erazo, 2021).

Algunos ejemplos exitosos de aplicación de herramientas del *Lean project delivery system* en la construcción de edificios en Perú incluyen el estudio de Espinoza, Herrera y Brioso (2021) que aplicó la herramienta *value stream mapping* en la construcción de un edificio en Lima, Perú, con el objetivo de reducir el desperdicio en el flujo de trabajo. Tras analizar tres escenarios de mejora continua, se logró reducir el tiempo de entrega en un 17% y el tiempo de espera en un 32%. El estudio demuestra la adaptabilidad del VSM en proyectos de excavaciones y su capacidad para mejorar el sistema constructivo y analizar la seguridad y salud en el mismo.

Otro ejemplo es el artículo de Murgia, Brioso y Pimentel (2016) describe un proyecto de vivienda comunitaria compuesto por 28 edificios de cinco pisos con un área total de 99,330 metros cuadrados. El estudio muestra cómo la implementación de *last planner system* mejoró el rendimiento del sistema de producción en la fase de acabado de edificios residenciales, a

través de estrategias como la planificación *pull*, la creación de unidades de producción basadas en la similitud de tareas y ubicación, y la inclusión de cuadrillas adicionales para reparar las no conformidades.

En consecuencia, el objetivo principal de este trabajo de tesis consiste en identificar las pérdidas que ocurren durante la construcción de un edificio multifamiliar llevado a cabo por una empresa constructora específica y sugerir herramientas basadas en el *lean project delivery system* para mitigar dichas pérdidas. Con el fin de salvaguardar la confidencialidad, en este estudio queda en reserva el nombre de la constructora, atendiendo a su solicitud expresa. No obstante, se han recopilado minuciosamente los datos necesarios para llevar a cabo la presente investigación, en la cual he estado involucrado laboralmente durante un periodo de siete meses.

1.2. Pregunta de investigación

1.2.1. Pregunta general

¿Las herramientas sugeridas que se encuentran bajo el enfoque del *lean project delivery system* podrían mitigar las pérdidas identificadas en la construcción de un edificio de una constructora?

1.2.2. Preguntas específicas

- ¿Cuáles serán las pérdidas durante la construcción de un edificio multifamiliar de una constructora?
- ¿Qué factores contribuirán a las pérdidas identificadas durante la construcción de un edificio multifamiliar de una constructora?

- ¿Qué herramientas del *lean project delivery system* serán adecuadas para mitigar las pérdidas identificadas durante la construcción del edificio multifamiliar de la empresa una constructora?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Sugerir herramientas del *lean project delivery system* que podrían mitigar las pérdidas identificadas durante la construcción de un edificio multifamiliar de una constructora.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar las pérdidas durante la construcción de un edificio multifamiliar de una constructora.
- Evaluar los factores que contribuyeron a las pérdidas identificadas durante la construcción.
- Seleccionar herramientas del *lean project delivery system* que sean adecuadas para la mitigación de las pérdidas identificadas durante la construcción del edificio multifamiliar de la empresa una constructora.

1.4. Hipótesis de la investigación

La sugerencia de herramientas del *lean project delivery system* podría mitigar las pérdidas encontradas en la construcción de un edificio multifamiliar de una constructora.

1.5. Justificación de la investigación

La enorme necesidad de vivienda que existe en la ciudad de Lima y el mejoramiento general de la economía han impulsado la construcción de edificios multifamiliares. En algunos casos, estos proyectos que se encargan a empresas constructoras se ejecutan con metodologías y filosofías tradicionales que no han demostrado ser eficientes. Por ello, se caracterizan por presentar problemas de producción y bajos índices de calidad durante la construcción de la edificación, lo que se traduce en un producto de poco valor para el cliente y un alto sobrecoste al proyecto. Entonces, subyace la importancia de identificar las pérdidas en la construcción de una edificación y sugerir herramientas dentro de sistemas de construcción como el *lean project delivery system* para poder mitigarlas. Esto con el fin de aumentar la productividad y el valor del producto entregado al cliente.

Existen diversas fuentes de información que identifican las pérdidas en la construcción y las posibles maneras de mitigarlos mediante el uso de las herramientas del *lean project delivery system*. Entre ellas están los numerosos documentos que evalúan los proyectos de construcción peruanos publicados en los congresos anuales del International Group for Lean Construction (IGLC). Además, existen ejemplos exitosos de aplicación de herramientas como el uso de herramientas del *lean project delivery system* para optimizar las partidas de encofrado, acero y concreto en el estudio de Espinoza, Herrera y Brioso (2021) donde la herramienta *value stream mapping* en la construcción de un edificio en Lima, Perú donde se logró plantear escenarios para reducir el tiempo de entrega en un 17% y el tiempo de espera en un 32%.

Tabla 1.

Uso de herramientas *lean* en proyectos en el Perú.

Herramienta <i>Lean</i>	Fuente	Proyecto implementado
LPS	(Arbulu y Soto 2006; Brioso 2011; Flores y Ollero 2013; Ghio 1997; Murguia 2019; Murguía et al. 2016; Orihuela et al. 2019; Román y Juárez 2014; Suarez et al. 2020; Yoza 2011)	Edificaciones, infraestructura vial, energía y petróleo, minería, infraestructura sanitaria y de alcantarillado
VSM	(Murguía et al. 2016; Román y Juárez 2014)	Infraestructura vial, edificios
IPD	(Gomez et al. 2018; Medina 2014)	Infraestructura vial, edificios
<i>Lean in design</i>	(Arbulu y Soto 2006; Brioso 2011; Orihuela et al. 2019)	Infraestructura vial, edificios
Big Room	(Gomez et al. 2018; Gutiérrez 2020)	Infraestructura vial, edificios
Visual Management	(Guzman y Ulloa 2020; Orihuela et al. 2019)	Infraestructura vial y deportiva
LBMS	(Murguía et al. 2016; Murguía y Urbina 2018; Suarez et al. 2020; Yoza 2011)	Edificaciones, Infraestructura sanitaria y de alcantarillado
Takt Time	(Murguia y Urbina 2018)	Minería y edificaciones
Continuous Improvement	(Murguia et al. 2020)	Edificaciones
Feedback	(Izquierdo et al. 2011)	Edificaciones
Continuous Flow	(Villagarcia 2011)	Infraestructura vial, edificaciones
Information management	(Gutiérrez 2020; Villagarcia 2011)	Infraestructura vial, edificaciones
LPDS	(Brioso 2011; Medina 2014)	Edificaciones
Standardization	(Flores y Ollero 2013)	Infraestructura sanitaria y de alcantarillado
Target Cost	(Gutiérrez 2020; Medina 2014)	Edificaciones
CBA	(Gomez et al. 2018; Suarez et al. 2020)	Infraestructura vial, edificaciones
A3 Report	(Gomez et al. 2018)	Infraestructura vial, edificaciones

Nota. Tomado de “Exploratory Study of the Main *Lean* Tools in Construction Projects in Peru”, por Huaman y Erazo, 2021.

1.6. Alcance de la investigación

El alcance del presente trabajo de investigación se centra en la identificación de pérdidas encontradas durante la construcción de un edificio multifamiliar de una constructora

y sugerencia de herramientas del *lean project delivery system* que podrían mitigar éstas. La construcción se ubica en el distrito de Pueblo Libre en la ciudad de Lima, Perú. Este proyecto consta de un área de construcción de 3352 m² dividido en 10 plantas y 4 sótanos.

Para llevar a cabo un análisis detallado del proyecto, se llevarán a cabo diversas actividades. En primer lugar, se realizará una revisión de la información del proyecto, con el fin de conocer los detalles técnicos del mismo. Asimismo, se llevarán a cabo visitas a la obra para observar directamente el progreso de la obra, con el objetivo de analizar si se están cumpliendo los plazos y especificaciones técnicas establecidos. Con este fin, se revisarán los procesos y procedimientos aplicados hasta la fecha, con el objetivo de notar posibles pérdidas y áreas de mejora. Para complementar esta revisión, se llevarán a cabo entrevistas con los miembros clave del equipo. Estas entrevistas permitirán conocer la perspectiva de cada uno sobre el proyecto, los desafíos que han surgido y las soluciones implementadas.

De forma paralela, se realizará una investigación bibliográfica en profundidad, para identificar las herramientas que han tenido efecto en otros proyectos de construcción similares y para ahondar en las pérdidas específicas que pueden surgir en la construcción de edificios multifamiliares. Se analizarán las mejores prácticas y las soluciones implementadas en otros proyectos, con el objetivo de aplicarlas a este caso específico. Finalmente, se sugerirán herramientas dentro del contexto del *lean project delivery system* que puedan aplicarse a las pérdidas identificadas, con el objetivo de mitigarlas y lograr un mejor desempeño en términos de costo y plazo en la construcción del edificio multifamiliar.

1.7. Metodología

1.7.1. Revisión bibliográfica

1.7.1.1. Proyecto de construcción:

Se revisó los documentos y planos relacionados a la información de las principales características del proyecto como el propósito de su construcción, la cantidad de pisos, la cantidad de departamentos, el plazo de ejecución, las especificaciones técnicas de los materiales de construcción y de los acabados a utilizar.

1.7.1.2. *Lean project delivery system* y las herramientas que se encuentran bajo su enfoque para identificar y mitigar pérdidas:

Se revisó artículos de conferencias, tesis de pregrado y posgrado de reconocidas universidades y libros relacionados a la filosofía *lean construction* para identificar las potenciales herramientas a utilizar para determinar los problemas raíz de las pérdidas durante la construcción de un edificio multifamiliar. También, se identificó las potenciales herramientas para mitigar las pérdidas identificadas.

1.7.2. Levantamiento de información en campo:

1.7.2.1. Definición de las características del proyecto:

Se definieron las principales características del proyecto como el número de departamentos, el área a construir, las partidas que se desarrollan, el plazo de ejecución y los Hitos completados.

1.7.2.2. Revisión del estado del proyecto:

Participé en la construcción del edificio como asistente de producción y calidad dentro del staff de obra. Se determinó el estado actual del proyecto analizando las partidas que se desarrollan y si éstas se encuentran dentro de los cronogramas establecidos. También se identificó si las partidas se llevaban a cabo tal como se encuentran planeadas en su programación semanal y si se encuentran libre de restricciones. Asimismo, se analizó si estas presentaban pérdidas materiales, de flujo y de valor.

1.7.2.3. Entrevistas a los principales responsables del proyecto:

Se realizó entrevistas a los principales responsables del desarrollo del proyecto incluyendo al staff de obra, contratista y demás personas que integran el equipo. Con estas entrevistas se conoció la perspectiva particular sobre el proyecto y los problemas que han surgido, así como la manera en que se han enfrentado a estos. Estas entrevistas se desarrollaron con la aplicación del método de los cinco porqués para identificar las causas raíz de las pérdidas que ellos percibían.

1.7.3. Análisis de datos de campo y entrevistas:

1.7.3.1. Identificar las causas subyacentes de las principales pérdidas durante la construcción:

En base a la revisión bibliográfica de artículos, tesis y libros en donde se aplicaron diferentes herramientas para la identificación de causas de pérdidas durante la construcción, se identificaron las herramientas para identificar las causas de las pérdidas durante la ejecución de la construcción y luego discriminar cuales de estas se podrían

mitigar con la aplicación de las herramientas en el marco del *lean project delivery system*.

1.7.3.2. Clasificación de las causas subyacentes de las principales pérdidas durante la construcción:

Se aplicaron las herramientas más eficientes para identificar las pérdidas durante la construcción del proyecto y las causas raíz de estas a la información recolectada en campo (método de Ishikawa). También se determinaron posibles mejoras dentro de la planificación y ejecución de actividades de manera que se pueda mantener un flujo continuo de trabajo y la calidad requerida por el cliente (Kanban). La información obtenida por estos métodos se contrastó entre sí para poder reforzar y validar las causas raíz de las pérdidas identificadas.

1.7.4. Propuesta de herramientas:

1.7.4.1. Sugerencia de herramientas para mitigar las pérdidas identificadas:

En base a la revisión bibliográfica de artículos, tesis y libros en donde se han aplicado herramientas dentro del marco de *lean project delivery system* con resultados positivos luego de su aplicación, se identificaron las herramientas más eficaces en mitigar las principales pérdidas encontradas.

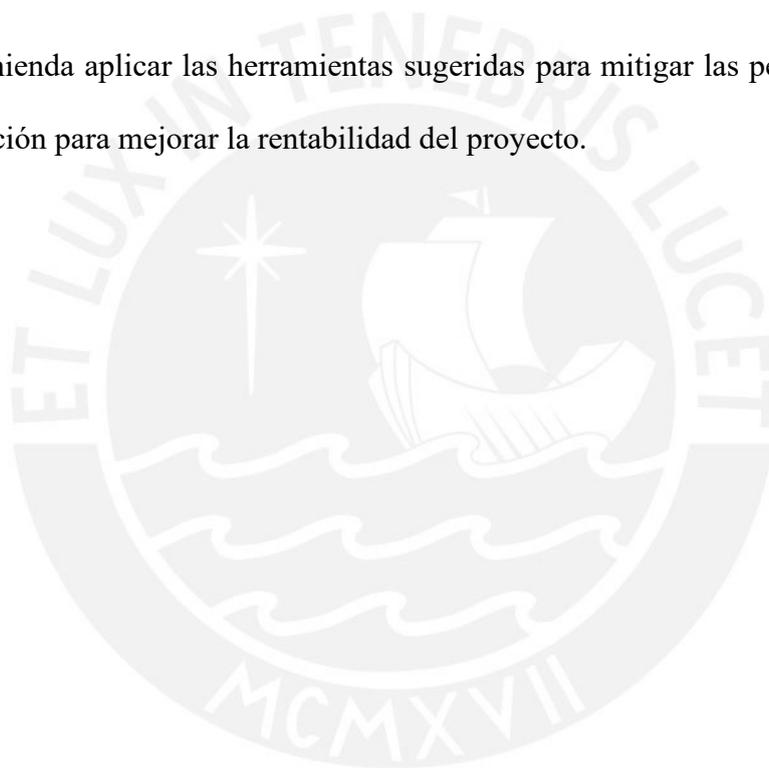
1.7.5. Conclusiones y recomendaciones:

1.7.5.1. Conclusiones:

Se proponen las conclusiones en función de la efectividad de las herramientas para identificar las pérdidas durante la construcción y la sugerencia de herramientas para mitigarlas.

1.7.5.2. Recomendaciones:

Se recomienda aplicar las herramientas sugeridas para mitigar las pérdidas durante la construcción para mejorar la rentabilidad del proyecto.



Capítulo 2: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

La construcción de edificios multifamiliares es una actividad que requiere una gran inversión de recursos, tanto económicos como humanos y materiales. Sin embargo, a menudo ocurren varios tipos de pérdidas durante el proceso de construcción, lo que puede afectar el tiempo, la calidad y el costo del proyecto. Estas pérdidas pueden ser causadas por una variedad de factores, tales como: Falta de coordinación entre los diferentes equipos de trabajo, mala gestión de materiales y herramientas, y falta de planificación y control. Si agregamos a esto, que la industria de la construcción se enfrenta a un entorno cada vez más competitivo, todo lleva a la aplicación de nuevos conceptos y herramientas para mejorar la eficiencia y calidad de los proyectos de construcción. Entre los enfoques emergentes, destacan la filosofía *lean construction* y el *lean project delivery system*, los cuales han sido objeto de amplia investigación. En las siguientes secciones, se da una visión general de la literatura internacional y nacional existente sobre la identificación de pérdidas en la construcción y aplicación de herramientas del *lean project delivery system* que han obtenido resultados beneficiosos luego de su aplicación.

2.1.1. Antecedentes internacionales:

Diversos estudios realizados alrededor del mundo han demostrado que la implementación de las herramientas del *lean project delivery system* en la construcción de edificios ha permitido reducir las pérdidas durante la construcción. En este contexto, resulta relevante realizar una revisión de la literatura internacional existente sobre la aplicación del *lean project delivery system* en la construcción, con el fin de identificar las herramientas y estrategias que se han

desarrollado en diferentes partes del mundo y su impacto en la eficiencia y calidad de los proyectos construidos.

Por un lado, Pasqualini & Zawislak (2005), en su artículo, describen el uso de la herramienta *value Stream Mapping* (VSM) en la construcción con el fin de aumentar la productividad y reducir los tiempos de entrega durante la construcción de un edificio. En el artículo se propusieron cambios luego de realizar el mapeo actual y futuro de la partida de albañilería. Con la aplicación *del value stream mapping* se detectaron pérdidas en el flujo de trabajo y en el valor del producto que ocasionaban retrasos en la ejecución del proyecto. Es por ello que se plantearon soluciones con el fin de mitigarlas. Algunas de estas fueron el uso de una "minicentral" donde se pueda visualizar la información de la actividad a realizar, la mejora de la comunicación entre el constructor y el cliente, así como entre el constructor y el estudio de arquitectura, y mejorar la disponibilidad de materiales. Este conjunto de soluciones condujo a un aumento de la productividad de toda la albañilería. Como resultado, el plazo de colocación se ha reducido en más de un mes, lo que permite reducir la fecha final de entrega del piso y hace que la empresa sea más competitiva en costes y plazos.

Por otro lado, en el artículo "*Last planner system: Implementation, evaluation and comparison of results in the construction of a social housing project in Chile*", los autores Arroyo y Valladares (2016) examinan el proyecto "Condominio Juanita Aguirre" (CJA) en Santiago de Chile, el cual involucra la construcción de 80 departamentos en edificios de 4 pisos en un plazo de un año. La empresa constructora Oval, que posee experiencia en la ejecución de proyectos de viviendas sociales, decidió aplicar el sistema *last planner system* (LPS) para mejorar los resultados del proyecto. Después de dos meses sin LPS, se implementó el sistema y se notó una mejora en el cronograma de construcción, el costo, la seguridad y la calidad final

del proyecto. El LPS permitió al equipo de trabajo planificar en detalle y redujo el rechazo de revisiones técnicas y repeticiones. Además, la participación del especialista en seguridad ocupacional en la discusión de planificación mejoró la seguridad en el lugar de trabajo. El seguimiento mensual del control de costos mostró un aumento del 18 %, superando el aumento previsto del 10 %. La productividad mejoró ya que el equipo pudo identificar las limitaciones y hacer los compromisos necesarios para abordarlas, lo que permitió que la construcción continuara sin obstáculos. En resumen, la implementación del LPS en el proyecto CJA ha demostrado varios beneficios, entre ellos la reducción del tiempo de construcción, el incremento de las ganancias, la mayor seguridad y la calidad del proyecto.

2.1.2. Antecedentes nacionales:

A las causas analizadas a nivel internacional, creemos necesario analizar la literatura existente en el Perú sobre el uso del sistema *lean project delivery system* en la construcción, con el fin de identificar las herramientas y estrategias implementadas en el país y su impacto en la eficiencia y calidad de los proyectos construidos.

Primero, el artículo de Murgia, Brioso y Pimentel (2016) analizó un proyecto de vivienda comunitaria que consta de 28 edificios de cinco pisos con un área total de 99 330 metros cuadrados. A pesar de que cada edificio tiene 100 viviendas con acabados básicos y procesos repetitivos, como pintura, puertas, ventanas y pisos, los subcontratistas no estaban dispuestos a participar en la planificación colaborativa y mejorar su bajo rendimiento debido a que el proceso de flujo no formaba parte del acuerdo formal. Para resolver este problema, se establecieron reuniones semanales y se diseñaron unidades de producción basadas en la similitud de tareas y ubicación en lugar de por departamento o piso completo. Estas unidades de producción se dividieron en tareas más pequeñas y se asignaron diferentes equipos para cada

una, lo que redujo los conflictos en el campo y permitió a los subcontratistas estimar su carga de trabajo de forma independiente. Además, se utilizaron líneas de flujo para mejorar la visualización temporal y espacial del trabajo planificado. Los contratos con los subcontratistas fueron un factor clave para su participación y asistencia a las sesiones de planificación *pull*, en las que los planificadores y subcontratistas discutieron la posibilidad de completar el trabajo en el campo, teniendo en cuenta el plan de extracción, la carga de trabajo diaria, los recursos disponibles y la hora del día en que se debían completar las actividades. Se incorporó una cuadrilla adicional para reparar las no conformidades y garantizar el flujo dentro de la cuadrilla del subcontratista, lo que permitió proteger la planificación semanal del trabajo. En conclusión, el estudio de caso demostró que la implementación de LPS durante la fase de acabado en edificios residenciales mejoró el rendimiento del sistema de producción. La planificación *pull* y el diseño de unidades de producción basadas en la similitud de tareas y ubicación, junto con la inclusión de cuadrillas adicionales para reparar las no conformidades, son estrategias efectivas para incrementar el rendimiento del sistema de producción en edificios residenciales.

Segundo, el trabajo de tesis de Cáceres, M. (2018) realizaron un estudio de caso en Lima, Perú, sobre la gestión de reclamos post ocupación en proyectos de edificios multifamiliares de características similares, se identificaron problemas en los edificios A y B, los cuales luego fueron abordados en el diseño y construcción del edificio C. El enfoque primordial se centró en analizar los reclamos post ocupación y proponer mejoras en diseño, ejecución de obra y adquisiciones para optimizar la calidad de los proyectos y reducir reclamos futuros. Las soluciones propuestas incluyeron aspectos como distribución de espacios, aislamiento acústico, selección de materiales y análisis de reclamos para corregir deficiencias en proyectos subsiguientes. El artículo resalta deficiencias recurrentes en la gestión de proyectos de edificios multifamiliares, evidenciando problemas en diseño, ejecución y adquisiciones. La falta de

atención a aspectos clave como distribución de espacios, problemas acústicos e íntimos entre propiedades, y deficiencias en aislamiento y elección de materiales causaron reclamos frecuentes y costos adicionales en reparaciones. Se enfatiza la necesidad crítica de mejoras integrales para evitar errores, reducir reclamos y mejorar la satisfacción de los clientes en la construcción de viviendas multifamiliares.

Tercero, el artículo de X. Brioso et al. (2018) se enfoca en la supervisión y gestión de reclamos posteriores a la ocupación en proyectos de construcción, destacando deficiencias en la gestión municipal. Aborda la falta de un enfoque sistemático para la revisión de diseños y la emisión de certificados de cumplimiento, lo que genera reclamos de los usuarios debido a problemas en la calidad de las edificaciones. Además, señala la posible inadecuación de las normativas vigentes en la industria, afectando la relación entre municipios, constructores y usuarios. Para resolver esto, se establecieron reuniones semanales y unidades de producción basadas en tareas similares. Se asignaron equipos específicos para reducir conflictos en el campo y se usaron líneas de flujo para mejorar la visualización del trabajo. La inclusión de cuadrillas adicionales para reparar no conformidades fue clave. El estudio mostró que estas estrategias mejoraron el rendimiento del sistema de producción en edificios residenciales. Se proponen medidas como la recopilación de reclamos, análisis de causas raíz, indicadores de desempeño y mejora continua para fortalecer la gestión municipal, buscando reducir reclamos y mejorar la relación entre municipios y usuarios, generando valor para ambas partes.

Cuarto, Espinoza, Herrera y Brioso (2021) realizaron un estudio de caso en Lima, Perú, donde se hizo uso de la herramienta *value stream mapping* durante la construcción un edificio de nueve sótanos y 11 pisos. Su objetivo fue demostrar que es posible adaptar el VSM en la construcción de sótanos y reducir el desperdicio dentro del flujo de trabajo. En el estudio de

caso, se identificaron actividades que no agregan valor y conducen a un trabajo desgastante. También se encontraron actividades contributivas, pero no productivas en el trabajo de encofrado. Después de analizar los escenarios VSM 1, VSM 2 y VSM 3, se observó que el tiempo de entrega de VSM 2 con respecto a VSM 1 se redujo en un 17%. El escenario VSM 3 fue el preferible, ya que el tiempo de espera se redujo en un 32% con relación a la VSM 2 y se cumplió con las medidas previstas por el COVID-19. El principal aporte de este estudio es el uso de la herramienta VSM durante la etapa de excavaciones, donde VSM mejora el sistema constructivo a través de 3 escenarios de mejora continua. Además, el VSM posibilita el análisis de la seguridad y salud durante todo el proceso de construcción estudiado.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Lean construction*

El manejo tradicional de los proyectos de construcción ha resultado insuficiente, pues ha mostrado tener diversas fallas que se traducen en pérdidas para las empresas y productos de poco valor para los clientes. Las principales causas de estas pérdidas son la ineficiencia en el flujo de materiales, falta de compatibilidad de los planos, ausencia de diseño de los procesos constructivos y la mala calidad de los trabajos (Ghio, 2001). Para solucionar este problema, el ingeniero Lauri Koskela propone una nueva filosofía de construcción: *lean construction*. Esta tiene sus raíces inicios en el sistema de producción de la empresa Toyota.

Los competidores americanos estaban centrados en una producción en masa que tenía como fin reducir los costos de fabricación mediante la economía de escala (Liker, 2004). Se buscaba empujar la producción sin considerar los flujos de las estaciones de trabajo inmediatamente involucradas lo que generaba altos inventarios intermedios. Este tipo de

producción de tipo “*push*” ocasionaba pérdidas, pues la presión para mantener la producción generaba productos con defectos que pasaban de una estación a otra lo que terminaba en trabajos rehechos, así como pérdidas asociadas al producir y mantener stocks de productos intermedios (Ballard, 2000).

En cambio, la producción en Toyota se basó en producir solo lo solicitado y cumpliendo los requerimientos del cliente buscando no mantener stocks intermedios y asegurando un flujo de trabajo confiable y constante. Para lograr esto se requirió de una coordinación eficiente con los proveedores, pues estos debían de entregar la cantidad determinada de material en el momento justo (Koskela, 1992). Asimismo, se decidió por una estrategia de control de inventario que se centró en una producción de tipo “*pull*” que redujo los costos del proceso de trabajo, permitió la modificación del diseño durante la fabricación, pues esto solo planteaba el desechar o modificar algunas piezas, y tomó en cuenta la capacidad de producción de la siguiente estación de trabajo (Liker, 2004). Conforme se profundizaba en el desarrollo de este tipo de producción, fue necesario el involucrarse en el diseño del proceso de producción y del diseño de los componentes con el fin de reducir aún más las pérdidas. Esta producción se terminó basando en los siguientes conceptos (Howell, 1999):

- a) identificar y entregar valor al cliente
- b) organizar la producción como un flujo
- c) perfeccionar el producto y crear un flujo confiable sin inventario, y distribuyendo la información y toma de decisiones
- d) entregar productos que cumplan los requisitos del cliente sin inventario

En síntesis, la idea central parte de la eliminación de inventarios y otros desperdicios con la fabricación de lotes pequeños, la automatización de los procesos, reducción en los tiempos

de producción y la cooperación con los proveedores (Koskela, 1992). Las filosofías tradicionales de construcción visualizan a la producción como un proceso de conversión que puede tener varios subprocesos. Esta manera general de observar todo lo que implica el generar un producto en el que las estaciones de trabajo se mueven alrededor de este, abstrae ideas importantísimas como el flujo entre estaciones de trabajo y el no cumplimiento de las especificaciones o calidad solicitadas por el cliente. Primero, al no tener en consideración el flujo entre estaciones se obvian las actividades de movimiento, espera e inspección que no agregan valor al cliente, pero que resultan necesarias para el desarrollo del producto. Esto degenera en que, para mejorar la producción de un producto, los esfuerzos se centren en mejorar los procesos obviando la eficiencia del flujo lo que ocasionará que en sistemas de producción complejos haya un descontrol de la producción y un sobrecoste en las actividades de flujo. Segundo, una parte de los productos no cumplirán con las especificaciones por la variabilidad que existe en el proceso de producción. Esto degenerará en productos rehechos lo que ocasionará pérdidas, pues las mejoras de la filosofía tradicional de construcción se centraran en hacer el proceso de producción más eficiente y obviando la eficacia en cumplir con lo solicitado (Howell, 1999).

La filosofía *lean construction* visualiza la producción como un sistema dual que consiste en conversiones y flujos. Entonces, la producción se convierte en un flujo de material que se extiende desde la materia prima hasta el producto terminado. En este flujo, el material se procesa, inspecciona y está en esperas o movimiento. Estos procesos de flujo se pueden caracterizarse en términos de tiempo, costo y valor, siendo este último el cumplimiento de lo requerido por el cliente. Esta conceptualización implica que todas las actividades ejecutadas para llevar a cabo el producto generan costo, pero la única que agrega valor son las de transformación. Por ello, la mejora en la producción y la reducción de costos debe basarse en

la reducción o eliminación de actividades que no generen valor al producto y en volver más eficientes a las que sí generen valor (Koskela, 1992). Entonces, el *lean construction* centra su enfoque en las pérdidas y como reducirlas, así como en el modelo de flujos planteado por Koskela. Para alcanzar este objetivo, es necesario fortalecer los sistemas de gestión de producción y los procesos de producción, poniendo un énfasis especial en la creación de un sistema confiable de planificación y diseño de procesos (Orihuela, 2001).

Esta nueva filosofía se diferencia de las tradicionales en lo siguiente (Howell, 1999):

- a) concebir los objetivos para el proceso de entrega
- b) maximizar el valor del proyecto para el cliente
- c) diseñar en contiguo los procesos y productos
- d) controlar la producción a lo largo del ciclo de vida del proyecto

La aplicación de la filosofía *lean construction* tiene como principales objetivos mantener un flujo eficiente de producción y generar valor para el cliente. Para este fin se establecen los siguientes principios (Koskela, 1992):

- a) Reducir actividades que no generan valor: el diseño, la ignorancia y la naturaleza de la producción son fuentes de actividades que no generan valor. Un diseño organizacional tradicional propicia la proliferación de actividades que no añaden valor, pues estas se dividen en subactividades que se ejecutan por diferentes estaciones de trabajo en las que hay que inspeccionar, mover y esperar. También, la ignorancia en el diseño de procesos que en muchas ocasiones fue evolucionando *ad hoc*. Finalmente, la naturaleza de la producción en construcción lleva a las estaciones de trabajo al producto por lo que surgen defectos. Es importante mencionar que si

bien la planificación, la seguridad, entre otras, son actividades que no producen valor al cliente no deben de eliminarse de forma simplista, todo lo contrario.

- b) Aumentar el valor con los requerimientos del cliente: el valor es generado solo al cumplir los requisitos del cliente. En la filosofía tradicional el principio ha sido reducir los costes al aumentar la producción en masa lo que no ha permitido notar los requerimientos de los clientes y restarles importancia. Por ello, el enfoque ahora debe de centrarse en determinar los clientes en cada etapa de la producción y determinar sus requisitos.
- c) Reducir la variabilidad: durante el proceso de producción de este producto, los recursos requeridos para producirlo como tiempo, materiales, recursos humanos variarán. Esto no es adecuado para el cliente que preferirá un producto uniforme, así como tampoco lo es para el proceso de producción, pues la variabilidad aumenta los tiempos generando actividades que no agregan valor. Por lo tanto, el objetivo debe de centrarse en determinar la variabilidad y suprimir las causas fundamentales, también se podrían estandarizar procesos.
- d) Reducir el tiempo de ciclo: podemos caracterizarlo como el tiempo para que el producto atraviese el flujo que contiene los tiempos de procesamiento, inspección, espera y movimiento. En el diseño y planificación resulta beneficioso que existan tareas iterativas pues esto reducirá los ciclos haciéndolos más asequibles, así como en una menor cantidad de subprocesos generara menor corrección de errores y resolución de problemas. Entonces, el enfoque debería centrarse en reducir los tiempos de inspección, espera y movimiento reduciendo los procesos de trabajo y los inventarios intermedios, suavizando y sincronizando los flujos para mantener en movimiento a las estaciones de trabajo, y reduciendo la variabilidad.

- e) Simplificar minimizando las piezas y etapas: la complejidad de un producto aumenta su costo y reduce su confiabilidad en comparación a un producto simple. El simplificar un producto se puede entender cómo reducir los componentes o el proceso de un material. Entonces, la simplificación se logrará al eliminar actividades que no generen valor y reconfigurando las que si lo hagan, por lo que el enfoque debe centrarse en consolidar las actividades acortando los flujos, reduciendo la necesidad de piezas a través de la prefabricación y la estandarización de materiales y herramientas.
- f) Aumentar la flexibilidad de salida: esta puede parecer contradictoria con la simplificación; sin embargo, el enfoque debe centrarse en la reducción de los stocks para ajustarse a la demanda, disminuir la complejidad de las modificaciones y configuraciones, y que la caracterización del producto se retrase todo lo posible.
- g) Transparentar el proceso: la falta de esto aumenta y reduce la visibilidad de los errores. La transparencia permitirá sustituir el autocontrol, mediante el control formal y la captura de información del proceso. Por ello, resulta beneficioso que la producción se convierta en un proceso claro y observable para simplificar el control y la mejora. Entonces, el enfoque debe centrarse en la eliminación del desorden, hacer del proceso observable a través de señalización y del diseño e inclusión de información del proceso.
- h) Centrar el control en el proceso completo: el flujo atraviesa diferentes unidades por lo que este está en riesgo de no ser óptimo. Para centrar el control en el proceso se debe cumplir algunos requisitos. El primero, se debe medir el proceso. El segundo, debe existir una autoridad que controle el flujo durante todo el proceso. Esto último se logra a través de dejar a los mismos equipos controlar sus procesos o designar a

un supervisor de procesos que asegure la eficiencia y eficacia. Es importante mencionar que la colaboración con los proveedores y la formación de equipos con el fin de lograr beneficios mutuos es fundamental para un flujo optimizado.

- i) Instaurar la mejora continua: reducir los desperdicios, así como las actividades que no generen valor deben realizarse de manera continua. El enfoque debe centrarse en realizar mediciones y seguimiento de las mejoras planteadas, establecer objetivos ambiciosos para descubrir problemas y estimular soluciones, dar responsabilidades de mejora a empleados y recompensar las mejoras de las estaciones de trabajo, y la mejora debe centrarse en las restricciones actuales y problemas de proceso.
- j) Estabilizar el flujo con la mejora de la conversión: el proceso de mejora en la producción puede estar destinado a mejorar el flujo o mejorar la conversión. Debido al enfoque tradicional, este último se ha visto optimizado, por ejemplo, con inversión en tecnología, mientras que el flujo no, a pesar de la pequeña inversión en comparación de las inversiones en mejorar la conversión. El flujo y la conversión están interrelacionados, por ejemplo, al tener un flujo más eficiente se necesita de menor capacidad de conversión; además, un flujos mejor controlados favorece la implementación de tecnologías de conversión que proporcionan menor variabilidad y mejores flujos. Por lo tanto, puede ser beneficioso mejorar el proceso de flujo antes de realizar inversiones en nueva tecnología de conversión: optimizar al máximo los procesos existentes antes de diseñar otros nuevos (Blaxill y Hout, 2014).

2.2.2. *Lean project delivery system*

Para desarrollar la filosofía del *lean construction* en la gestión de los proyectos, se plantea el *lean project delivery system* (LPDS) que se compone de cinco fases y catorce módulos. Estas

fases se desarrollan iterando los tres módulos correspondientes de manera que se analizan las necesidades y valores del cliente. El LPDS se enfoca en la eliminación de pérdidas y en maximizar el valor del producto (Orihuela, 2001). Además, está diseñado para ser aplicado en sistemas productivos temporales, como la construcción, y posee las siguientes características (Ballard, 2000):

- a) proyecto se organiza y gestiona como un proceso generador de valor
- b) agentes que intervienen *a posteriori* se involucran en la planificación inicial
- c) el control del proyecto ocurre en el planteamiento y ejecución
- d) optimización del flujo de trabajo fiable, no exclusivamente el aumento de la productividad
- e) inventarios reducidos al mínimo
- f) retroalimentación en cada nivel para poder realizar rápidos ajustes

La ventaja principal de este sistema es que se basa en la producción desde su concepción por lo que tiene mayores posibilidades de ser más eficiente. Además, facilita la detección de errores en las fases más tempranas del proyecto por lo que minimiza las pérdidas asociadas a esto (Orihuela, 2001). También, la iteración de los módulos dentro de una fase permite que se puedan analizar necesidades y valores del inversionista y futuro cliente. Esto plantea una interdependencia entre diseño y construcción que reduce las pérdidas asociadas a los cambios del proyecto y a la concepción de este de manera que maximiza el valor para los involucrados.

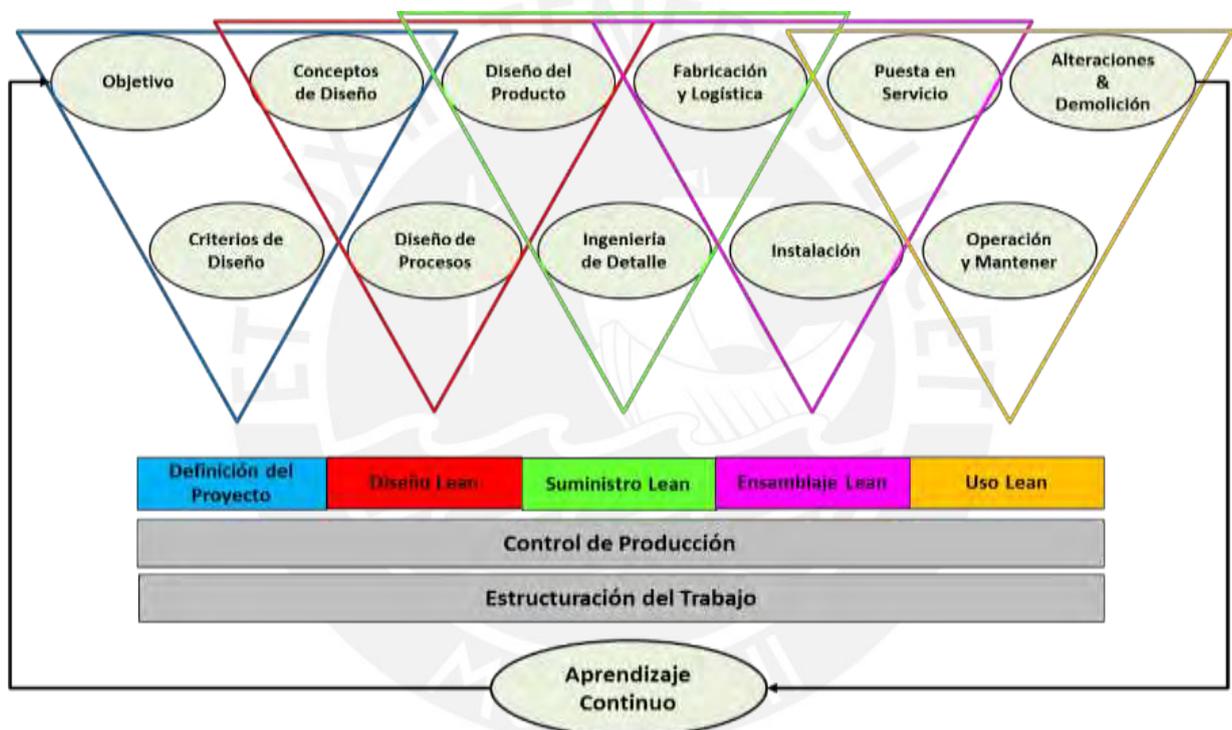


Figura 1: Fases y módulos del *lean project delivery system*.

Tomado de “*Lean project delivery system*” , Gerardo Medina, recuperado de: [linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-lean-project-delivery-system-gerardo-medina/?originalSubdomain=es](https://www.linkedin.com/pulse/qu%C3%A9-es-lean-project-delivery-system-gerardo-medina/?originalSubdomain=es)

- Estructuración del trabajo

El *Lean Construction Institute* (LCI) señala refiere el desarrollo del diseño de operaciones y proceso teniendo en cuenta la concepción del producto, la organización de la

cadena de suministro, la asignación de recursos y los esfuerzos de diseño destinados al montaje. Tiene como objetivo obtener un flujo más confiable y rápido con la finalidad de reducir el desperdicio y añadir valor al cliente (Ballard, 2000).

Podemos notar que la estructuración del trabajo es el nivel fundamental del desarrollo del producto y es aplicable a cualquier momento de este, en función de los requerimientos de los involucrados. Esta resulta crucial para la planificación en el ciclo de vida del proyecto.

- Control de producción

Se trata del control del flujo de producción y de las unidades producidas. Esta rige la ejecución de los planes a lo largo del ciclo de vida del proyecto y se centra en causar un futuro deseado en función de la planificación, en lugar de identificar variaciones entre el plan y lo real. La planificación inicial se centra en los planes maestros, o similares, que son los que determinan Hitos para el proyecto y no tienen un gran nivel de detalle. Estos pasan a cronogramas de fase que tienen una anticipación de entre 3 a 12 semanas en donde se asignaran las diferentes tareas y las restricciones a levantar para ejecutarlas. Finalmente, se programarán las tareas que estén bien definidas y no posean restricciones para puedan realizarse dentro de la semana (Ballard, 2000).

- Definición del proyecto

Esta es la primera etapa y tiene como objetivo establecer los propósitos y objetivos del proyecto, así como establecer las demandas y preferencias del cliente, identificar las limitaciones del proyecto y presentar las propuestas de diseños conceptuales. Según Ballard y Howell (2004), esta etapa resulta fundamental para alcanzar el éxito del proyecto, ya que permite alinear el fin del producto, los criterios y conceptos, y el entendimiento exhaustivo del

caso del cliente y las exigencias de los interesados. En este sentido, se requiere la participación de todas las partes interesadas, incluyendo el inversionista, el usuario final, as autoridades gubernamentales y el grupo encargado del diseño multidisciplinario, que debe incluir al ingeniero estructural, al arquitecto y al constructor. Además, en esta etapa es importante obtener el equilibrio adecuado entre la iteración de los tres módulos del LPDS y contar con la participación activa del cliente para proporcionar información relevante y aclarar sus necesidades y expectativas (Koskela et al., 2002). De esta forma, se pueden establecer los objetivos y metas claras del proyecto y reducir los posibles cambios y conflictos durante el diseño y construcción.

Los módulos que componen esta fase son los siguientes:

a) Necesidades y valores del cliente:

En esta fase se identifican las necesidades y valores del cliente, los cuales son esenciales para la definición del proyecto. Según Koskela et al. (2002), "el valor para el cliente debe ser el punto de partida para definir los objetivos del proyecto".

b) Restricciones del diseño:

En esta fase se identifican las restricciones del proyecto, las cuales pueden incluir limitaciones de presupuesto, de tiempo o de recursos. Según Ballard y Howell (2004), "la identificación temprana de las restricciones del proyecto es esencial para el diseño y la planificación eficientes del mismo".

c) Conceptos de diseño:

En esta fase se proponen diseños conceptuales para el proyecto, los cuales deben estar en concordancia con los objetivos del proyecto y las restricciones identificadas. Como mencionan Koskela et al. (2002), "el diseño conceptual debe ser un proceso

iterativo que involucre a todas las partes interesadas y tenga en cuenta los requisitos del cliente".

- Diseño *lean*

En esta fase, según Ballard y Howell (2004), es esencial alinear los intereses de los participantes con los criterios y conceptos de diseño. Para ello, se proponen equipos multidisciplinarios que propondrán varias alternativas para el desarrollo del proyecto y estructurar el trabajo dentro de la filosofía *lean*. Asimismo, la experiencia de la construcción debe ser trasladada a las fases tempranas del proyecto para asegurar la constructibilidad de lo diseñado (Koskela et al., 2002). El equipo de diseño debe encargarse del producto, el proceso de fabricación y será responsable de alcanzar las metas fijadas por inversionistas. Además, se apoyará en el diseño conceptual desarrollado en la etapa anterior, el cual sufrirá ajustes conforme a las pautas establecidas por el equipo. En cuanto a los objetivos del diseño *lean*, Ballard y Howell (2004) mencionan que se deben controlar los objetivos de tiempo y costos del proyecto, y reducir pérdidas sin reducir valor. Además, el diseño debe enfocarse en el producto finalizado, en facilitar las instalaciones, y en reducir la pérdida de valor durante las fases del proyecto.

Los módulos que componen esta fase son los siguientes:

- a) Conceptos de diseño:

El mismo de la anterior fase.

- b) Diseño del proceso:

Se refiere al diseño de los procesos que se utilizarán para ejecutar la construcción del proyecto. Según Koskela et al. (2002), "el diseño del proceso incluye la planificación

de la secuencia y la lógica de la construcción, la identificación de los cuellos de botella y la resolución de estos, y la definición de los flujos de trabajo".

c) Diseño del producto:

Se enfoca en el diseño del producto final y cómo éste será construido. Como señalan Ballard y Howell (2004), "el diseño del producto debe ser un proceso iterativo que involucre a todas las partes interesadas y que tenga en cuenta los requisitos del cliente, las limitaciones de presupuesto, de tiempo y de recursos, y los objetivos del proyecto".

- Suministro *lean*

En esta etapa se encuentran los procedimientos relacionados con la provisión de productos y servicios de los elementos durante la fase de construcción enfocada en la eficiencia. Busca garantizar la eficiencia en el suministro de materiales y equipos en el sitio de construcción. Para ello, se aplican herramientas como la programación justa a tiempo, la entrega directa al sitio y la integración con el diseño y la construcción. Como mencionan Koskela y Howell (2002), "el suministro *lean* se enfoca en la entrega de los materiales y equipos adecuados, en la cantidad adecuada, en el momento adecuado, en la calidad adecuada y en el costo adecuado". Además, Ballard y Howell (2004) mencionan que "la colaboración y la comunicación efectiva son fundamentales en el suministro *lean* para garantizar la coordinación entre los proveedores, los contratistas y los equipos de diseño y construcción".

Los módulos que componen esta fase son los siguientes:

a) Diseño del producto:

Explicado en el módulo anterior.

b) Ingeniería del detalle:

Se enfoca en la planificación y documentación detallada de los procesos de construcción y producción para asegurar la calidad y eficiencia del proyecto. Según Ballard y Howell (2004), "la ingeniería del detalle involucra la documentación completa de los procesos de construcción y producción para garantizar la calidad y la eficiencia".

c) Fabricación y logística:

Se encarga de la ejecución de los procesos de producción y entrega de materiales y equipos en el sitio de construcción. Según Koskela et al. (2002), "la fabricación y logística es el proceso de producción y entrega de materiales y equipos en el sitio de construcción, y se enfoca en la eficiencia y reducción de desperdicios".

- Ensamblaje *lean*

Esta fase abarca desde la entrega de material para la producción del producto hasta su entrega final al cliente. Este proceso está conformado por un grupo interdisciplinario que incluye al equipo de la oficina técnica, administrador, prevencionista, entre otros. La rotación de estaciones de trabajo alrededor del producto es una característica común en la industria de la construcción. El objetivo del ensamblaje *lean* es garantizar un flujo continuo de trabajo y reducir las pérdidas durante la construcción de la edificación, mejorando así la calidad, productividad y valor entregado al cliente (Ballard y Howell, 2004).

Los módulos que componen esta fase son los siguientes:

a) Fabricación y logística:

Explicado en el módulo anterior.

b) Instalación

Se refiere al procedimiento de ensamblaje y disposición de los dispositivos y sistemas requeridos para la producción o el desempeño de un artículo o servicio dentro de un proyecto de edificación. La implementación eficiente de la Instalación es esencial para asegurar que el proyecto se complete dentro del cronograma previsto, los límites presupuestarios, y cumpla con los estándares de calidad esperados, ya que puede afectar la productividad, la seguridad y la eficiencia del trabajo en el lugar de trabajo.

c) Puesta en servicio:

La implementación eficiente de la Puesta en servicio es esencial para asegurar la satisfacción del cliente y la entrega exitosa del proyecto, ya que puede reducir el riesgo de fallas del sistema y otros problemas técnicos que puedan surgir después de la finalización del proyecto (Ballard y Howell, 2003).

- *Uso lean*

La fase de entrega del producto al cliente es una etapa crítica en el proceso de producción, ya que incluye las pruebas de certificación de calidad y el mantenimiento y modificaciones que podrían ser necesarios antes de su entrega final. De acuerdo con Ballard y Howell (2003), esta fase es responsabilidad del área de postventa, la cual tiene funciones clave para asegurar la satisfacción del cliente y la calidad del producto entregado. Entre las funciones del equipo de postventa se encuentran la entrega del producto a tiempo, la atención de reclamos o dudas de los clientes, la rápida identificación y resolución de observaciones, y la recolección de información sobre el número y el costo de los reclamos, entre otros aspectos relevantes (Koskela, 1992). Además, el equipo de postventa debe gestionar de manera eficiente las lecciones aprendidas durante el proceso de producción, con el fin de implementar mejoras en futuros proyectos (Ballard y Howell, 2003)

Los módulos que componen esta fase son los siguientes:

a) Puesta en servicio:

Explicado en el módulo anterior.

b) Operación y mantenimiento:

Gestión y mantenimiento de los sistemas y procesos necesarios para mantener un proyecto o producto en funcionamiento una vez que se ha entregado al cliente. Según Ballard y Howell (2003), incluye labores de mantenimiento y cambios que puedan surgir en el producto, y generalmente es responsabilidad del equipo de postventa.

c) Alteraciones y demolición:

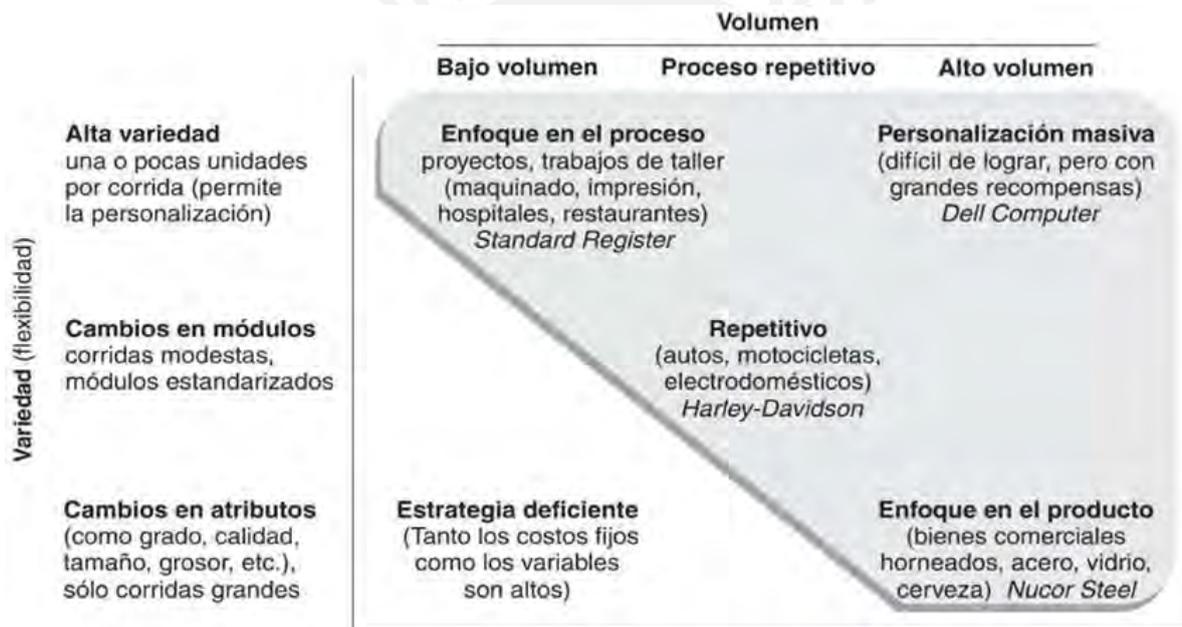
Modificaciones que se quieran efectuar después de la entrega del producto definitivo al cliente.

2.2.3. Pérdidas en la construcción de un edificio multifamiliar

La planificación y construcción de proyectos de construcción, y en específico de edificios multifamiliares, es un proceso complejo que involucra una gran cantidad de actividades y actores. Durante la ejecución del proyecto, es común que ocurran pérdidas en términos de tiempo, material y valor, lo que puede tener un impacto negativo en la rentabilidad del proyecto y en la satisfacción del cliente. Por lo tanto, resulta esencial analizar los desperdicios en la construcción de inmuebles residenciales multifamiliares y buscar métodos para reducirlos. En este contexto, el enfoque del *Lean project delivery system* se presenta como una valiosa herramienta para aumentar la eficiencia y la calidad del proceso de construcción. Según Ballard y Howell (2003), este enfoque se basa en una filosofía de gestión de proyectos que se centra en la generación de valor y en la reducción o eliminación de desperdicios en todo el proceso de construcción. Esto ejemplifica cómo el *Lean project delivery system* se enfoca en elevar la

eficiencia y la calidad del procedimiento constructivo a través de la eliminación de desperdicios y la creación de valor, lo que resulta especialmente relevante en la construcción de edificios multifamiliares donde pueden ocurrir pérdidas que afecten la rentabilidad del proyecto y la satisfacción del cliente. Al aplicar herramientas y técnicas específicas bajo este enfoque, es posible identificar y mitigar estas pérdidas, lo que se traduce en un proceso de construcción más eficiente y de mayor calidad.

Figura 2: Cuatro estrategias del proceso: (1) enfoque en el proceso; (2) enfoque repetitivo; (3) enfoque en el producto, y (4) personalización masiva.



Tomado de "Principios de Administración de Operaciones (7th ed.)", por J. Hazer y B. Bender, 2009.

Además, como se muestra en la gráfica del libro "Principios de administración de operaciones" de Barry Bender, las constructoras se encuentran en la parte superior izquierda, lo que significa que producen bajos volúmenes y tienen una alta variedad debido a que cada proyecto es único. Entonces, resulta crucial enfocarse en el proceso constructivo para mejorar la competitividad de estas empresas en un mercado cada vez más exigente. La implementación

del *Lean project delivery system* puede ser una estrategia efectiva para lograrlo, ya que permite reducir los gastos generales variables y reducir el costo de la mano de obra con mejores rendimientos al presupuestado. Asimismo, al reducir el tiempo de ejecución del proyecto, se incrementa la satisfacción del cliente y se mejora la rentabilidad de la empresa constructora. Por lo tanto, es fundamental analizar cuidadosamente el proceso constructivo y buscar oportunidades para incrementar la eficiencia y la rentabilidad de la empresa constructora. La adopción de herramientas *Lean* puede ser un factor fundamental para mantener una ventaja competitiva en la industria de la construcción y garantizar el éxito de los proyectos de construcción de edificio multifamiliares.

Bajo el enfoque de la teoría de la Transformación, Flujo y Valor (TFV), se entiende que la perspectiva del flujo se refiere al flujo en el tiempo y en el espacio. El flujo en el espacio siempre es también flujo en el tiempo, pero el flujo en el tiempo no siempre es flujo en el espacio. En la perspectiva del flujo, el tiempo es, por tanto, el recurso de producción fundamental. Es por ello por lo que se considera pérdida de tiempo, el uso de más tiempo del necesario (Bølviken, Rooke, & Koskela, 2014). Entonces podemos entender que la pérdida de flujo es siempre una pérdida de tiempo, por lo que el estudio de las pérdidas de tiempo nos permitirá mejorar el flujo durante la construcción del edificio multifamiliar.

Shingo (2005 y otros libros) identifica dos flujos diferentes en la producción. El primero lo denomina proceso. Se trata de cómo fluye el producto a través del proceso de producción, que se denominará flujo del producto. El segundo flujo identificado por Shingo lo denomina flujo de operaciones que es el flujo en el que los trabajadores realizan el trabajo, que se denominará flujo de trabajo (Bølviken, Rooke, & Koskela, 2014). Es importante acotar que las pérdidas se pueden presentar en ambos flujos y estas serán pérdidas de tiempo siempre.

Bølviken, Rooke, & Koskela (2014) proponen la siguiente taxonomía de pérdidas en la construcción dentro de la perspectiva del flujo:

En el flujo del trabajo:

a) Desplazamientos innecesarios:

Se refiere al movimiento de los trabajadores dentro del sitio de construcción sin un propósito claro. Esta pérdida se menciona en la lista de Ohno, pero su entendimiento en la construcción difiere de la industria manufacturera, ya que se enfoca principalmente en el movimiento macro de los trabajadores. En la construcción, el movimiento de los trabajadores dentro de la obra es un aspecto crítico del flujo, ya que cualquier movimiento innecesario puede afectar el tiempo y el valor del proyecto.

b) Trabajo innecesario:

Se entiende como la pérdida que supone realizar tareas que no son necesario realizar.

c) Trabajo ineficaz:

Se entiende como la pérdida que supone el realizar tareas necesarias de forma ineficiente.

d) Esperas:

La espera se refiere a los trabajadores que detienen su trabajo porque están esperando a que algo suceda antes de poder continuar. Esta espera puede ser causada por varios factores, como la falta de materiales, el retraso en la entrega de equipos o la falta de coordinación en el sitio de construcción. En la taxonomía de pérdidas de tiempo propuesta, la espera por parte de los trabajadores se considera una pérdida en el flujo de trabajo.

En el flujo de productos:

e) Espacio no trabajado:

Se puede identificar la pérdida de tiempo por espacio no trabajado como un desperdicio específico en la construcción. A diferencia de la fabricación, donde el producto fluye a través de la producción, en la construcción el trabajo fluye a través del producto. Por lo tanto, el espacio no utilizado en la construcción puede ser visto como un inventario de espacio no utilizado

f) Materiales no procesados:

Esto se refiere a los materiales guardados en el sitio de la construcción que no han sido procesados. Esto equivale a un inventario de materiales almacenados in situ.

g) Transporte innecesario:

Se refiere al traslado de materiales a lugares que no agregan valor al proceso. En la construcción, el producto se construye en el sitio, lo que hace que el transporte a la obra sea un elemento esencial del proceso. De esta manera, el traslado superfluo se percibe como una pérdida, ya que conlleva un tiempo y un gasto extra que no aporta valor al producto final..

Bølviken, Rooke y Koskela (2014) también incluyen en su análisis sobre las pérdidas la perspectiva de transformación, que implica la utilización de recursos como horas de trabajo, materiales y equipos en la producción de un producto. De esta manera, las pérdidas se refieren al uso excesivo de recursos que no añaden valor al producto final. En última instancia, el enfoque está en el producto final y su capacidad para cumplir con las especificaciones del cliente y satisfacer sus necesidades, lo que significa que debe ser un producto de alta calidad.

Tabla 2.

Taxonomía de las pérdidas de producción en la construcción

	Transformación	Flujo	Valor
Recursos de producción	Materiales, maquinaria, energía y trabajo	Tiempo	
Tipo de pérdidas	Pérdida de material	Pérdida de tiempo	Pérdida de valor
Pérdidas	1. Pérdidas materiales	En el flujo de trabajo	Producto principal
	2. Uso no óptimo del material	1. Desplazamientos innecesarios (de personas)	1. Falta de calidad
	3. Uso no óptimo de la maquinaria, la energía o la mano de obra	2. Trabajo innecesario	2. Falta de uso previsto
		3. Trabajo ineficaz	Subproducto
		4. En espera	3. Emisiones nocivas
		En el flujo de productos	4. Lesiones y enfermedades profesionales
		5. Espacio no trabajado	
	6. Materiales no procesados		
	7. Transporte innecesario (de material)		

Nota. Tomado de “The wastes of production in construction – a TFV based taxonomy”, por Bølviken, Rooke y Koskela (2014).

2.2.4. Herramientas para identificar las causas raíz de las pérdidas en la construcción de un edificio multifamiliar

2.2.4.1. 5whys

La técnica de los 5 Porqués es un método que posibilita descubrir el origen fundamental de un problema a través de la formulación repetida de preguntas que comienzan con "¿Por qué?". Esta técnica fue creada por Sakichi Toyoda como parte del Sistema de Producción de Toyota. Según Serrat (2009), al abordar un problema, resulta fundamental comenzar por el resultado final, reflexionar sobre su origen y realizar cinco preguntas con "¿Por qué?" con el propósito de identificar la causa principal. La estrategia básica es preguntarse por qué ocurre el problema hasta llegar a su causa raíz. Durante su aplicación, es importante establecer una relación de causalidad y conectar el último "por qué" con el anterior para encontrar soluciones a partir de la causa raíz.



Panel de búsqueda de los 5 por qué

PROBLEMA	
1	
2	
3	
4	
5	

¿por qué?

Figura 3: Panel de búsqueda de los 5 por qué.

Tomado de “Manual Práctico de Herramientas de Mejoramiento de Construcción”, Universidad Católica de Chile (2017).

2.2.4.2. Método de Ishikawa

El método del diagrama de Ishikawa es una herramienta utilizada para identificar las causas raíz de un problema, a través del análisis de sus posibles fuentes y clasificación en categorías como las 6M's. Sin embargo, para el tema de estudio utilizaremos una sugerencia brindada por el Manual Práctico de Herramientas de Mejoramiento de Construcción de la Universidad Católica de Chile que clasifica el diagrama en las siguientes categorías: planificación, gestión en etapa de construcción, materiales, maquinaria / herramientas, mano de obra y sistemas de la información. En donde se identificarán fuentes de las pérdidas particulares dentro de las partidas que se analizarán.

Para llevar a cabo esta herramienta se deberá seguir la siguiente metodología:

- a) Primero, se define y describe claramente el problema.
- b) Segundo, se identifican causas posibles por tipo o fuente.
- c) Tercero, se jerarquizan las causas por importancia.
- d) Cuarto, se clasifica en causas poco relevantes o frecuentes.
- e) Quinto, se tacha las causas excepcionales e incontrolables.
- f) Sexto, se tacha las causas extrínsecas y se centrará el enfoque en las intrínsecas.
- g) Finalmente, las causas restantes serán las que se trabajarán.

Así se logra obtener un diagrama que sea visualmente agradable y organizado, siguiendo una perspectiva de relaciones de causa y efecto.

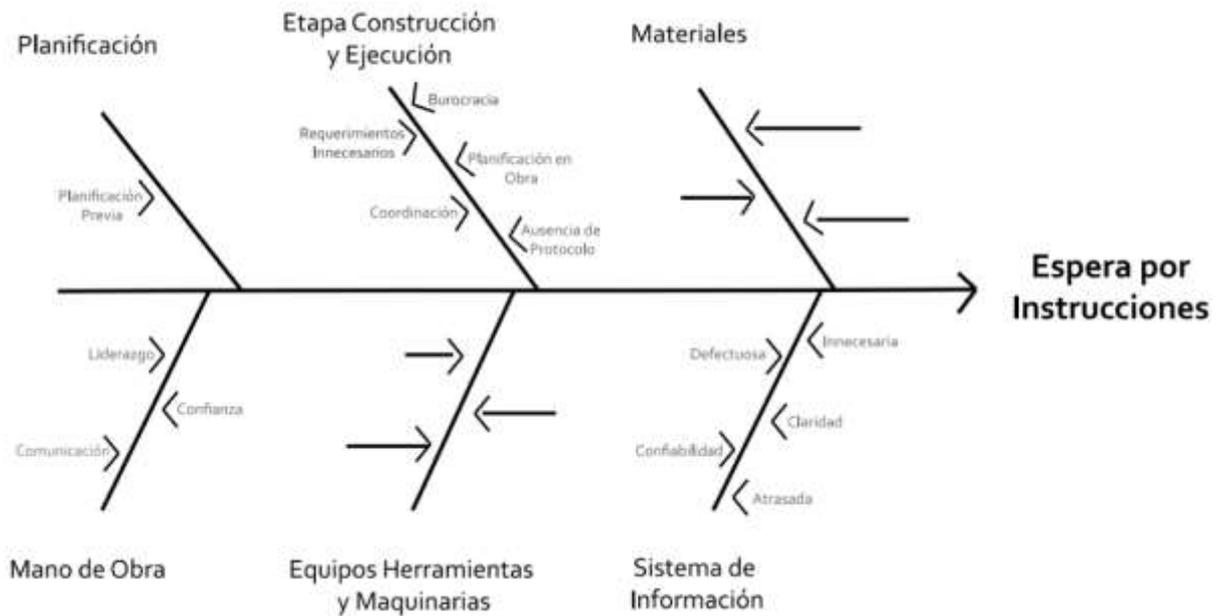


Figura 4: Panel Ishikawa de búsqueda de causas raíz.

Tomado de “Manual Práctico de Herramientas de Mejoramiento de Construcción”, Universidad Católica de Chile (2017).

2.2.5. Sugerencia de herramientas en el marco del *lean project delivery system* para mitigar las pérdidas identificadas en la construcción de un edificio multifamiliar.

2.2.5.1. *Last planner system*

Los enfoques tradicionales de construcción consumen gran cantidad de recursos en la planificación inicial e incluyen un elevado nivel de detalle en la programación de actividades durante todo el ciclo de vida del proyecto. Esta ha demostrado ser poco confiable, pues la alta variabilidad que surge durante las fases de un proyecto termina generando incumplimientos desde sus inicios. La poca fiabilidad genera sobrecostos en los proyectos, pues muchas veces la presión por no retrasarse con lo planificado genera

productos que deben ser rehechos y múltiples grupos de trabajo que no son eficientes (Orihuela, 2001). Es entonces que se propone el *last planner system*, primero, como un sistema de control de la producción que tendrá como objetivos el control de la variabilidad y mantener un flujo eficiente en los proyectos; esto se realizará a través del control de la variabilidad del proyecto y concretar un flujo de trabajo eficiente para asegurar una planificación confiable (Ballard, 1994). Luego, el rango de aplicación de la herramienta se amplía a la planificación de la producción basada en la localización, y también la planificación y control del proyecto.

El *last planner system* se basa en las siguientes presuposiciones (Ballard y Tommelein, 2021):

- a) El sistema de producción representa aspectos sociales como técnicos.
- b) Un plan es un pronóstico y por lo tanto está errado. A más larga sea la planificación, el resultado será más errado.
- c) La planificación es dinámica y debe desarrollarse hasta la culminación del proyecto.
- d) La vinculación de los responsables de la ejecución directa del trabajo a la planificación aporta a desarrollar una mejor planificación y que esta sea más flexible.
- e) La calidad, seguridad, tiempo y costo son influenciados por el grado de planificación.
- f) La confiabilidad del trabajo aumenta la voluntad de invertir tiempo en una planificación.
- g) Los compromisos públicos fomentan una mejor calidad de estos, así como un mayor esfuerzo para cumplirlos.

- h) El cumplimiento de que los compromisos se cumplan aumenta cuando cliente y proveedor practican promesas serias y alinean sus intereses y capacidades para un beneficio mutuo.
- i) Los trabajadores del sistema de producción tienen la capacidad de tomar decisiones.
- j) La comprensión de los objetivos, el estado actual y futuro del proyecto propicia una mejor toma de decisiones.
- k) La variación en los sistemas de producción puede ser reducida, pero no eliminada. La que se puede predecir estadísticamente, debe ser mitigada mediante amortiguadores. Mientras que la que no es predecible debe mitigarse dotando de flexibilidad a la planificación.
- l) La confiabilidad aumentará cuando se ejecuten tareas adecuadamente definidas, secuenciadas y dimensionadas.

El *last planner system* utilizado como un sistema de planificación y control responde una serie de preguntas que irán determinando la dirección del proyecto. Se empezará por responder si IR / NO IR a la realización de un proyecto, para esto se deberán de establecer objetivos y restricciones del proyecto y como evaluar la viabilidad de completarlo con un riesgo aceptable; seguido con los cronogramas maestros y de fases se responderá si DEBE realizarse, cuando y con quién, para esto se deberán establecer Hitos y duraciones de fase y superposiciones y especificar transferencias y condiciones de satisfacción entre procesos con fases; después con las actividades programadas se responderá si PUEDEN realizarse según la programación, para esto se deberán identificar y eliminar restricciones, desglosar tareas de procesos a operaciones y elaborar las operaciones de diseño; luego se seleccionarán las actividades a realizar y SE HARÁN en el tiempo determinado, para esto se deberá elaborar promesas confiables; finalmente se analizará

si las actividades que fueron programadas se HIZO con el fin de determinar evaluar el desempeño del proyecto y desarrollar e implementar contramedidas para evitar que se repita (Ballard y Tommelein, 2021). Con este sistema se podrá mantener el control de la construcción asegurando el valor para el cliente.

Las principales funciones de este sistema son:

a) Funciones de definición del proyecto:

Lo principal es definir los objetivos del proyecto y las limitaciones en su entrega. Para determinarlos, la manera tradicional de es válida siempre que no especifiquen únicamente los medios sin considerar el fin, y que posea una forma sistemática de identificar e incluir las inquietudes de las partes interesadas internas y externas (Ballard, Vaagen, Kay, Stevens y Pereira, 2020). En relación a las limitaciones de la entrega, es preferible utilizar los métodos de entrega de valor objetivo para poseer una visión de los beneficios y costos manteniendo unos límites permisibles (Ballard, Vaagen, Kay, Stevens y Pereira, 2020).

También es importante evaluar el riesgo de realizar el proyecto dentro de sus limitaciones. Para esto será importante realizar un plan maestro del proyecto y determinar el riesgo de llevarlo a cabo, luego incluir medidas para mitigar el riesgo y volverlo a evaluar (Grau, Cruz y Sherman, 2019).

Finalmente, se optará por realizar, modificar o abandonar el proyecto dependiendo de la decisión del cliente.

b) Funciones para establecer y orientar hacia objetivos de tiempo y costo para el proyecto.

Se debe elaborar un cronograma del proyecto simplificado, considerando Hitos importantes. Así como, decidir la estructuración del trabajo en cada fase del proyecto utilizando una planificación *pull* e involucrando a los responsables de la ejecución.

Es importante determinar el costo total del proyecto para que los equipos que trabajan en la elaboración puedan diseñar los procesos y sistemas en función de estos.

Finalmente, llevar a cabo la evaluación y mejorar del estado del proyecto en relación con sus objetivos para lograr los objetivos revisados del proyecto y visibilizar el estado actual y futuro del proyecto (Ballard y Tommelein, 2021).

c) Funciones de control y planificación de la producción del proyecto.

Se debe estructurar el trabajo y realizar una programación extractiva en lugar de una basada en la ubicación. También, realizar métodos para una planificación anticipada, es decir, prepararse para ejecutar las operaciones en las condiciones de satisfacción de clientes inmediatos. Asimismo, aumentar la confiabilidad del flujo de trabajo con promesas confiables y criterios para comprometerse con tareas en planes de trabajo a corto plazo. Es importante, además, contar con métodos para retroalimentarnos de los fracasos del plan, medir el estado actual del proyecto y evaluar la “salud” del sistema.

Para ejecutar el *last planner system* en los proyectos es fundamental la transparencia, pues esta permitirá realizar promesas confiables a las partes involucradas y generar mayor confianza para fortalecer la aplicación el sistema (Ballard & Howell, 2004). Las herramientas del sistema son las siguientes:

- Tren de actividades

Es un sistema equilibrado de producción continua que se emplea en la construcción para optimizar flujos de trabajo. Consiste en sectorizar el área de trabajo, listar y secuenciar

las actividades, y dimensionar los recursos. Proporciona eficiencia, aumenta la productividad y favorece la curva de aprendizaje. Sin embargo, todas las actividades se vuelven ruta crítica, por lo que el incumplimiento de una afecta todo el sistema. Requiere cuadrillas especializadas.

- *Lookahead*

Se centrará en un horizonte de cuatro a seis semanas y buscará lo que “Se puede realizar”. Considerará: identificar suministros para el desarrollo del proyecto, recursos y disponibilidad de estos; identificar restricciones y determinar responsables y plazos para su levantamiento.

- Programación semanal

Definirá la realización de las actividades durante la semana. Considerará: Planificar las actividades la semana anterior en base al *lookahead*, reunión de todos los involucrados en la ejecución para verificar el porcentaje de plan cumplido (PPC) y solucionar las causas de no cumplimiento.

- Porcentaje de plan cumplido (PPC)

Determinará el porcentaje del plan cumplido en el plazo de una semana mediante la división de las actividades cumplidas y planificadas, así mismo determinará las causas de no cumplimiento.

2.2.5.2. Matriz de selección

Esta matriz considera la especialidad del contratista, su nombre, tarifa profesional y criterios importantes relacionados con la actividad específica a desarrollar. Estos criterios varían según el tipo de especialista y el proyecto en cuestión. Se asigna una ponderación a cada criterio y se calcula un puntaje total. La selección del contratista se realiza comparando el puntaje total y la tarifa profesional. Este enfoque, propuesto por Orihuela et al. (2011), no se sustenta únicamente en la tarifa profesional, sino que también considera criterios cualitativos de relevancia en la formulación del proyecto. Con ello se busca tomar una mejor decisión para aumentar la eficiencia del proyecto.

Especialidad	Nombre	Tasa de costo profesional (\$/m ²)	Ponderación de criterios cualitativos (1 a 5)						Selección	
			Conocimiento	Experiencia	Disponibilidad	Imagen	Flexibilidad	Tiempo de entrega		
			4	5	3	1	2	5		
			Desempeño							
Ingeniero Estructural	Jhon Stevens	\$1.6	2	2	3	1	2	4	54	
	Paul Solano	\$1.6	5	4	2	3	2	3	68	Ok
	Kenji Tanaka	\$1.4	3	2	1	4	2	2	43	

Figura 5: Matriz de selección.

Tomado de “Inventario de herramientas del sistema de entrega de proyectos lean (LPDS)”, Castillo, I. (2014).

2.2.5.3. Value stream mapping (Mapeo de la cadena de valor)

Un mapa de flujo de valor (VSM), es una herramienta desarrollada por Toyota para descubrir oportunidades para la planificación de productos y la mejora de la producción. El proceso ilustra el flujo de información y materiales desde la generación del pedido

hasta la entrega del producto al cliente, abarcando todos los procedimientos involucrados. Intenta representar tanto los procesos individuales como un panorama general para determinar los tiempos de espera y el inventario y mostrar el rendimiento y el flujo requerido para entregar a los clientes (Rother & Like, 1998).

Para mapear la cadena de valor, se deben crear dos mapas: uno que represente el estado actual del proceso deseado y otro que muestre la etapa deseada a alcanzar después de la mejora. Es necesario definir los productos a analizar y determinar el alcance del mapeo de la cadena de valor. Además, se deben asignar métricas a cada proceso en el diagrama para comprender y visualizar el estado actual del proceso. Estas mediciones pueden incluir: tiempos de ciclo, tiempos de preparación y cambios de referencia, número de operarios por equipo, porcentajes de rechazo, disponibilidad de los equipos, tiempos muertos, eficiencia, etc.

2.2.5.4. Kanban

El uso del método Kanban facilita que las organizaciones administren el inventario asociado con el exceso de producción o la falta de suministro de productos y piezas (Purdum, 2007). Su definición se basa en dos posibles casos de uso. La primera aplicación consiste en utilizar una señal visual para iniciar la producción en el momento adecuado para evitar el almacenamiento y la escasez de productos. En cuanto a la segunda aplicación, es el traslado de materiales a los sitios de trabajo para reponer existencias y continuar la producción, como señala Keaton (1995).

De acuerdo con Monden (1984), el propósito de utilizar un kanban que contenga información es garantizar la precisión en términos de cantidad, tiempo y lugar de

distribución del producto, proporcionando los datos necesarios para evitar la sobreproducción y eliminar cualquier incertidumbre. Según Hineck (2009), el uso de esta herramienta durante la construcción de edificios tiene varios beneficios importantes, como la reducción de desperdicios y recursos humanos, una mayor autonomía de trabajo a través de una distribución eficiente de los materiales, un flujo de transacciones reducido y un mejor control de la disponibilidad de materiales de acuerdo con la demanda. Por lo tanto, el uso del método Kanban puede aumentar la eficiencia y el control en varias áreas de producción al reducir los desechos y optimizar los recursos en el proceso de producción.

Según Castillo (2014), se propone incluir cierta información específica en la tarjeta kanban, la cual consta de los siguientes elementos: primero, el nombre o número del producto o lote con el fin de identificarlos claramente; segundo, una breve descripción del producto; tercero, la cantidad de producto disponible; cuarto, el nombre de la persona responsable del uso del producto; y, por último, el lugar al que debe enviarse el material.

PROYECTO	SISTEMA KANBAN	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA KANBAN
A		En el proyecto A, el Kanban de transporte fue usado para la actividad de instalación de cerámica. Kanban trabaja de la siguiente manera: las tarjetas fueron hechas para representar el kit de materiales necesarios para ejecutar la actividad en cada ambiente, como se muestra en la figura.
		En la tarjeta se especificaba: la cantidad de cada material, la especificación, el lugar de aplicación y el peso total del kit.
B		En el proyecto B, se usó el sistema Kanban solo para el suministro del pegamento, mientras que la cerámica para la pared de ladrillos era distribuida sin control alguno
		Para el pegamento, los albañiles recibían pequeñas tarjetas identificando el pegamento, las cuales contenían el lugar donde el pegamento debía ser descargado, la hora en la que debía ser transportada al lugar de trabajo.
C		En el proyecto C, se usó el sistema Kanban para el transporte de la actividad de instalación de cerámica. La idea se produjo debido al alto número de departamento personalizados.
		Cada color tenía un significado. La tarjeta crema es para el enchape de piso, la tarjeta roja era para el enchape de pared, y la azul para el pegamento. Las tarjetas tenían información como: la cantidad de material, el departamento al que pertenecía, ambientes y especificaciones del material.

Figura 6: Ejemplo de aplicación del método Kanban.

Tomado de “Inventario de herramientas del sistema de entrega de proyectos *lean* (LPDS)”, Castillo, I. (2014).

Capítulo 3: DETERMINACIÓN DE PÉRDIDAS

3.1. Descripción de la empresa constructora

La empresa constructora se crea durante la pandemia y pesar de haber nacido en ese adverso contexto, ha logrado completar varios proyectos. La empresa constructora es el brazo constructor de una inmobiliaria y se dedica a la ejecución de los proyectos inmobiliarios residenciales propios en la ciudad de Lima.

El primer proyecto que construye inicia a finales del año 2020 y luego continuó ejecutando varios proyectos de manera simultánea. Actualmente, cuenta con tres proyectos terminados, cuatro en construcción y cuatro en cartera. Asimismo, cuenta con una planilla de más de 20 personas que se responsable de la construcción de las edificaciones.

La constructora aplica de manera parcial algunas herramientas del *lean project delivery system* y subcontrata las partidas a ejecutar para la construcción del edificio.

A pesar de su corta experiencia, se esfuerza por ofrecer un servicio profesional y de calidad, buscando establecerse en el mercado y ser reconocida como una empresa confiable comprometida con las necesidades de sus clientes.

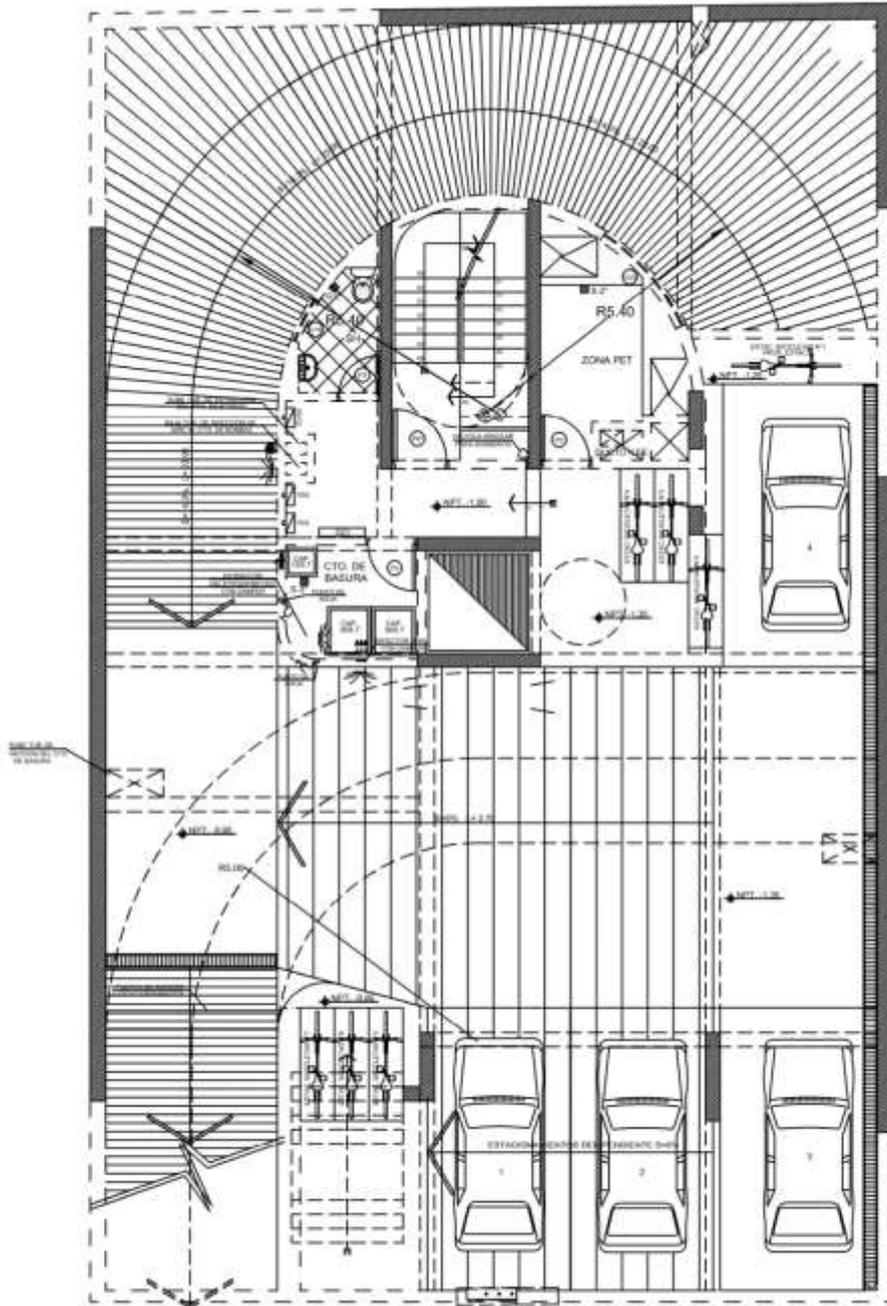
En este estudio, no se menciona el nombre de la constructora, debido a que ha solicitado que su nombre quede en reserva. No obstante, se han recopilado los datos necesarios para llevar a cabo la presente investigación, en la cual he estado involucrado laboralmente durante un periodo de siete meses.

3.2. Descripción del proyecto

El proyecto que se analizará es un edificio multifamiliar ubicado en el distrito de Pueblo Libre en la ciudad de Lima. Cuenta con 4 sótanos, 9 pisos y azotea en donde se albergan 26 departamentos y 23 estacionamientos. Los departamentos van desde los 79 m² hasta los 140 m² y dentro de estos se encuentran departamentos tipo flat y duplex repartidos en todos los niveles del edificio desde el primer nivel. El proyecto cuenta con acabados estándar que tienen como objetivo satisfacer las necesidades de los clientes enfocados a un nivel socioeconómico medio.

El proyecto está ocupando una superficie de 320 m² y cuenta con un área construida de 3'352 m² de los cuales 2,106 m² corresponde al área de departamentos y 1'246 m² al área de sótanos. El plazo de ejecución del proyecto según el cronograma maestro fue de 53 semanas iniciando la construcción en el mes de septiembre del 2021 y finalizando en septiembre del 2022. El costo directo para la ejecución del proyecto era de S/. 6'072,014. A continuación, se muestran los planos arquitectónicos del semisótano y del tercer piso.

El equipo de obra estuvo conformado por un ingeniero residente, ingeniero de SSOMA, ingeniero de producción, maestro de obra, arquitecto de calidad y un asistente de producción y calidad. Este equipo de obra estará supervisado por un ingeniero de proyectos y la oficina técnica de la inmobiliaria.

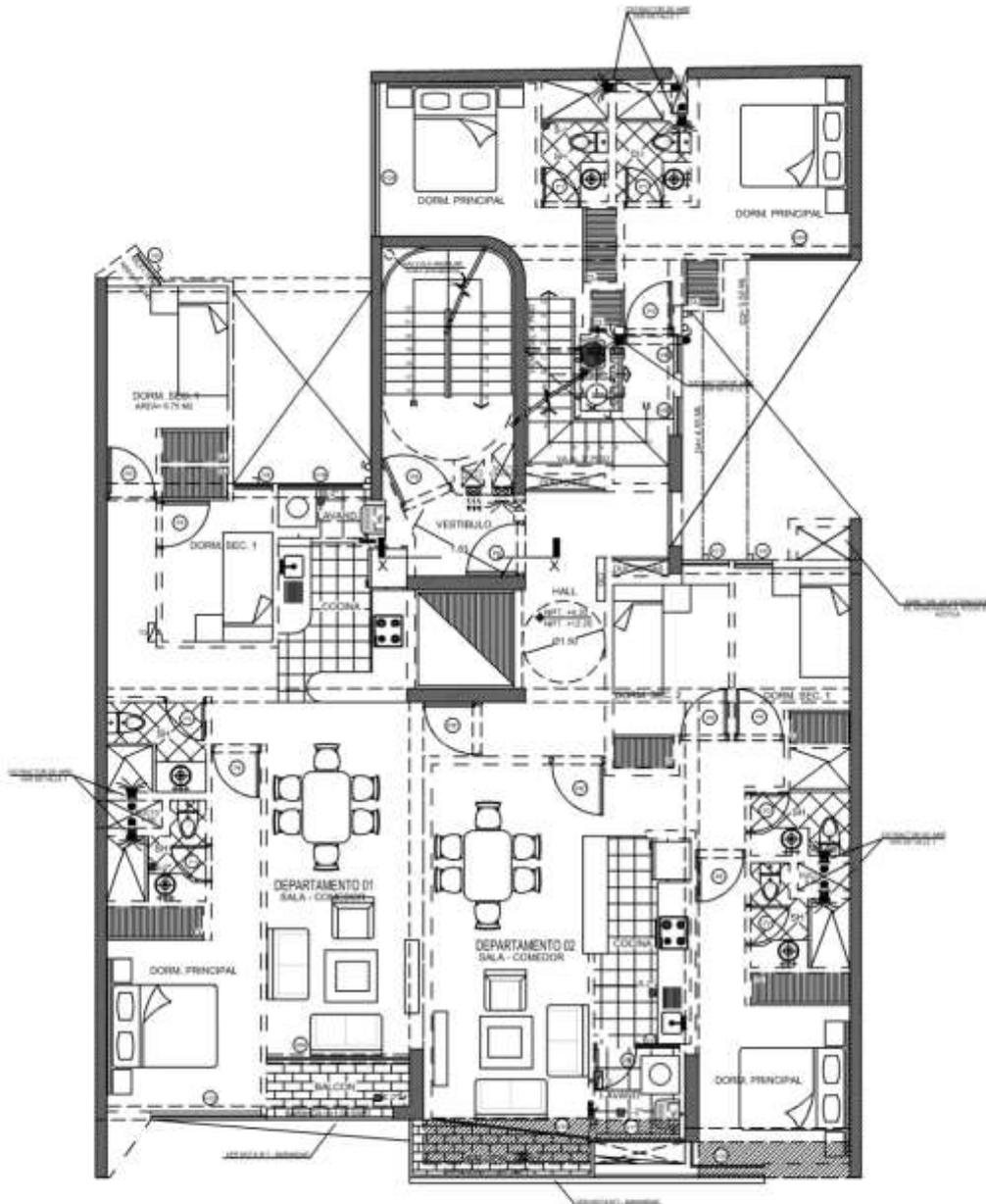


PLANTA SEMISÓTANO

ESC. 1/75

Figura 7: Planta arquitectónica del semisótano.

Elaboración de la empresa constructora.



PLANTA 2° Y 5° PISO

ESC. 1/75

Figura 8: Planta arquitectónica representativa del piso típico.

Elaboración de la empresa constructora.

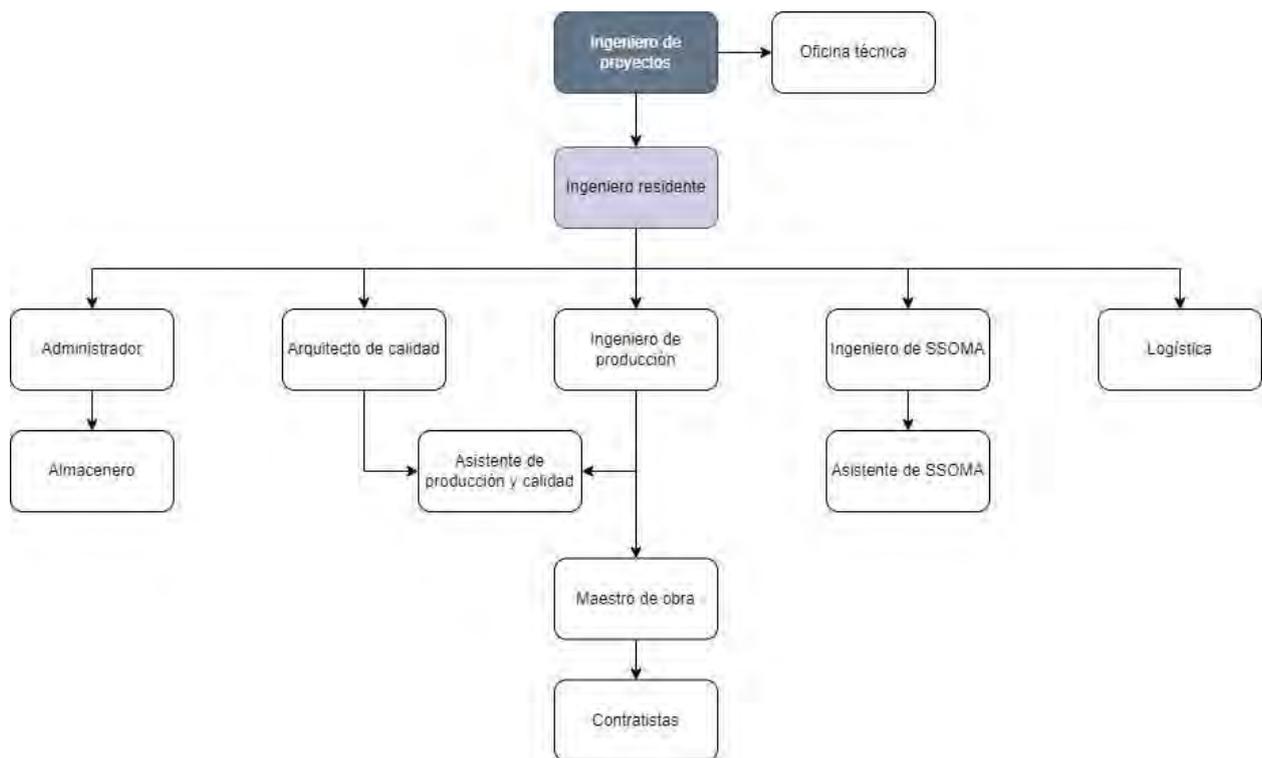


Figura 9: Jerarquía staff de obra.

Elaboración propia.

3.3. Recolección y análisis de datos

3.3.1. Información recopilada de campo:

Durante la construcción del edificio multifamiliar, se tuvo acceso a información detallada puesto que estuve realizando mis prácticas preprofesionales dentro del staff de obra. Estuve a cargo de asistir al ingeniero de producción y al arquitecto de calidad apoyándolos en las tareas de supervisión y realizando los protocolos de calidad.

3.3.1.1. Casco estructural:

La construcción del caso estructural fue sub contratada a otra empresa con mayor experiencia que se encargaría de ejecutar las partidas de encofrado y desencofrado, habilitado y colocación de acero, y vaciado de concreto premezclado. Mientras que la empresa constructora se encargaría de supervisar el proceso constructivo, programar las actividades acordes al cronograma del proyecto y gestionar la adquisición de los materiales. El equipo de la empresa sub contratada constaba en promedio de un capataz, quien coordinaba directamente con el staff de obra y estaba a cargo de los obreros; 4 parejas de fierros, encargados de la habilitación y colocación de las armaduras; 8 parejas de carpinteros, encargados de la colocación de las viguetas prefabricadas, ladrillos bovedilla, encofrado y desencofrado de las estructuras, y una cuadrilla de cuatro personas, encargados del vaciado de concreto premezclado. Es importante mencionar, que la cantidad de obreros fue variable durante la ejecución del casco estructural y que en el contrato realizado no se exigía una cantidad de personal, sino que se exigía cumplir con los Hitos del cronograma maestro.

La sectorización de los pisos para llevar a cabo la construcción del casco estructural fue realizada por el staff de obra. Para ello, se debió tener en cuenta diversos factores, como el volumen de concreto de los elementos verticales y horizontales, la superficie requerida para el encofrado y desencofrado, y el peso del acero habilitado y colocado. Sin embargo, se optó por realizarla apelando a la experiencia, considerando la dificultad de la construcción de cada sector y replicando la sectorización de otro proyecto previamente construido por la empresa. Esto ocasionó que la sectorización se deba modificar en función de los avances observados.

Previo:

Posterior:

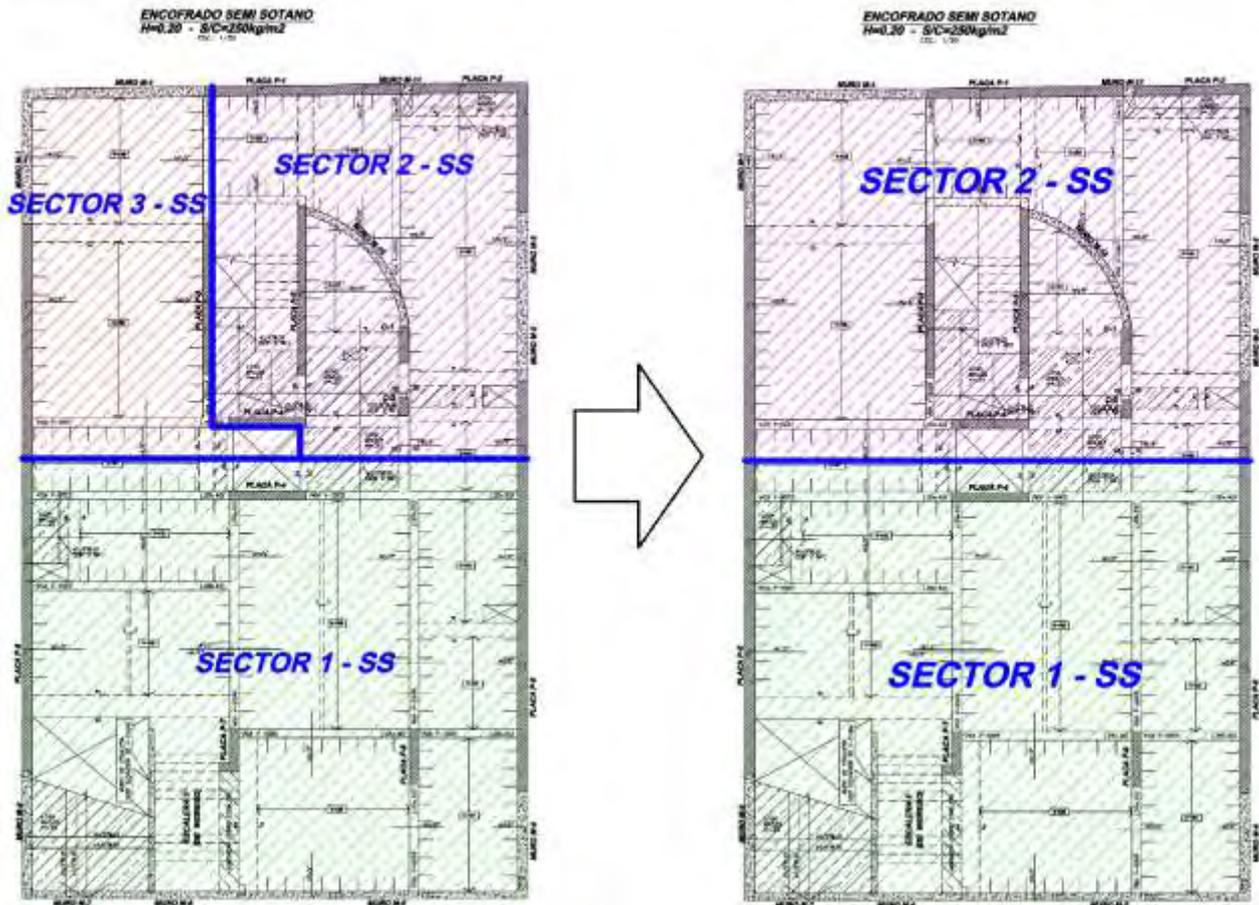


Figura 10: Sectorizaciones del semisótano.

Elaboración propia.

Tabla 3.

Distribución de las partidas del semisótano previo a la reformulación.

Sector	m3 de concreto premezclado	m2 de encofrado	kg de acero corrugado
Sector 01	37.72	265.58	3'328.15
Sector 02	24.47	167.84	2'126.93
Sector 03	8.62	85.55	723.46
Total	70.81	518.97	6'178.54

Nota. Elaboración propia.

De la figura diez, se pudo apreciar una reducción en el número de sectores en el semisótano durante su proceso de construcción, pasando de tres a dos. Esta modificación se debió a que se determinó que el tercer sector presentaba menor complejidad en su ejecución, al no requerir la construcción de una rampa de acceso a los sótanos, sino únicamente una losa aligerada destinada a cargar departamentos del primer nivel. Asimismo, al analizar la tabla tres, se evidencia que el tercer sector representaba entre el 11% y el 17% de las partidas a desarrollarse, mientras que el primer sector abarcaba más del 50% en todas sus partidas. Estos hallazgos indican una distribución inadecuada de las actividades a ejecutar. Esta falta de equilibrio dificultará la planificación del tren de actividades del cronograma maestro, al no existir un flujo constante de trabajo debido a la dispersión en la carga de trabajo. Además, generó situaciones en las que no se disponga del tiempo necesario para completar todas las actividades del sector uno, el cual es considerablemente más extenso en comparación con los demás sectores. Estos desajustes en la programación conllevaron incumplimientos y afectaron la eficiencia general del proyecto.

La sectorización posterior llevada a cabo durante la construcción del semisótano también demostró ser inadecuada. En este caso, los sectores resultaron ser demasiado extensos, lo cual planteó dificultades para garantizar que todas las actividades se pudieran ejecutar en un solo día tal como se planificaban semanalmente y en función al cronograma maestro. Esto generó un problema persistente en cuanto a la planificación en relación con el tren de actividades previsto. Es importante mencionar que este cambio en la sectorización ocasionó retrasos en la ejecución de las partidas, ya que los operarios tuvieron que adaptarse a la nueva distribución de sectores y mover sus herramientas de trabajo en consecuencia. Estos contratiempos adicionales impactaron negativamente en el cronograma de ejecución del proyecto.

Previo:

Posterior:

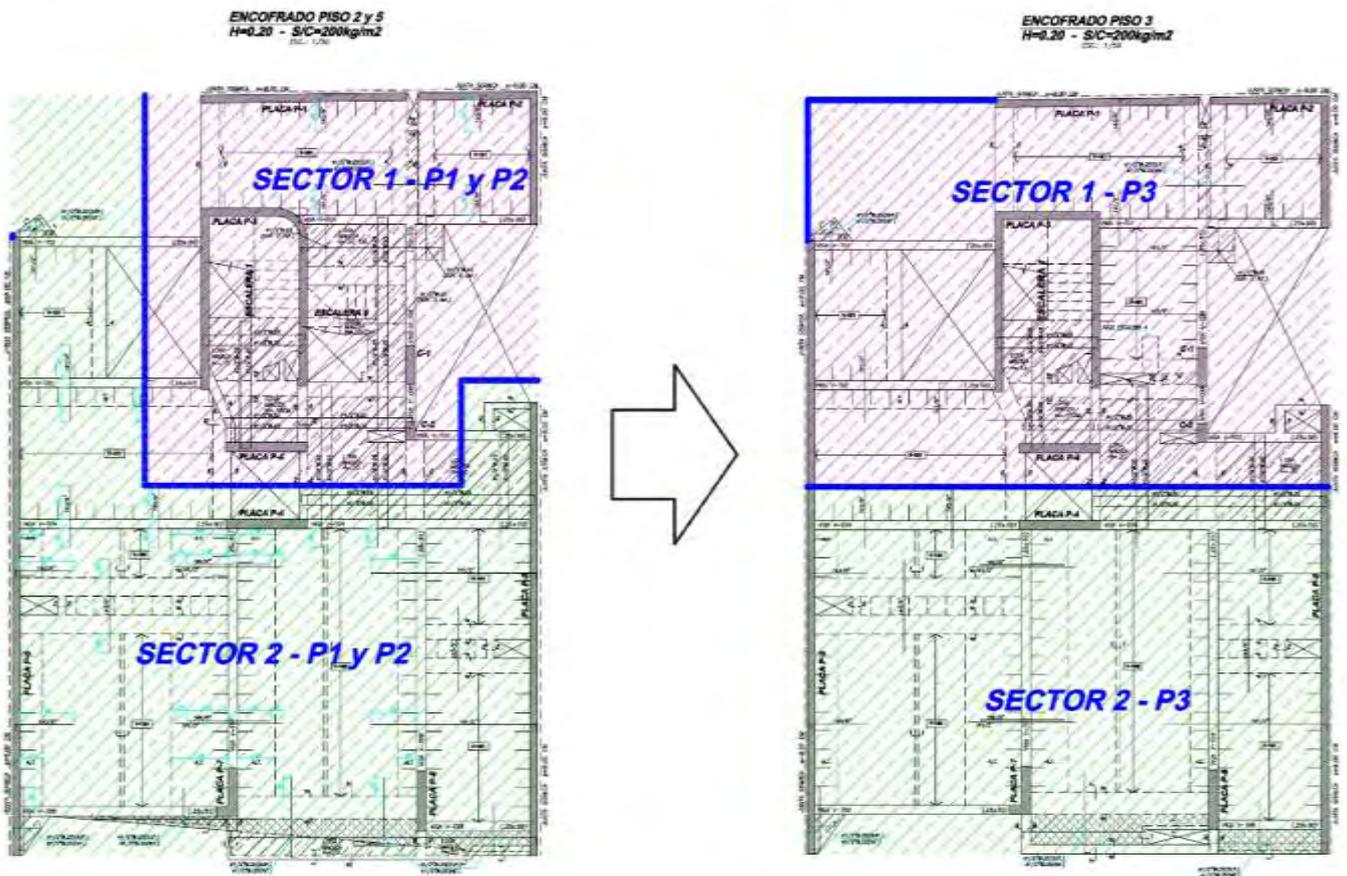


Figura 11: Sectorizaciones del segundo y tercer piso.

Elaboración propia.

Tabla 4.

Distribución de las partidas del tercer y segundo piso previo a la reformulación.

Sector	m3 concreto premezclado	m2 de encofrado	kg de acero corrugado
Sector 01	23.04	196.12	3'492.80
Sector 02	38.46	331.33	4'268.99
Total	61.50	527.44	7'761.79

Nota. Elaboración propia.

De manera similar, se puede apreciar que en la figura once el plano ubicado a la izquierda corresponde al encofrado del segundo y quinto piso, mientras que el plano de la derecha corresponde al encofrado del tercer piso. La diferencia mínima entre ambos radica en la construcción de una escalera interior en el departamento, debido a su configuración tipo dúplex. Es importante destacar que esta sectorización se llevó a cabo considerando los valores de las cantidades de las partidas de acero (solo elementos verticales), encofrado, desencofrado y concreto. Asimismo, se observó que la sectorización del segundo piso difirió de la del tercer piso, a pesar de presentar similitudes sustanciales. Estos cambios se debieron a que la forma del sector uno creaba áreas de difícil movilización tanto para el personal como para las herramientas utilizadas. Específicamente, en el lado izquierdo del sector dos, antes de la modificación, se generaba un estrecho corredor donde debían completarse las actividades correspondientes a una losa y vigas de dimensiones reducidas. Lo mismo ocurrió en el otro extremo del sector, donde se presentaba una situación similar en términos de tamaño.

La sectorización posterior llevada a cabo durante la construcción del tercer piso también demostró ser inadecuada, al igual que en el caso del semisótano. En este contexto, los sectores resultaron ser demasiado extensos, lo cual planteó dificultades para garantizar que todas las actividades pudieran ejecutarse en un solo día, tal como se había planificado semanalmente y de acuerdo con el cronograma maestro. Estos inconvenientes adicionales impactaron negativamente en el cumplimiento del cronograma de ejecución del proyecto.

La planificación para la construcción del casco estructural se llevaba a cabo los viernes y sábados, y las actividades programadas se ejecutaban el lunes siguiente. El principal criterio para elaborar la programación fue el de cumplir con los Hitos establecidos por el cronograma maestro. Además, se tomó en cuenta la capacidad del contratista para cumplir con el

cronograma, considerando el progreso promedio del personal disponible. También, se analizaban las restricciones de material como la cantidad disponible de acero corrugado o el volumen de concreto a vaciar por día. Luego, determinada la programación semanal se comunicaba al capataz del contratista el sábado o viernes antes de finalizar la jornada para que viabilice estos requerimientos y cumpla con la programación el lunes siguiente.



TREN DE ACTIVIDADES	CRONOGRAMA MASTER																																																								
	PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO MULTIFAMILIAR																																																								
	ELABORADO POR:																																																								
	REVISADO POR:																																																								
ACTIVIDADES	UND	SEMANA 16					SEMANA 17					SEMANA 18					SEMANA 19					SEMANA 20					SEMANA 21					SEMANA 22																									
		3/1	4/1	5/1	6/1	7/1	10/1	11/1	12/1	13/1	14/1	17/1	18/1	19/1	20/1	21/1	24/1	25/1	26/1	27/1	28/1	31/1	1/2	2/2	3/2	4/2	7/2	8/2	9/2	10/2	11/2	14/2	15/2	16/2	17/2	18/2																					
CASCO ESTRUCTURAL																																																									
ESTRUCTURA SOTANOS																																																									
VERTICAL - ACERO	kg			S3-S1	S3-S2	S3-S3		S2-S1	S2-S2	S2-S3		S1-S1	S1-S2	S1-S3						SS-S1		SS-S2	SS-S3																																		
VERTICAL - IIEE	Glb			S3-S1	S3-S2	S3-S3		S2-S1	S2-S2	S2-S3		S1-S1	S1-S2	S1-S3						SS-S1		SS-S2	SS-S3																																		
VERTICAL - ENCOFRADO	m2			S3-S1	S3-S2	S3-S3		S2-S1	S2-S2	S2-S3		S1-S1	S1-S2	S1-S3						SS-S1		SS-S2	SS-S3																																		
VERTICAL - VACIADO	m3			S3-S1	S3-S2	S3-S3		S2-S1	S2-S2	S2-S3		S1-S1	S1-S2	S1-S3						SS-S1		SS-S2	SS-S3																																		
HORIZONTAL - ENCOFRADO VIGAS	m2				S3-S1	S3-S2	S3-S3		S2-S1	S2-S2	S2-S3		S1-S1	S1-S2	S1-S3						SS-S1		SS-S2	SS-S3																																	
HORIZONTAL - ACERO VIGAS	kg				S3-S1	S3-S2	S3-S3		S2-S1	S2-S2	S2-S3		S1-S1	S1-S2	S1-S3						SS-S1		SS-S2	SS-S3																																	
HORIZONTAL - VIGUETAS Y BODEVILLAS	Glb					S3-S1	S3-S2	S3-S3		S2-S1	S2-S2	S2-S3		S1-S1	S1-S2	S1-S3						SS-S1		SS-S2	SS-S3																																
HORIZONTAL - IIEE IISS	Glb					S3-S1	S3-S2	S3-S3		S2-S1	S2-S2	S2-S3		S1-S1	S1-S2	S1-S3						SS-S1		SS-S2	SS-S3																																
HORIZONTAL - ACERO	kg						S3-S1	S3-S2	S3-S3		S2-S1	S2-S2	S2-S3		S1-S1	S1-S2	S1-S3					SS-S1		SS-S2	SS-S3																																
HORIZONTAL - VACIADO	m3						S3-S1	S3-S2	S3-S3		S2-S1	S2-S2	S2-S3		S1-S1	S1-S2	S1-S3						SS-S1		SS-S2	SS-S3																															
HORIZONTAL - ACABADO CONTRAPISO	m2						S3-S1	S3-S2	S3-S3		S2-S1	S2-S2	S2-S3		S1-S1	S1-S2	S1-S3						SS-S1		SS-S2	SS-S3																															
TORRE																																																									
SECUENCIA																																																									
VERTICAL - ACERO	kg																																				P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4													
VERTICAL - IIEE	glb																																					P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4												
VERTICAL - ENCOFRADO	m2																																						P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4											
VERTICAL - CONCRETO	m3																																							P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4										
HORIZONTAL - ENCOFRADO VIGAS	kg																																								P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4									
HORIZONTAL - ACERO VIGAS	kg																																										P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4							
HORIZONTAL - VIGUETAS Y BODEVILLAS	m2																																											P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4						
HORIZONTAL - ENCOFRADO LOSA MACISA	m2																																												P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4					
HORIZONTAL - IIEE IISS GAS	Glb																																													P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4				
HORIZONTAL - ACERO	m3																																														P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4			
HORIZONTAL - CONCRETO	kg																																															P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4		
HORIZONTAL - ACABADO CONTRAPISO	kg																																																	P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4

Figura 12: Extracto del cronograma maestro para la construcción de los sótanos y pisos superiores.

Elaboración de la empresa constructora.

De la figura doce, se evidencia que la planificación de las actividades para el cronograma maestro y el tren de actividades se llevó a cabo considerando los viernes y sábados como períodos de tiempo de reserva o "buffer" para la construcción de cada piso. Es importante destacar que esta metodología de programación no resulta apropiada, ya que no se puede realizar un tren de actividades considerando días sin programar de actividades. En su lugar, la programación de las actividades debió realizarse de manera continua.

Además, se observa que la programación maestra y la programación de las actividades en campo difirieron ya que según el cronograma maestro proporcionado por oficina técnica, se debían considerar cuatro sectores lo cual hubiese permitido desarrollar un tren de actividades que distribuya de manera equitativa la carga de trabajo de cada partida. Esta falta de coherencia entre la programación y la ejecución en campo generó incongruencias y dificultades en el cumplimiento del cronograma de ejecución del proyecto, ya que no se distribuyó la carga de trabajo de manera equitativa lo que hubiese permitido tener un mejor control de las actividades. En su lugar, se redujeron los sectores lo que dificultó la planificación y por consiguiente retrasos en la ejecución del proyecto.

Tabla 5.

Métricas de programación semanal incompleta y reprogramación de actividades.

Métricas	Valor
Semanas con programación no cumplida	17
Días con programación no cumplida	29
Días de reprogramación de actividades promedio	3
Día usual para reprogramación de actividades	Lunes
Día usual de programación incompleta	Jueves

Nota. Elaboración propia.

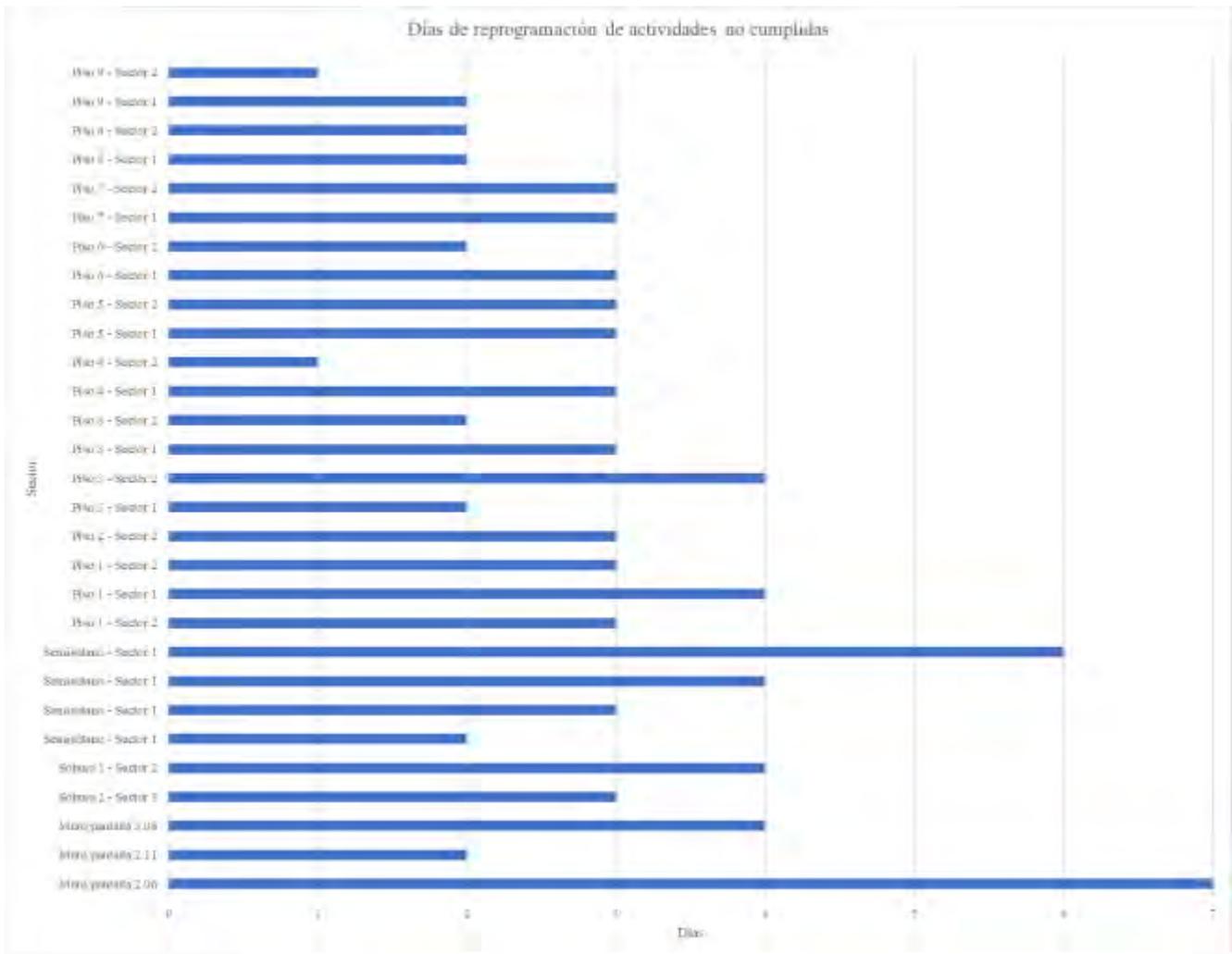


Figura 13: Días de reprogramación de actividades no cumplidas según la programación semanal.

Elaboración propia.

De los datos recopilados de las programaciones semanales durante la construcción del casco estructural se elaboraron la tabla cinco y la figura trece, se constató la existencia de diecisiete semanas en las cuales la programación planificada no se cumplió según lo previsto. Estos hallazgos son significativos, dado que representan más de la 50% de las 33 semanas transcurridas para completar el casco estructural. Esto indica la existencia de desviaciones y demoras en la ejecución de las actividades programadas durante un período prolongado. Además, se registraron veintinueve días en los que la programación no se completó en su

totalidad. Estos días representan interrupciones y obstáculos en el flujo de trabajo, lo que puede tener un impacto negativo en la eficiencia y la continuidad del proyecto. En términos de reprogramación de actividades, se observó un promedio de tres jornadas laborales necesarias para volver a planificar las actividades inconclusas. El gráfico complementa la información de la tabla al presentar visualmente los días de reprogramación de actividades por sector específico. Esto permite identificar claramente los sectores que requirieron una mayor cantidad de reprogramación y los que experimentaron menos modificaciones en la programación inicial.

Las demoras en la ejecución de las actividades pueden atribuirse principalmente a dos factores. En primer lugar, la falta de personal especialista por parte del contratista ha sido un problema significativo. La insuficiente cantidad de operarios especializados en la colocación de acero y el encofrado de acero ha dificultado cumplir con la meta de finalizar dicha tarea en un solo día por sector. Esta carencia de recursos humanos ha tenido un impacto directo en la eficiencia y flujo de trabajo, generando demoras en la ejecución de las actividades planificadas. Además, se ha observado que la planificación de las actividades no ha tenido en cuenta todas las restricciones necesarias para su correcta ejecución. Esto ha provocado interrupciones en el flujo de trabajo y ha contribuido a los retrasos. Es fundamental que se realice una revisión exhaustiva de las restricciones y se liberen adecuadamente antes de planificar y programar las actividades. Otro aspecto relevante es la sectorización llevada a cabo en el campo de trabajo. Se ha mencionado anteriormente que algunos sectores han acumulado una carga de trabajo excesiva, mientras que otros presentan una carga insuficiente. Esta desigual distribución de actividades ha ocasionado un alargamiento en la ejecución del habilitado de acero en ciertos sectores, generando incumplimientos en la programación semanal. Es necesario realizar una reevaluación de la sectorización para lograr una distribución equilibrada de las tareas y evitar desequilibrios en la ejecución del proyecto.

Tabla 6.

Hitos de la construcción del edificio multifamiliar y los días de retraso

Hito	Descripción del sector	Proyección	Ejecutado	Retraso
Hito 0	Inicio de obra	20-sep-21	20-sep-21	0
Hito 1	Muro Pantalla - Fin Anillo 1	14-oct-21	20-oct-21	6
Hito 2	Muro Pantalla - Fin Anillo 2	18-nov-21	19-nov-21	1
Hito 3	Muro Pantalla - Fin Anillo 3	10-dic-21	14-dic-21	4
Hito 4	Sótano 3 - Fin	13-ene-22	21-ene-22	8
Hito 5	Sótano 2 - Fin	19-ene-22	29-ene-22	10
Hito 6	Sótano 1 - Fin	25-ene-22	10-feb-22	16
Hito 7	Semisótano - Fin	04-feb-22	21-feb-22	17
Hito 8	Piso 1 - Fin	16-feb-22	01-mar-22	13
Hito 9	Piso 2 - Fin	23-feb-22	11-mar-22	16
Hito 10	Piso 3 - Fin	02-mar-22	22-mar-22	20
Hito 11	Piso 4 - Fin	09-mar-22	30-mar-22	21
Hito 18	Acabados húmedos - Inicio	15-mar-22	25-abr-22	41
Hito 12	Piso 5 - Fin	16-mar-22	11-abr-22	26
Hito 13	Piso 6 - Fin	23-mar-22	21-abr-22	29
Hito 14	Piso 7 - Fin	30-mar-22	28-abr-22	29
Hito 15	Piso 8 - Fin	06-abr-22	09-may-22	33
Hito 16	Piso 9 - Fin	13-abr-22	14-may-22	31
Hito 17	Azotea - Fin	22-abr-22	30-may-22	38
Hito 19	Acabado seco - Inicio	02-may-22	25-jun-22	54
Hito 20	Acabados húmedos - Fin	11-jul-22	25-sep-22	76
Hito 21	Acabado seco - Fin	29-ago-22	04-dic-22	97
Hito 22	Entrega de sótanos (Prueba de funcionamiento)	15-ago-22	10-dic-22	117
Hito 23	Entrega final	07-sep-22	19-dic-22	103

Nota. Elaboración propia.



Figura 14: Días de retraso para cumplir los hitos del proyecto.

Elaboración propia.

Con la información de la tabla seis la cual proporciona datos sobre los retrasos en la finalización de los hitos del proyecto, se respalda lo mencionado anteriormente. Además, se elaboró la figura catorce en donde se observa una clara correlación entre estos días de retraso respecto al cronograma maestro y el avance en la construcción de los pisos superiores, lo cual está en consonancia con la programación semanal analizada anteriormente. Esto indica que la planificación inicial de la obra no contribuyó a reducir el tiempo de entrega, sino que lo prolongó. Estos retrasos en la construcción del casco estructural afectaron el inicio de los trabajos de acabados húmedos, acabados secos y la puesta en marcha del equipamiento lo que conlleva a un mayor retraso en el proyecto.

Resulta importante mencionar que apenas se finalizó la construcción del casco estructural se cesaron las actividades del ingeniero de producción del proyecto por lo que el arquitecto de calidad paso a tomar las decisiones respecto a la planificación de los acabados húmedos y secos. De la figura catorce se observa que esta decisión por parte de la gerencia impacto negativamente en la entrega del proyecto, pues el incremento en los días de retraso ocurrió luego del fin del casco estructural. Asimismo, la programación semanal de las actividades se dejó de realizar luego de la semana 43 (semanas después de finalizar la construcción del casco estructural). Esta decisión del staff del proyecto impacto negativo en la entrega del proyecto. De hecho, el proyecto se entregó con un retraso de 103 días, lo que acarrea una serie de pérdidas que tienen su causa en los problemas de planificación por parte del staff del proyecto, así como de las capacidades del contratista para cumplir con la programación semanal.

Con el fin de garantizar la calidad de la construcción de los pisos terminados y cuantificar las actividades pendientes en los sótanos que requerían subsanación para poder iniciar con los acabados húmedos, se llevaron a cabo registros de observaciones de calidad. Este se elaboró mediante visitas a los sótanos, durante las cuales se realizó un registro fotográfico exhaustivo de las distintas partidas y se asignó un número a cada observación identificada y la cual fue acompañada de una descripción clara y precisa de la actividad que debía llevarse a cabo para subsanarla. Estos registros desempeñaron un papel fundamental al documentar de manera clara las partidas pendientes por desarrollar, creando así un listado detallado de puntos que debían ser corregidos antes de iniciar los acabados húmedos en los sótanos. La realización de este registro resultaba de suma importancia, ya que su objetivo principal era asegurar que tanto el contratista como el equipo de construcción tuvieran un conocimiento claro de las tareas pendientes y las áreas que requerían mejoras. Esto permitiría

corregir los errores cometidos durante la construcción de los sótanos y, a su vez, mejorar el desempeño en la construcción de los pisos superiores, así como en la adecuada ejecución de los acabados en los sótanos. Además de documentar las deficiencias, el seguimiento riguroso de las actividades pendientes y el establecimiento de los requisitos necesarios para los acabados húmedos desempeñaron un papel clave en el avance eficiente del proyecto y en la garantía de la calidad final. También, en mantener el proyecto en línea con las expectativas y estándares de calidad establecidos, asegurando un producto final satisfactorio tanto para el contratista como para el cliente. Es relevante destacar que se llevaron a cabo visitas con el capataz del contratista a todos los puntos seleccionados, con el propósito de que pudiera comprender plenamente el volumen de trabajo necesario para completar las tareas pendientes en los sótanos. Durante estas visitas, se solicitó al capataz que firmara el registro de observaciones de calidad correspondiente y se le entregó una copia del mismo para que pudiera realizar las medidas requeridas para levantar las observaciones de calidad de los puntos identificados.

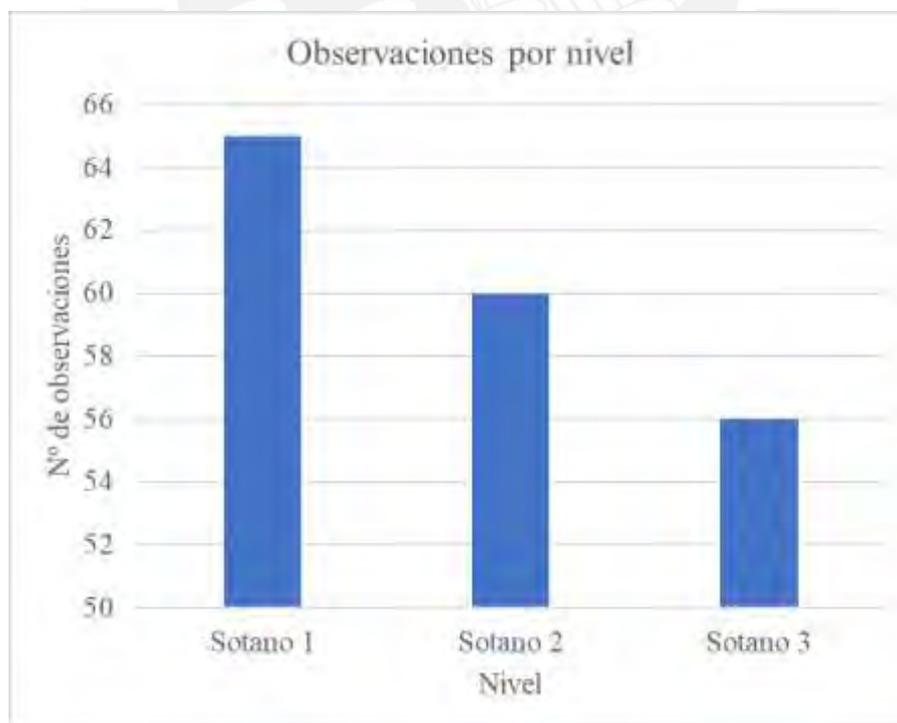


Figura 15: Observaciones de calidad en los sótanos durante la construcción del edificio multifamiliar.

Elaboración propia.

A medida que avanzó la construcción del edificio, se observaron incrementos en las observaciones de calidad, siendo el sótano 1 el que presentó más observaciones, seguido del sótano 2 y, finalmente, el sótano 3. Esta situación se debió a que el staff de obra se encontraba incompleto desde el inicio de la obra, lo que resultó en una falta de supervisión sobre el cumplimiento de los protocolos de calidad por parte del contratista. Al no ser supervisado adecuadamente, el contratista relajó sus estándares de calidad, lo que condujo a una reducción en la calidad del producto entregado y, por consiguiente, a un aumento en el número de observaciones a medida que se avanzaba en los niveles superiores. Además, se experimentó un retraso en el inicio de la ejecución de las partidas de acabados húmedos, debido a la falta de personal por parte del contratista para subsanar las observaciones identificadas. Esta demora tuvo un efecto dominó en el cronograma general del proyecto, ya que los acabados húmedos iniciaron con un retraso de 41 días.

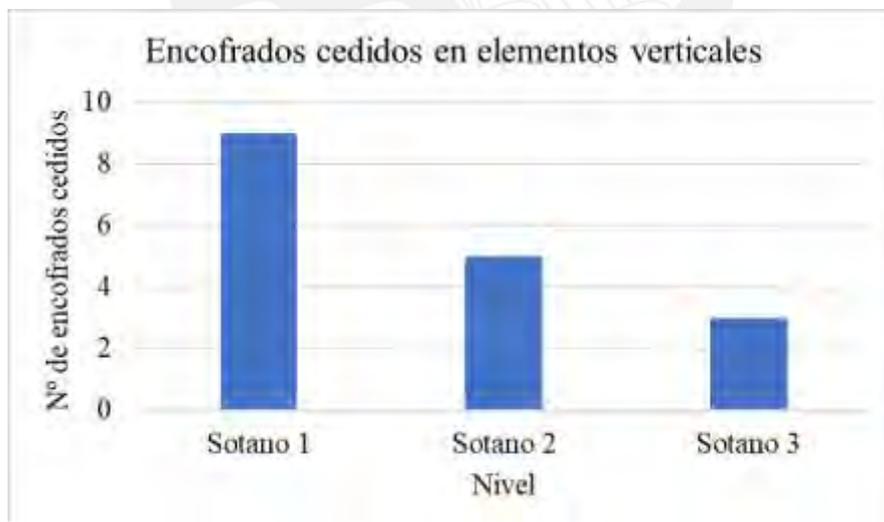


Figura 16: Observaciones de calidad respecto a encofrados cedidos en elementos verticales.

Elaboración propia.

Durante la fase de construcción de los sótanos, se han identificado diversos problemas de resistencia y estabilidad en los encofrados, lo cual ha dado lugar a deformaciones y ensanchamientos en los elementos estructurales. Estos inconvenientes se han observado tanto en las placas verticales, dificultando la correcta instalación del ascensor, como en los muros de la rampa de acceso a los sótanos, los cuales no cumplen con las normativas municipales que establecen un ancho mínimo de 3 metros. Estos contratiempos son resultado del uso de encofrados de baja calidad y en mal estado por parte del contratista, así como de una falta de supervisión por parte del staff de obra al estar incompleto durante la instalación para prevenir su deterioro por lo que las observaciones se incrementaron a medida que se subía de nivel.

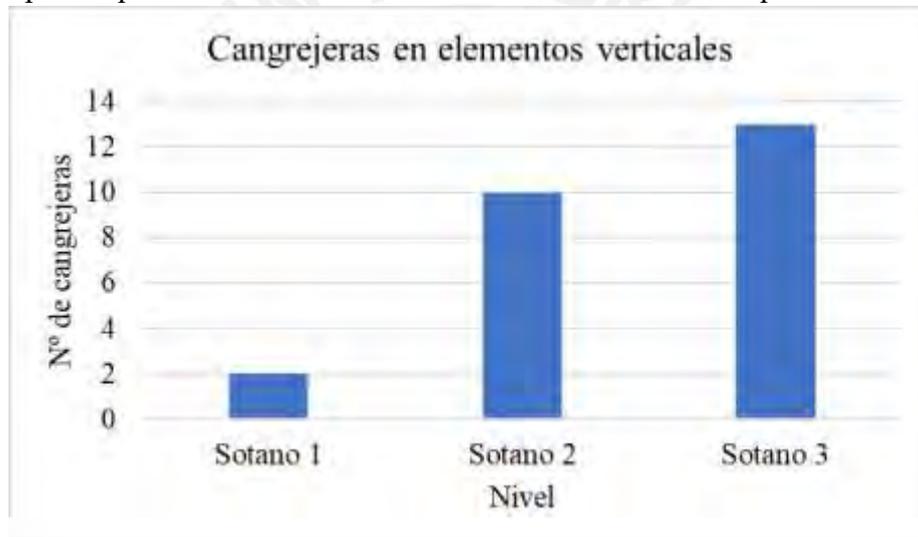


Figura 17: Observaciones de calidad respecto a cangrejas en elementos verticales.

Elaboración propia.

También durante la fase de construcción de los sótanos, se han identificado varias cangrejas en los elementos estructurales lo que reduce su calidad. Estos inconvenientes se han observado tanto en los elementos verticales y han generado la reducción de calidad de estas. Estos contratiempos son resultado del uso de equipos vibratorios defectuosos por parte del contratista y de una falta de supervisión por parte del staff de obra al estar incompleto. Sin embargo, a diferencia del encofrado, las observaciones por las cangrejas se redujeron a

medida que se construían los pisos superiores. Esto se dio porque desde el staff de obra se le aviso al contratista para que cambie las vibradoras que estaba utilizando.

Tabla 7.

Peso total de acero comprado durante la construcción del edificio multifamiliar.

Recurso o material	Especificación	Cantidad	Peso	und
Acero corrugado fy=4200	1/4"	3'656.00	7.30	tonf.
Acero corrugado fy=4200	3/8"	12'735.00	64.18	tonf.
Acero corrugado fy=4200	1/2"	4'472.00	40.01	tonf.
Acero corrugado fy=4200	5/8"	2'793.00	39.01	tonf.
Acero corrugado fy=4200	3/4"	960.00	19.31	tonf.
Acero corrugado fy=4200	1"	59.00	2.11	tonf.
TOTAL			171.93	tonf.

Nota. Elaboración propia.

Con el propósito de realizar el presupuesto de la construcción y ejecutar la contratación de la mano de obra encargada de la construcción del edificio, se realizaron los metrados de los planos del proyecto. Estos metrados arrojaron una estimación de 196,53 toneladas de acero corrugado requeridas para la construcción del edificio. Sin embargo, a lo largo del proceso constructivo se evidenció un consumo de acero notablemente inferior, llegando a utilizarse 24,6 toneladas menos de lo presupuestado. Dado que el costo de la mano de obra del contratista se estableció en S/. 0,85 por kilogramo de acero habilitado e instalado, se pudo constatar un sobre costo significativo de S/. 20'910,00. Esta diferencia entre la cantidad estimada y la cantidad efectivamente utilizada generó un impacto económico adicional en el desarrollo del proyecto.

3.3.1.2. Acabados secos y húmedos

La construcción de los acabados secos y húmedos se subcontrataron a otras empresas con mayor experiencia que se encargarían de ejecutar todas las partidas. Mientras que la empresa

constructora se encargaría de supervisar el proceso constructivo, programar las actividades acorde al cronograma del proyecto y gestionar la adquisición de los materiales.

La sectorización de los pisos para llevar a cabo las partidas de acabados no fue realizada por el staff de obra ni por la oficina técnica. Estas actividades se programaron por piso y se distribuyeron las actividades en campo a criterio del staff de obra. Esto se puede observar en el cronograma maestro enviado por oficina, así como en la planificación semanal realizada por el staff de obra en donde se observa que luego de finalizar la construcción del casco estructural no se adjuntan planos donde se indique la sectorización de las actividades.

Tabla 8.

Fechas de inicio y fin de acabados húmedos y secos.

Descripción del sector	Proyección	Ejecutado
Acabados húmedos - Inicio	15-mar-22	25-abr-22
Acabado seco - Inicio	02-may-22	25-jun-22
Acabados húmedos - Fin	11-jul-22	25-sep-22
Acabado seco - Fin	29-ago-22	04-dic-22

Nota. Elaboración propia.

La planificación para la ejecución de los acabados se llevó a cabo de manera continua los viernes y sábados, con las actividades programadas para ejecutarse el lunes siguiente. El objetivo principal de esta planificación fue mantener un flujo de trabajo constante y evitar interrupciones debido a la falta de espacio para continuar con las actividades.

Inicialmente, se había programado que los acabados comenzaran en el segundo piso, cuando la construcción del quinto piso estuviera finalizando. No obstante, debido al mencionado retraso en la construcción del casco estructural, el inicio de los acabados se retrasó hasta que se finalizó la construcción del séptimo piso. A pesar de que durante dos semanas el segundo piso estuvo listo para ser desencofrado e iniciar con las actividades, se decidió

posponer el inicio de los acabados húmedos hasta la construcción del séptimo piso. Esta decisión se tomó para evitar que el contratista encargado de los acabados se quedara sin campo para realizar dichas actividades, ya que existía la posibilidad de que el encofrado de los pisos finales tomara más tiempo del previsto. En el caso de los acabados húmedos, el plazo de ejecución planificado fue de 118 días calendario. Sin embargo, al consultar la tabla siete, se observa que el plazo de ejecución real fue de 153 días calendario. Además, se deben considerar los 41 días de demora en el comienzo de la actividad. En consecuencia, los acabados húmedos se finalizaron 194 días después de su inicio programado, lo que representa un retraso del 64% con respecto a los días planificados. Por otro lado, en el caso de los acabados secos, se estableció un plazo de ejecución planificado de 119 días calendario. No obstante, según la tabla siete, el plazo de ejecución real se extendió a 162 días calendario. Además, se deben considerar los 54 días de retraso en el inicio de la actividad. Como resultado, los acabados secos se concluyeron 216 días después de su fecha de inicio programada, lo que implica un retraso del 84% en comparación con los días previstos.

Estos hallazgos resaltan que la planificación para la ejecución de estas actividades no resultó ser adecuada y produjo retrasos al igual que ocurrió durante la construcción del casco estructural. Un enfoque diferente en la planificación tomando en cuenta realizar un adecuado tren de actividades, una sectorización para todas las partidas y una coordinación activa entre los involucrados podría contribuir a una finalización más eficiente y oportuna de los acabados, evitando demoras y mejorando la gestión global del proyecto. Además, es relevante destacar que no se dispone de información sobre la planificación semanal después de la semana 43 del proyecto. La omisión de estas programaciones se debió tanto al cese del ingeniero de producción en sus labores como a los incumplimientos de actividades programadas durante la etapa de construcción del casco estructural. Por ende, el equipo de obra determinó que no era

necesario continuar con la programación semanal de las actividades relacionadas con los acabados secos. Esta decisión resultó en un retraso considerablemente mayor en comparación con el experimentado durante la construcción del casco estructural.

De la figura dieciocho, se puede observar que la planificación de las actividades en el cronograma maestro se llevó a cabo sin tener en cuenta una secuencia continua de tareas, y se identifican largos períodos de tiempo en los que no se asignan actividades, lo que podría ocasionar interrupciones en el flujo de trabajo. Es importante resaltar que, al igual que en la planificación del casco estructural, este enfoque de programación no resulta adecuado para nuestro estudio, ya que no permite una secuencia coherente de actividades al considerar días sin programación. En su lugar, la programación de las actividades debería haberse llevado a cabo de manera continua.

Por consiguiente, es evidente destacar que esta planificación, junto con la sectorización de las actividades, se repiten de forma constante a lo largo de la construcción del edificio, contribuyendo a los retrasos ocurridos. Asimismo, es importante mencionar que como no se cumplió la programación de las actividades en la construcción de la torre. Por ende, tampoco se consideró necesario por parte del equipo de obra continuar con las programaciones semanales para los acabados secos. Además, la programación de los sótanos se detalla en exceso al contemplar un elevado número de actividades por especialidad, lo cual también resulta inapropiado para la implementación de una secuencia de tareas fluida. El nivel de detalle en la planificación debe reservarse para etapas cercanas a la ejecución.

TREN DE ACTIVIDADES		CRONOGRAMA MASTER																																		
		PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO MULTIFAMILIAR																																		
		ELABORADO POR:																																		
		REVISADO POR:																																		
ACTIVIDADES	UND	SEMANA 24				SEMANA 25				SEMANA 26				SEMANA 27				SEMANA 28				SEMANA 29				SEMANA 30										
		3/3	4/3	7/3	8/3	9/3	10/3	11/3	14/3	15/3	16/3	17/3	18/3	21/3	22/3	23/3	24/3	25/3	28/3	29/3	30/3	31/3	1/4	4/4	5/4	6/4	7/4	8/4	11/4	12/4	13/4	14/4	15/4			
CASCO ESTRUCTURAL																																				
TORRE																																				
SECUENCIA																																				
VERTICAL - ACERO	kg	P4-S4		P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4		P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4		P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4		P8-S1	P8-S2	P8-S3	P8-S4		P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4		P10-S1	P10-S2	P10-S3					
VERTICAL - IIEE	glb	P4-S4		P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4		P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4		P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4		P8-S1	P8-S2	P8-S3	P8-S4		P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4		P10-S1	P10-S2	P10-S3					
VERTICAL - ENCOFRADO	m2	P4-S3	P4-S4		P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4		P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4		P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4		P8-S1	P8-S2	P8-S3	P8-S4		P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4		P10-S1	P10-S2					
VERTICAL - CONCRETO	m3	P4-S3	P4-S4		P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4		P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4		P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4		P8-S1	P8-S2	P8-S3	P8-S4		P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4		P10-S1	P10-S2					
HORIZONTAL - ENCOFRADO VIGAS	kg	P4-S2	P4-S3	P4-S4		P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4		P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4		P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4		P8-S1	P8-S2	P8-S3	P8-S4		P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4		P10-S1					
HORIZONTAL - ACERO VIGAS	kg	P4-S2	P4-S3	P4-S4		P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4		P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4		P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4		P8-S1	P8-S2	P8-S3	P8-S4		P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4							
HORIZONTAL - VIGUETAS Y BODEVILLAS	m2	P4-S2	P4-S3	P4-S4		P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4		P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4		P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4		P8-S1	P8-S2	P8-S3	P8-S4		P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4							
HORIZONTAL - ENCOFRADO LOSA MACISA	m2	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4		P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4		P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4		P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4		P8-S1	P8-S2	P8-S3	P8-S4		P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4						
HORIZONTAL - IIEE IISS GAS	Glb	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4		P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4		P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4		P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4		P8-S1	P8-S2	P8-S3	P8-S4		P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4						
HORIZONTAL - ACERO	m3	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4		P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4		P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4		P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4		P8-S1	P8-S2	P8-S3	P8-S4		P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4						
HORIZONTAL - CONCRETO	kg		P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4		P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4		P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4		P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4		P8-S1	P8-S2	P8-S3	P8-S4		P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4					
HORIZONTAL - ACABADO CONTRAPISO	kg		P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4		P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4		P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4		P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4		P8-S1	P8-S2	P8-S3	P8-S4		P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4					
ACABADOS																																				
ACABADOS HUMEDOS																																				
SECUENCIA																																				
DESENCOFRADO	Glb	P1					P2								P3																		P5			
TARRAJEO DE CIELORASO Y VIGAS	m2								P2	P2	P2	P2	P2							P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P5	P5				
SOLAQUEO PLACAS DEPARTAMENTO	m2								P2	P2	P2	P2	P2							P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P5	P5				
IIEE IISS - BOSQUE DE TUBERIAS	Glb																			P2	P2	P2	P2	P2	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4					
MUROS DE TABIQUERIA	m2																								P2	P2	P2	P2	P2	P3	P3					
IIEE IISS - FIJACION DE PUNTOS	m2																											P2	P2							
SOLAQUEO DE MUROS	m2																													P2	P2					
NIVELACION DE CONTRAPISO	m2																																			
TARRAJEO DE FACHADAS	m2																																			
ACABADOS SOTANO Y EQUIPAMIENTO																																				
ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	m3				ELM	ELM	ELM																													
COMPACTACION DE TERRENO NATURAL	m2							RELL	RELL	RELL	RELL																									
IIEE - POZO A TIERRA	Glb												SPAT	SPAT	SPAT	SPAT	SPAT	SPAT	SPAT	SPAT	SPAT															
IISS - TUBERIA ENTERRADAS	Glb																										IISS	IISS	IISS	IISS	IISS					
FALSO PISO	Glb																														FP	FP	FP			
SOLAQUEO DE CIELORASO	Glb												C.MAQ	C.MAQ	C.MAQ	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	C.MAQ	C.MAQ	C.MAQ	C.MAQ	C.MAQ	C.MAQ	S2	S2
SOLAQUEO DE MUROS ESTACIONAMIENTO	Glb												C.MAQ	C.MAQ	C.MAQ	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	C.MAQ	C.MAQ	C.MAQ	C.MAQ	C.MAQ	C.MAQ	S2	S2	

Figura 18: Extracto del cronograma maestro para los acabados húmedos y secos.

Elaboración propia.

Según el cronograma maestro, se planificaron cinco días para la ejecución de los acabados húmedos. Sin embargo, al examinar la tabla ocho, se observa que en promedio se demoraron once días. Además, se destaca que las partidas que experimentaron los mayores retrasos fueron el tarrajeo del cielo raso, que se repitió cinco veces en diferentes pisos, así como la tabiquería y el tendido de tuberías, que aparecieron tres veces cada una. La actividad que presentó el mayor retraso fue el solaqueo en el semisótano, con una demora de veintiún días. Estos retrasos fueron resultado de una falta de planificación eficiente para la ejecución de las actividades y que se tomaban decisiones sobre la marcha en el lugar de realizar una planificación previa. Además, a partir de la semana 43 no se realizó una planificación semanal de las actividades, ya que se empezaron a ejecutar directamente desde el campo. Estos hallazgos resaltan la importancia de una planificación rigurosa y anticipada en las actividades de campo, especialmente para los acabados en donde intervienen una gran cantidad de contratistas.

Tabla 9.

Días de ejecución de las actividades de acabados húmedos durante la construcción del edificio multifamiliar.

Semana	Sector	Fecha de inicio	Fecha de finalización	Días de ejecución
33	Sótano 2 - Solaqueo de cielo raso y muros	martes, 3 de mayo de 2022	viernes, 13 de mayo de 2022	9
33	Piso 3 - Tarrajeo de cielo raso y muros	lunes, 2 de mayo de 2022	miércoles, 11 de mayo de 2022	8
33	Piso 2 - Bosque de tuberías	lunes, 2 de mayo de 2022	miércoles, 11 de mayo de 2022	9
34	Piso 2 - Tabiquería	jueves, 12 de mayo de 2022	miércoles, 25 de mayo de 2022	12
35	Piso 6 - Tarrajeo de cielo raso y muros	miércoles, 18 de mayo de 2022	viernes, 27 de mayo de 2022	8
36	Sótano 3 - Solaqueo	lunes, 23 de mayo de 2022	viernes, 3 de junio de 2022	10
37	Piso 4 - Tabiquería	lunes, 30 de mayo de 2022	miércoles, 8 de junio de 2022	8
39	Piso 9 - Tarrajeo de cielo raso y muros	lunes, 13 de junio de 2022	lunes, 27 de junio de 2022	13
39	Piso 9 - Bosque de tuberías	jueves, 16 de junio de 2022	lunes, 4 de julio de 2022	17

40	Semisótano - Solaqueo de cielo raso y muros	lunes, 13 de junio de 2022	martes, 5 de julio de 2022	21
40	Piso 10 - Tarrajeo de cielo raso y muros	jueves, 23 de junio de 2022	viernes, 8 de julio de 2022	14
40	Piso 8 - Tabiquería	jueves, 23 de junio de 2022	martes, 5 de julio de 2022	11
42	Piso 1 - Tarrajeo de cielo raso y muros	lunes, 4 de julio de 2022	miércoles, 13 de julio de 2022	8
42	Piso 1 - Bosque de tuberías	martes, 5 de julio de 2022	viernes, 15 de julio de 2022	9

Nota. Elaboración propia.

Al analizar el presupuesto del proyecto y los planos de arquitectura, se nota que inicialmente se consideró la utilización de una tabiquería de ladrillos de arcilla. No obstante, durante la etapa de construcción, se decidió cambiar a una tabiquería de ladrillos silico calcáreos. Esta modificación se realizó con el propósito de agilizar el proceso constructivo, ya que los ladrillos silico calcáreos permiten un solaqueo más rápido y, posteriormente, están listos para ser pintados, a diferencia de los ladrillos de arcilla, que requieren ser tarrajeados y esperar a que el tarrajeo se complete antes de proceder con la pintura. Sin embargo, estos cambios ocasionaron modificaciones en las dimensiones interiores de los departamentos. Aunque se lograron ganar algunos centímetros al reducir el espesor de los muros a menos de quince centímetros, también surgieron problemas en la calidad final del producto entregado al cliente pues se generaron demasiados pintos. Es importante mencionar que estos cambios fueron realizados directamente por el personal de obra, sin una adecuada coordinación y comunicación con el equipo de diseño. Adicionalmente, al analizar la figura dieciocho, se detecta un excedente de 360.55 m² de tabiquería en comparación con lo presupuestado inicialmente. Este sobre todo se acumula en los desperdicios generados en la utilización de los ladrillos P7, P12 y P14. También, es importante mencionar que se utilizaron 139 bolsas adicionales de mortero grueso para asentado de ladrillo, 552 bolsas adicionales de concreto líquido y 139 bolsas menos de mortero fino para solaqueo de lo requerido por las

especificaciones técnicas del material. Esto indica que no hubo un control adecuado en el empleo del material utilizado durante la construcción de la tabiquería por lo que se presentaron altos niveles de desperdicio, así como los cambios realizados de forma interna en el equipo de obra, sin una supervisión adecuada, generaron inconvenientes en la calidad del producto final y un desperdicio notable en términos de materiales.

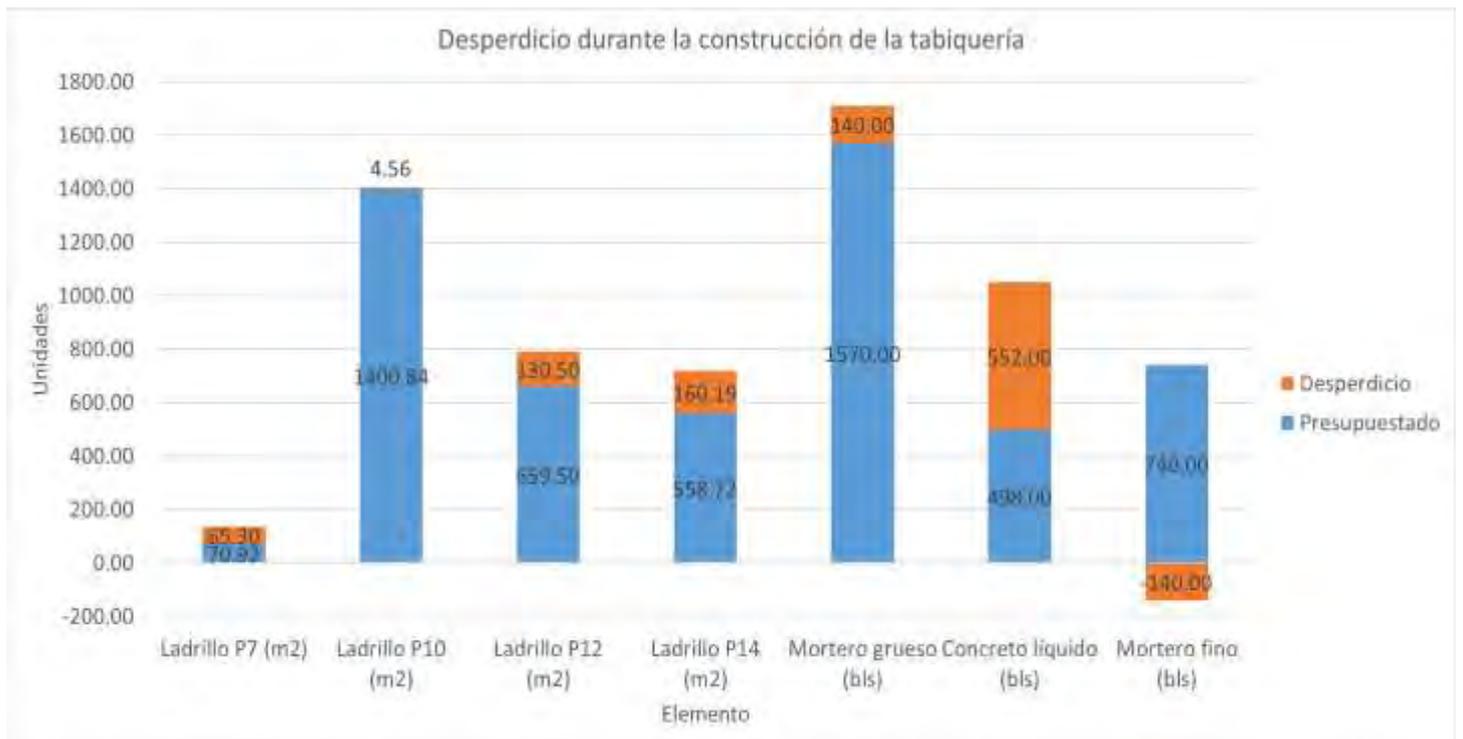


Figura 19: Desperdicio durante la construcción de la tabiquería.

Elaboración propia.

Es importante mencionar que no se llevó a cabo una programación adecuada para las actividades de los acabados secos, debido a que estas se iniciaron con 54 días de retraso. El cronograma maestro, en consecuencia, carecía de relevancia al estar significativamente desactualizado debido a los numerosos días de retraso acumulados por la construcción del casco estructural y por la falta de campo debido a los retrasos de los acabados húmedos. Además, para la ejecución y programación de estas partidas se prescindió del ingeniero de

producción por lo que el arquitecto de calidad quedó a cargo de planificar las partidas. En lugar de seguir un enfoque de planificación semanal u otro tipo de programación, se optó por realizar las actividades directamente en el campo, en coordinación directa con el personal de obra. La adquisición de materiales se llevó a cabo en función de las necesidades y estos se almacenaron en los sótanos entorpeciendo y retrasando las actividades pues los operarios no accedían a los materiales rápidamente. Este enfoque tuvo un impacto negativo en la calidad de los acabados y generó gastos adicionales, ya que no se planificó adecuadamente la solicitud de materiales ni la programación de las actividades a desarrollar durante la semana. Así como, se presentaron quejas en los departamentos por la calidad de la pintura, fragua del enchape y calidad de la melanina empleada en los muebles que requirieron ser solucionadas durante la post conformidad. Como resultado de estas circunstancias, el proyecto experimentó un retraso de 103 días en su finalización.

3.3.2. Entrevistas:

En el marco de este trabajo de tesis, se llevaron a cabo entrevistas a los principales responsables de la construcción del proyecto. La duración de estas entrevistas fue de alrededor de veinte minutos y se realizaron al ingeniero residente, que cuenta con 10 años de experiencia habiendo sido responsable de la construcción de edificios multifamiliares; ingeniero de producción, que cuenta con 2 años de experiencia como ingeniero de producción en la construcción de edificios multifamiliares, y al maestro de obra, que cuenta con 10 años de experiencia habiendo participado en la construcción de proyectos mineros. Estas entrevistas tuvieron como objetivo obtener una perspectiva particular sobre el proyecto, así como identificar los problemas que han surgido durante su ejecución y las estrategias utilizadas para enfrentarlos.

Para llevar a cabo esto, las entrevistas se realizaron siguiendo un formato estructurado. Primero, se realizó una breve introducción en donde se explicó el propósito de la entrevista, enfocado en identificar las causas de los desperdicios durante la construcción del edificio multifamiliar. Seguido a esto, se formularon preguntas generales que abordaron aspectos como la planificación de las partidas durante la construcción del edificio multifamiliar, la implementación de procesos de control de calidad, el manejo del cronograma del proyecto y la evaluación del cumplimiento del plan semanal. Luego, se plantearon preguntas más específicas centradas en los desperdicios observados durante la construcción de edificios multifamiliares. Finalmente, se aplicó el método de los cinco porqués para indagar sobre los desperdicios específicos en la construcción del edificio multifamiliar. Los entrevistados identificaron un desperdicio y se les preguntó repetidamente "por qué" ocurre esa causa, llegando a la raíz del problema.

Los tres entrevistados coincidieron en que la planificación de las actividades se basó en un cronograma maestro proporcionado por la oficina técnica de la inmobiliaria. Utilizando este cronograma como guía, se llevó a cabo la programación semanal de las actividades, teniendo en cuenta el proceso constructivo, la duración de cada partida y la secuencia de trabajo. Con respecto al control de calidad, se implementaron protocolos tanto antes del vaciado de concreto como durante el desencofrado de los elementos, con el objetivo de garantizar un trabajo correctamente realizado. Con respecto al control del cronograma del proyecto, se realizó controles de avance diario y semanales para evaluar el porcentaje de cumplimiento del plan semanal que según el software S10, utilizado para llevar a cabo este control, se alcanzaron valores de cumplimiento del 85% para todo el proyecto.

Respecto a los desperdicios más comunes durante la construcción en general de edificios multifamiliares, los entrevistados mencionaron que durante la construcción del casco estructural se evidencia desperdicio de acero durante el corte y desperdicio de concreto durante la construcción de los muros pantallas o calzaduras. También mencionaron que, durante la construcción del proyecto de estudio, se han identificado desperdicios durante el habilitado y colocación de acero corrugado, el concreto y la tabiquería. En el caso específico de este proyecto, los entrevistados mencionaron que se ha presentado un consumo elevado de concreto premezclado que se ha identificado mediante la comparación de los volúmenes utilizados en campo con los metrados de acuerdo con los planos; sin embargo, no se ha medido la cantidad exacta de desperdicios producidos. Las principales causas de los desperdicios identificados han sido un mal cálculo al solicitar volúmenes de concreto, inadecuado proceso que generó muchos desperdicios por corte del acero y la tabiquería.

Para reducir o eliminar estos desperdicios, se han implementado controles más rigurosos en el corte de acero, una verificación más precisa de los volúmenes de concreto antes de su solicitud y un seguimiento al procedimiento constructivo de la tabiquería. Es importante mencionar que los entrevistados mencionaron que no se ha utilizado ninguna herramienta o técnica específica del *lean project delivery system* en este contexto. Finalmente, comentaron que los controles rigurosos implementados han tenido un impacto favorable en la reducción de desperdicios del acero y el concreto. Sin embargo, no se han determinado los costos asociados a los desperdicios ni se ha calculado o estimado el impacto económico que se ha generado. Con el fin de comprender las causas fundamentales de estos desperdicios se realizó el método de los cinco porqués. La siguiente tabla presenta de manera organizada las preguntas y respuestas proporcionadas por los entrevistados.

Tabla 10.

Resumen de las respuestas brindadas luego de la aplicación del método de los cinco porqués.

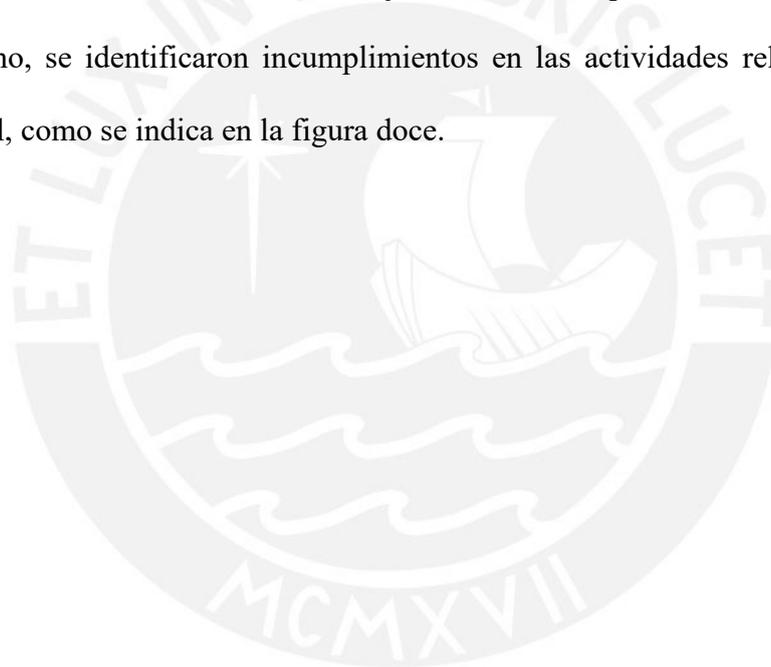
Preguntas	Ingeniero de producción	Residente de obra	Maestro de obra
¿Cuál es el desperdicio específico se experimentó?	Se generó desperdicio de concreto durante el vaciado de elementos verticales	No se cumplió con el cronograma durante la construcción del casco del edificio	Demasiadas observaciones por subsanar en los sótanos lo que retrasó el ingreso de las otras partidas.
¿Por qué ocurre este desperdicio?	Por errores durante el proceso de encofrado y por la calidad del encofrado que genera pequeñas grietas y dilataciones.	La empresa subcontratada no tiene suficiente personal para completar las tareas requeridas	El personal del contratista no está completando adecuadamente los procesos de construcción de las partidas.
¿Por qué se produce la razón identificada en la pregunta anterior?	Por un tema de costo del contratista que reutiliza encofrados en mal estado. Asimismo, la poca mano de obra calificada.	Porque no se realizó un dimensionamiento adecuado de la carga de trabajo para completar la construcción del casco estructural de los pisos.	Porque hubo una falta de supervisión de calidad en los procesos que está ejecutando la empresa del contratista.
¿Por qué se produce la razón identificada en la pregunta anterior?	El desconocimiento del contratista es el causante respecto a la producción ineficiente. Los retrasos y retrabajos deberán ser asumidos por el contratista.	No se evaluaron adecuadamente los recursos disponibles de la empresa subcontratada, lo que llevó a una subestimación de la cantidad de personal requerido.	Durante la construcción de los sótanos solo estaba el ingeniero residente y el de producción. Por lo que no había personal para realizar los controles de calidad.
¿Por qué se produce la razón identificada en la pregunta anterior?	El contratista no quiere invertir más porque sus pagos no están regularizados o porque el contratista realizó una mala presupuestación.	Porque no se asignó suficiente tiempo y recursos para llevar a cabo un proceso de evaluación exhaustivo. Además, la empresa subcontratada ya había construido el casco estructural de un proyecto anterior de la inmobiliaria.	No se gestionó a tiempo por parte de la empresa constructora el ingreso de personal que se encargue exclusivamente de aplicar los protocolos de calidad.

Nota. Elaboración propia.

3.4. Diagrama de Ishikawa para determinar las causas raíz de las pérdidas

Se ha aplicado el diagrama de Ishikawa a la información recopilada en campo y a las entrevistas para identificar las posibles fuentes de pérdidas. El diagrama de Ishikawa se ha dividido en tres categorías principales que fueron propuestas por Bølviken, Rooke y Koskela (2014): pérdidas de valor, pérdidas de material y pérdidas de tiempo. La identificación de las causas de estas pérdidas en la producción resulta de vital importancia, ya que proporcionará información sobre las fallas ocurridas durante la ejecución de los trabajos. Además, sugerir herramientas para mitigar estas pérdidas mejorará la rentabilidad del proyecto. Es relevante

destacar que la información recopilada en campo tuvo una mayor importancia que la obtenida a través de las entrevistas. Esto se debe a que los datos recopilados en campo fueron respaldados por el análisis de datos realizado. Por otro lado, las entrevistas pueden haber estado sujetas a la percepción individual de cada entrevistado y al "temor" de ser juzgados por decisiones erróneas. Esto puede haber llevado a un sesgo en la comprensión real de lo ocurrido durante la construcción del edificio multifamiliar. De acuerdo con los datos recopilados, se menciona un porcentaje del 85% de cumplimiento del plan. Sin embargo, se reconoce que estas cifras podrían ser correctas en cuanto a los acabados húmedos y secos. No obstante, estas actividades experimentaron demoras en su ejecución en comparación con la planificación inicial. Asimismo, se identificaron incumplimientos en las actividades relacionadas con el casco estructural, como se indica en la figura doce.



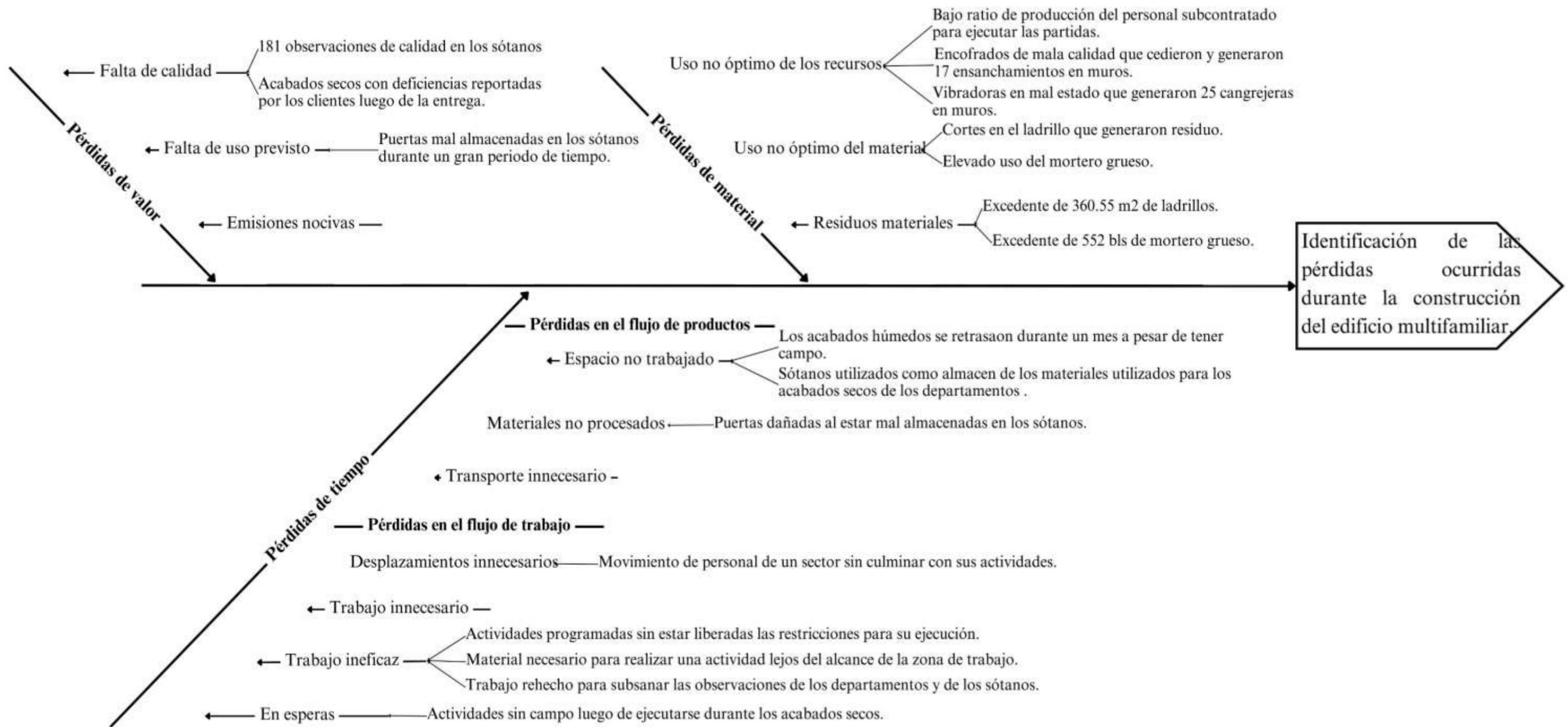


Figura 20: Diagrama de Ishikawa para identificar las pérdidas en la producción de la construcción del edificio multifamiliar.

Elaboración propia.

Ahora se describirán las causas por categoría:

- Pérdidas de material:

Es relevante señalar que no se evidencia un uso excesivo de concreto, ya que la cantidad presupuestada resultó ser similar a la cantidad solicitada al proveedor de concreto premezclado. Asimismo, los desperdicios generados por los encofrados cedidos no representaron una cantidad significativa en relación con el total del pedido de concreto. En cuanto al acero corrugado, tampoco se observa un uso excesivo, ya que el valor presupuestado para el proyecto fue de 196.53 toneladas, en comparación con las 171.93 toneladas recibidas en el sitio de construcción. Esto indica que se logró un ahorro en relación con el presupuesto inicial. No obstante, en ambos casos es importante resaltar la necesidad de una cuantificación precisa de los materiales a ser utilizados en la ejecución del proyecto, con el fin de obtener un presupuesto más realista que refleje de manera precisa los costos del proyecto y evite sobrecostos en los contratos. Por ejemplo, en el caso del acero, se pagó por una cantidad de mano de obra que finalmente no fue utilizada, ya que se emplearon 24.60 toneladas menos de acero de lo previsto inicialmente.

- Residuos materiales:

- Excedente de 365.22 m² de ladrillos:

La decisión inicial de considerar ladrillos de arcilla y muros de quince centímetros de ancho para el edificio, seguida de un cambio posterior a una tabiquería diferente, fue el factor principal que contribuyó al uso excesivo de ladrillos. Esta falta de planificación respecto al tipo de tabiquería desde las etapas iniciales del proyecto dificultó la estimación precisa de las cantidades

necesarias y la implementación de una planificación que redujera el desperdicio.

El personal encargado de realizar estas labores experimentó períodos de ejecución significativamente más prolongados en comparación con la planificación inicial, ya que se retrasaron en promedio ocho días para completar un nivel que estaba programado para cinco. Esto indica que, posiblemente, no se contaba con la cantidad suficiente de personal o que estos no estaban debidamente capacitados. Como resultado, se tuvo que acelerar la producción, lo cual redujo la eficiencia del producto y provocó un consumo excesivo de material, generando desperdicio. Por lo tanto, hubo una falta de mano de obra calificada que no generara residuos durante el proceso constructivo.

- Excedente de 552 bolsas de mortero grueso:

La utilización de ladrillos silico calcáreos requiere el empleo de diferentes tipos de mortero suministrados por el fabricante para llevar a cabo todo el proceso de instalación. En particular, las bolsas de mortero grueso se utilizan para unir los bloques de ladrillo blanco entre sí. Por consiguiente, el hecho de haber utilizado 552 bolsas adicionales pone de manifiesto un notable desperdicio de este material, el cual fue empleado para otros propósitos distintos. Esta situación evidencia una falta de planificación en relación con el tipo de tabiquería desde las etapas iniciales del proyecto, lo cual dificultó una estimación precisa de las cantidades necesarias y la implementación de una planificación orientada a reducir el desperdicio. Además, se podría inferir que la utilización de una mano de obra no calificada condujo al uso excesivo

de material en comparación con las especificaciones proporcionadas por el fabricante.

o Uso no óptimo del material:

▪ Cortes en el ladrillo que generaron residuo:

La demora en la ejecución de la tabiquería en los departamentos generó la necesidad de aumentar el personal para llevar a cabo estos trabajos. Sin embargo, al contratar personal no calificado, se descuidó la atención hacia el desperdicio generado por los cortes de ladrillo. Esta situación evidencia un uso excesivo de dicho material, ya que se realizaron numerosos cortes que resultaron en una considerable cantidad de desperdicios, todo ello en aras de acelerar la producción. Por tanto, se puede atribuir la responsabilidad de generar estos residuos al hecho de haber contratado personal no calificado.

▪ Elevado uso de mortero grueso:

La utilización inadecuada del mortero grueso constituye un aspecto relevante en relación con el empleo de ladrillos silico calcáreos, los cuales requieren diferentes tipos de mortero suministrados por el fabricante para llevar a cabo una correcta instalación. Entonces, el emplear una mano de obra no calificada en el asentado de estos ladrillos influyó en que se utilice una mayor cantidad de material que el necesario.

o Uso no óptimo de los recursos:

▪ Bajo ratio de producción del personal subcontratado para ejecutar las partidas:

Durante la ejecución del casco estructural, se pudo constatar que el contratista responsable del encofrado, desencofrado, habilitado y colocación de acero corrugado presentó rendimientos bajos en su producción. Estos bajos ratios

de producción se reflejaron en la dificultad para seguir la planificación establecida por el equipo de obra en términos de cumplir con las actividades programadas semanalmente, tal como se evidencia en la tabla cinco y la figura doce. Asimismo, en el desarrollo de los acabados húmedos si bien se cumplió con el plan semanal en mayor medida, las partidas fueron programadas y ejecutadas en un plazo mayor de tiempo en comparación a lo planificado en el cronograma maestro. En ambos casos, se identificaron problemas similares debido a la falta de mano de obra calificada necesaria para llevar a cabo estas actividades de manera adecuada. Es importante mencionar también que los contratistas mencionaron como principal problema para no traer personal la falta de pago por parte de la gerencia del proyecto.

- Encofrados de mala calidad que cedieron y generaron 17 ensanchamientos en muros:

Durante la ejecución del casco estructural, se evidenció que el contratista responsable no invirtió en encofrados de calidad, optando en su lugar por utilizar encofrados de madera que presentaban un considerable desgaste y no se encontraban en óptimas condiciones. Como resultado, estos encofrados cedieron durante los vaciados de concreto, ocasionando pérdidas en la calidad del producto final. Además, cabe destacar que la falta de personal completo al inicio del proyecto impidió llevar a cabo una verificación exhaustiva de la calidad de los encofrados. Por tanto, la principal causa de los ensanchamientos en los muros debido a los encofrados cedidos se atribuye a la falta de suficiente personal por parte del equipo de obra para llevar a cabo una supervisión adecuada de la calidad de los encofrados. Resulta importante

mencionar que al contratista se le solicitó que utilice un encofrado de calidad, pero este mencionó que esto no era viable por el retraso en el pago de sus valorizaciones que presentaba.

- Vibradoras en mal estado que generaron 25 cangrejas en muros:

Otro factor determinante en la calidad del casco estructural fue el uso de vibradoras defectuosas por parte del contratista. Estas vibradoras no se encontraban en óptimas condiciones, lo que resultó en un inadecuado vibrado de los elementos verticales y, como consecuencia, se generaron 25 cangrejas en los muros. Entonces, la falta de personal suficiente en el equipo de obra para realizar una revisión adecuada de los equipos fue la principal causa de esta situación.

- Pérdidas de valor:

- o Falta de calidad:

- 181 observaciones de calidad en los sótanos:

Con el propósito de evaluar la calidad de los pisos terminados y determinar las tareas pendientes que requerían corrección antes de iniciar los acabados húmedos en los sótanos, se llevaron a cabo registros exhaustivos de observaciones de calidad. A medida que ejecutaba la construcción del edificio, se observó un incremento en las observaciones de calidad, siendo el sótano 1 el que presentó la mayor cantidad, seguido por el sótano 2 y, finalmente, el sótano 3. Esta situación se debió a la falta de personal completo en el equipo de obra desde el inicio, lo que resultó en una supervisión deficiente del cumplimiento de los protocolos de calidad por parte del contratista. Entonces, la falta de supervisión adecuada llevó a una

disminución en los estándares de calidad establecidos por el contratista y, como consecuencia, a un aumento en el número de observaciones a medida que se avanzaba en los niveles superiores.

- Acabados secos con deficiencias reportadas por los clientes luego de la entrega:

Durante la etapa de finalización de la construcción, se enfrentaron desafíos significativos en relación con los acabados secos de los pisos construidos. Con el objetivo de terminar rápidamente y entregar los departamentos, se llevó a cabo una estrategia que implicó la realización de actividades a gran velocidad, con una alta cantidad de personal y material. Sin embargo, esta decisión de priorizar la velocidad sobre la calidad resultó en deficiencias en los acabados secos, lo cual llevó a recibir notificaciones por parte de los clientes para resolver estos problemas. Entonces, la falta de una planificación adecuada en la etapa de acabados, sumada a la demora en la ejecución de los acabados húmedos y el casco estructural del edificio, generó la necesidad de acelerar las actividades de acabados en los departamentos a expensas de la calidad.

- Falta de uso previsto:

- Puertas mal almacenadas en los sótanos durante un gran periodo de tiempo:

En el proceso de construcción, se cometió un error al solicitar la compra de las puertas de los departamentos con excesiva anticipación, basándose únicamente en el cronograma maestro y sin tener en cuenta el evidente retraso del proyecto. Como resultado, estas puertas se almacenaron en el sótano junto con los materiales destinados a los acabados húmedos. La falta de una planificación adecuada en la adquisición de estos materiales ocasionó que

estuvieran listos para su instalación en el campo, pero aún no había un espacio suficiente para llevar a cabo esta actividad.

- Pérdidas de tiempo:

- ❖ Pérdidas en el flujo de productos:

- Espacio no trabajado:

- Los acabados húmedos se retrasaron durante un mes a pesar de tener campo:

Los acabados húmedos estaban programados para comenzar una vez que se completara la construcción del casco estructural del quinto piso. La idea era que, después de dos semanas, el quinto piso estaría listo para ser desencofrado y se iniciarían de manera continua las actividades de acabados húmedos. Sin embargo, esto no ocurrió debido a los retrasos en la finalización del casco estructural. Existía la preocupación de que, si se comenzaba con los acabados húmedos, estos equipos quedarían sin espacio para trabajar, ya que las labores de construcción aún no habían sido completadas. Para evitar esta situación, se decidió retrasar el inicio de los acabados húmedos hasta que se finalizara el séptimo piso. Entonces, la falta de planificación acorde a un tren de actividades junto con la falta de herramientas adecuadas para planificar a medio plazo generó estos retrasos en el proyecto.

- Sótanos utilizados como almacén de los materiales utilizados para los acabados secos de los departamentos:

Las órdenes de compra para materiales como enchapes, puertas y aparatos y accesorios sanitarios se adquirieron de acuerdo con el cronograma establecido en el plan maestro del proyecto. Esto ocasionó que dichos materiales llegaran con varios meses de anticipación a la programación de sus respectivas

actividades, dado que el proyecto ya presentaba un retraso en su ejecución. El almacenamiento de estos materiales se distribuyó en los sótanos que ya habían sido desencofrados, a diferencia de los pisos superiores donde todavía se continuaba construyendo la estructura del edificio. Sin embargo, cuando se iniciaron las actividades de acabados húmedos, los materiales almacenados en los sótanos dificultaron el trabajo en esa zona. Entonces, la falta de una planificación adecuada para la solicitud de los materiales y el poco espacio en obra para su almacenamiento causaron retrasos en las actividades de acabados húmedos.

o Materiales no procesados:

▪ Puertas dañadas al estar mal almacenadas en los sótanos:

Como se mencionó anteriormente, los materiales almacenados en los sótanos no se encontraban en condiciones óptimas debido a la limitación de espacio para el trabajo en esa área. Además de los acabados, se almacenaron diferentes tipos de materiales en los sótanos y también se llevaron a cabo las actividades de acabados húmedos en el mismo lugar. Esta situación provocó que las puertas, que estaban almacenadas de manera inadecuada, perdieran su calidad y comenzaran a dañarse, presentando pelado en sus bordes. Por lo tanto, las puertas se deterioraron debido a la falta de un almacenamiento adecuado y a la falta de planificación para solicitar el material en el momento oportuno. La falta de espacio adecuado para el almacenamiento y la falta de consideración sobre las condiciones adecuadas para mantener la calidad de los materiales contribuyeron al daño de las puertas. Entonces, la falta de una adecuada

planificación para solicitar el material en el momento adecuado ocasiono esta pérdida de calidad en las puertas.

❖ Pérdidas en el flujo de trabajo:

○ Desplazamientos innecesarios:

- Movimiento de personal de un sector sin culminar con sus actividades.:

La falta de una adecuada sectorización durante la construcción del casco estructural generó movilizaciones innecesarias del personal y ocasionó pérdidas en la eficiencia del proyecto. Inicialmente, la sectorización se realizó basándose en la experiencia y replicando la sectorización de otro proyecto previo, lo cual resultó en la necesidad de modificarla a medida que se observaban los avances en la construcción. Entonces, la distribución inadecuada de las actividades y la extensión excesiva de los sectores dificultaron la planificación y causaron retrasos en la ejecución de las partidas.

○ Trabajo ineficaz:

- Actividades programadas sin estar liberadas las restricciones para su ejecución:

La falta de cumplimiento de las actividades programadas según el cronograma maestro y la planificación semanal del casco estructural demuestra una falta de eficiencia en la ejecución del proyecto. Esto se evidencia en la reprogramación constante de actividades durante la planificación semanal y en la demora en la ejecución de los acabados húmedos, así como en la ausencia de programación para los acabados secos. Estos incumplimientos y falta de programación adecuada pueden atribuirse a la carencia de una herramienta eficiente para realizar programaciones a medio plazo. La falta de

una planificación coherente y detallada dificultó la identificación de restricciones y obstáculos que impidieron el desarrollo adecuado de las actividades. Entonces, la falta de una herramienta para realizar programaciones a medio plazo fue un factor determinante para la falta de cumplimiento de las actividades programadas. Sin una planificación adecuada, no fue posible levantar las restricciones y garantizar un flujo continuo de trabajo en el proyecto.

- Material necesario para realizar una actividad lejos del alcance de la zona de trabajo:

En el momento que iniciaron las actividades, los materiales tuvieron que ser trasladados continuamente desde los sótanos hasta las áreas de trabajo. Esta falta de una ubicación estratégica del material generó una pérdida considerable de tiempo, ya que se requería subir el material justo en el momento de iniciar las actividades correspondientes. Mientras tanto, en los sótanos, se realizaban movimientos de materiales para llevar a cabo los acabados húmedos, lo que resultó en una falta de proximidad entre el material y las actividades a realizar. Como resultado, se tuvieron que realizar múltiples movimientos de traslado, lo que afectó la eficiencia y generó un desperdicio de tiempo y esfuerzo. Entonces la falta de una planificación adecuada para la adquisición de materiales y la falta de una planificación a medio plazo para la ejecución de las actividades tuvieron un impacto significativo en la eficiencia del proyecto.

- Trabajo rehecho para subsanar las observaciones de los departamentos y de los sótanos:

Al iniciar la construcción, el equipo de obra no estuvo completo, lo que limitó la capacidad de supervisión y control de calidad en esa etapa crítica del proyecto. Además, al cesar las funciones del ingeniero de producción en el inicio de los acabados secos, se generó una brecha en la supervisión y coordinación de las actividades. Estas deficiencias en la supervisión de calidad resultaron en la aparición de observaciones y defectos que requerían correcciones y la necesidad de rehacer trabajos previamente realizados. Entonces, la falta de supervisión de calidad durante la construcción del edificio se debió principalmente a una falta de personal del staff de obra.

o En esperas:

▪ Actividades sin campo luego de ejecutarse:

La falta de finalización completa de los departamentos debido a los acabados húmedos generó obstáculos para llevar a cabo las actividades de los acabados secos. Esto resultó en esperas y retrasos en la ejecución de dichas actividades. La ausencia del ingeniero de producción y la falta de programaciones semanales de actividades contribuyeron a esta situación, ya que no se tenía una visión clara de los remates pendientes de los acabados húmedos en los departamentos. La falta de una planificación adecuada de las actividades de los acabados secos llevó a la generación de desperdicios en la obra, lo que a su vez limitó el espacio disponible para llevar a cabo dichos acabados. Entonces, la ausencia de una programación semanal para los acabados secos y la falta de personal en el staff de obra encargado de supervisar la calidad y programar las actividades fueron factores determinantes en la interrupción del flujo de trabajo.

3.5. Identificación de las causas subyacentes de las pérdidas identificadas durante la construcción

A continuación, se muestra en una tabla la identificación de las pérdidas y sus causas durante la construcción del edificio multifamiliar en base al análisis realizado en el ítem anterior.

Tabla 12.

Resumen de la identificación de las pérdidas y las causas de las mismas.

Categoría de pérdida	Pérdida	Causas
Pérdidas de material	1. Residuos materiales	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de definición de los materiales a emplear en el proyecto. - Falta de proceso riguroso para la contratación de contratistas que provean mano de obra calificada. - Falta de supervisión en el consumo de materiales durante la ejecución de la actividad.
	2. Uso no óptimo del material	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de planificación a medio plazo que aceleró la producción para cumplir con los plazos. - Falta de proceso riguroso para la contratación de contratistas que provean mano de obra calificada. - Falta de supervisión en el consumo de materiales durante la ejecución de la actividad.
	3. Uso no óptimo de la maquinaria, la energía o la mano de obra	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de pago al contratista para que pueda contratar mano de obra adicional o mejor calificada. - Falta de supervisión del material y maquinarias que provee el contratista para ejecutar las actividades. - Falta de proceso riguroso para la contratación de contratistas que provean mano de obra calificada.
Pérdidas de tiempo	Pérdidas en el flujo de trabajo	
	1. Desplazamientos innecesarios (de personas)	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de programación acorde a un tren de actividades. - Falta de una estructuración de trabajo que permita realizar una programación realista. - Falta de planificación a medio plazo para identificar las partidas que deben involucrarse y levantar sus restricciones.
	2. Trabajo innecesario	-
	3. Trabajo ineficaz	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de planificación a medio plazo para identificar las partidas que deben involucrarse y levantar sus restricciones. - Falta de personal en el staff de obra que pueda supervisar la calidad de las actividades del contratista. - Falta de una estructuración de trabajo que permita realizar una programación realista. - Falta de una comunicación eficiente que involucre a las partes involucradas en la ejecución de las actividades.
4. En espera	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de planificación a medio plazo para identificar las partidas que deben involucrarse y levantar sus restricciones. - Falta de planificación a corto plazo para identificar las partidas que deben involucrarse y levantar sus restricciones en la etapa de acabados húmedos y secos. 	

	Pérdidas en el flujo de productos	
	1. Espacio no trabajado.	- Falta de programación acorde a un tren de actividades. - Falta de una programación que genere un flujo de trabajo confiable. - Falta de planificación a medio plazo para identificar las partidas que deben involucrarse y levantar sus restricciones. - Falta de planificación a medio plazo para identificar las partidas que deben involucrarse y solicitar el material.
	2. Materiales no procesados.	- Falta de planificación a medio plazo para identificar las partidas que deben involucrarse y solicitar el material.
	3. Transporte innecesario.	-
Pérdidas de valor	1. Falta de calidad	- Falta de personal en el staff de obra que pueda supervisar la calidad de las actividades del contratista. - Falta de planificación a medio plazo que aceleró la producción para cumplir con los plazos.
	2. Falta de uso previsto	- Falta de planificación a medio plazo para identificar las partidas que deben involucrarse y solicitar el material.
	3. Emisiones nocivas	-

Nota. Elaboración propia.

A partir de la Tabla doce, se observa que hay causas que se repiten en diferentes pérdidas identificadas. Con el objetivo de presentar de manera más concisa y enfocada las causas fundamentales, se ha generado el siguiente listado:

- Falta de definición de los materiales a emplear en el proyecto.
- Falta de proceso riguroso para la contratación de contratistas.
- Falta de determinación de residuos durante la ejecución de una actividad.
- Falta de control en la cantidad de material utilizado durante una actividad.
- Falta de pago al contratista.
- Falta de programación acorde a un tren de actividades.
- Falta de planificación a medio plazo.
- Falta de personal en el staff de obra.

Para finalizar con el capítulo se muestra la siguiente tabla con la recopilación de todas las pérdidas encontradas en la construcción del edificio multifamiliar mostrado en porcentaje:

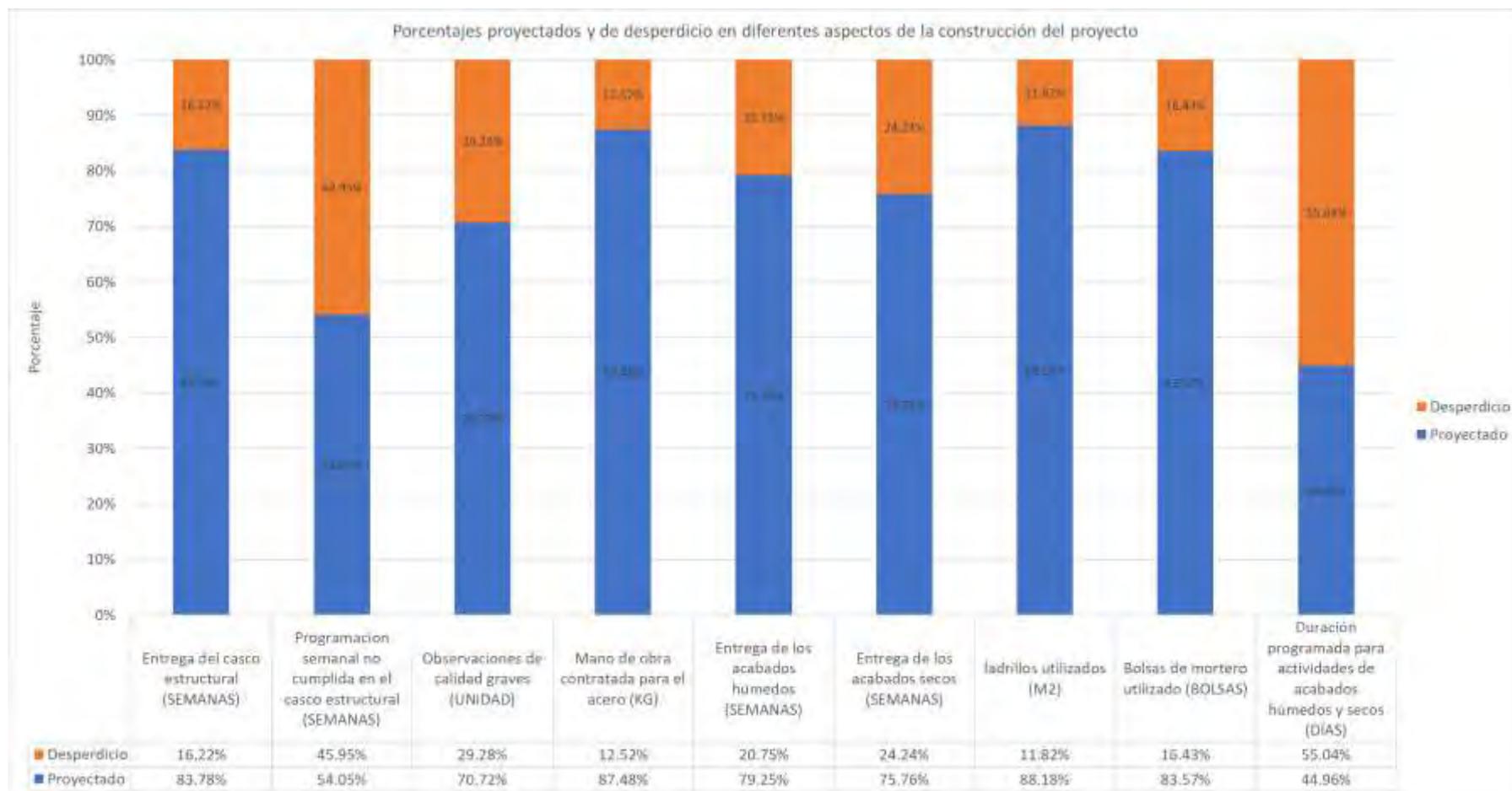


Figura 21: Porcentajes proyectados y de desperdicio en diferentes aspectos de la construcción del proyecto.

Elaboración propia.

Capítulo 4: SUGERENCIA DE HERRAMIENTAS

Con el objetivo de mitigar las pérdidas identificadas, es necesario abordar las causas subyacentes que las generan. Entonces resulta de vital importancia la implementación de las herramientas disponibles en el *lean project delivery system*, las cuales contribuirán significativamente a la mitigación de dichas pérdidas. A continuación, se presenta una sugerencia de herramientas y un ejemplo de su uso que pueden ser aplicadas para este fin.

4.1. Matriz de selección.

Esta matriz estructura de la siguiente manera: se registra la especialidad del contratista requerida, seguida de su nombre y costo. En la sección de ponderación, se incluyen los principales criterios relacionados con la actividad específica que desarrollará el contratista. Estos criterios pueden variar según el tipo de especialista o el proyecto en cuestión. Por último, se obtiene un puntaje total que se calcula multiplicando la calificación alcanzada en cada sección de criterios en función de la valoración asignada por la empresa. La selección del contratista se basa en la comparación del puntaje total y la tarifa profesional.

En primer lugar, para mitigar la falta de definición de los materiales a emplear en el proyecto, se plantea el uso de una matriz de selección. En este caso para la selección del material se consideran los siguientes criterios:

- Dificultad del acabado posterior a la instalación (5pts): Se debe evaluar la facilidad o dificultad de lograr el acabado deseado una vez que los ladrillos estén instalados, ya que el proceso de acabado puede ser especializado, mientras que otros pueden requerir menos esfuerzo.

- Propiedades técnicas (4pts): Es esencial analizar las propiedades técnicas del ladrillo, como su resistencia a la compresión, propiedades térmicas, propiedades acústicas y durabilidad. Estas características determinarán la idoneidad del ladrillo para cumplir las solicitudes requeridas para su uso y asegurar que se cumplan con los estándares de seguridad y calidad requeridos.
- Disponibilidad y costo (3pts): La disponibilidad del ladrillo en el mercado local y su costo son aspectos importantes que considerar. Es necesario asegurarse de que el ladrillo seleccionado esté fácilmente disponible en la cantidad requerida para el proyecto. Además, es fundamental evaluar su costo en relación con el presupuesto del proyecto y determinar si es una opción económica y viable.
- Proceso constructivo (2pts): Los ladrillos pueden requerir técnicas de instalación específicas o herramientas especializadas, lo que puede afectar el cronograma de construcción y los costos asociados. Es fundamental evaluar si el ladrillo seleccionado se adapta al proceso constructivo y si se puede instalar de manera eficiente y efectiva.
- Mano de obra necesaria (1pts): Los diferentes tipos de ladrillos pueden requerir habilidades y técnicas específicas para su colocación, lo que puede influir en el costo y la disponibilidad de la mano de obra calificada. Evaluar la experiencia y las habilidades necesarias para trabajar con el tipo de ladrillo seleccionado es esencial para garantizar una instalación exitosa.

Entonces el puntaje máximo que puede ser obtenido por un contratista es el siguiente:

$$Puntaje\ total = 5x5 + 5x4 + 5x3 + 5x2 + 5x1 = 75\ puntos$$

Tabla 13.

Resumen de la identificación de las pérdidas y las causas de las mismas.

Especialidad	Nombre	Costo por m2 (S/.)	Ponderación de criterios cualitativos (1 a 5)					Puntaje total	Selección
			Dificultad del acabado	Propiedades técnicas	Disponibilidad y costo	Proceso constructivo	Mano de obra		
			5	4	3	2	1		
			Desempeño						
Selección del tipo de tabiquería.	Tabiquería de arcilla	93.50	3	2	5	4	5	51	
	Tabiquería silico calcarea	84.56	5	4	3	4	3	61	OK

Nota. Elaboración propia.

En segundo lugar, para mitigar la falta de proceso riguroso para la selección de contratistas, se plantea el uso de una matriz de selección. En este caso para la selección de un contratista que ejecute la construcción del casco estructural del proyecto se consideran los siguientes criterios:

- Mano de obra (5pts): Es fundamental contar con un contratista que disponga de personal especializado y capacitado para llevar a cabo los trabajos de construcción sin comprometer la calidad. La experiencia y habilidades técnicas son primordiales para garantizar resultados satisfactorios.
- Capacidad financiera (4pts): El contratista debe tener una capacidad financiera sólida para respaldar el proyecto. Esto implica contar con los recursos necesarios para adquirir materiales, contratar y pagar a la mano de obra, así como cubrir otros gastos relacionados.
- Disponibilidad de personal (3pts): El contratista debe contar con la capacidad de asignar suficiente personal para iniciar y completar las actividades de acuerdo con el

cronograma establecido. La disponibilidad de mano de obra adecuada es importante para evitar retrasos y asegurar el cumplimiento de los plazos establecidos.

- Experiencia en la construcción de cascos estructurales similares (2pts): Es importante que el contratista cuente con un experiencia en la construcción de cascos estructurales de edificios similares. Esto demuestra su conocimiento y entendimiento de los desafíos específicos asociados a este tipo de construcción.
- Capacidad de gestión y comunicación (1pts): El contratista debe demostrar habilidades sólidas de gestión y comunicación. Así como, debe ser capaz de coordinar la programación y asignación de recursos del trabajo en el sitio.

Entonces el puntaje máximo que puede ser obtenido por un contratista es el siguiente:

$$Puntaje\ total = 5x5 + 5x4 + 5x3 + 5x2 + 5x1 = 75\ puntos$$

Tabla 14.

Matriz de selección para la contratación del contratista en la construcción del casco estructural.

Especialidad	Nombre	Costo profesional (S/.)	Ponderación de criterios cualitativos (1 a 5)					Selección	
			Mano de obra	Capacidad financiera	Disponibilidad de personal	Experiencia	Capacidad		
			5	4	3	2	1		
			Desempeño						
Mano de obra para construcción de casco estructural.	Contratista 1	300'000,00	4	2	3	3	4	47	OK
	Contratista 2	350'000,00	3	5	3	4	1	50	
	Contratista 3	250'000,00	2	3	2	3	3	35	

Nota. Elaboración propia.

4.2. Kanban

Esta herramienta se estructura de la siguiente manera: se registra en una ficha el nombre de la actividad a realizar, la cantidad de material necesario para ejecutarla, la especificación del material y donde se debe utilizar. Con esto se busca estandarizar la cantidad de material utilizado en cada actividad para mantener un control de este y evitar un elevado consumo que no sea eficiente.

Entonces, para mitigar la falta de control en la cantidad de material utilizado durante una actividad se propone la siguiente ficha *kanban* para limitar y controlar el uso de ladrillo silico calcáreo y mortero durante la construcción de la tabiquería, que fue la actividad que genero mayor desperdicio respecto a lo presupuestado.

MATERIALES TABIQUERIA SEGUNDO PISO

MATERIAL	UND	CANTIDAD
Tabique silico calcáreo P7	und	58
Tabique silico calcáreo P10	und	1084
Tabique silico calcáreo P12	und	479
Tabique silico calcáreo P14	und	528
Mortero grueso para asentado	bls	171
Concreto liquido	bls	55
Mortero fino para solaqueo	bls	81

Figura 22: Ficha *kanban* para limitar el consumo de materiales durante la tabiquería.

Elaboración propia.

4.3. Tren de actividades

Esta herramienta adecuadamente aplicada brinda un enfoque basado un sistema balanceado de producción constante, donde las cuadrillas de trabajo realizan una cantidad similar de trabajo diariamente con los mismos recursos. El tren de actividades optimiza flujos de trabajo, permite un monitoreo global de la producción y maximiza la eficiencia del sistema. En el contexto de la construcción de edificios multifamiliares, la sectorización del área de trabajo, la secuenciación de actividades y la asignación adecuada de recursos son pasos clave.

Entonces se muestra el desarrollo de un tren de actividades para la construcción del edificio multifamiliar. Primero se procederá con la sectorización de las partidas del casco estructural para luego continuar con la sectorización de los acabados.

En relación con la construcción del muro pantalla, para el primer anillo se consideró llevar a cabo una excavación masiva con el fin de descubrir la zona de trabajo. Esta excavación tendría banquetas a lo largo de todo el perímetro y una rampa de acceso para la perforadora. La profundidad de la excavación fue establecida en 4.20 metros, teniendo en cuenta la altura de los paños diseñada por el especialista, así como el traslape de los aceros utilizados en los muros pantalla del segundo anillo. Además, se planifico el uso de una excavadora de 18hp, ya que el terreno abarca una superficie de 320m². Se estima que esta excavadora podrá eliminar hasta 20 volquetes de 8 m³ en un solo día siendo el volumen por retirar para el primer anillo es de 731.43 m³ con lo que se calculan cinco días para eliminar todo el material. Por otro lado, se considera que la perforadora encargada de inyectar los cables y el bulbo de concreto será capaz de realizar tres perforaciones diarias. De esta manera, se completarán las doce perforaciones necesarias para el primer anillo en un plazo de cuatro días. Por último, se ha programado la construcción de dos muros pantalla por día. Se establece que el día en que se abre un paño del

muro pantalla, se llevarán a cabo una serie de tareas que incluyen su apertura, perfilado, colocación de acero, instalación de sistemas sanitarios y eléctricos, encofrado, apuntalamiento y vaciado de concreto armado. Estas tareas se completarán en el mismo día, y al día siguiente se procederá al desencofrado. Siguiendo este cronograma, se espera finalizar la construcción del primer anillo en quince jornadas laborales.

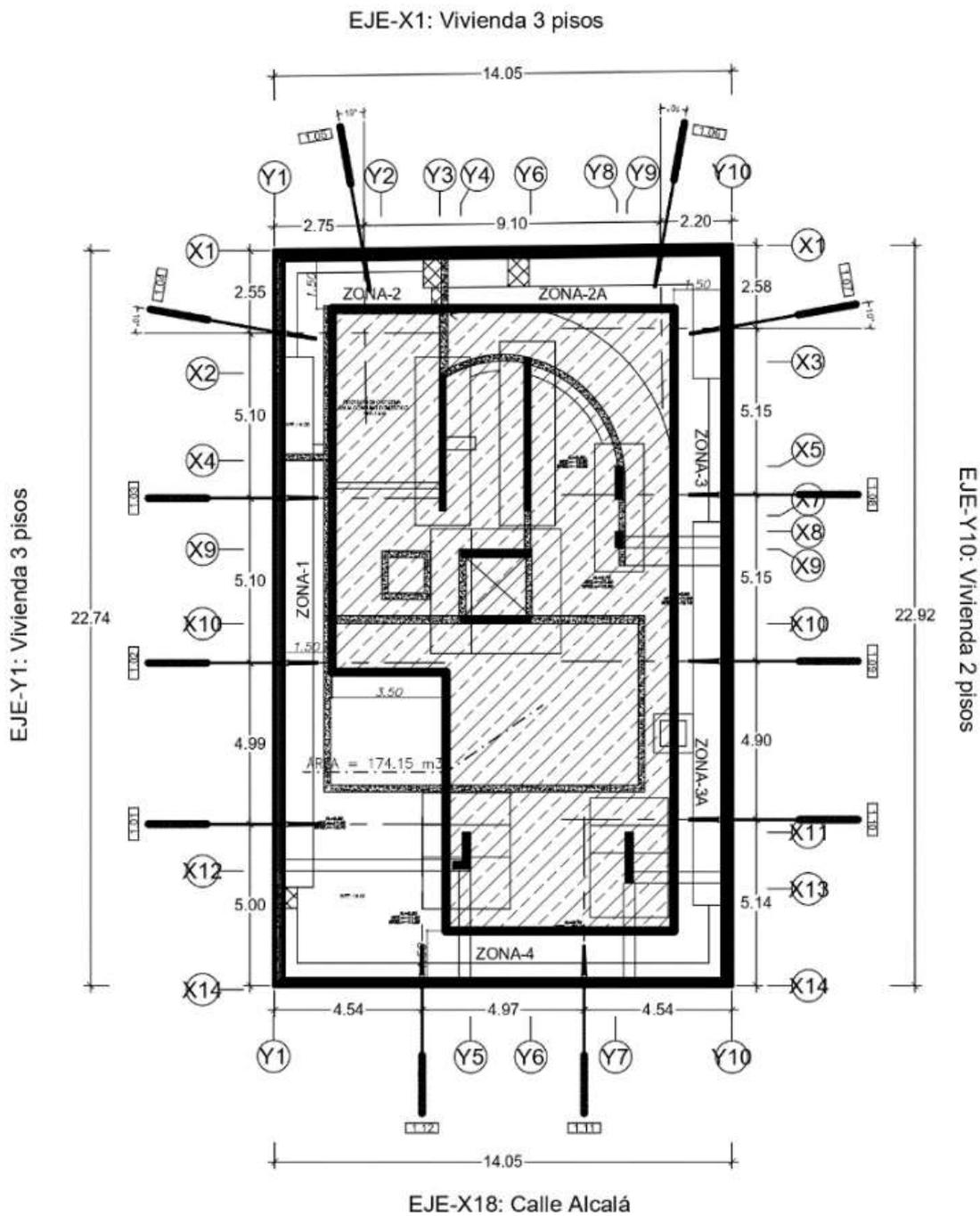


Figura 23: Plano de muro pantalla del primer anillo incluyendo el área de la excavación masiva.

Elaboración propia.

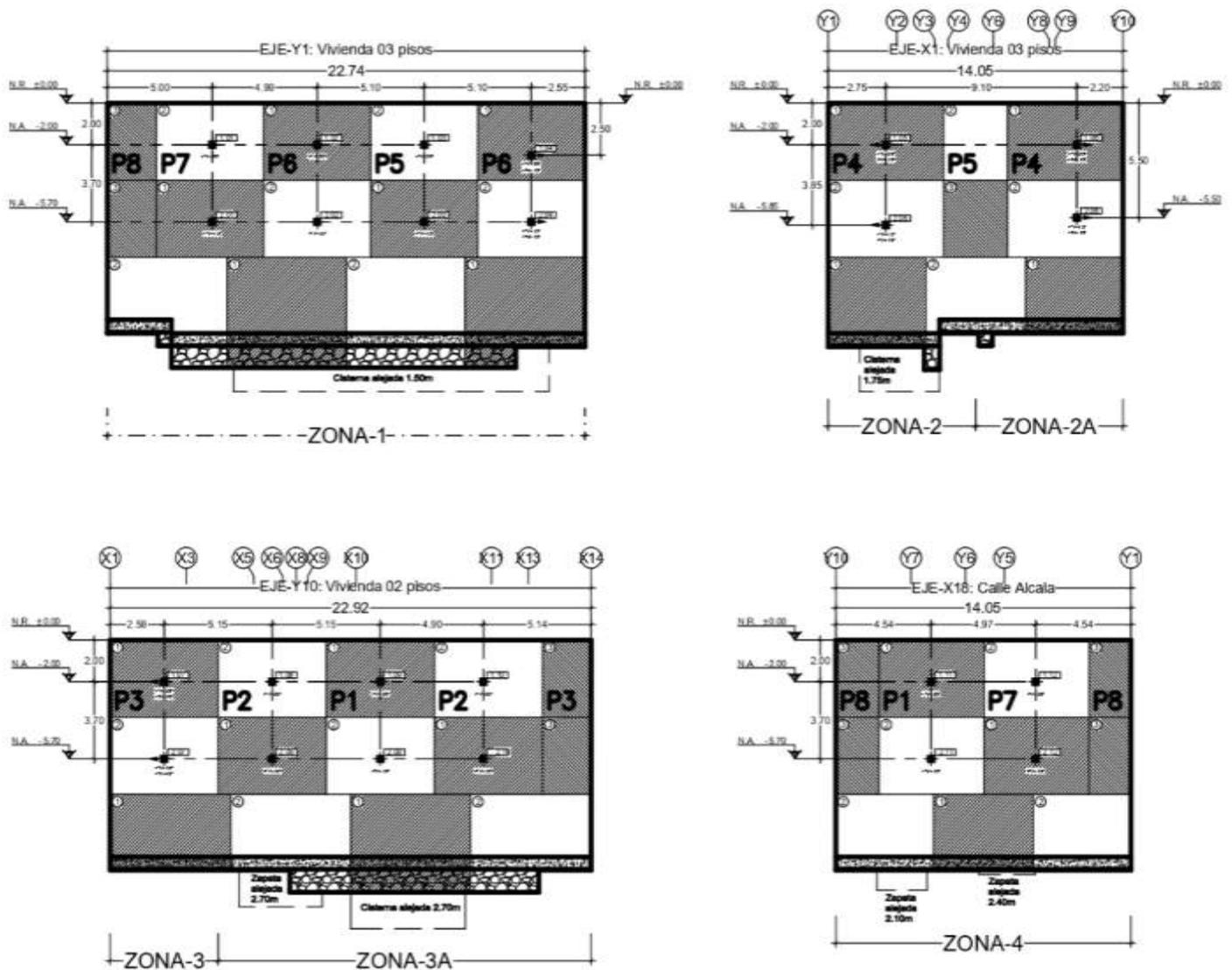


Figura 24: Elevaciones por zonas de los muros pantalla y planificación de los paños a trabajar.

Elaboración propia.

En relación con el segundo anillo del muro pantalla, se consideraron los mismos criterios para llevar a cabo la excavación masiva, la rampa de acceso, la profundidad de la excavación, el uso de una excavadora de 18hp, el número m³ a eliminar en un solo día, la cantidad de inyecciones de la perforadora y la programación de la construcción de muros pantalla por día. El volumen por retirar para el segundo anillo es de 643.10 m³ con lo que se

calculan cuatro días para eliminar todo el material. Siguiendo este cronograma, se espera finalizar la construcción del segundo anillo en un total de trece jornadas laborales.

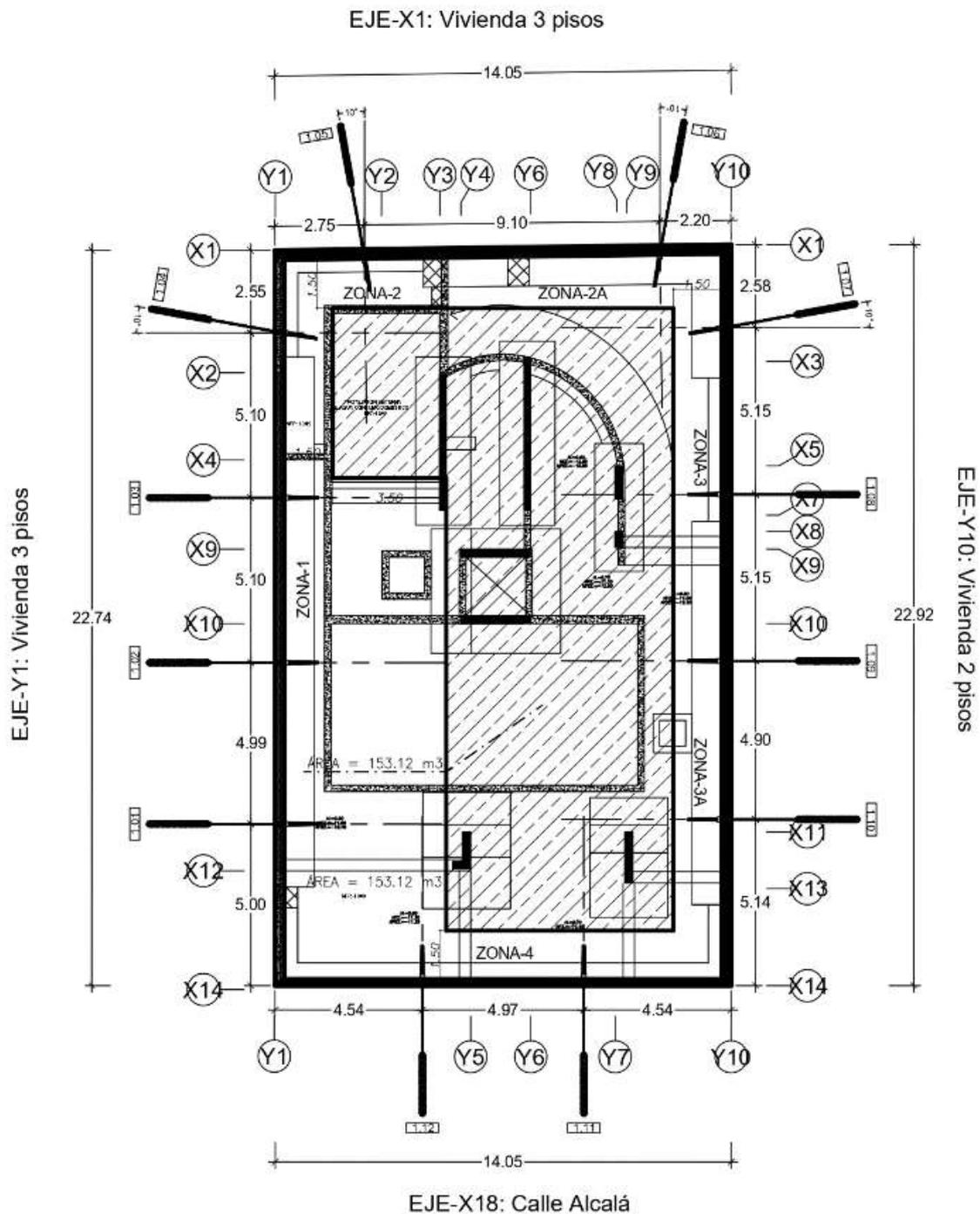


Figura 25: Plano de muro pantalla del segundo anillo incluyendo el área de la excavación masiva.

Elaboración propia.

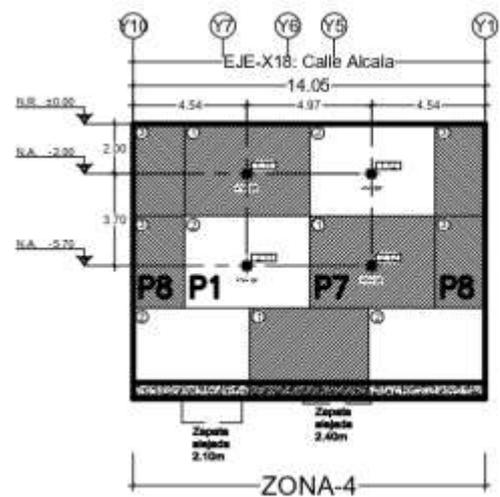
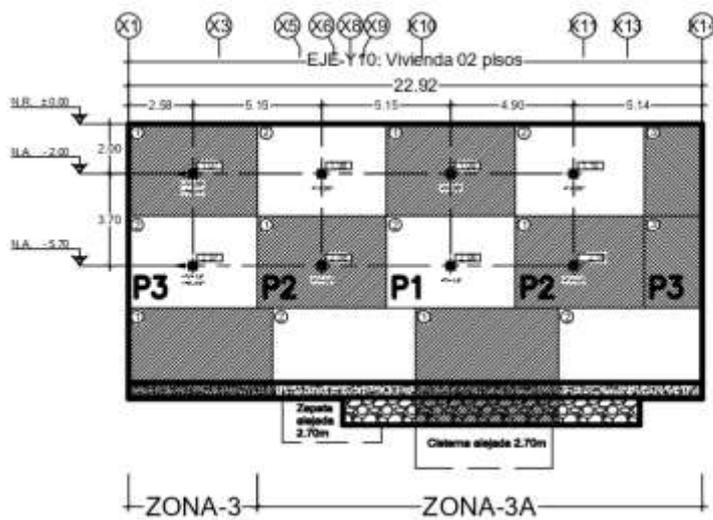
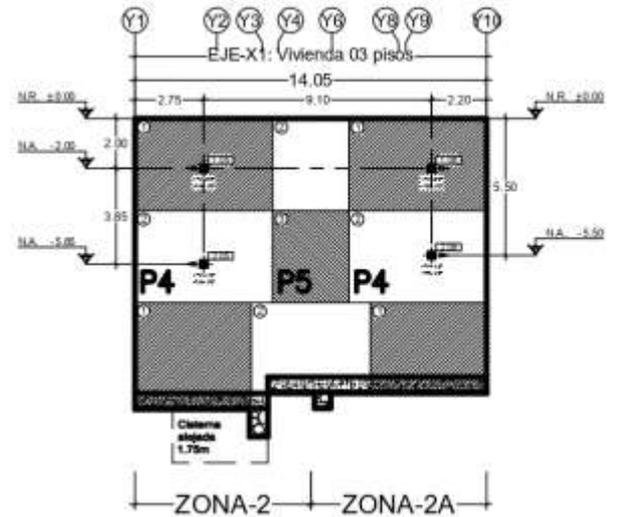
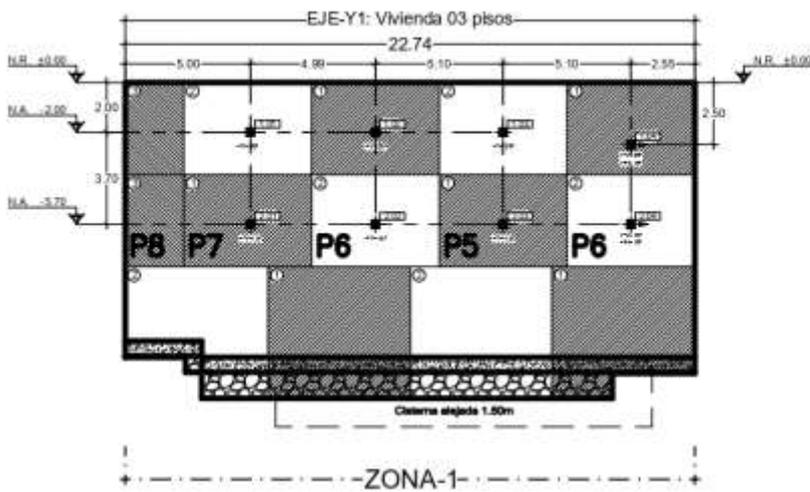


Figura 26: Elevaciones por zonas de los muros pantalla y planificación de los paños a trabajar.

Elaboración propia.

En relación con el tercer anillo del muro pantalla, se consideró llevar a cabo una excavación masiva con el fin de descubrir la zona de trabajo. Esta excavación tendría banquetas a lo largo de todo el perímetro. La profundidad de la excavación fue establecida en 4.30 metros, teniendo en cuenta la altura de los paños diseñada por el especialista y el nivel de los cimientos corridos. Además, se planificó el uso de dos excavadoras de 18hp, una estando en la zona de la excavación y la otra a nivel de calle. Se estima que de esta manera se podrá eliminar hasta

15 volquetes de 8 m³ en un solo día siendo el volumen por retirar para el tercer anillo de 869.12 m³ con lo que se calculan ocho días para eliminar todo el material. Por último, se ha programado la construcción de dos muros pantalla por día. Se establece que el día en que se abre un paño del muro pantalla, se ejecutarán una serie de tareas que incluyen su apertura, perfilado, colocación de acero, instalación de sistemas sanitarios y eléctricos, encofrado, apuntalamiento y vaciado de concreto armado. Estas tareas se completarán en el mismo día, y al día siguiente se procederá al desencofrado. Siguiendo este cronograma, se espera finalizar la construcción del primer anillo en quince jornadas laborales.



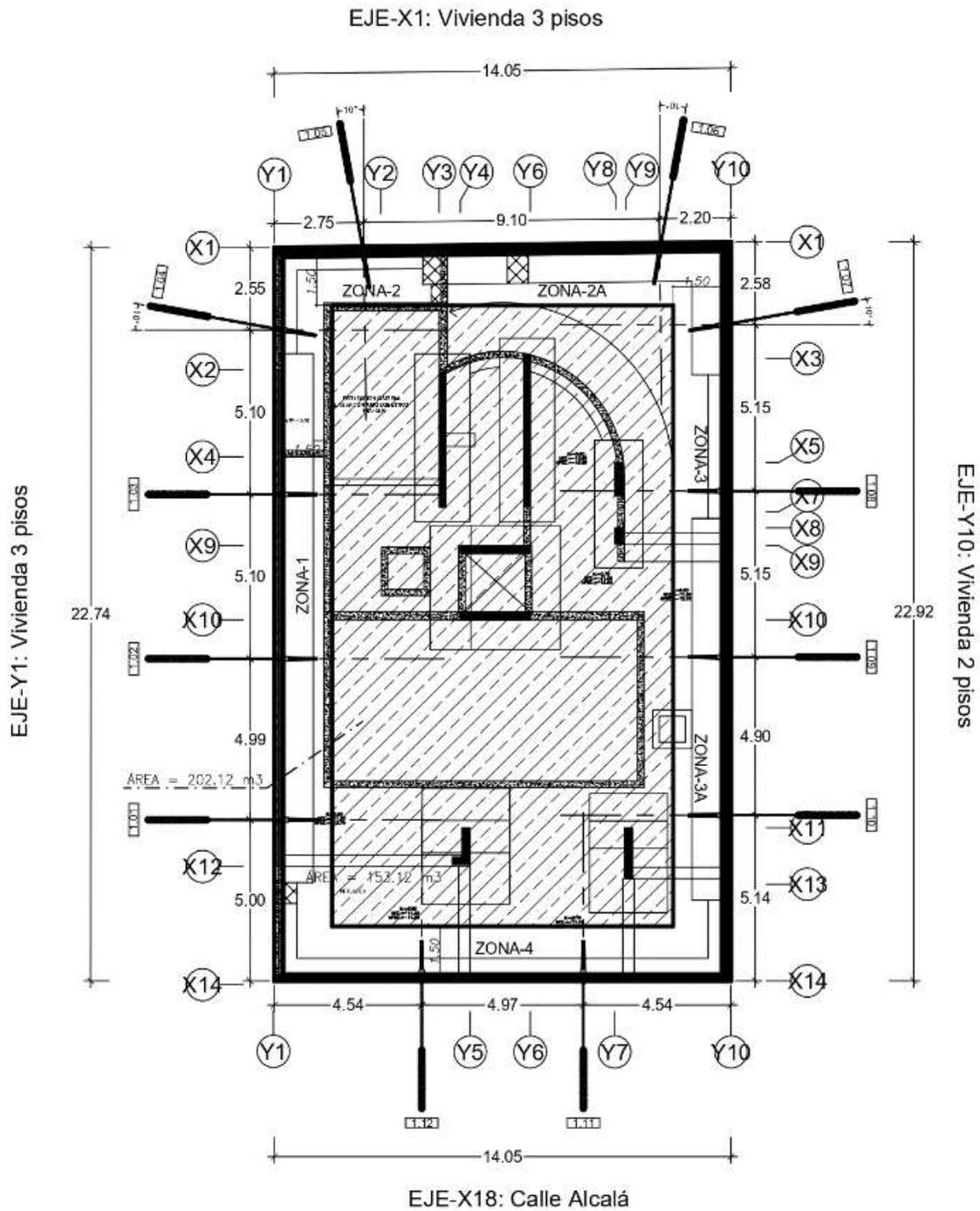


Figura 27: Plano de muro pantalla del segundo anillo incluyendo el área de la excavación masiva.

Elaboración propia.

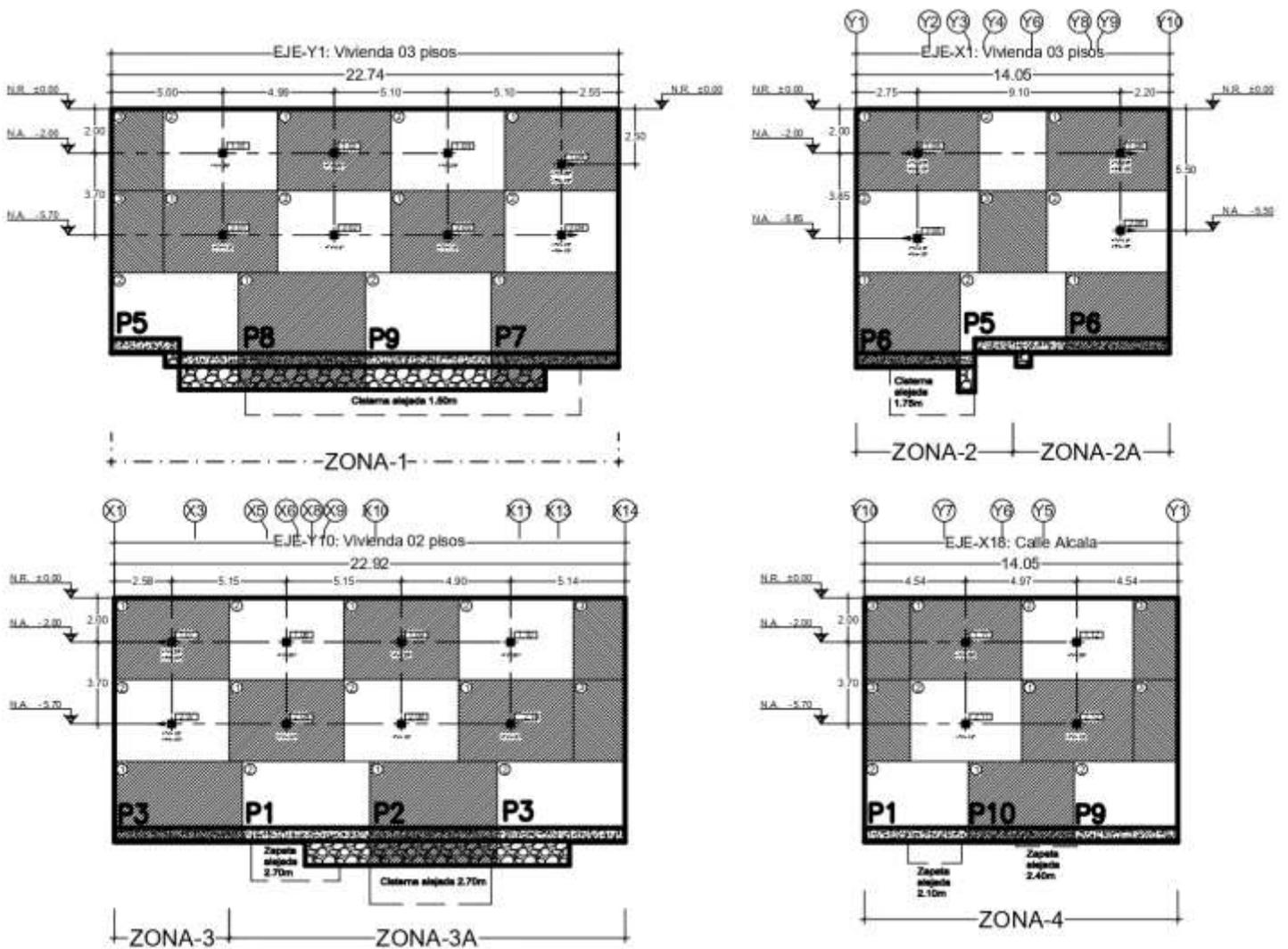
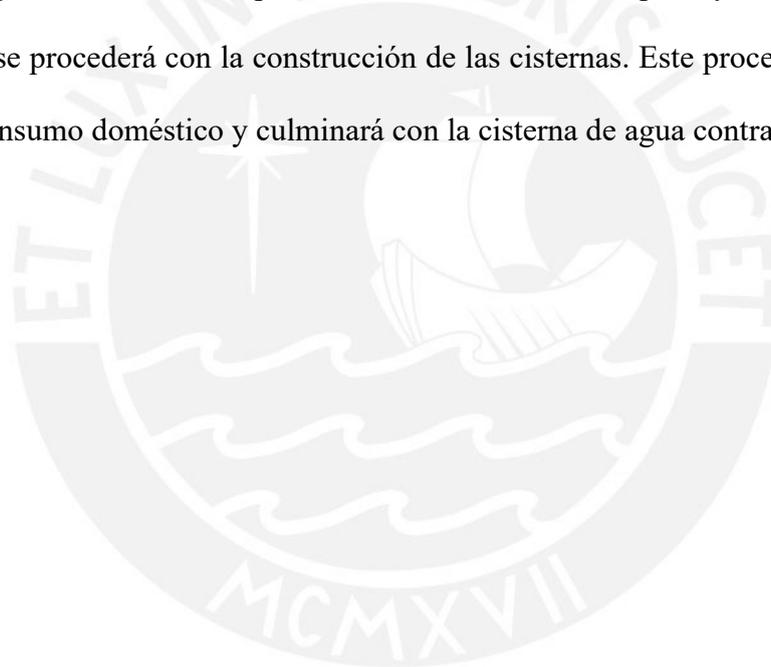


Figura 28: Elevaciones por zonas de los muros pantalla y planificación de los paños a trabajar.

Elaboración propia.

Con base en la información recopilada, se ha diseñado un detallado tren de actividades que abarca toda la etapa de construcción de los muros pantalla, siguiendo las consideraciones planteadas con el propósito de asegurar un trabajo ininterrumpido y permitiendo que cada sector sea abordado de manera simultánea. A continuación, se muestra el tren de actividades planificado para los muros pantalla, desglosado por nivel anillo:

En relación con las cimentaciones y la cisterna, se implementó una estrategia para dividir las zapatas en cuatro sectores con el objetivo de acelerar la finalización de la cimentación de las cisternas y permitir la construcción de su estructura de manera oportuna. Se ha determinado que la excavación masiva para las cimentaciones ya no es un factor crítico a considerar, dado que la cantidad de material a eliminar es significativamente menor en comparación con la construcción del muro pantalla. Para asegurar una mayor eficiencia en el proceso, se ha planificado llevar a cabo la excavación localizada, el perfilado y los solados de las zapatas en un solo día, seguido por el armado de acero, el encofrado y el vaciado de las zapatas al día siguiente. Se irán completando los sectores de las zapatas y cuando se finalice el sector de estas, se procederá con la construcción de las cisternas. Este proceso se iniciará con la cisterna de consumo doméstico y culminará con la cisterna de agua contra incendios.



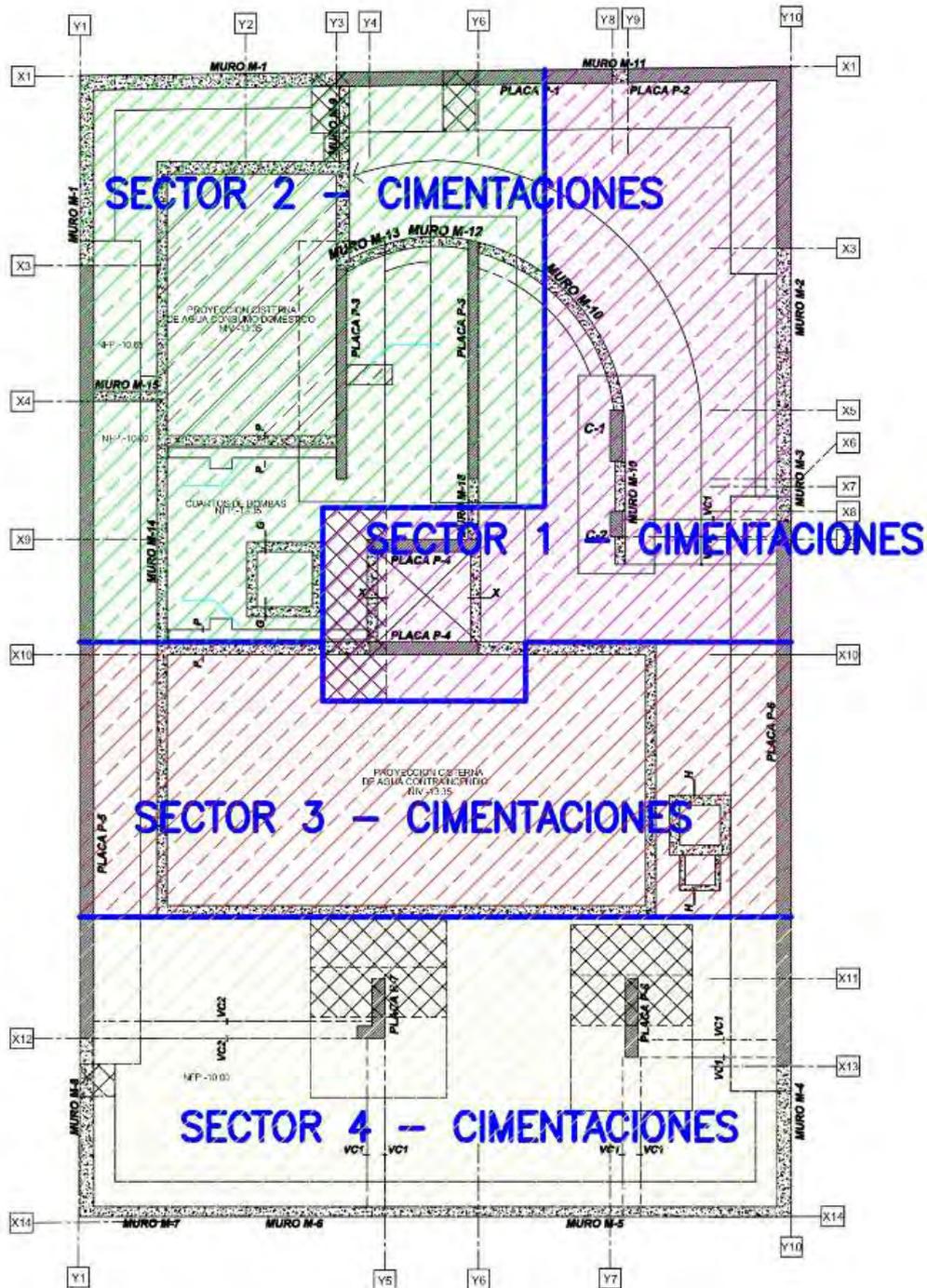


Figura 30: Sectorización de las cimentaciones para la construcción del proyecto.

Elaboración propia.

Una vez finalizada esta fase, se dará paso a la ejecución de la estructura correspondiente al encofrado del tercer sótano hasta el encofrado del sótano 1. Con el objetivo de lograr una

distribución equitativa de la carga de trabajo y garantizar la construcción simultánea de los diferentes sectores sin retrasos, se ha llevado a cabo una nueva sectorización de todos los niveles.

Tabla 15.

Distribución de las partidas para la sectorización del sótano dos.

Partida	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Und
Concreto vertical	4.56	6.98	5.02	m3
Encofrado vertical	41.28	53.90	52.62	m2
Acero vertical	729.03	652.65	501.72	kg
Concreto horizontal	14.60	17.85	13.83	m3
Encofrado horizontal	142.57	118.05	72.61	m2
Acero horizontal	1'017.00	1'705.13	1'577.64	kg

Nota. Elaboración propia.

Tabla 16.

Distribución de las partidas para la sectorización del semisótano. Agregar formato a los numeros

Partida	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Und
Concreto vertical	5.28	6.98	5.23	m3
Encofrado vertical	56.56	53.90	50.46	m2
Acero vertical	594.82	652.65	496.31	kg
Concreto horizontal	13.23	12.25	12.26	m3
Encofrado horizontal	110.16	117.05	106.93	m2
Acero horizontal	1'133.48	833.45	680.79	kg

Nota. Elaboración propia.

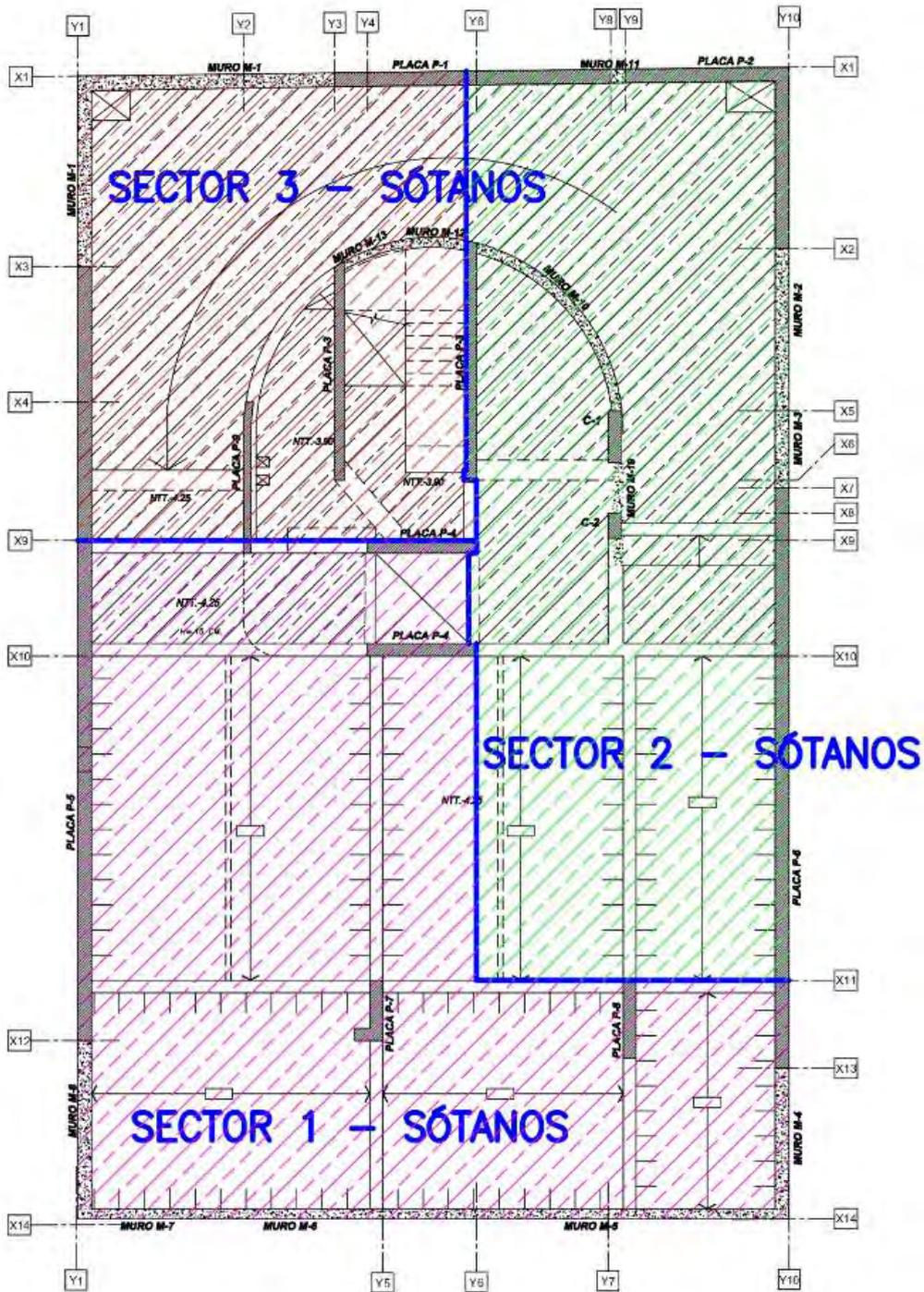


Figura 31: Sectorización desde el encofrado del sótano 3 hasta el sótano 1 para la construcción del proyecto.

Elaboración propia.

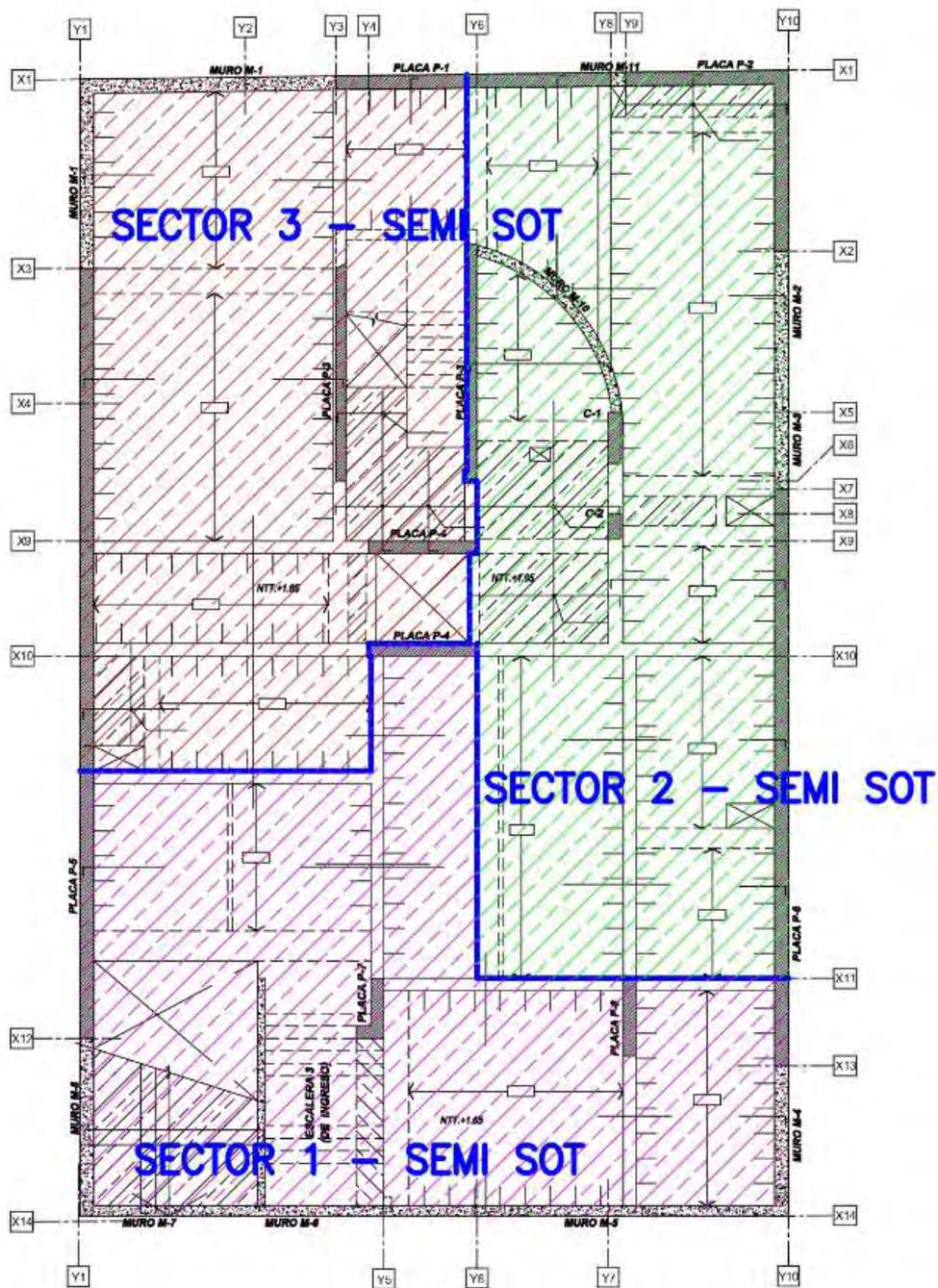


Figura 32: Sectorización del encofrado del semisótano para la construcción del proyecto.

Elaboración propia.

En la tabla quince se muestra la distribución de las diferentes partidas para la sectorización desde el encofrado del sótano tres al uno. Estos valores indican la proporción de

trabajo asignada a cada sector en términos de concreto vertical, encofrado vertical, acero vertical, concreto horizontal, encofrado horizontal y acero horizontal. La figura treinta ilustra la sectorización desde el encofrado del sótano 3 hasta el sótano 1 para la construcción del proyecto. De manera similar, en la tabla dieciséis se presenta la distribución de las partidas para la sectorización del semisótano. Esta distribución incluye los sectores 1, 2 y 3, y se refiere a la proporción de trabajo asignada a cada sector en términos de concreto vertical, encofrado vertical, acero vertical, concreto horizontal, encofrado horizontal y acero horizontal. La figura 31 muestra la sectorización del encofrado del semisótano para la construcción del proyecto.

Para asegurar una mayor eficiencia en el proceso constructivo, se ha establecido un plan de trabajo. En primer lugar, se realizará el armado de acero vertical y las instalaciones eléctricas y sanitarias en el mismo día, seguido del encofrado y vaciado de los elementos verticales. Posteriormente, se llevará a cabo el encofrado de los elementos horizontales, seguido del armado de acero horizontal y las instalaciones eléctricas y sanitarias, también en el mismo día. Al día siguiente, se procederá al vaciado de concreto y al acabado del piso, completando así la construcción de todo un nivel de sótano.

Con esta distribución equilibrada de tareas, se logrará una progresión uniforme y eficiente en la construcción de los sectores, evitando posibles retrasos. Como resultado, se podrá finalizar la construcción de un nivel de sótano cada siete días, manteniendo un ritmo constante y asegurando un avance adecuado del proyecto. A continuación, se presenta el tren de actividades planificado para la construcción de las cimentaciones, cisterna y sótanos:

TREN DE ACTIVIDADES	CRONOGRAMA MASTER																													
	PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO MULTIFAMILIAR																													
	ELABORADO POR:																													
	REVISADO POR:																													
ACTIVIDADES	UND	SEMANA 7					SEMANA 8					SEMANA 9					SEMANA 10					SEMANA 11					SEMANA 12			
		1/11	2/11	3/11	4/11	5/11	8/11	9/11	10/11	11/11	12/11	15/11	16/11	17/11	18/11	19/11	22/11	23/11	24/11	25/11	26/11	29/11	30/11	1/12	2/12	3/12	6/12	7/12	8/12	9/12
CASCO ESTRUCTURAL																														
CIMENTACIONES Y CISTERNA																														
ZAPATAS - EXCAVACION MASIVA	m3					CIM	CIM	CIM	CIM																					
ZAPATAS - EXCAVACION LOCALIZADA	m3							Z1	Z2	Z3	Z4																			
ZAPATAS - PERIFILADO	und							Z1	Z2	Z3	Z4																			
ZAPATAS - SOLADO	m2							Z1	Z2	Z3	Z4																			
ZAPATAS - ACERO	kg								Z1	Z2	Z3	Z4																		
ZAPATAS - ENCOFRADO	m2								Z1	Z2	Z3	Z4																		
ZAPATAS - VACIADO	m3								Z1	Z2	Z3	Z4																		
CISTERNA - ACERO	kg												CIST	CIST																
CISTERNA - IIEE IISS	m2												CIST	CIST																
CISTERNA - ENCOFRADO	m2													CIST	CIST															
CISTERNA - VACIADO PLACAS Y FONDO	m3													CIST	CIST															
CISTERNA - ENCOFRADO LOSA	m3														CIST	CIST														
CISTERNA - ACERO LOSA	kg														CIST	CIST														
CISTERNA - IIEE IISS LOSA	m3														CIST	CIST	CIST													
CISTERNA - VACIADO LOSA	m3															CIST	CIST	CIST												
ESTRUCTURA SOTANOS																														
VERTICAL - ACERO	kg														S3-S1	S3-S2	S3-S3	S2-S1	S2-S2	S2-S3	S1-S1	S1-S2	S1-S3	SS-S1	SS-S2	SS-S3				
VERTICAL - IIEE IISS	Glb														S3-S1	S3-S2	S3-S3	S2-S1	S2-S2	S2-S3	S1-S1	S1-S2	S1-S3	SS-S1	SS-S2	SS-S3				
VERTICAL - ENCOFRADO	m2														S3-S1	S3-S2	S3-S3	S2-S1	S2-S2	S2-S3	S1-S1	S1-S2	S1-S3	SS-S1	SS-S2	SS-S3				
VERTICAL - VACIADO	m3														S3-S1	S3-S2	S3-S3	S2-S1	S2-S2	S2-S3	S1-S1	S1-S2	S1-S3	SS-S1	SS-S2	SS-S3				
HORIZONTAL - ENCOFRADO LOSA Y VIGAS	m2															S3-S1	S3-S2	S3-S3	S2-S1	S2-S2	S2-S3	S1-S1	S1-S2	S1-S3	SS-S1	SS-S2	SS-S3			
HORIZONTAL - ACERO LOSA Y VIGAS	kg															S3-S1	S3-S2	S3-S3	S2-S1	S2-S2	S2-S3	S1-S1	S1-S2	S1-S3	SS-S1	SS-S2	SS-S3			
HORIZONTAL - IIEE IISS	Glb															S3-S1	S3-S2	S3-S3	S2-S1	S2-S2	S2-S3	S1-S1	S1-S2	S1-S3	SS-S1	SS-S2	SS-S3			
HORIZONTAL - VACIADO	m3															S3-S1	S3-S2	S3-S3	S2-S1	S2-S2	S2-S3	S1-S1	S1-S2	S1-S3	SS-S1	SS-S2	SS-S3			
HORIZONTAL - ACABADO CONTRAPISO	m2															S3-S1	S3-S2	S3-S3	S2-S1	S2-S2	S2-S3	S1-S1	S1-S2	S1-S3	SS-S1	SS-S2	SS-S3			

Figura 33: Tren de actividades para la construcción de las cimentaciones, cisternas y sótanos.

Elaboración propia.

Completada la sub estructura, se procederá a construir la super estructura. Los planos de los pisos superiores son en su mayoría similares. Por lo tanto, se ha llevado a cabo la medición y cálculo del encofrado para el tercer piso de manera representativa de los pisos superiores, con el objetivo de distribuir las tareas a ejecutar de manera eficiente. Se han establecido cinco sectores, y se construirá un nivel completo cada ocho días hasta alcanzar el encofrado del noveno piso. En el caso de la construcción de la azotea se redujo un sector porque se redujo el área techadas como se puede observar en la figura 34.

Tabla 17.

Distribución de las partidas para la sectorización de los pisos superiores.

Partida	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Sector 4	Sector 5	Und
Concreto vertical	8.06	4.66	6.82	6.10	6.13	m3
Encofrado vertical	81.59	60.76	69.83	62.97	62.23	m2
Acero vertical	667.46	729.03	882.78	1'111.78	975.70	kg
Concreto horizontal	4.67	6.39	7.59	4.67	8.41	m3
Encofrado horizontal	45.08	56.29	53.30	43.44	62.90	m2
Acero horizontal	346.11	580.97	858.29	385.23	803.05	kg

Nota. Elaboración propia.

Con esta distribución equilibrada de tareas, se logrará una progresión uniforme y eficiente en la construcción de los sectores, evitando posibles retrasos. Como resultado, se podrá finalizar la construcción de un piso cada ocho días, manteniendo un ritmo constante y asegurando un avance adecuado del proyecto.

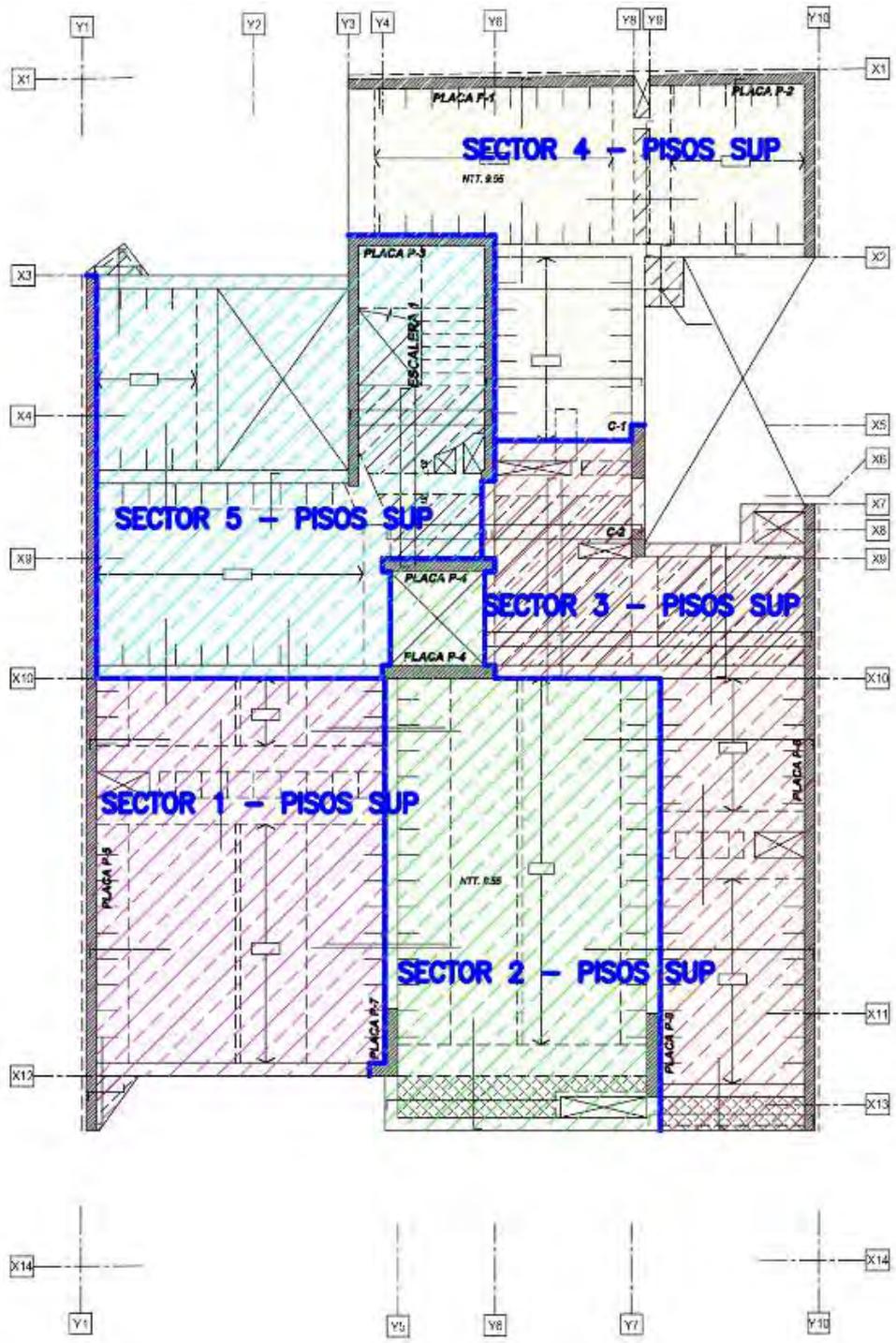


Figura 34: Sectorización desde el encofrado del piso 1 hasta el piso 9 para la construcción del proyecto.

Elaboración propia.

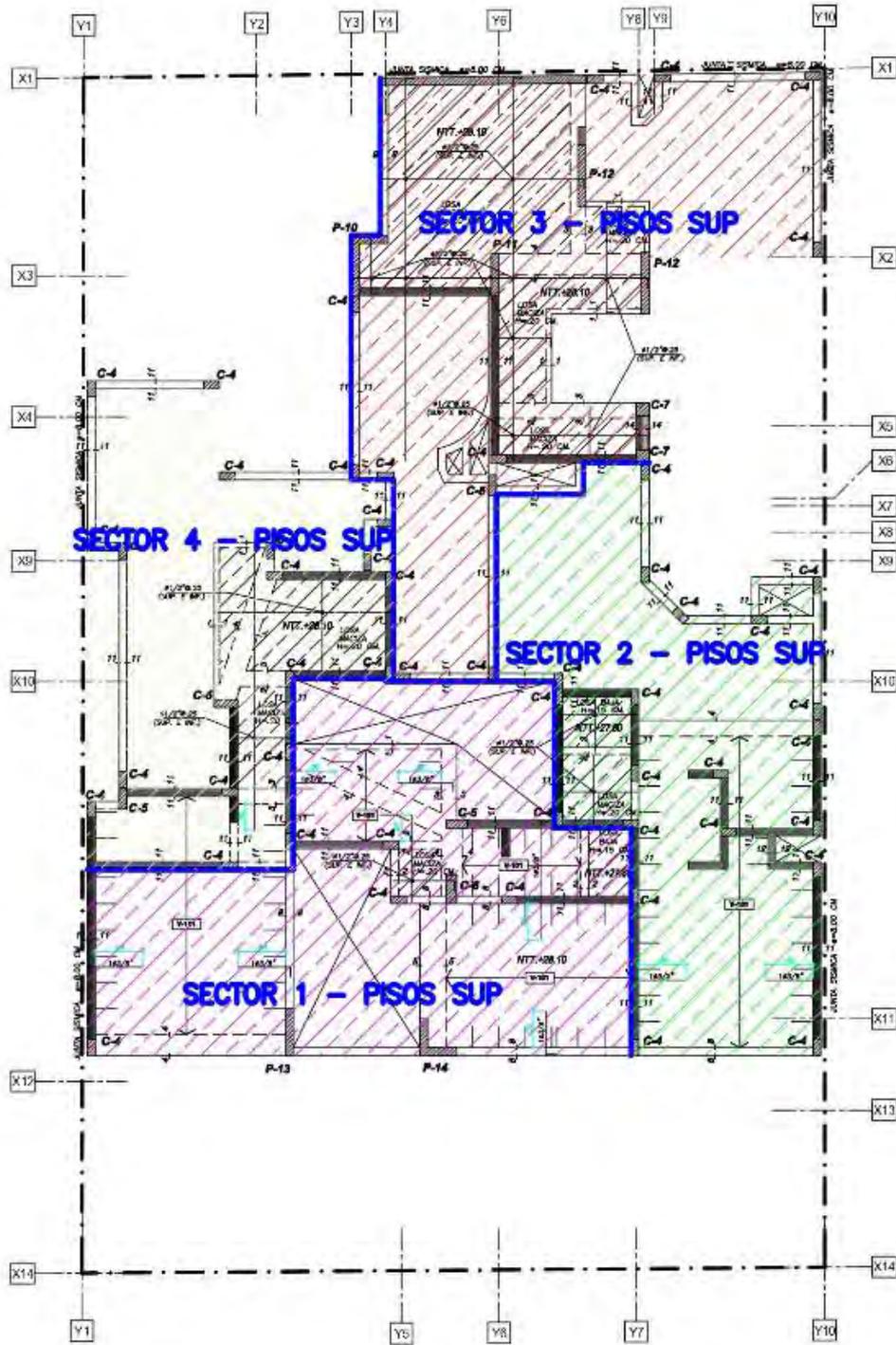


Figura 35: Sectorización desde el encofrado de la azotea para la construcción del proyecto.

Elaboración propia.

A continuación, se presenta el tren de actividades planificado para la construcción de los pisos superiores:

TREN DE ACTIVIDADES	CRONOGRAMA MASTER																	
	PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO MULTIFAMILIAR																	
	ELABORADO POR:																	
	REVISADO POR:																	
ACTIVIDADES	UND	SEMANA 12					SEMANA 13					SEMANA 14					SE	
		6/12	7/12	8/12	9/12	10/12	13/12	14/12	15/12	16/12	17/12	20/12	21/12	22/12	23/12	24/12	27/12	28/12
CASCO ESTRUCTURAL																		
TORRE																		
SECUENCIA																		
VERTICAL - ACERO	kg				P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P1-S5	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4
VERTICAL - IIEE IISS	Glb				P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P1-S5	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P3-S1	P3-S2	P3-S3	P3-S4
VERTICAL - ENCOFRADO	m2					P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P1-S5	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P3-S1	P3-S2	P3-S3
VERTICAL - VACIADO	m3					P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P1-S5	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P3-S1	P3-S2	P3-S3
HORIZONTAL - ENCOFRADO LOSA Y VIGAS	m2					P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P1-S5	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P3-S1	P3-S2	
HORIZONTAL - ACERO LOSA Y VIGAS	kg					P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P1-S5	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P3-S1	P3-S2	
HORIZONTAL - IIEE IISS	Glb					P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P1-S5	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P3-S1	P3-S2	
HORIZONTAL - VACIADO	m3						P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P1-S5	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P3-S1	
HORIZONTAL - ACABADO CONTRAPISO	m2						P1-S1	P1-S2	P1-S3	P1-S4	P1-S5	P2-S1	P2-S2	P2-S3	P2-S4	P2-S5	P3-S1	



MANA 15			SEMANA 16					SEMANA 17					SEMANA 18					SEMANA 19					SE	
29/12	30/12	31/12	3/1	4/1	5/1	6/1	7/1	10/1	11/1	12/1	13/1	14/1	17/1	18/1	19/1	20/1	21/1	24/1	25/1	26/1	27/1	28/1	31/1	1/2
P3-S5	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4	P4-S5	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4	P5-S5	P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4	P6-S5	P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4	P7-S5	P8-S1	P8-S2	P8-S3	P8-S4
P3-S5	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4	P4-S5	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4	P5-S5	P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4	P6-S5	P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4	P7-S5	P8-S1	P8-S2	P8-S3	P8-S4
P3-S4	P3-S5	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4	P4-S5	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4	P5-S5	P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4	P6-S5	P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4	P7-S5	P8-S1	P8-S2	P8-S3
P3-S4	P3-S5	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4	P4-S5	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4	P5-S5	P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4	P6-S5	P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4	P7-S5	P8-S1	P8-S2	P8-S3
P3-S3	P3-S4	P3-S5	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4	P4-S5	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4	P5-S5	P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4	P6-S5	P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4	P7-S5	P8-S1	P8-S2
P3-S3	P3-S4	P3-S5	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4	P4-S5	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4	P5-S5	P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4	P6-S5	P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4	P7-S5	P8-S1	P8-S2
P3-S3	P3-S4	P3-S5	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4	P4-S5	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4	P5-S5	P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4	P6-S5	P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4	P7-S5	P8-S1	P8-S2
P3-S2	P3-S3	P3-S4	P3-S5	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4	P4-S5	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4	P5-S5	P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4	P6-S5	P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4	P7-S5	P8-S1
P3-S2	P3-S3	P3-S4	P3-S5	P4-S1	P4-S2	P4-S3	P4-S4	P4-S5	P5-S1	P5-S2	P5-S3	P5-S4	P5-S5	P6-S1	P6-S2	P6-S3	P6-S4	P6-S5	P7-S1	P7-S2	P7-S3	P7-S4	P7-S5	P8-S1



MANA 20			SEMANA 21					SEMANA 22				
2/2	3/2	4/2	7/2	8/2	9/2	10/2	11/2	14/2	15/2	16/2	17/2	18/2
P8-S5	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P9-S5	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4			
P8-S5	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P9-S5	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4			
P8-S4	P8-S5	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P9-S5	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4		
P8-S4	P8-S5	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P9-S5	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4		
P8-S3	P8-S4	P8-S5	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P9-S5	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	
P8-S3	P8-S4	P8-S5	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P9-S5	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	
P8-S3	P8-S4	P8-S5	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P9-S5	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4	
P8-S2	P8-S3	P8-S4	P8-S5	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P9-S5	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4
P8-S2	P8-S3	P8-S4	P8-S5	P9-S1	P9-S2	P9-S3	P9-S4	P9-S5	P10-S1	P10-S2	P10-S3	P10-S4

Figura 36: Tren de actividades para la construcción de los pisos superiores.

Elaboración propia.



En el caso de los pisos superiores, la planificación del proyecto consideró diversos aspectos para asegurar la coherencia y eficiencia de las actividades de acabados húmedos en los pisos superiores. Primero, se comenzó con el desencofrado de los pisos superiores, dos semanas después de completar la construcción del primer piso. Al día siguiente, se programaron las actividades de tarrajeo y solaqueo en los departamentos con una duración de cinco días. Luego, se programó la construcción de la tabiquería contemplando el uso de ladrillo silico calcáreo, y luego de tres días de iniciada esta actividad se realiza el solaqueo de estos ladrillos para dejarlos finalizados para el ingreso de los acabados secos. Dentro de la actividad de la tabiquería se contemplan las actividades del bosque de tuberías. Finalmente, con la tabiquería finalizada se inicia con el contrapiso para finalizar los acabados húmedos en el interior de los departamentos.

También, se programó el tarrajeo de la fachada una semana después de finalizar con la construcción del casco estructural y esta actividad tendrá un plazo de duración de quince días y una semana después de iniciada esta actividad se iniciará con el tarrajeo de los ductos por el plazo de un mes y con esto se finalizan los acabados húmedos del edificio.

Tabla 18.

Distribución de las partidas de acabados húmedos de los pisos superiores.

Partida	Piso	Und
Solaqueo y tarrajeo	358.60	m2
Muros de tabiquería	248.55	m2
Solaqueo de muros de tabiquería	465.78	m2
Nivelación de contrapiso	193.78	m2
Tarrajeo de fachada	173.36	m2
Tarrajeo de ductos	466.02	m2

Nota. Elaboración propia.

Para los acabados secos en los departamentos, se comenzaron las actividades dos semanas después de haber concluido con los acabados húmedos en un piso y de esta manera garantizar que no se dañaran los acabados al realizar las actividades. Se comenzaron las instalaciones de Drywall y la colocación de enchape de manera simultánea, programadas por un plazo de cinco días por nivel. Una vez completadas, se programó la aplicación de la pintura durante siete días por nivel, evitando interferencias con otras actividades. Posteriormente, se programaron las actividades de acabados en general que incluyen la instalación de aparatos y accesorios sanitarios; la colocación de tomacorrientes y el tablero eléctrico en los departamentos; la instalaciones de muebles de melamina; la colocación de granito; la instalación de puertas y ventanas; la instalación del piso laminado, y la limpieza final en los departamentos, dejándolos listos para su entrega.

También se programó el acabado de los ductos dos semanas después de finalizar el tarrajeo y esta incluye el enchape de fachada y la pintura. Por otro lado, la pintura de los ductos comenzó dos semanas después de finalizar los acabados húmedos en ellos.

Tabla 19.

Distribución de las partidas de acabados secos de los pisos superiores.

Partida	Piso	Und
Colocación de enchape	358.60	m2
Pintura	621.58	m2
Acabados en fachada	465.78	m2
Pintura en ductos	466.02	m2

Nota. Elaboración propia.

En el caso de los sótanos, la planificación de los acabados se inició tres semanas después de la finalización de la construcción del semisótano. Primero, se llevaron a cabo los solaques de muros y cielorraso de los sótanos, con un plazo de diez días. Luego, se programaron las

actividades que involucran los acabados de los sótanos, estas incluyen la colocación de las puertas de los depósitos, la pintura de tráfico, la señalización de Indeci. Para finalizar se realizó el equipamiento del sótano. Esta actividad incluye las instalaciones del cuarto de bombas, la instalación del sistema de agua contra incendio en los sótanos, la instalación del sistema de extracción de monóxido y la instalación del ascensor; además se contempla la puesta en marcha de todos estos sistemas.

Con esta distribución equilibrada de tareas, se logrará una progresión uniforme y eficiente en la construcción de los pisos, evitando posibles retrasos. A continuación, se presenta el tren de actividades planificado para los acabados y equipamiento en los sótanos:



MANA 19			SEMANA 20					SEMANA 21					SEMANA 22					SEMANA 23					SE	
26/1	27/1	28/1	31/1	1/2	2/2	3/2	4/2	7/2	8/2	9/2	10/2	11/2	14/2	15/2	16/2	17/2	18/2	21/2	22/2	23/2	24/2	25/2	28/2	1/3
			P5					P6					P7					P8					P9	
P4	P4	P4	P4	P5	P5	P5	P5	P5	P6	P6	P6	P6	P6	P7	P7	P7	P7	P7	P8	P8	P8	P8	P8	P9
P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P5	P5	P5	P5	P5	P6	P6	P6	P6	P6	P7	P7	P7	P7	P7	P8
P2	P2	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P5	P5	P5	P5	P5	P6	P6	P6	P6	P6	P7	P7	P7
		P2	P2	P2			P3	P3	P3			P4	P4	P4			P5	P5	P5			P6	P6	P6
																							FP	FP
										P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P3	P3	P3	P3	P3
										P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P3	P3	P3	P3	P3
															P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2
																						P1	P1	P1
S2	S2	S2	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	SS	
S3	S3	S3	S3	S3	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S2	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1	S1
																							IIMM	IIMM

Para finalizar, se propone dejar el resto de la semana cuarenta y tres de buffer para finalizar el proyecto, pues con esto se tendría un tiempo de contingencia en caso ocurra algún contratiempo en el desarrollo del tren de actividades. Esto resulta importante porque al planificar las actividades con un tren de actividades todas las actividades se vuelven críticas por lo que resulta importante considerar este tiempo de buffer para la entrega del proyecto a los clientes.

A continuación, se muestra la diferencia de fechas con la planificación de actividades planteada por la constructora y con el tren de actividades planteado en la presente tesis:

Tabla 19.

Hitos de la construcción del edificio multifamiliar proyectado y propuesta de estudio.

Hito	Descripción del sector	Proyección	Propuesta	Diferencia
Hito 0	Inicio de obra	20-sep-21	20-sep-21	0
Hito 1	Muro Pantalla - Fin Anillo 1	14-oct-21	11-oct-21	3
Hito 2	Muro Pantalla - Fin Anillo 2	18-nov-21	22-oct-21	27
Hito 3	Muro Pantalla - Fin Anillo 3	10-dic-21	09-nov-21	31
Hito 4	Sótano 3 - Fin	13-ene-22	29-nov-21	45
Hito 5	Sótano 2 - Fin	19-ene-22	02-dic-21	48
Hito 6	Sótano 1 - Fin	25-ene-22	07-dic-21	49
Hito 7	Semisótano - Fin	04-feb-22	10-dic-21	56
Hito 8	Piso 1 - Fin	16-feb-22	20-dic-21	58
Hito 9	Piso 2 - Fin	23-feb-22	27-dic-21	58
Hito 10	Piso 3 - Fin	02-mar-22	03-ene-22	58
Hito 11	Acabados humedos - Inicio	15-mar-22	03-ene-22	71
Hito 12	Piso 4 - Fin	09-mar-22	10-ene-22	58
Hito 13	Piso 5 - Fin	16-mar-22	17-ene-22	58
Hito 14	Piso 6 - Fin	23-mar-22	24-ene-22	58
Hito 15	Piso 7 - Fin	30-mar-22	31-ene-22	58
Hito 16	Piso 8 - Fin	06-abr-22	07-feb-22	58
Hito 17	Acabado seco - Inicio	02-may-22	09-feb-22	82
Hito 18	Piso 9 - Fin	13-abr-22	14-feb-22	58
Hito 19	Azotea - Fin	22-abr-22	18-feb-22	63
Hito 20	Acabados húmedos - Fin	11-jul-22	11-abr-22	91
Hito 21	Entrega de sótanos	15-ago-22	20-may-22	88
Hito 22	Acabado seco - Fin	29-ago-22	12-jun-22	78
Hito 23	Entrega final	07-sep-22	15-jun-22	84

Nota. Elaboración propia.

Capítulo 5: CONCLUSIONES

- Las pérdidas en la construcción de edificios multifamiliares representan un problema significativo en términos de competitividad para las empresas constructoras, ya que consumen una gran cantidad de recursos. Durante el desarrollo del proyecto, se identificó que estas pérdidas representaron en promedio un 32.44% del tiempo del proyecto, un 29.28% en términos de la calidad del producto entregado al cliente, y un 10.19% en términos de los materiales y la mano de obra empleados.
- La falta de planificación, coordinación y contratación de contratistas adecuados por parte de los responsables del proyecto, como la gerencia de la empresa constructora y el staff de obra, durante la construcción del casco estructural, constituye una de las principales causas que llevan a una demora del 16.22% en la finalización del casco estructural, así como a la presencia de graves deficiencias de calidad que representan un 29.28% del total de observaciones.
- La falta de criterios en la selección de contratistas competentes encargados de ejecutar las partidas de acabados húmedos resultó en la contratación de mano de obra no calificada. Esto tuvo como consecuencia un aumento del 11.82% en el consumo de ladrillos y un 16.43% en el consumo de mortero para la construcción de tabiquería. Además, se observó una presencia significativa de deficiencias graves de calidad que representan un 29.28% del total de observaciones.

- La falta de personal en el staff de obra durante diferentes etapas del proyecto, como la construcción de los muros pantalla, sótanos y acabados húmedos y secos, fue una de las principales causas de los retrasos en la ejecución del proyecto, así como de las observaciones graves de calidad. La ausencia del ingeniero de calidad durante las primeras etapas del proyecto aumentó las observaciones de calidad realizadas al contratista, y la falta de actividad del ingeniero de producción durante la etapa de los acabados húmedos y secos generó un retraso en la entrega del proyecto durante la construcción.
- La implementación de las herramientas sugeridas podría mitigar las pérdidas identificadas durante la construcción del proyecto al centrarse en reducir las causas que las generan. El uso de herramientas como la matriz de selección permitiría una mejor elección de los contratistas, el uso del kanban facilitaría una distribución adecuada de los materiales a emplear, y una planificación acorde con un tren de actividades permitiría reducir el tiempo de ejecución del proyecto, así como realizar una mejor cuantificación de los materiales necesarios.
- Con base en los datos y observaciones presentados, queda claro que el supuesto ahorro en el seguimiento y control de una obra mediante la reducción de personal de staff resulta en consecuencias negativas, evidenciadas en la generación de excesivos desperdicios durante el proyecto, tal como se ha observado en el caso de estudio. La creencia de que reducir uno o dos ingenieros implica un ahorro económico se desmiente por completo, ya que esta medida conlleva costos ocultos que superan cualquier beneficio aparente.

Bibliografía

Alarcón, L., Mesa, H. y Howell, G. (2013). Characterization of *Lean* Project Delivery. 21th Annual Conference of the International Group for *Lean* Construction (IGLC). Fortaleza, Brazil. (pp 247-255).

Aziz, R. y Hafez, S. (2013). Applying *lean* thinking in construction and performance improvement. *Alexandria Engineering Journal*, 52, 679–695.

Ballard, G. (1994). *The Last Planner*. Northern California Construction Institute – California, USA.

Ballard, G. (2000). *Lean project delivery system*. 8th Conference Annual Conference of the International Group of *Lean* Construction (IGLC) – Brighton, Reino Unido.

Ballard, G. & Howell, G. (2003). *Lean* project management. *Building Research & Information*, 31(2), 119-133. <https://doi.org/10.1080/09613210301997>

Ballard, G., & Howell, G. (2004). *Lean* project management. *Building Research & Information*, 32(5), 410-424. <https://doi.org/10.1080/0961321042000272806>

Ballard, G., & Howell, G. (2008). *Lean project delivery system* (LPDS). White paper, *Lean Construction Institute*.

Ballard, G. and Tommelein, I.D. (2021). 2020 Current Process Benchmark for the Last Planner®

Ballard, G., Vaagen, H., Kay, W., Stevens, B., y Pereira, M., (2020). “Extending the Last Planner System to the entire project” *Lean Construction Journal*, pp. 42-77.

Blaxill, M. y Hout, T. (2014). The Fallacy of the Overhead Quick Fix. Harvard Business. Recuperado de: <https://hbr.org/1991/07/the-fallacy-of-the-overhead-quick-fix>

Brioso, X., Humero, A., Murgia, D., Corrales, J. y Aranda, J. (2018). Using post-occupancy evaluation of housing projects to generate value for municipal governments. *Alexandria Engineering Journal*, 57, 885-896.

Bølviken, T., Rooke, J., & Koskela, L. (2014). The wastes of production in construction: A TFV based taxonomy. In 22nd Annual Conference of the International Group for *Lean* Construction: Understanding and Improving Project Based Production, IGLC 2014 (pp. 811-822). The International Group for *Lean* Construction. <http://www.iglc.net/Papers/Details/1076>

Castillo, I. (2014). Inventario de herramientas del sistema de entrega de proyectos *lean* (LPDS). [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5387>

Cáceres, M. (2018). Uso del lean project delivery system para evaluar y costear reclamos post ocupación en proyectos de vivienda multifamiliar. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Digital de Tesis y Trabajos de Investigación PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/13171>

Espinoza, L., Herrera, R. y Brioso, X. (2021). “Use of Value Stream Mapping in a Case Study in Basement Construction.” Proc. 29 th Annual Conference of the International Group for *Lean* Construction (IGLC29), Alarcon, L.F. and González, V.A. (eds.), Lima, Peru, pp. 995–1004, doi.org/10.24928/2021/0189.

Girmscheid, G. y Brockmann, C. (2008). The Inherent Complexity of Large Scale Engineering Projects. *Project Perspectives*, 29, 22-26.

Grau, D., Cruz, F., y Sherman, R., (2019). “Project Validation: A Guide to Improving Owner Value and Team Performance”. *Lean Construction Institute*, Virginia, EEUU.

Ghio, V. (2001). Productividad en obras de construcción. Diagnóstico, crítica y propuesta. Perú: Fondo editorial PUCP.

Heizer, J., Render, B., & Murrieta Murrieta, J. E. (2009). Principios de Administración de Operaciones (7th ed.). México: Pearson. ISBN: 978-607-442-099-9.

Hineck, L. (2009). “Building *Lean* Collection – building with *lean* management”. Fortaleza, Publisher Graphic Expression.

Howell, G. A., & Koskela, L. (2001). Reforming Project Management: The Role of *Lean* Construction. Proceedings of the 9th Annual Conference of the International Group for *Lean* Construction, Singapore, 6-8 August 2001, 151-158.

Howell, A. & Macomber, H. & Koskela, L. & Draper, J. (2004). Leadership and project management: time for a shift from fayol to flores. 12th Conference Annual Conference of the International Group of *Lean* Construction (IGLC) – Helsingør, Dinamarca.

Howell, G. (1999). What is *Lean* Construction – 1999. 7th Conference Annual Conference of the International Group of *Lean* Construction (IGLC) – Berkley, USA.

Huaman, C. y Erazo, A. (2021). Exploratory Study of the Main *Lean* Tools in Construction Projects in Peru. 29th Annual Conference of the International Group for *Lean* Construction (IGLC). Lima, Peru. (pp. 474-483).

Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). (2021). Producto Bruto Interno. Recuperado el 22 de marzo de 2023, de <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/producto-bruto-interno/>

Keaton, M. (1995). A new look at the Kanban production control system. *Production and Inventory Management Journal*, 36(3), 71-78.

Koskela, L. (1992). Application of the new production philosophy to construcción. [Technical report, Stanford University]. Recuperado de: <https://lean-construction-gcs.storage.googleapis.com/wp-content/uploads/2022/09/08222320/Koskela-TR72.pdf>

Koskela, L., Howell, G., & Ballard, G. (2002). The foundations of *Lean* Construction. In G. Ballard & G. Howell (Eds.), Proceedings of the 10th Annual Conference of the International Group for *Lean* Construction (pp. 1-10). Gramado, Brazil: IGLC.

Liker, J., (2004). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. McGraw-Hill.

Monden, Y. (1984). "Production without inventory-A practical approach to the Toyota production system". IMAM.

Murguía, D., Brioso, X., and Pimentel, A. (2016). “Applying *Lean* Techniques to Improve Performance in the Finishing Phase of a Residential Building.” In: Proc. 24th Ann. Conf. of the Int’l. Group for *Lean* Construction, Boston, MA, USA, sect.2 pp. 43–52.

Orihuela, P. (2001). Sistema integrado para la gestión *lean* de proyectos de construcción. IV Encuentro Latino-Americano de Gestión y Economía de la Construcción (ELAGEC) - Santiago, Chile.

Pasqualini, F. & Zawislak, P. A. 2005, 'Value Stream Mapping in Construction: A Case Study in a Brazilian Construction Company' In:, 13th Annual Conference of the International Group for *Lean* Construction. Sydney, Australia, 19-21 Jul 2005. pp 117-125.

Paz, A., and Oscar, V. (2016).“Last Planner System: Implementation, Evaluation and Comparison of Results in the Construction of a Social Housing Project in Chile.” Proc. 24th Ann. Conf. of the Int’l. Group for *Lean* Construction, Boston, MA, USA, sect.6 pp. 153–162.

Purdum, T. (2007). Kanban Can Make A Difference.

Rizk, L., Hamzeh, F. y Emdanat, S. (2017). Introducing New Capacity Planning Metrics in Production Planning. 25th Annual Conference of the Internacional Group for *Lean* Construction (IGLC) – Heraklion, Greece. (pp. 679 – 686).

Rother, M.; Shook, J. (1998). *Leaning too See*. The *Lean* Enterprise Institute.

Serrat, O. (2009). The Five Whys Technique. Asian Development Bank – Manila, Philippines.

Thomsen, C., J. Darrington, D. Dunne y W. Lichtig (2009). Managing Integrated Project Delivery. Construction Management Association of America (CMAA). Recuperado de: https://cmaanet.org/files/shared/ng_Integrated_Project_Delivery__11-19-09__2_.pdfz

Anexo A: Resumen de metrados para calcular la distribución de la sectorización previa del semisótano.

En el capítulo tres, se muestra la tabla tres en donde se muestra la distribución de los metrados de las especialidades por sector. A fin de mostrar cómo se llegaron a esos valores se muestra el desarrollo de cómo se llegaron a dichos valores.

Tabla A1.

Cálculo de la distribución de las partidas del semisótano previo a la reformulación.

	Und	Metrado
Obras de concreto armado en sector 1		
Placas en sector 1		
Placas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	7.88
Placas - encofrado y desencofrado normal	m2	30.00
Placas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	566.29
Muros en sector 1		
Muros - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	0.00
Muros - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Muros - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Columnas en sector 1		
Columnas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	0.00
Columnas - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Columnas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Vigas en sector 1		
Vigas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	12.00
Vigas - encofrado y desencofrado normal	m2	75.45
Vigas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	2216.58
Losas macizas en sector 1		
Losas macizas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	7.23
Losas macizas - encofrado y desencofrado normal	m2	36.13
Losas macizas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	470.13
Losas aligeradas en sector 1		
Losas aligeradas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	9.12
Losas aligeradas - encofrado y desencofrado normal	m2	112.22
Escaleras en sector 1		
Escaleras - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	1.49
Escaleras - encofrado y desencofrado normal	m2	11.78
Escaleras - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	75.15
Obras de concreto armado en sector 2		
Placas en sector 2		
Placas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	8.51
Placas - encofrado y desencofrado normal	m2	27.00
Placas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	575.82
Muros en sector 2		
Muros - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	4.21
Muros - encofrado y desencofrado normal	m2	40.00
Muros - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	292.32

Columnas en sector 2		
Columnas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	1.01
Columnas - encofrado y desencofrado normal	m2	10.00
Columnas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	295.00
Vigas en sector 2		
Vigas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	2.58
Vigas - encofrado y desencofrado normal	m2	18.94
Vigas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	446.35
Losas macizas en sector 2		
Losas macizas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	2.05
Losas macizas - encofrado y desencofrado normal	m2	10.25
Losas macizas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	424.12
Losas aligeradas en sector 2		
Losas aligeradas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	3.88
Losas aligeradas - encofrado y desencofrado normal	m2	47.74
Escaleras en sector 2		
Escaleras - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	2.23
Escaleras - encofrado y desencofrado normal	m2	13.91
Escaleras - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	93.32
Obras de concreto armado en sector 3		
Placas en sector 3		
Placas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	2.55
Placas - encofrado y desencofrado normal	m2	26.50
Placas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	319.72
Muros en sector 3		
Muros - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	0.00
Muros - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Muros - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Columnas en sector 1		
Columnas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	0.00
Columnas - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Columnas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Vigas en sector 3		
Vigas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	2.40
Vigas - encofrado y desencofrado normal	m2	13.97
Vigas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	403.74
Losas macizas en sector 3		
Losas macizas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	0.00
Losas macizas - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Losas macizas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Losas aligeradas en sector 3		
Losas aligeradas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	3.67
Losas aligeradas - encofrado y desencofrado normal	m2	45.08
Escaleras en sector 3		
Escaleras - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	0.00
Escaleras - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Escaleras - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00

Nota. Elaboración propia.

Anexo B: Resumen de metrados para calcular la distribución de la sectorización previa del tercer piso.

En el capítulo tres, se muestra la tabla cuatro en donde están los metrados de las especialidades por sector. A fin de mostrar cómo se llegaron a esos valores se muestra el desarrollo de cómo se llegaron a dichos valores.

Tabla B1.

Cálculo de la distribución de las partidas sectorización de las partidas sectorización en el piso tres.

Sector 1:

Elementos verticales

Elemento	Largo	Ancho	Alto	Concreto (m3)	Encofrado (m2)	Acero (kg)
P-1	5.45	0.20	2.45	2.67	26.71	
P-2	6.70	0.20	2.45	3.28	32.83	
P-3	4.82	0.20	2.45	2.36	23.62	3284.90
P-3	2.40	0.20	2.45	1.18	11.76	
P-3	4.82	0.20	2.45	2.36	23.62	
C1	1.02	0.25	2.15	0.55	4.39	
C2	0.50	0.25	2.25	0.28	2.25	207.90
P-4	2.15	0.25	2.15	1.16	9.25	

Elementos horizontales

Elemento	Largo	Ancho	Alto	Concreto (m3)	Encofrado (m2)	Acero (kg)
V101	5.90	0.25	0.50	0.74	4.43	
V108	5.75	0.25	0.50	0.72	4.31	
V103	2.10	0.25	0.50	0.26	0.53	
C 5-5	2.80	0.50	0.20	0.28	1.40	
C 4-4	2.80	0.40	0.20	0.22	1.12	
C 4-4	2.80	0.40	0.20	0.22	1.12	
C 4-4	5.65	0.40	0.20	0.45	2.26	
C 4-4	1.40	0.40	0.20	0.11	0.56	0.00
C 3-3	2.60	0.30	0.20	0.16	0.78	
C 5-5	1.10	0.50	0.20	0.11	0.55	
C 2-2	1.05	0.20	0.20	0.04	0.21	
C 4-4	1.04	0.40	0.20	0.08	0.42	
C 9-9	1.50	0.25	0.20	0.08	0.38	
Aligerado	Área=	27.30	0.09	2.46	27.30	
Macizo	Área=	16.35	0.20	3.27	16.35	

Sector 2:

Elementos verticales

Elemento	Largo	Ancho	Alto	Concreto (m3)	Encofrado (m2)	Acero (kg)
P-5	16.00	0.20	2.45	7.84	78.40	
P-6	12.20	0.20	2.45	5.98	59.78	4014.89
P-7	1.60	0.25	2.10	0.84	6.72	
P-8	1.65	0.25	2.40	0.99	7.92	254.10
P-4	2.15	0.25	2.15	1.16	9.25	

Elementos horizontales

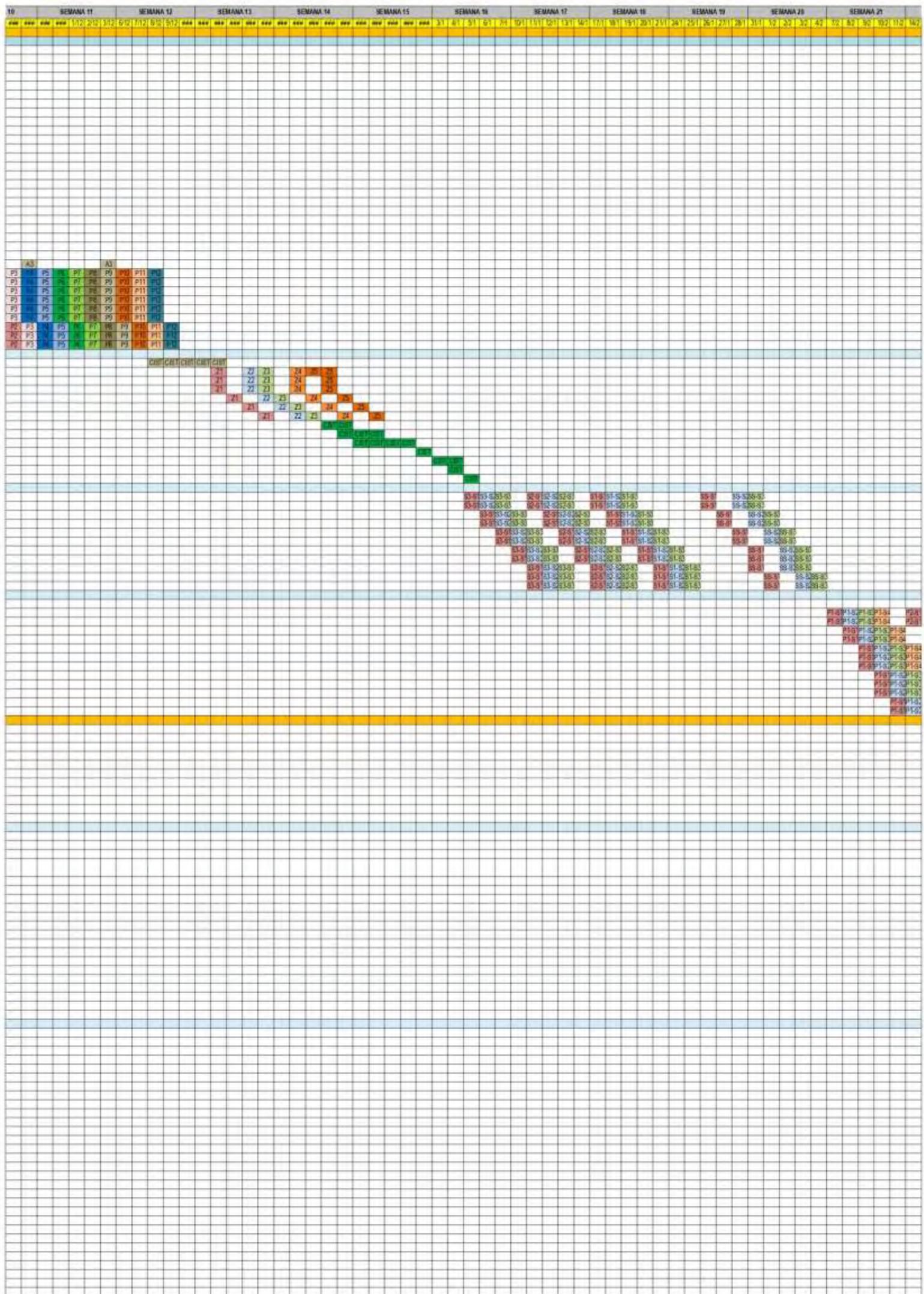
Elemento	Largo	Ancho	Alto	Concreto (m3)	Encofrado (m2)	Acero (kg)
V102	3.55	0.25	0.25	0.22	1.78	
C 4-4	3.50	0.40	0.20	0.28	1.40	
C 5-5	3.55	0.50	0.20	0.36	1.78	
C 4-4	1.01	0.40	0.20	0.08	0.40	
C 5-5	1.01	0.50	0.20	0.10	0.51	
V104	13.50	0.25	0.50	1.69	10.13	
C 2-2	1.01	0.20	0.20	0.04	0.20	
V107	7.65	0.25	0.50	0.96	5.74	
V108	7.65	0.25	0.50	0.96	5.74	
V105	5.50	0.25	0.50	0.69	4.13	
C 9-9	15.60	0.20	0.20	0.62	3.12	
C 5-5	5.50	0.50	0.20	0.55	2.75	0.00
C 5-5	5.50	0.50	0.20	0.55	2.75	
C 2-2	0.50	0.20	0.20	0.02	0.10	
C 6-6	4.75	0.55	0.20	0.52	2.61	
C 4-4	2.75	0.40	0.20	0.22	1.10	
C 4-4	2.75	0.40	0.20	0.22	1.10	
C 2-2	0.50	0.20	0.20	0.02	0.10	
V106	2.75	0.25	0.50	0.34	2.06	
C 9-9	0.75	0.25	0.20	0.04	0.19	
C 8-8	0.96	0.15	0.20	0.03	0.14	
Aligerado	Área=	101.25	0.09	9.11	101.25	
Macizo	Área=	20.20	0.20	4.04	20.20	

Nota. Elaboración propia.

Anexo C: Cronograma maestro del proyecto.

En el capítulo tres, se muestra en la figura doce, figura catorce, figura dieciocho, tabla seis y tabla ocho información extraída del cronograma maestro elaborado por la oficina técnica para la programación de actividades del edificio multifamiliar. A fin de tener una mejor idea del cronograma maestro se muestra en su totalidad.





SEMANA 22	SEMANA 23	SEMANA 24	SEMANA 25	SEMANA 26	SEMANA 27	SEMANA 28	SEMANA 29	SEMANA 30	SEMANA 31	SEMANA 32	SEMANA 33
155	161	167	173	179	185	191	197	203	209	215	221
222	228	234	240	246	252	258	264	270	276	282	288
294	300	306	312	318	324	330	336	342	348	354	360
366	372	378	384	390	396	402	408	414	420	426	432
438	444	450	456	462	468	474	480	486	492	498	504
510	516	522	528	534	540	546	552	558	564	570	576
582	588	594	600	606	612	618	624	630	636	642	648
654	660	666	672	678	684	690	696	702	708	714	720
726	732	738	744	750	756	762	768	774	780	786	792
798	804	810	816	822	828	834	840	846	852	858	864
870	876	882	888	894	900	906	912	918	924	930	936
942	948	954	960	966	972	978	984	990	996	1002	1008
1014	1020	1026	1032	1038	1044	1050	1056	1062	1068	1074	1080
1086	1092	1098	1104	1110	1116	1122	1128	1134	1140	1146	1152
1158	1164	1170	1176	1182	1188	1194	1200	1206	1212	1218	1224
1230	1236	1242	1248	1254	1260	1266	1272	1278	1284	1290	1296
1302	1308	1314	1320	1326	1332	1338	1344	1350	1356	1362	1368
1374	1380	1386	1392	1398	1404	1410	1416	1422	1428	1434	1440
1446	1452	1458	1464	1470	1476	1482	1488	1494	1500	1506	1512
1518	1524	1530	1536	1542	1548	1554	1560	1566	1572	1578	1584
1590	1596	1602	1608	1614	1620	1626	1632	1638	1644	1650	1656
1662	1668	1674	1680	1686	1692	1698	1704	1710	1716	1722	1728
1734	1740	1746	1752	1758	1764	1770	1776	1782	1788	1794	1800
1806	1812	1818	1824	1830	1836	1842	1848	1854	1860	1866	1872
1878	1884	1890	1896	1902	1908	1914	1920	1926	1932	1938	1944
1950	1956	1962	1968	1974	1980	1986	1992	1998	2004	2010	2016
2022	2028	2034	2040	2046	2052	2058	2064	2070	2076	2082	2088
2094	2100	2106	2112	2118	2124	2130	2136	2142	2148	2154	2160
2166	2172	2178	2184	2190	2196	2202	2208	2214	2220	2226	2232
2238	2244	2250	2256	2262	2268	2274	2280	2286	2292	2298	2304
2310	2316	2322	2328	2334	2340	2346	2352	2358	2364	2370	2376
2382	2388	2394	2400	2406	2412	2418	2424	2430	2436	2442	2448
2454	2460	2466	2472	2478	2484	2490	2496	2502	2508	2514	2520
2526	2532	2538	2544	2550	2556	2562	2568	2574	2580	2586	2592
2598	2604	2610	2616	2622	2628	2634	2640	2646	2652	2658	2664
2670	2676	2682	2688	2694	2700	2706	2712	2718	2724	2730	2736
2742	2748	2754	2760	2766	2772	2778	2784	2790	2796	2802	2808
2814	2820	2826	2832	2838	2844	2850	2856	2862	2868	2874	2880
2886	2892	2898	2904	2910	2916	2922	2928	2934	2940	2946	2952
2958	2964	2970	2976	2982	2988	2994	3000	3006	3012	3018	3024
3030	3036	3042	3048	3054	3060	3066	3072	3078	3084	3090	3096
3102	3108	3114	3120	3126	3132	3138	3144	3150	3156	3162	3168
3174	3180	3186	3192	3198	3204	3210	3216	3222	3228	3234	3240
3246	3252	3258	3264	3270	3276	3282	3288	3294	3300	3306	3312
3318	3324	3330	3336	3342	3348	3354	3360	3366	3372	3378	3384
3390	3396	3402	3408	3414	3420	3426	3432	3438	3444	3450	3456
3462	3468	3474	3480	3486	3492	3498	3504	3510	3516	3522	3528
3534	3540	3546	3552	3558	3564	3570	3576	3582	3588	3594	3600
3606	3612	3618	3624	3630	3636	3642	3648	3654	3660	3666	3672
3678	3684	3690	3696	3702	3708	3714	3720	3726	3732	3738	3744
3750	3756	3762	3768	3774	3780	3786	3792	3798	3804	3810	3816
3822	3828	3834	3840	3846	3852	3858	3864	3870	3876	3882	3888
3894	3900	3906	3912	3918	3924	3930	3936	3942	3948	3954	3960
3966	3972	3978	3984	3990	3996	4002	4008	4014	4020	4026	4032
4038	4044	4050	4056	4062	4068	4074	4080	4086	4092	4098	4104
4110	4116	4122	4128	4134	4140	4146	4152	4158	4164	4170	4176
4182	4188	4194	4200	4206	4212	4218	4224	4230	4236	4242	4248
4254	4260	4266	4272	4278	4284	4290	4296	4302	4308	4314	4320
4326	4332	4338	4344	4350	4356	4362	4368	4374	4380	4386	4392
4398	4404	4410	4416	4422	4428	4434	4440	4446	4452	4458	4464
4470	4476	4482	4488	4494	4500	4506	4512	4518	4524	4530	4536
4542	4548	4554	4560	4566	4572	4578	4584	4590	4596	4602	4608
4614	4620	4626	4632	4638	4644	4650	4656	4662	4668	4674	4680
4686	4692	4698	4704	4710	4716	4722	4728	4734	4740	4746	4752
4758	4764	4770	4776	4782	4788	4794	4800	4806	4812	4818	4824
4830	4836	4842	4848	4854	4860	4866	4872	4878	4884	4890	4896
4902	4908	4914	4920	4926	4932	4938	4944	4950	4956	4962	4968
4974	4980	4986	4992	4998	5004	5010	5016	5022	5028	5034	5040
5046	5052	5058	5064	5070	5076	5082	5088	5094	5100	5106	5112
5118	5124	5130	5136	5142	5148	5154	5160	5166	5172	5178	5184
5190	5196	5202	5208	5214	5220	5226	5232	5238	5244	5250	5256
5262	5268	5274	5280	5286	5292	5298	5304	5310	5316	5322	5328
5334	5340	5346	5352	5358	5364	5370	5376	5382	5388	5394	5400
5406	5412	5418	5424	5430	5436	5442	5448	5454	5460	5466	5472
5478	5484	5490	5496	5502	5508	5514	5520	5526	5532	5538	5544
5550	5556	5562	5568	5574	5580	5586	5592	5598	5604	5610	5616
5622	5628	5634	5640	5646	5652	5658	5664	5670	5676	5682	5688
5694	5700	5706	5712	5718	5724	5730	5736	5742	5748	5754	5760
5766	5772	5778	5784	5790	5796	5802	5808	5814	5820	5826	5832
5838	5844	5850	5856	5862	5868	5874	5880	5886	5892	5898	5904
5910	5916	5922	5928	5934	5940	5946	5952	5958	5964	5970	5976
5982	5988	5994	6000	6006	6012	6018	6024	6030	6036	6042	6048
6054	6060	6066	6072	6078	6084	6090	6096	6102	6108	6114	6120
6126	6132	6138	6144	6150	6156	6162	6168	6174	6180	6186	6192
6198	6204	6210	6216	6222	6228	6234	6240	6246	6252	6258	6264
6270	6276	6282	6288	6294	6300	6306	6312	6318	6324	6330	6336
6342	6348	6354	6360	6366	6372	6378	6384	6390	6396	6402	6408
6414	6420	6426	6432	6438	6444	6450	6456	6462	6468	6474	6480
6486	6492	6498	6504	6510	6516	6522	6528	6534	6540	6546	6552
6558	6564	6570	6576	6582	6588	6594	6600	6606	6612	6618	6624
6630	6636	6642	6648	6654	6660	6666	6672	6678	6684	6690	6696
6702	6708	6714	6720	6726	6732	6738	6744	6750	6756	6762	6768
6774	6780	6786	6792	6798	6804	6810	6816	6822	6828	6834	6840
6846	6852	6858	6864	6870	6876	6882	6888	6894	6900	6906	6912
6918	6924	6930	6936	6942	6948	6954	6960	6966	6972	6978	6984
6990	6996	7002	7008	7014	7020	7026	7032	7038	7044	7050	7056
7062	7068	7074	7080	7086	7092	7098	7104	7110	7116	7122	7128
7134											

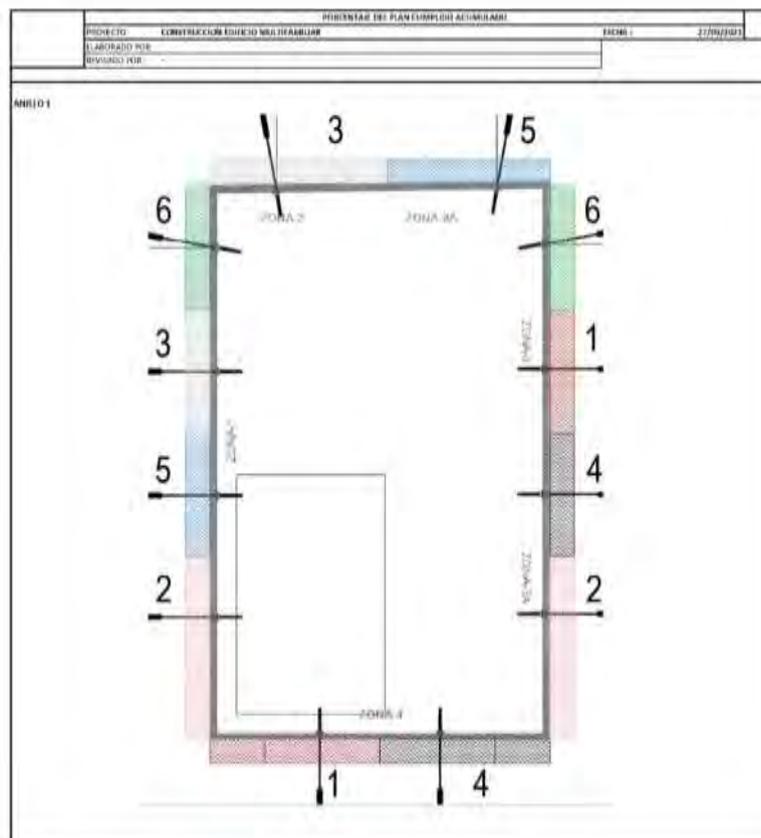
Anexo D: Programación semanal del proyecto.

En el capítulo tres, se muestra en la figura trece, tabla cinco y tabla ocho información extraída de la programación semanal elaborado por el staff de obra de actividades del edificio multifamiliar. A fin de tener una mejor idea de la programación semanal se muestra en su totalidad.

PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO MULTIFAMILIAR		PORCENTAJE DE PROGRAMACION CUMPLIDA												Semana:	Fecha:				
ACTIVIDAD:		LUNES 27			MARTES 28			MIÉRCOLES 29			JUEVES 30			VIERNES 31			SÁBADO 1		
DIAS	M	P	C	M	P	C	M	P	C	M	P	C	M	P	C	M	P	C	
DESCRIPCIONES RELEVANTES																			
DESCRIPCION ACTIVIDAD	E.M.C.			P.M.C.															
MÉTR. RESERVAZÓN DE HORMA	P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			
MÉTR. RESERVAZÓN CIMENTACIÓN	P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			
MÉTR. APERTURADO	P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			
MÉTR. PROFILADO	P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			
MÉTR. ACERVO	P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			
MÉTR. REDESARDO SUELOS	P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			
MÉTR. ENCOFRADO	P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			
MÉTR. TIELINGO	P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			
MÉTR. VASOS	P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			
MÉTR. CORTE Y DESCONTRADO	P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			
MEDICION	P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			P.M.C.			

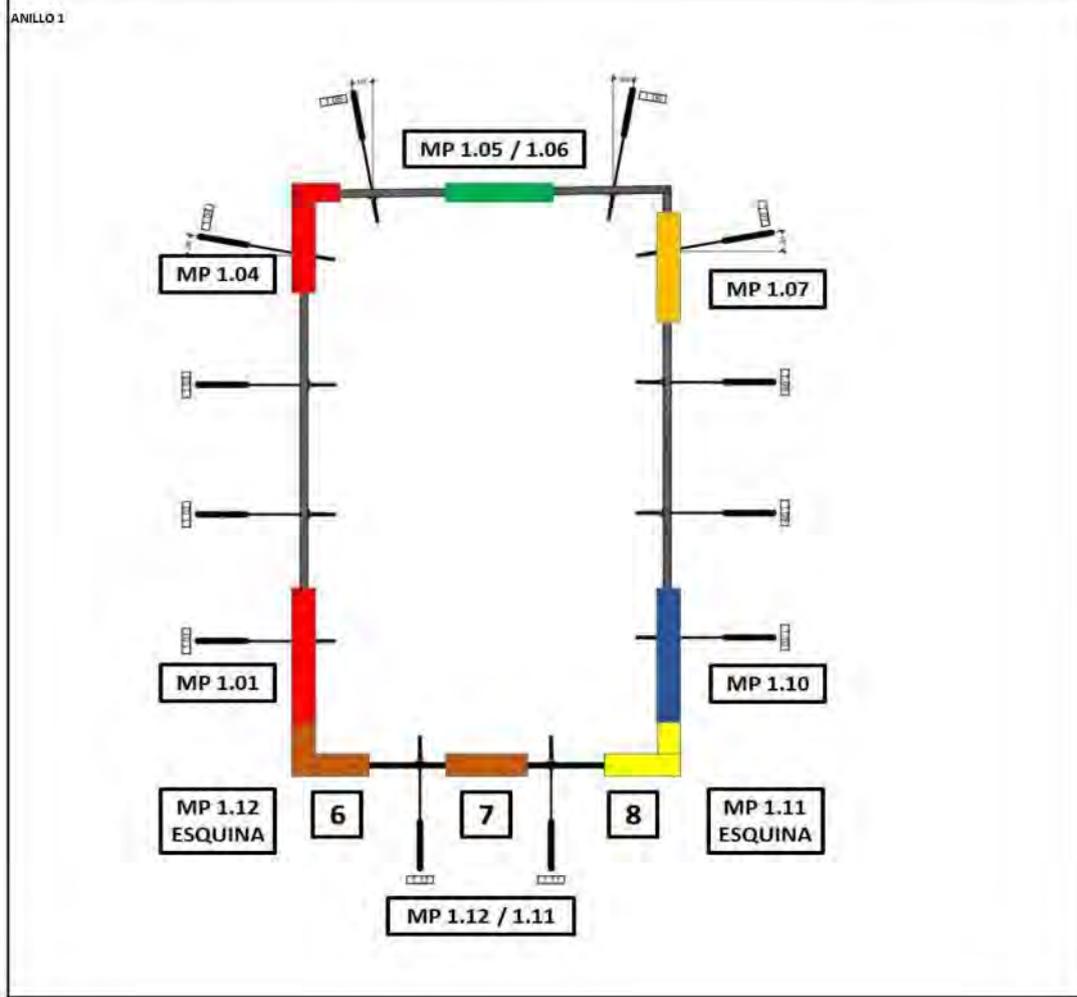
RESPONSABLE DE PROGRAMACION	Ing. Revolina	NETO: 100% (REVISADO/VALIDO)	RESUMEN	LEYENDA M*
RESPONSABLE DE DESARROLLO	Ing. Prohaza		P.M.C. (verde)	Métr. Planificado en Gastos
RESPONSABLE DE CUMPLIMIENTO	Mestre de Obra		P.M.C. (rojo)	P. Programado
				C. Cumplido
				P.M.C. Programado sin Programación Cumplida
				P.M.C. Programado sin Programación de Cumplido

CAMARAS DE CUMPLIMIENTO	
Programación	Equipo
Log. Materiales	Supervisor
Trabajo Financ.	Log. Equipos
Control Top.	Plan de Demolicion
Trabajo	Control de Calidad
Manten. Man.	Seguridad

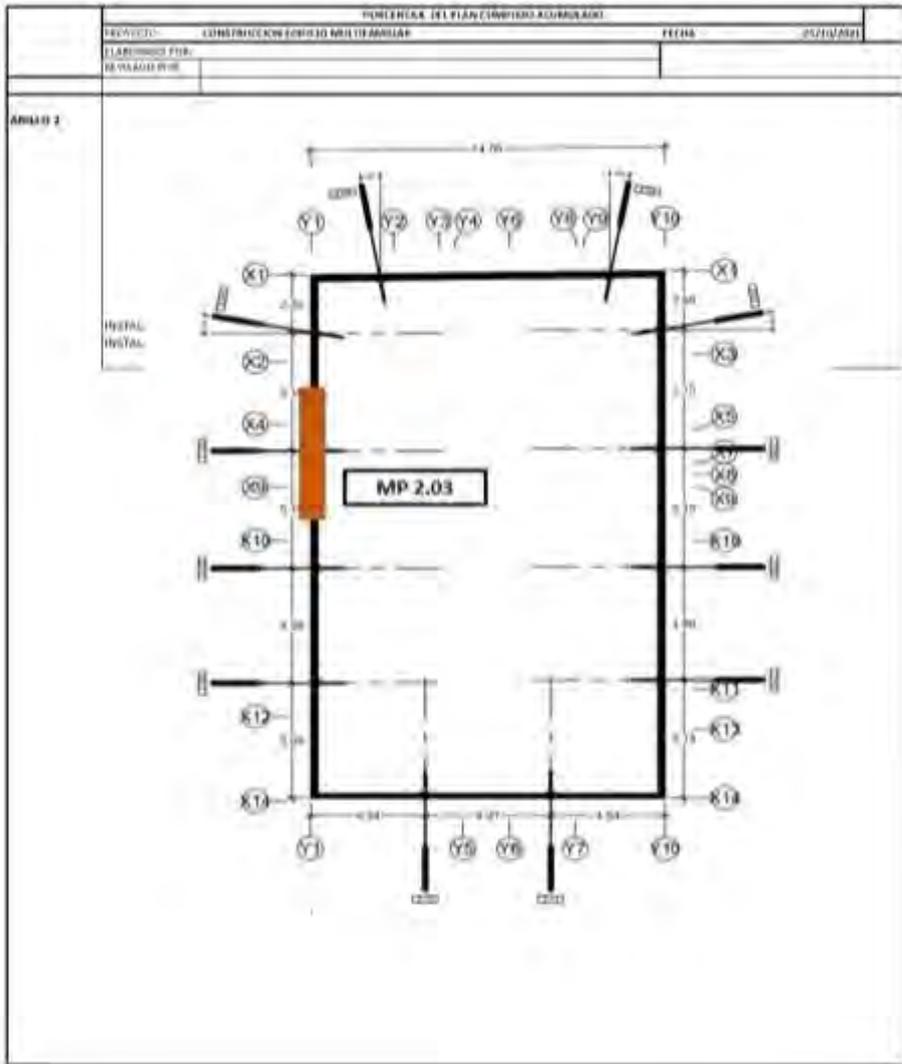


PORCENTAJE DE PROGRAMACION CUMPLIDA																					
PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO MULTIFAMILIAR																Sección		A		Fecha: 28/03/2021	
ID	ACTIVIDAD	UNIDAD	M P C			M P C			M P C			M P C			M P C						
			M	P	C	M	P	C	M	P	C	M	P	C	M	P	C				
DESCRIPCION DE OBRAS																					
SECCION 01																					
SECCION 02																					
SECCION 03																					
SECCION 04																					
SECCION 05																					
SECCION 06																					
SECCION 07																					
SECCION 08																					
SECCION 09																					
SECCION 10																					
SECCION 11																					
SECCION 12																					
SECCION 13																					
SECCION 14																					
SECCION 15																					
SECCION 16																					
SECCION 17																					
SECCION 18																					
SECCION 19																					
SECCION 20																					
SECCION 21																					
SECCION 22																					
SECCION 23																					
SECCION 24																					
SECCION 25																					
SECCION 26																					
SECCION 27																					
SECCION 28																					
SECCION 29																					
SECCION 30																					
SECCION 31																					
SECCION 32																					
SECCION 33																					
SECCION 34																					
SECCION 35																					
SECCION 36																					
SECCION 37																					
SECCION 38																					
SECCION 39																					
SECCION 40																					
SECCION 41																					
SECCION 42																					
SECCION 43																					
SECCION 44																					
SECCION 45																					
SECCION 46																					
SECCION 47																					
SECCION 48																					
SECCION 49																					
SECCION 50																					
SECCION 51																					
SECCION 52																					
SECCION 53																					
SECCION 54																					
SECCION 55																					
SECCION 56																					
SECCION 57																					
SECCION 58																					
SECCION 59																					
SECCION 60																					
SECCION 61																					
SECCION 62																					
SECCION 63																					
SECCION 64																					
SECCION 65																					
SECCION 66																					
SECCION 67																					
SECCION 68																					
SECCION 69																					
SECCION 70																					
SECCION 71																					
SECCION 72																					
SECCION 73																					
SECCION 74																					
SECCION 75																					
SECCION 76																					
SECCION 77																					
SECCION 78																					
SECCION 79																					
SECCION 80																					
SECCION 81																					
SECCION 82																					
SECCION 83																					
SECCION 84																					
SECCION 85																					
SECCION 86																					
SECCION 87																					
SECCION 88																					
SECCION 89																					
SECCION 90																					
SECCION 91																					
SECCION 92																					
SECCION 93																					
SECCION 94																					
SECCION 95																					
SECCION 96																					
SECCION 97																					
SECCION 98																					
SECCION 99																					
SECCION 100																					

PROYECTO: CONSTRUCCION EDIFICIO MULTIFAMILIAR PARQUE CUEVA		FECHA:	2/10/2021
ELABORADO POR:			
REVISADO POR:			



PORCENTAJE DE PROGRAMACION COMPLETA														
PROYECTO:		CONSTRUCCION DEL PLAN CUADRADO AGUINALA										FECHA:		
CLASIFICACION POR:												FECHA:		
REVISADO POR:												FECHA:		
1	ESTRUCURA	100%												
<p>LEYENDA DE PROGRAMACION:</p> <p>100%: 100% COMPLETA</p> <p>90%: 90% COMPLETA</p> <p>80%: 80% COMPLETA</p> <p>70%: 70% COMPLETA</p> <p>60%: 60% COMPLETA</p> <p>50%: 50% COMPLETA</p> <p>40%: 40% COMPLETA</p> <p>30%: 30% COMPLETA</p> <p>20%: 20% COMPLETA</p> <p>10%: 10% COMPLETA</p> <p>0%: 0% COMPLETA</p>														
INDICACIONES:		<p>1. REVISAR: 100% COMPLETA</p> <p>2. REVISAR: 90% COMPLETA</p> <p>3. REVISAR: 80% COMPLETA</p> <p>4. REVISAR: 70% COMPLETA</p> <p>5. REVISAR: 60% COMPLETA</p> <p>6. REVISAR: 50% COMPLETA</p> <p>7. REVISAR: 40% COMPLETA</p> <p>8. REVISAR: 30% COMPLETA</p> <p>9. REVISAR: 20% COMPLETA</p> <p>10. REVISAR: 10% COMPLETA</p> <p>11. REVISAR: 0% COMPLETA</p>												



PROYECTO:		CONSTRUCCION EDIFICIO MULTIFAMILIAR												FECHA:		
NO.	ACTIVIDAD	UNIDAD	W	F	W	F	W	F	W	F	W	F	W	F	W	F
01	PRELIMINAR															
02	CONSTRUCCION GENERAL															
03	CONSTRUCCION DE MUR															
04	CONSTRUCCION DE MUR															
05	CONSTRUCCION DE MUR															
06	CONSTRUCCION DE MUR															
07	CONSTRUCCION DE MUR															
08	CONSTRUCCION DE MUR															
09	CONSTRUCCION DE MUR															
10	CONSTRUCCION DE MUR															
11	CONSTRUCCION DE MUR															
12	CONSTRUCCION DE MUR															
13	CONSTRUCCION DE MUR															
14	CONSTRUCCION DE MUR															
15	CONSTRUCCION DE MUR															
16	CONSTRUCCION DE MUR															
17	CONSTRUCCION DE MUR															
18	CONSTRUCCION DE MUR															
19	CONSTRUCCION DE MUR															
20	CONSTRUCCION DE MUR															
21	CONSTRUCCION DE MUR															
22	CONSTRUCCION DE MUR															
23	CONSTRUCCION DE MUR															
24	CONSTRUCCION DE MUR															
25	CONSTRUCCION DE MUR															
26	CONSTRUCCION DE MUR															
27	CONSTRUCCION DE MUR															
28	CONSTRUCCION DE MUR															
29	CONSTRUCCION DE MUR															
30	CONSTRUCCION DE MUR															
31	CONSTRUCCION DE MUR															
32	CONSTRUCCION DE MUR															
33	CONSTRUCCION DE MUR															
34	CONSTRUCCION DE MUR															
35	CONSTRUCCION DE MUR															
36	CONSTRUCCION DE MUR															
37	CONSTRUCCION DE MUR															
38	CONSTRUCCION DE MUR															
39	CONSTRUCCION DE MUR															
40	CONSTRUCCION DE MUR															
41	CONSTRUCCION DE MUR															
42	CONSTRUCCION DE MUR															
43	CONSTRUCCION DE MUR															
44	CONSTRUCCION DE MUR															
45	CONSTRUCCION DE MUR															
46	CONSTRUCCION DE MUR															
47	CONSTRUCCION DE MUR															
48	CONSTRUCCION DE MUR															
49	CONSTRUCCION DE MUR															
50	CONSTRUCCION DE MUR															
51	CONSTRUCCION DE MUR															
52	CONSTRUCCION DE MUR															
53	CONSTRUCCION DE MUR															
54	CONSTRUCCION DE MUR															
55	CONSTRUCCION DE MUR															
56	CONSTRUCCION DE MUR															
57	CONSTRUCCION DE MUR															
58	CONSTRUCCION DE MUR															
59	CONSTRUCCION DE MUR															
60	CONSTRUCCION DE MUR															
61	CONSTRUCCION DE MUR															
62	CONSTRUCCION DE MUR															
63	CONSTRUCCION DE MUR															
64	CONSTRUCCION DE MUR															
65	CONSTRUCCION DE MUR															
66	CONSTRUCCION DE MUR															
67	CONSTRUCCION DE MUR															
68	CONSTRUCCION DE MUR															
69	CONSTRUCCION DE MUR															
70	CONSTRUCCION DE MUR															
71	CONSTRUCCION DE MUR															
72	CONSTRUCCION DE MUR															
73	CONSTRUCCION DE MUR															
74	CONSTRUCCION DE MUR															
75	CONSTRUCCION DE MUR															
76	CONSTRUCCION DE MUR															
77	CONSTRUCCION DE MUR															
78	CONSTRUCCION DE MUR															
79	CONSTRUCCION DE MUR															
80	CONSTRUCCION DE MUR															
81	CONSTRUCCION DE MUR															
82	CONSTRUCCION DE MUR															
83	CONSTRUCCION DE MUR															
84	CONSTRUCCION DE MUR															
85	CONSTRUCCION DE MUR															
86	CONSTRUCCION DE MUR															
87	CONSTRUCCION DE MUR															
88	CONSTRUCCION DE MUR															
89	CONSTRUCCION DE MUR															
90	CONSTRUCCION DE MUR															
91	CONSTRUCCION DE MUR															
92	CONSTRUCCION DE MUR															
93	CONSTRUCCION DE MUR															
94	CONSTRUCCION DE MUR															
95	CONSTRUCCION DE MUR															
96	CONSTRUCCION DE MUR															
97	CONSTRUCCION DE MUR															
98	CONSTRUCCION DE MUR															
99	CONSTRUCCION DE MUR															
100	CONSTRUCCION DE MUR															

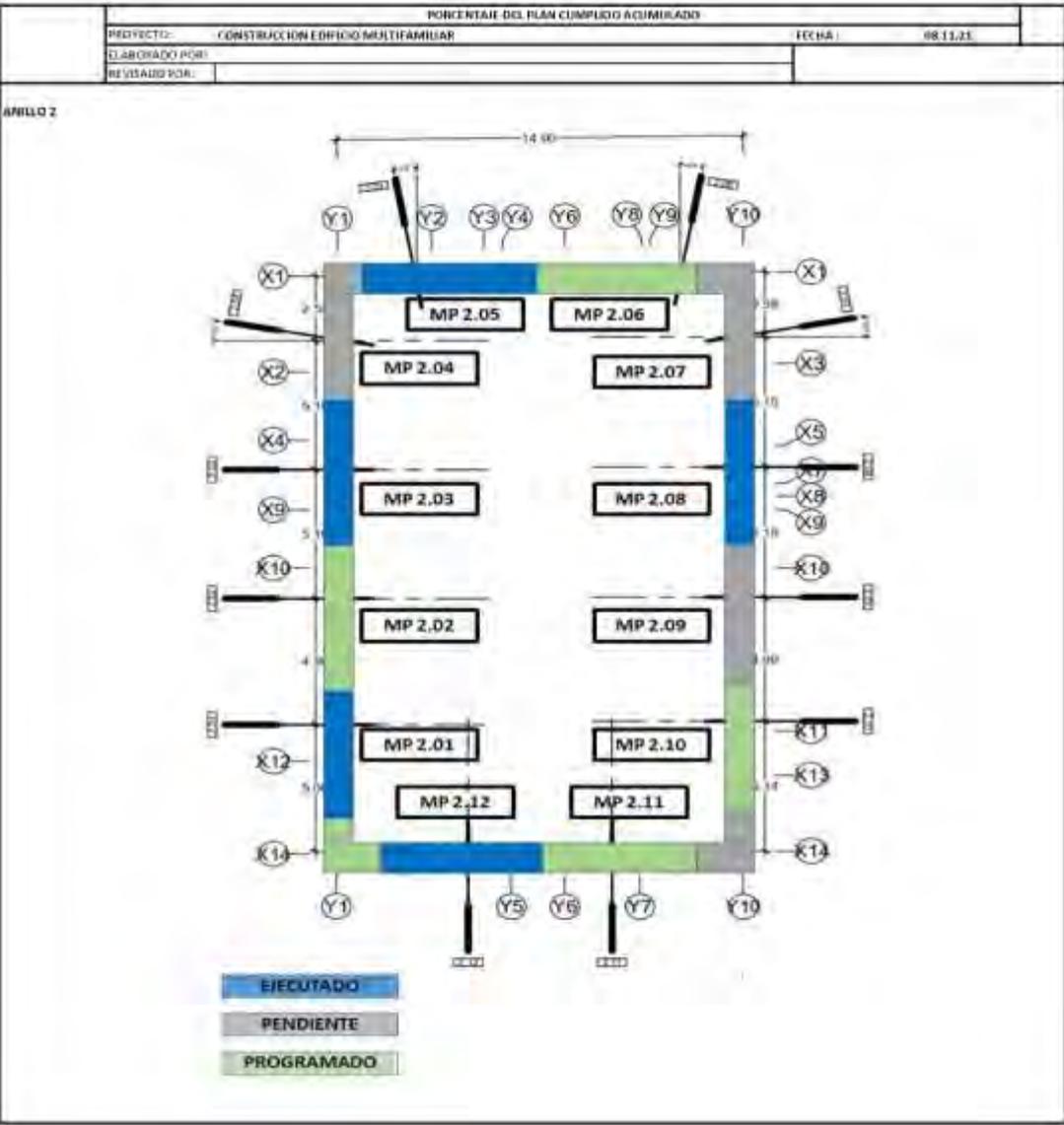
ESTADO DE EJECUCION
 100% EJECUTADO
 50% EJECUTADO
 25% EJECUTADO
 0% EJECUTADO

ESTADO DE EJECUCION
 100% EJECUTADO
 50% EJECUTADO
 25% EJECUTADO
 0% EJECUTADO

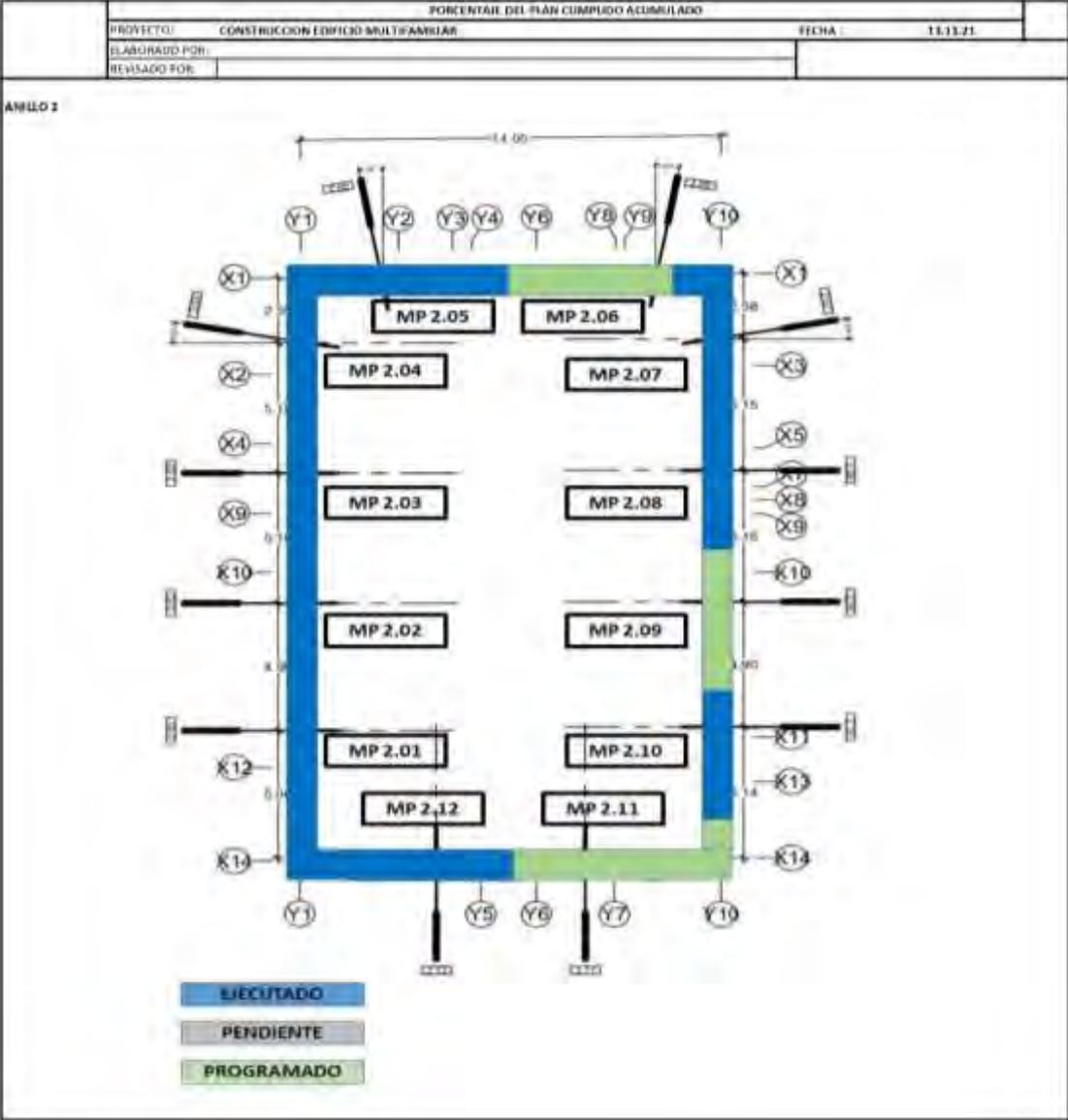
ESTADO DE EJECUCION
 100% EJECUTADO
 50% EJECUTADO
 25% EJECUTADO
 0% EJECUTADO

ESTADO DE EJECUCION
 100% EJECUTADO
 50% EJECUTADO
 25% EJECUTADO
 0% EJECUTADO

ESTADO DE EJECUCION
 100% EJECUTADO
 50% EJECUTADO
 25% EJECUTADO
 0% EJECUTADO

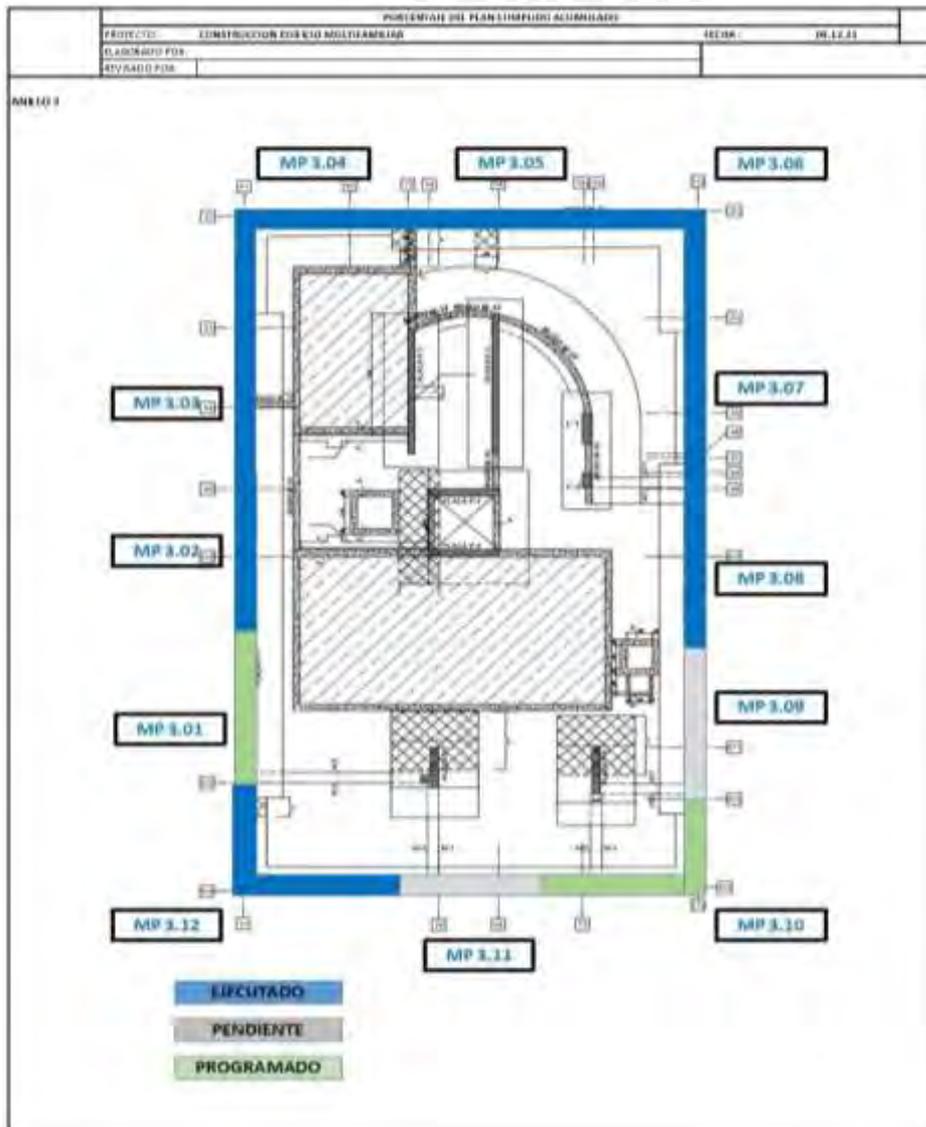


PORCENTAJE DE PROGRAMAS CUMPLIDOS																
PROYECTO:	CONSTRUCCION EDIFICIO MULTIFAMILIAR											SEMANA:	Y:	FECHA:	ELABORADO:	
#	ACTIVIDAD	UNIDAD	A:	B:	C:	D:	E:	F:	G:	H:	I:	J:	K:	L:	M:	N:
1	CONSTRUCCION DE OBRERA	1.000														
2	CONSTRUCCION DE MUR															
3	CONSTRUCCION DE PUENTE															
4	CONSTRUCCION DE PISO															
5	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
6	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
7	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
8	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
9	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
10	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
11	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
12	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
13	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
14	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
15	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
16	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
17	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
18	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
19	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
20	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
21	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
22	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
23	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
24	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
25	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
26	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
27	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
28	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
29	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
30	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
31	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
32	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
33	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
34	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
35	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
36	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
37	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
38	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
39	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
40	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
41	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
42	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
43	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
44	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
45	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
46	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
47	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
48	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
49	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
50	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
51	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
52	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
53	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
54	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
55	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
56	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
57	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
58	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
59	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
60	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
61	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
62	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
63	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
64	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
65	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
66	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
67	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
68	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
69	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
70	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
71	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
72	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
73	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
74	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
75	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
76	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
77	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
78	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
79	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
80	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
81	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
82	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
83	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
84	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
85	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
86	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
87	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
88	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
89	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
90	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
91	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
92	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
93	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
94	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
95	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
96	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
97	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
98	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
99	CONSTRUCCION DE TUBERIA															
100	CONSTRUCCION DE TUBERIA															

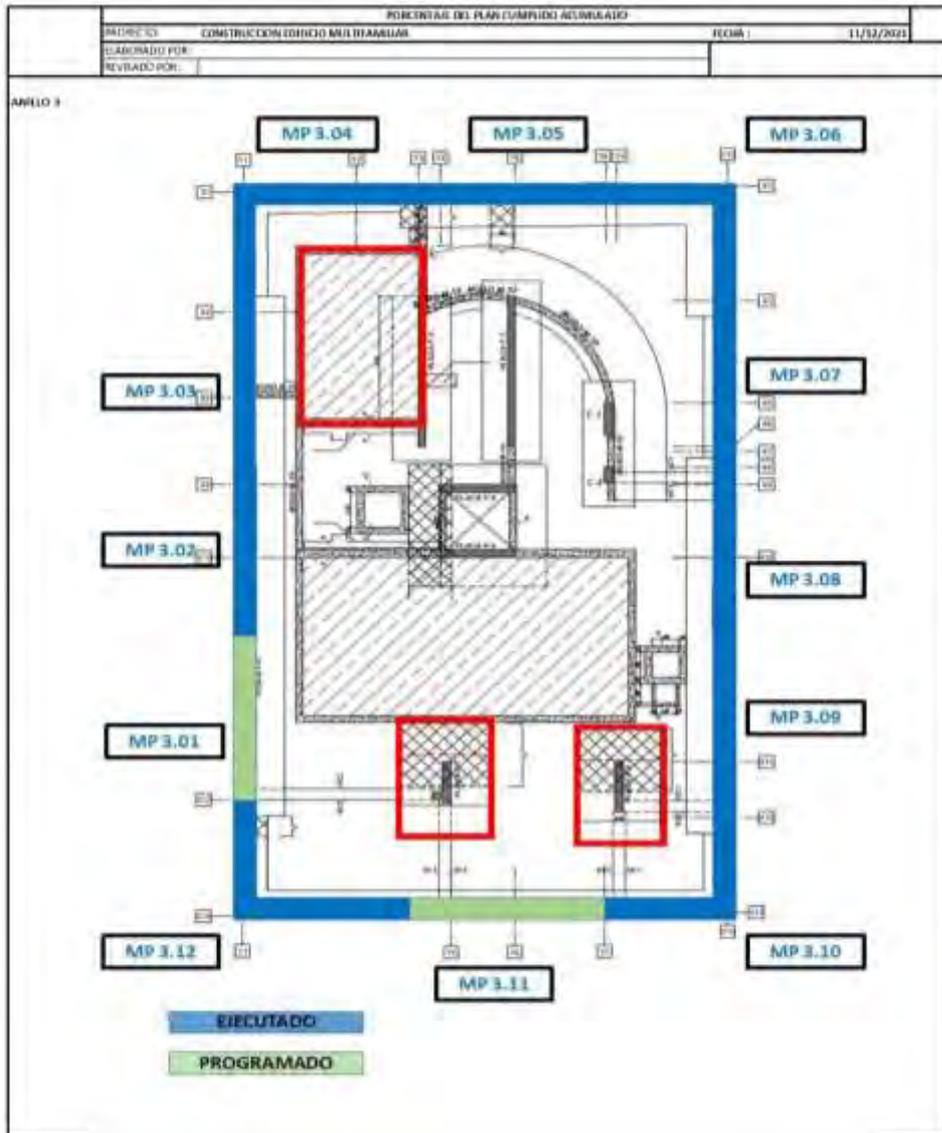


PROGRAMA DE PROGRAMACIÓN LUNA BA													
PROYECTO	CONSTRUCCIÓN DEL PLANIFORIO ACUMULADO												
FECHA	USUARIO	AL	DI	QUINTA	SE	SEPTIEMBRE	AG	AGOSTO	DI	DIAGNÓSTICO	DI	DIAGNÓSTICO	DI
CONSTRUCCIÓN DEL PLANIFORIO ACUMULADO	MP 3.01												
CONSTRUCCIÓN DEL PLANIFORIO ACUMULADO	MP 3.02												
CONSTRUCCIÓN DEL PLANIFORIO ACUMULADO	MP 3.03												
CONSTRUCCIÓN DEL PLANIFORIO ACUMULADO	MP 3.04												
CONSTRUCCIÓN DEL PLANIFORIO ACUMULADO	MP 3.05												
CONSTRUCCIÓN DEL PLANIFORIO ACUMULADO	MP 3.06												
CONSTRUCCIÓN DEL PLANIFORIO ACUMULADO	MP 3.07												
CONSTRUCCIÓN DEL PLANIFORIO ACUMULADO	MP 3.08												
CONSTRUCCIÓN DEL PLANIFORIO ACUMULADO	MP 3.09												
CONSTRUCCIÓN DEL PLANIFORIO ACUMULADO	MP 3.10												
CONSTRUCCIÓN DEL PLANIFORIO ACUMULADO	MP 3.11												
CONSTRUCCIÓN DEL PLANIFORIO ACUMULADO	MP 3.12												

<p>CONSTRUCCIÓN DEL PLANIFORIO ACUMULADO</p> <p>CONSTRUCCIÓN DEL PLANIFORIO ACUMULADO</p> <p>CONSTRUCCIÓN DEL PLANIFORIO ACUMULADO</p>	<p>MP 3.01</p> <p>MP 3.02</p> <p>MP 3.03</p> <p>MP 3.04</p> <p>MP 3.05</p> <p>MP 3.06</p> <p>MP 3.07</p> <p>MP 3.08</p> <p>MP 3.09</p> <p>MP 3.10</p> <p>MP 3.11</p> <p>MP 3.12</p>	<p>MP 3.01</p> <p>MP 3.02</p> <p>MP 3.03</p> <p>MP 3.04</p> <p>MP 3.05</p> <p>MP 3.06</p> <p>MP 3.07</p> <p>MP 3.08</p> <p>MP 3.09</p> <p>MP 3.10</p> <p>MP 3.11</p> <p>MP 3.12</p>	<p>MP 3.01</p> <p>MP 3.02</p> <p>MP 3.03</p> <p>MP 3.04</p> <p>MP 3.05</p> <p>MP 3.06</p> <p>MP 3.07</p> <p>MP 3.08</p> <p>MP 3.09</p> <p>MP 3.10</p> <p>MP 3.11</p> <p>MP 3.12</p>	<p>MP 3.01</p> <p>MP 3.02</p> <p>MP 3.03</p> <p>MP 3.04</p> <p>MP 3.05</p> <p>MP 3.06</p> <p>MP 3.07</p> <p>MP 3.08</p> <p>MP 3.09</p> <p>MP 3.10</p> <p>MP 3.11</p> <p>MP 3.12</p>
--	---	---	---	---



PROGRAMA DE PROGRAMACIÓN COMPLETA														
PROYECTO	CLIENTE	FECHA	ESTADO	ACTIVIDAD	FECHA INICIO	FECHA FIN	DURACION	RECURSOS	RESPONSABLE	FECHA INICIO	FECHA FIN	DURACION	RECURSOS	RESPONSABLE
ACTIVIDADES														
ACTIVIDAD 01	ACTIVIDAD 02	ACTIVIDAD 03	ACTIVIDAD 04	ACTIVIDAD 05	ACTIVIDAD 06	ACTIVIDAD 07	ACTIVIDAD 08	ACTIVIDAD 09	ACTIVIDAD 10	ACTIVIDAD 11	ACTIVIDAD 12	ACTIVIDAD 13	ACTIVIDAD 14	ACTIVIDAD 15
ACTIVIDAD 16	ACTIVIDAD 17	ACTIVIDAD 18	ACTIVIDAD 19	ACTIVIDAD 20	ACTIVIDAD 21	ACTIVIDAD 22	ACTIVIDAD 23	ACTIVIDAD 24	ACTIVIDAD 25	ACTIVIDAD 26	ACTIVIDAD 27	ACTIVIDAD 28	ACTIVIDAD 29	ACTIVIDAD 30
ACTIVIDADES DE PROGRAMACIÓN														
ACTIVIDAD 31	ACTIVIDAD 32	ACTIVIDAD 33	ACTIVIDAD 34	ACTIVIDAD 35	ACTIVIDAD 36	ACTIVIDAD 37	ACTIVIDAD 38	ACTIVIDAD 39	ACTIVIDAD 40	ACTIVIDAD 41	ACTIVIDAD 42	ACTIVIDAD 43	ACTIVIDAD 44	ACTIVIDAD 45
ACTIVIDADES DE PROGRAMACIÓN														
ACTIVIDAD 46	ACTIVIDAD 47	ACTIVIDAD 48	ACTIVIDAD 49	ACTIVIDAD 50	ACTIVIDAD 51	ACTIVIDAD 52	ACTIVIDAD 53	ACTIVIDAD 54	ACTIVIDAD 55	ACTIVIDAD 56	ACTIVIDAD 57	ACTIVIDAD 58	ACTIVIDAD 59	ACTIVIDAD 60
ACTIVIDADES DE PROGRAMACIÓN														
ACTIVIDAD 61	ACTIVIDAD 62	ACTIVIDAD 63	ACTIVIDAD 64	ACTIVIDAD 65	ACTIVIDAD 66	ACTIVIDAD 67	ACTIVIDAD 68	ACTIVIDAD 69	ACTIVIDAD 70	ACTIVIDAD 71	ACTIVIDAD 72	ACTIVIDAD 73	ACTIVIDAD 74	ACTIVIDAD 75
ACTIVIDADES DE PROGRAMACIÓN														
ACTIVIDAD 76	ACTIVIDAD 77	ACTIVIDAD 78	ACTIVIDAD 79	ACTIVIDAD 80	ACTIVIDAD 81	ACTIVIDAD 82	ACTIVIDAD 83	ACTIVIDAD 84	ACTIVIDAD 85	ACTIVIDAD 86	ACTIVIDAD 87	ACTIVIDAD 88	ACTIVIDAD 89	ACTIVIDAD 90
ACTIVIDADES DE PROGRAMACIÓN														
ACTIVIDAD 91	ACTIVIDAD 92	ACTIVIDAD 93	ACTIVIDAD 94	ACTIVIDAD 95	ACTIVIDAD 96	ACTIVIDAD 97	ACTIVIDAD 98	ACTIVIDAD 99	ACTIVIDAD 100	ACTIVIDAD 101	ACTIVIDAD 102	ACTIVIDAD 103	ACTIVIDAD 104	ACTIVIDAD 105



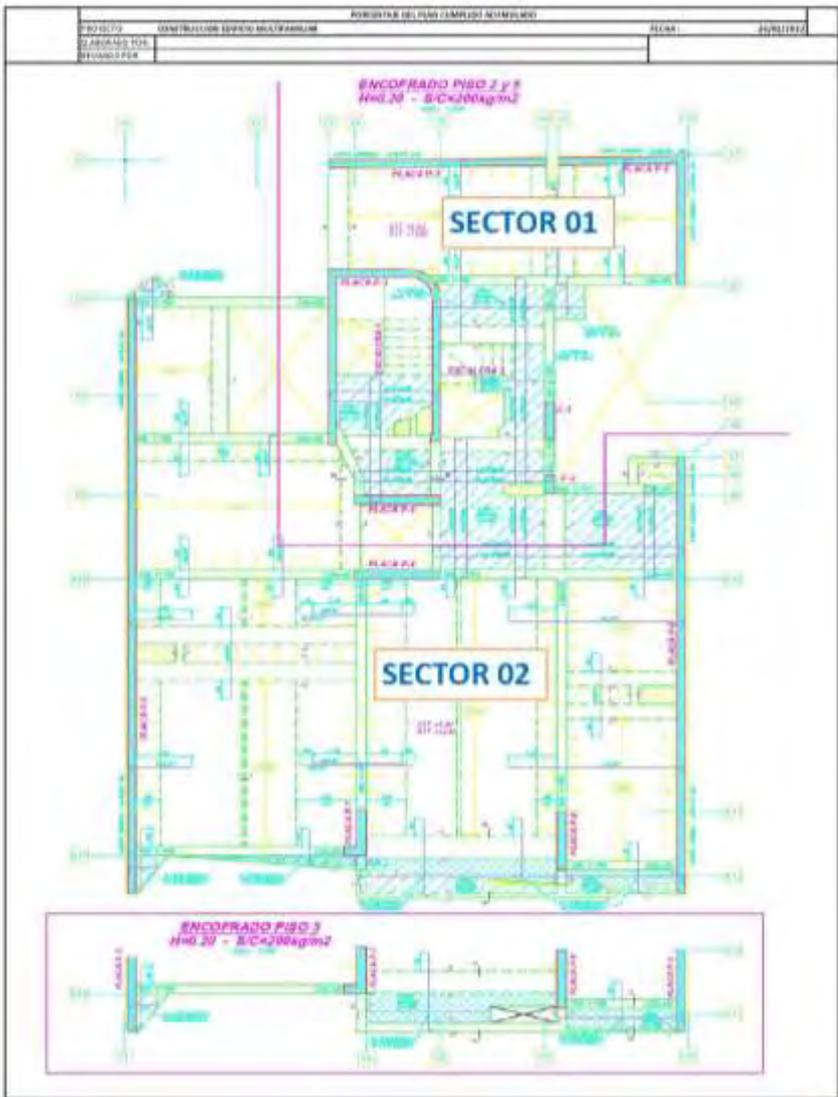
SISTEMA DE INGENIERIA DE ESTRUCTURAS												
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	FECHA	ESTADO	OTRO	OTRO	OTRO	OTRO	OTRO
1	CONCRETO	m ³										
2	ACERO	kg										
3	FORMA	m ²										
4	ALICATADO	m ²										
5	MADESA	m ²										
6	TEJADO	m ²										
7	PAVIMENTO	m ²										
8	REVESTIMIENTO	m ²										
9	ALBAÑILERIA	m ²										
10	TRABAJO DE HERRAJE	kg										
11	TRABAJO DE MADERA	m ³										
12	TRABAJO DE PINTURA	m ²										
13	TRABAJO DE VIDRIO	m ²										
14	TRABAJO DE ORO	m ²										
15	TRABAJO DE PLATA	m ²										
16	TRABAJO DE BRONCE	m ²										
17	TRABAJO DE COBRE	m ²										
18	TRABAJO DE NIQUEL	m ²										
19	TRABAJO DE CROMO	m ²										
20	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL	m ²										
21	TRABAJO DE ORO Y CROMO	m ²										
22	TRABAJO DE NIQUEL Y CROMO	m ²										
23	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO	m ²										
24	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL	m ²										
25	TRABAJO DE PLATA Y CROMO	m ²										
26	TRABAJO DE NIQUEL Y CROMO	m ²										
27	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO	m ²										
28	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO	m ²										
29	TRABAJO DE PLATA Y ORO	m ²										
30	TRABAJO DE NIQUEL Y ORO	m ²										
31	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO	m ²										
32	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO	m ²										
33	TRABAJO DE PLATA Y ORO Y NIQUEL	m ²										
34	TRABAJO DE NIQUEL Y ORO Y CROMO	m ²										
35	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO Y PLATA	m ²										
36	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO Y ORO	m ²										
37	TRABAJO DE PLATA Y ORO Y NIQUEL Y CROMO	m ²										
38	TRABAJO DE NIQUEL Y ORO Y CROMO Y PLATA	m ²										
39	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO Y PLATA Y PLATA	m ²										
40	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO	m ²										
41	TRABAJO DE PLATA Y ORO Y NIQUEL Y CROMO Y ORO	m ²										
42	TRABAJO DE NIQUEL Y ORO Y CROMO Y PLATA Y ORO	m ²										
43	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO	m ²										
44	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
45	TRABAJO DE PLATA Y ORO Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO	m ²										
46	TRABAJO DE NIQUEL Y ORO Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO	m ²										
47	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
48	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
49	TRABAJO DE PLATA Y ORO Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
50	TRABAJO DE NIQUEL Y ORO Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
51	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
52	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
53	TRABAJO DE PLATA Y ORO Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
54	TRABAJO DE NIQUEL Y ORO Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
55	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
56	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
57	TRABAJO DE PLATA Y ORO Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
58	TRABAJO DE NIQUEL Y ORO Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
59	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
60	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
61	TRABAJO DE PLATA Y ORO Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
62	TRABAJO DE NIQUEL Y ORO Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
63	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
64	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
65	TRABAJO DE PLATA Y ORO Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
66	TRABAJO DE NIQUEL Y ORO Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
67	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
68	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
69	TRABAJO DE PLATA Y ORO Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
70	TRABAJO DE NIQUEL Y ORO Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
71	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
72	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
73	TRABAJO DE PLATA Y ORO Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
74	TRABAJO DE NIQUEL Y ORO Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
75	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
76	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
77	TRABAJO DE PLATA Y ORO Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
78	TRABAJO DE NIQUEL Y ORO Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
79	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
80	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
81	TRABAJO DE PLATA Y ORO Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
82	TRABAJO DE NIQUEL Y ORO Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
83	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
84	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
85	TRABAJO DE PLATA Y ORO Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
86	TRABAJO DE NIQUEL Y ORO Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
87	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
88	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
89	TRABAJO DE PLATA Y ORO Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
90	TRABAJO DE NIQUEL Y ORO Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
91	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
92	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
93	TRABAJO DE PLATA Y ORO Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
94	TRABAJO DE NIQUEL Y ORO Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
95	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
96	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
97	TRABAJO DE PLATA Y ORO Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
98	TRABAJO DE NIQUEL Y ORO Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
99	TRABAJO DE ORO Y NIQUEL Y CROMO Y PLATA Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										
100	TRABAJO DE PLATA Y NIQUEL Y CROMO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO Y ORO	m ²										



PERCENTAJE DE CUMPLIMIENTO LINEAS															
PROYECTO:	CONDICION DE SERVICIO MULTIFAMILIAR														
FECHA:	11/01/2010														
NO.	LINEA	W	V	SECTOR 1	W	V	SECTOR 2	W	V	SECTOR 3	W	V	SECTOR 4	W	V
01	SECTOR 1														
02	SECTOR 2														
03	SECTOR 3														
04	SECTOR 4														
05	SECTOR 5														
06	SECTOR 6														
07	SECTOR 7														
08	SECTOR 8														
09	SECTOR 9														
10	SECTOR 10														
11	SECTOR 11														
12	SECTOR 12														
13	SECTOR 13														
14	SECTOR 14														
15	SECTOR 15														
16	SECTOR 16														
17	SECTOR 17														
18	SECTOR 18														
19	SECTOR 19														
20	SECTOR 20														
21	SECTOR 21														
22	SECTOR 22														
23	SECTOR 23														
24	SECTOR 24														
25	SECTOR 25														
26	SECTOR 26														
27	SECTOR 27														
28	SECTOR 28														
29	SECTOR 29														
30	SECTOR 30														
31	SECTOR 31														
32	SECTOR 32														
33	SECTOR 33														
34	SECTOR 34														
35	SECTOR 35														
36	SECTOR 36														
37	SECTOR 37														
38	SECTOR 38														
39	SECTOR 39														
40	SECTOR 40														
41	SECTOR 41														
42	SECTOR 42														
43	SECTOR 43														
44	SECTOR 44														
45	SECTOR 45														
46	SECTOR 46														
47	SECTOR 47														
48	SECTOR 48														
49	SECTOR 49														
50	SECTOR 50														
51	SECTOR 51														
52	SECTOR 52														
53	SECTOR 53														
54	SECTOR 54														
55	SECTOR 55														
56	SECTOR 56														
57	SECTOR 57														
58	SECTOR 58														
59	SECTOR 59														
60	SECTOR 60														
61	SECTOR 61														
62	SECTOR 62														
63	SECTOR 63														
64	SECTOR 64														
65	SECTOR 65														
66	SECTOR 66														
67	SECTOR 67														
68	SECTOR 68														
69	SECTOR 69														
70	SECTOR 70														
71	SECTOR 71														
72	SECTOR 72														
73	SECTOR 73														
74	SECTOR 74														
75	SECTOR 75														
76	SECTOR 76														
77	SECTOR 77														
78	SECTOR 78														
79	SECTOR 79														
80	SECTOR 80														
81	SECTOR 81														
82	SECTOR 82														
83	SECTOR 83														
84	SECTOR 84														
85	SECTOR 85														
86	SECTOR 86														
87	SECTOR 87														
88	SECTOR 88														
89	SECTOR 89														
90	SECTOR 90														
91	SECTOR 91														
92	SECTOR 92														
93	SECTOR 93														
94	SECTOR 94														
95	SECTOR 95														
96	SECTOR 96														
97	SECTOR 97														
98	SECTOR 98														
99	SECTOR 99														
100	SECTOR 100														



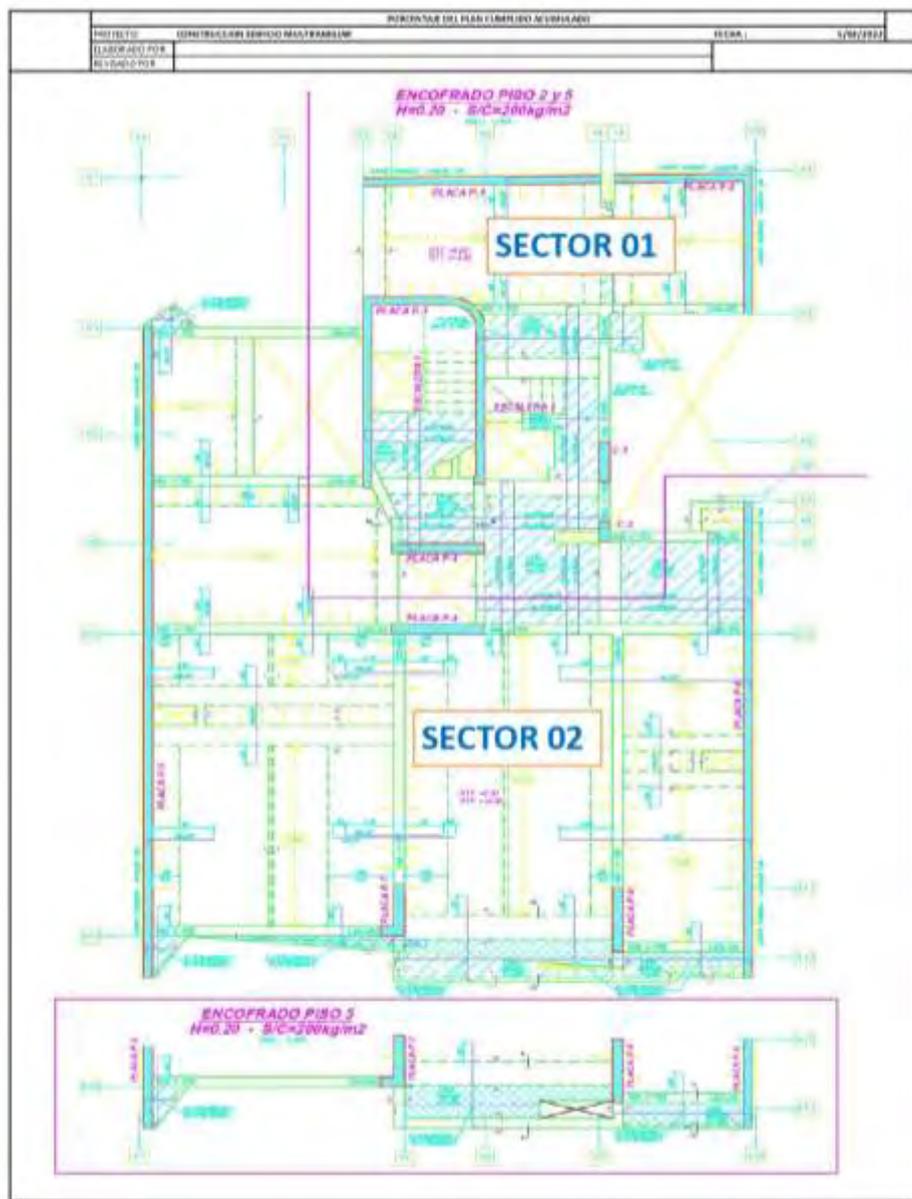
REVISTA DE INFORMACION COMPLETA															
PROYECTO: CENTRO EDUCATIVO DE CALI															
FECHA: 10/05/2012															
Escala: 1:100															
NO.	ACTIVIDAD	UNIDAD	NO. DE PLANOS												
1	ESTRUCTURA														
2	ACEROS														
3	PLACAS														
4	PERFILES														
5	ALICATADO														
6	REVESTIMIENTO														
7	ACABADOS														
8	ALUMBRADO														
9	PLANTAS DE ACEROS														
10	PLANTAS DE PLACAS														
11	PLANTAS DE PERFILES														
12	PLANTAS DE ALICATADO														
13	PLANTAS DE REVESTIMIENTO														
14	PLANTAS DE ACABADOS														
15	PLANTAS DE ALUMBRADO														
16	PLANTAS DE PLANTAS DE ACEROS														
17	PLANTAS DE PLANTAS DE PLACAS														
18	PLANTAS DE PLANTAS DE PERFILES														
19	PLANTAS DE PLANTAS DE ALICATADO														
20	PLANTAS DE PLANTAS DE REVESTIMIENTO														
21	PLANTAS DE PLANTAS DE ACABADOS														
22	PLANTAS DE PLANTAS DE ALUMBRADO														
23	PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE ACEROS														
24	PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE PLACAS														
25	PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE PERFILES														
26	PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE ALICATADO														
27	PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE REVESTIMIENTO														
28	PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE ACABADOS														
29	PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE ALUMBRADO														
30	PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE ACEROS														
31	PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE PLACAS														
32	PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE PERFILES														
33	PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE ALICATADO														
34	PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE REVESTIMIENTO														
35	PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE ACABADOS														
36	PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE PLANTAS DE ALUMBRADO														



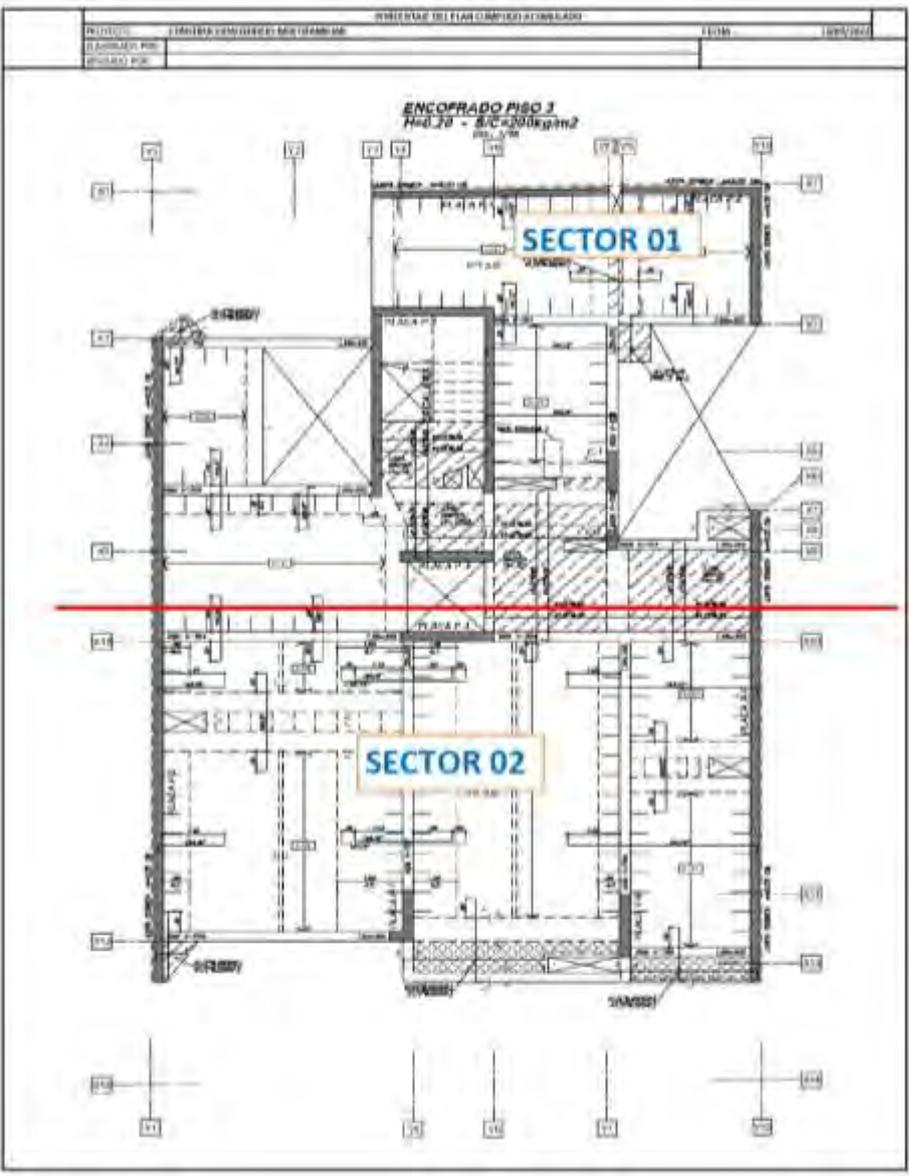
PROYECTO		PROGRAMA DE PROGRAMACION DE OBRAS											
ACTIVIDAD	UNIDAD	Q	D	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
CONCRETO													
ACEROS													
FORMAS													
ALICATADO													
MADEIRAS													
ALBAÑILERIA													
PAVIMENTOS													
REVESTIMIENTOS													
INSTALACIONES													
OTROS													
TOTAL													

ENCUENTRO DE PROGRAMACION	Eq. Unidad	Eq. Unidad	Eq. Unidad	Eq. Unidad
ENCUENTRO DE PROGRAMACION	Eq. Unidad	Eq. Unidad	Eq. Unidad	Eq. Unidad
ENCUENTRO DE PROGRAMACION	Eq. Unidad	Eq. Unidad	Eq. Unidad	Eq. Unidad

ENCUENTRO DE PROGRAMACION	Eq. Unidad	Eq. Unidad	Eq. Unidad	Eq. Unidad
ENCUENTRO DE PROGRAMACION	Eq. Unidad	Eq. Unidad	Eq. Unidad	Eq. Unidad
ENCUENTRO DE PROGRAMACION	Eq. Unidad	Eq. Unidad	Eq. Unidad	Eq. Unidad

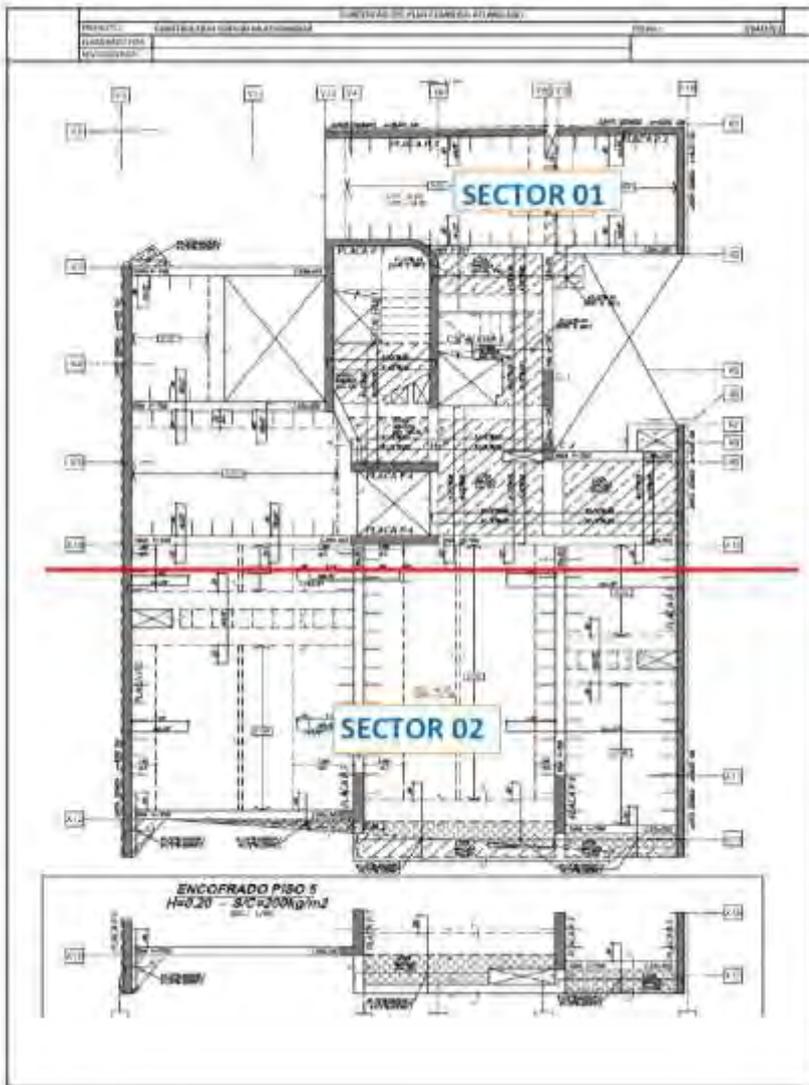


ACTIVIDAD		DESCRIPCION DE ACTIVIDADES												UNIDAD		FECHA												
N°	ACTIVIDAD	UNIDAD	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
1	PREPARACION DE PLANTAS																											
2	RETAZADO DE PLANTAS																											
3	RETAZADO DE PLANTAS																											
4	RETAZADO DE PLANTAS																											
5	RETAZADO DE PLANTAS																											
6	RETAZADO DE PLANTAS																											
7	RETAZADO DE PLANTAS																											
8	RETAZADO DE PLANTAS																											
9	RETAZADO DE PLANTAS																											
10	RETAZADO DE PLANTAS																											
11	RETAZADO DE PLANTAS																											
12	RETAZADO DE PLANTAS																											
13	RETAZADO DE PLANTAS																											
14	RETAZADO DE PLANTAS																											
15	RETAZADO DE PLANTAS																											
16	RETAZADO DE PLANTAS																											
17	RETAZADO DE PLANTAS																											
18	RETAZADO DE PLANTAS																											
19	RETAZADO DE PLANTAS																											
20	RETAZADO DE PLANTAS																											
21	RETAZADO DE PLANTAS																											
22	RETAZADO DE PLANTAS																											
23	RETAZADO DE PLANTAS																											
24	RETAZADO DE PLANTAS																											
25	RETAZADO DE PLANTAS																											
26	RETAZADO DE PLANTAS																											
27	RETAZADO DE PLANTAS																											
28	RETAZADO DE PLANTAS																											
29	RETAZADO DE PLANTAS																											
30	RETAZADO DE PLANTAS																											



PROYECTO		CONSTRUCCION DE PLANTAS DE UNIDAD DE TRATAMIENTO										SECTOR		CANTIDAD			
NOMBRE		DESCRIPCION										UNIDAD		CANTIDAD			
ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	M	P	C	M	P	C	M	P	C	M	P	C	M	P	C
01	TRABAJOS DE TIERRA																
02	TRABAJOS DE ALICATADO																
03	TRABAJOS DE PINTURA																
04	TRABAJOS DE ELECTRICIDAD																
05	TRABAJOS DE HERRERIA																
06	TRABAJOS DE MADERA																
07	TRABAJOS DE VIDRIO																
08	TRABAJOS DE ACERO																
09	TRABAJOS DE ALUMINIO																
10	TRABAJOS DE COBRE																
11	TRABAJOS DE PLOMO																
12	TRABAJOS DE ZINCO																
13	TRABAJOS DE NICKEL																
14	TRABAJOS DE ORO																
15	TRABAJOS DE PLATA																
16	TRABAJOS DE IRON																
17	TRABAJOS DE COPPER																
18	TRABAJOS DE BRASS																
19	TRABAJOS DE STEEL																
20	TRABAJOS DE ALUMINUM																
21	TRABAJOS DE GLASS																
22	TRABAJOS DE WOOD																
23	TRABAJOS DE TILE																
24	TRABAJOS DE PAINT																
25	TRABAJOS DE ELECTRIC																
26	TRABAJOS DE MECHANICAL																
27	TRABAJOS DE PLUMBING																
28	TRABAJOS DE ROOFING																
29	TRABAJOS DE SIDERATE																
30	TRABAJOS DE ALUMINUM																
31	TRABAJOS DE COBRE																
32	TRABAJOS DE PLOMO																
33	TRABAJOS DE ZINCO																
34	TRABAJOS DE NICKEL																
35	TRABAJOS DE ORO																
36	TRABAJOS DE PLATA																
37	TRABAJOS DE IRON																
38	TRABAJOS DE COPPER																
39	TRABAJOS DE BRASS																
40	TRABAJOS DE STEEL																
41	TRABAJOS DE ALUMINUM																
42	TRABAJOS DE GLASS																
43	TRABAJOS DE WOOD																
44	TRABAJOS DE TILE																
45	TRABAJOS DE PAINT																
46	TRABAJOS DE ELECTRIC																
47	TRABAJOS DE MECHANICAL																
48	TRABAJOS DE PLUMBING																
49	TRABAJOS DE ROOFING																
50	TRABAJOS DE SIDERATE																
51	TRABAJOS DE ALUMINUM																
52	TRABAJOS DE COBRE																
53	TRABAJOS DE PLOMO																
54	TRABAJOS DE ZINCO																
55	TRABAJOS DE NICKEL																
56	TRABAJOS DE ORO																
57	TRABAJOS DE PLATA																
58	TRABAJOS DE IRON																
59	TRABAJOS DE COPPER																
60	TRABAJOS DE BRASS																
61	TRABAJOS DE STEEL																
62	TRABAJOS DE ALUMINUM																
63	TRABAJOS DE GLASS																
64	TRABAJOS DE WOOD																
65	TRABAJOS DE TILE																
66	TRABAJOS DE PAINT																
67	TRABAJOS DE ELECTRIC																
68	TRABAJOS DE MECHANICAL																
69	TRABAJOS DE PLUMBING																
70	TRABAJOS DE ROOFING																
71	TRABAJOS DE SIDERATE																
72	TRABAJOS DE ALUMINUM																
73	TRABAJOS DE COBRE																
74	TRABAJOS DE PLOMO																
75	TRABAJOS DE ZINCO																
76	TRABAJOS DE NICKEL																
77	TRABAJOS DE ORO																
78	TRABAJOS DE PLATA																
79	TRABAJOS DE IRON																
80	TRABAJOS DE COPPER																
81	TRABAJOS DE BRASS																
82	TRABAJOS DE STEEL																
83	TRABAJOS DE ALUMINUM																
84	TRABAJOS DE GLASS																
85	TRABAJOS DE WOOD																
86	TRABAJOS DE TILE																
87	TRABAJOS DE PAINT																
88	TRABAJOS DE ELECTRIC																
89	TRABAJOS DE MECHANICAL																
90	TRABAJOS DE PLUMBING																
91	TRABAJOS DE ROOFING																
92	TRABAJOS DE SIDERATE																
93	TRABAJOS DE ALUMINUM																
94	TRABAJOS DE COBRE																
95	TRABAJOS DE PLOMO																
96	TRABAJOS DE ZINCO																
97	TRABAJOS DE NICKEL																
98	TRABAJOS DE ORO																
99	TRABAJOS DE PLATA																
100	TRABAJOS DE IRON																

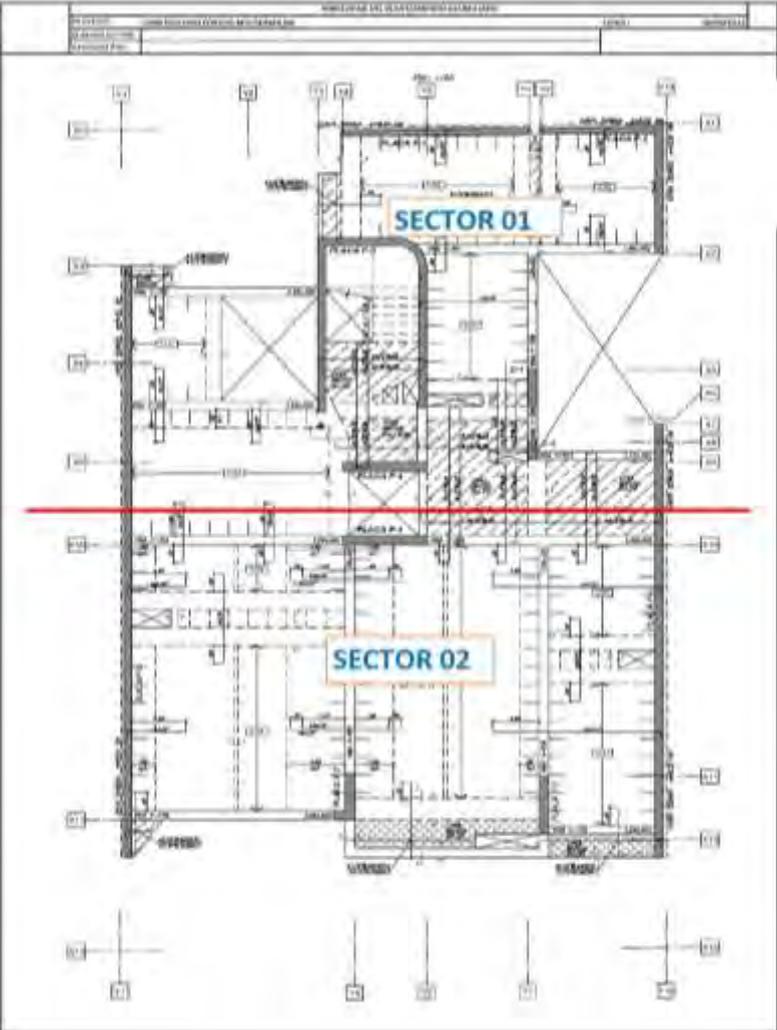
LEGENDA DE SIMBOLOS	
---	ALICATADO
---	ALUMINIO
---	COPPER
---	GLASS
---	IRON
---	NICKEL
---	ORO
---	PLATA
---	STEEL
---	TILE
---	WOOD



DETERMINASI RUMAH																								
RUMAH		LAMP. RUMAH																		RUMAH				
RUMAH		LAMP. RUMAH																		RUMAH				
RUMAH		LAMP. RUMAH																		RUMAH				
...
...
...
...

DAFTAR ISI

...	...
...	...
...	...
...	...
...	...



Anexo E: Métricas de calidad en la construcción del casco estructural.

En el capítulo tres, se muestra en la tabla cinco y figura doce se muestran métricas con información de la programación incompleta y reprogramación de actividades durante la construcción del edificio multifamiliar. A fin de tener una mejor idea de cómo se obtuvieron estas métricas se muestra la siguiente tabla.

Tabla E1.

Listado de programación y reprogramación de actividades durante la construcción del edificio multifamiliar.

Semana	Sector	Fecha de programación	Fecha de reprogramación	Días de retraso
8	Muro pantalla 2.06	miércoles, 10 de noviembre de 2021	jueves, 18 de noviembre de 2021	7
8	Muro pantalla 2.11	viernes, 12 de noviembre de 2021	lunes, 15 de noviembre de 2021	2
9	Muro pantalla 3.08	viernes, 26 de noviembre de 2021	miércoles, 1 de diciembre de 2021	4
18	Sótano 2 - Sector 3	jueves, 20 de enero de 2022	lunes, 24 de enero de 2022	3
19	Sótano 1 - Sector 2	miércoles, 26 de enero de 2022	lunes, 31 de enero de 2022	4
19	Semisótano - Sector 1	viernes, 28 de enero de 2022	lunes, 31 de enero de 2022	2
20	Semisótano - Sector 1	jueves, 3 de febrero de 2022	lunes, 7 de febrero de 2022	3
21	Semisótano - Sector 1	miércoles, 9 de febrero de 2022	lunes, 14 de febrero de 2022	4
21	Semisótano - Sector 1	lunes, 7 de febrero de 2022	lunes, 14 de febrero de 2022	6
22	Piso 1 - Sector 2	viernes, 18 de febrero de 2022	martes, 22 de febrero de 2022	3
23	Piso 1 - Sector 1	lunes, 21 de febrero de 2022	sábado, 26 de febrero de 2022	4
23	Piso 1 - Sector 2	jueves, 24 de febrero de 2022	lunes, 28 de febrero de 2022	3
24	Piso 2 - Sector 2	jueves, 3 de marzo de 2022	lunes, 7 de marzo de 2022	3
24	Piso 3 - Sector 1	viernes, 4 de marzo de 2022	lunes, 7 de marzo de 2022	2
25	Piso 3 - Sector 2	miércoles, 9 de marzo de 2022	lunes, 14 de marzo de 2022	4
26	Piso 3 - Sector 1	jueves, 17 de marzo de 2022	lunes, 21 de marzo de 2022	3
26	Piso 3 - Sector 2	viernes, 18 de marzo de 2022	lunes, 21 de marzo de 2022	2
27	Piso 4 - Sector 1	jueves, 24 de marzo de 2022	lunes, 28 de marzo de 2022	3
27	Piso 4 - Sector 2	sábado, 26 de marzo de 2022	lunes, 28 de marzo de 2022	1
28	Piso 5 - Sector 1	jueves, 31 de marzo de 2022	lunes, 4 de abril de 2022	3
28	Piso 5 - Sector 2	jueves, 31 de marzo de 2022	lunes, 4 de abril de 2022	3
29	Piso 6 - Sector 1	jueves, 7 de abril de 2022	lunes, 11 de abril de 2022	3
29	Piso 6 - Sector 2	viernes, 8 de abril de 2022	lunes, 11 de abril de 2022	2
31	Piso 7 - Sector 1	jueves, 21 de abril de 2022	lunes, 25 de abril de 2022	3
31	Piso 7 - Sector 2	jueves, 21 de abril de 2022	lunes, 25 de abril de 2022	3
32	Piso 8 - Sector 1	sábado, 30 de abril de 2022	martes, 3 de mayo de 2022	2
32	Piso 8 - Sector 2	viernes, 29 de abril de 2022	lunes, 2 de mayo de 2022	2
33	Piso 9 - Sector 1	viernes, 6 de mayo de 2022	lunes, 9 de mayo de 2022	2
33	Piso 9 - Sector 2	sábado, 7 de mayo de 2022	lunes, 9 de mayo de 2022	1

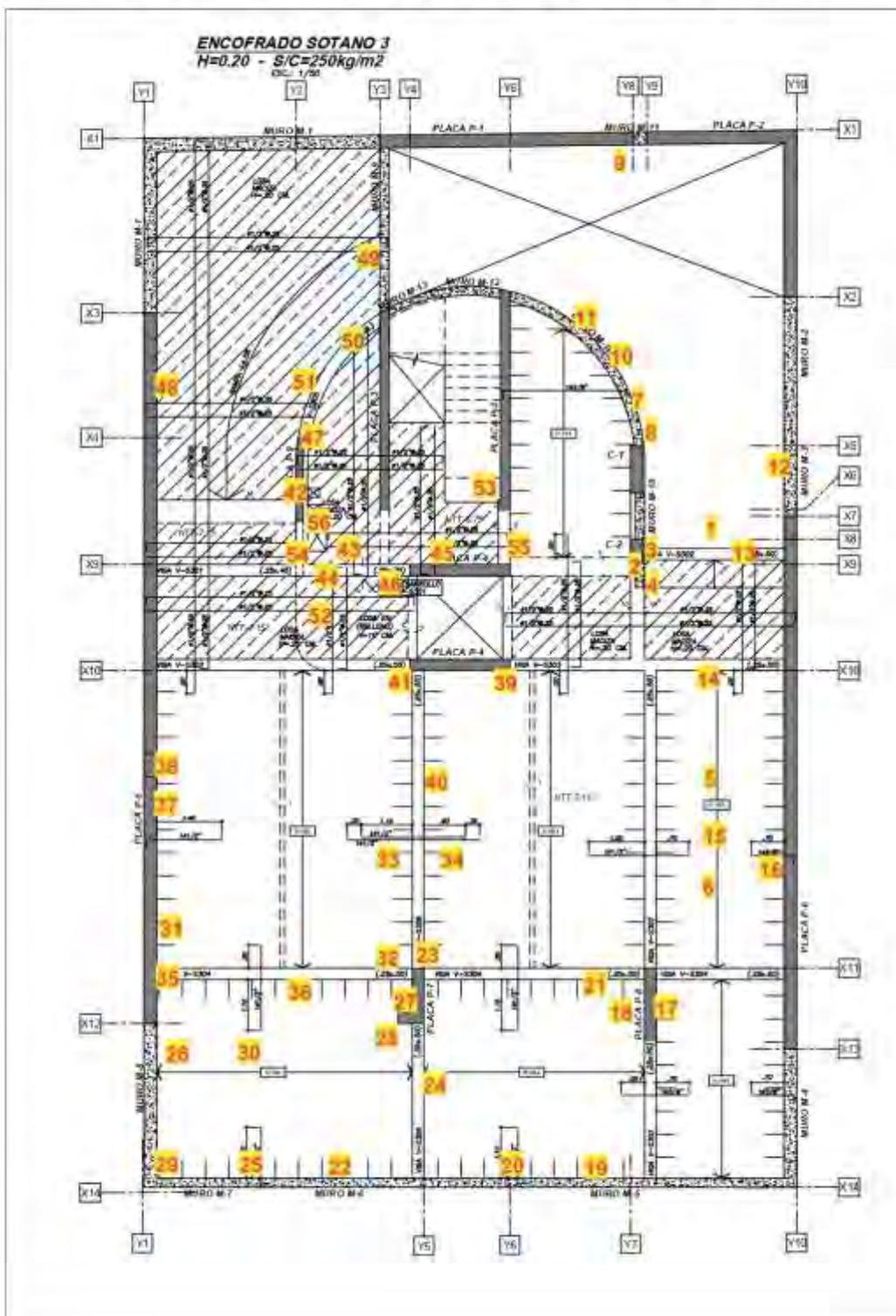
Nota. Elaboración propia.

Anexo F: Listado de observaciones de calidad en los sótanos.

En el capítulo tres, se muestra en la figura catorce un conteo de las observaciones de calidad en los sótanos durante la construcción del edificio multifamiliar. A fin de tener una mejor idea de estas observaciones se muestran en su totalidad.



Gestión de calidad Sótano 3 - Listado de items

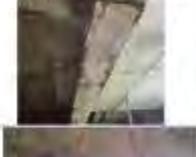
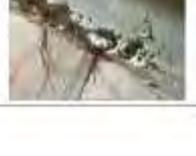


REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTIÓN DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRAFICO PROYECTO: EDIFICIO							PRAGA - Calidad - 003 Rev.: 1 Fecha: 19-02-2021	
OBSERVACIONES								
SOTANO 3								
ITEM	ESPECIFICIDAD	DETALLE	Accion correctiva	RESPONSABLE	FECHA EMISION	FECHA DE EJECUCION/IMPTE	ESTADO	REPORTE FOTOGRAFICO
1	ESTRUCTURAS	Diferencia entre muro y placa de J. 09 metros. Agendar a 300 metros	Asignar personal	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
2	ESTRUCTURAS	Desmenuado, veno de concreto y resaca	Asignar personal	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
3	ESTRUCTURAS	Resaca de concreto	Asignar personal	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
4	ESTRUCTURAS	Desmenuado y juntas	Asignar personal	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
5	ESTRUCTURAS	Limpieza y sello de material	Asignar personal	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
6	ESTRUCTURAS	Controlar zona superior	Asignar personal	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
7	ESTRUCTURAS	Desmenuado	Asignar personal	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
8	ESTRUCTURAS	Resaca de concreto	Asignar personal	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
9	ESTRUCTURAS	Desmenuado y resaca de escada en muro	Asignar personal	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
10	ESTRUCTURAS	Desmenuado de concreto en muro	Asignar personal	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	

REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTIÓN DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRÁFICO PROYECTO: EDIFICIO						PRAGA - Calidad - 003 Rev.: 1 Fecha: 19-02-2021		
OBSERVACIONES								
SOTANO 3								
IDM	ESPECÍFICO	DETALLE	ACCION CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISION	FECHA DE EJECUCION/RETE	ESTADUS	REPORTE FOTOGRÁFICO
11	ESTRUCTURAS	Abrao suaves	Abrar cemento	SCGA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
12	ESTRUCTURAS	Desmenuado de concreto resaca	Abrar concreto	SCGA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
13	ESTRUCTURAS	Perifoneo de viga	Abrar concreto	SCGA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
14	ESTRUCTURAS	Perifoneo de viga	Abrar concreto	SCGA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
15	ESTRUCTURAS	Resaca de carpintera	Abrar concreto	SCGA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
16	ESTRUCTURAS	Desmenuado de concreto y resaca	Abrar concreto	SCGA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
17	ESTRUCTURAS	Perifoneo de placa	Abrar concreto	SCGA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
18	ESTRUCTURAS	Resaca de acero	Abrar concreto	SCGA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
19	ESTRUCTURAS	Desmenuado y resaca de concreto	Abrar concreto	SCGA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
20	ESTRUCTURAS	Resaca de carpintera	Abrar concreto	SCGA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	

REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTIÓN DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRÁFICO PROYECTO: EDIFICIO							PRAGA - Calidad - 003 Rev.: 1 Fecha: 19-02-2021	
OBSERVACIONES								
SOTANO 3								
ITEM	ESPECÍFICO	DETALLE	ACCION CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISION	FECHA DE EJECUCION/LIMITE	ESTATUS	REPORTE FOTOGRÁFICO
21	ESTRUCTURAS	Desmontado en union riga y tubo de alta apoyada	Algo por terminar	SCSA	19-Feb	4-Mar	Pendiente	
22	ESTRUCTURAS	Revisa de carpintería	Algo por terminar	SCSA	19-Feb	4-Mar	Pendiente	
23	ESTRUCTURAS	Revisa de carpintería	Algo por terminar	SCSA	19-Feb	4-Mar	Pendiente	
24	ESTRUCTURAS	Revisa de riga de armadura	Algo por terminar	SCSA	19-Feb	4-Mar	Pendiente	
25	ESTRUCTURAS	Desmoldado de panel y soporte	Algo por terminar	SCSA	19-Feb	4-Mar	Pendiente	
26	ESTRUCTURAS	Desmoldado y repara de cantidad de mano	Algo por terminar	SCSA	19-Feb	4-Mar	Pendiente	
27	ESTRUCTURAS	Desmoldado	Algo por terminar	SCSA	19-Feb	4-Mar	Pendiente	
28	ESTRUCTURAS	Revisa de mano	Algo por terminar	SCSA	19-Feb	4-Mar	Pendiente	
29	ESTRUCTURAS	Desmoldado y repara de acabado en mano Revisa de cantidad	Algo por terminar	SCSA	19-Feb	4-Mar	Pendiente	
30	ESTRUCTURAS	Desmoldado	Algo por terminar	SCSA	19-Feb	4-Mar	Pendiente	

REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTIÓN DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRÁFICO PROYECTO: EDIFICIO							PRAGA - Calidad - 003 Rev.: 1 Fecha: 19-02-2021	
OBSERVACIONES								
SOTANO 3								
IDM	ESPECIALIDAD	DETALLE	ACCION CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISION	FECHA DE EJECUCION/LIMITE	ESTATUS	REPORTE FOTOGRÁFICO
31	ESTRUCTURAS	Entramado de perfil y rosca. Faltan de cubierta	Alargar rosca	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
32	ESTRUCTURAS	Detalle de carpintera	Alargar rosca	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
33	ESTRUCTURAS	Entramado y acabado final en aligerado	Alargar rosca	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
34	ESTRUCTURAS	Entramado y acabado final en aligerado	Alargar rosca	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
35	ESTRUCTURAS	Perfilado de viga. No cumple con distancia viga a nivel. Faltan de cubrimiento	Alargar rosca	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
36	ESTRUCTURAS	Desarrollado en encuentro viga y losa	Alargar rosca	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
37	ESTRUCTURAS	Desarrollado en encuentro viga y losa. Faltan de cubrimiento	Alargar rosca	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
38	ESTRUCTURAS	Entramado y rosca de perfil	Alargar rosca	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
39	ESTRUCTURAS	Desarrollado y acabado final de las aligerado	Alargar rosca	SCSA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	

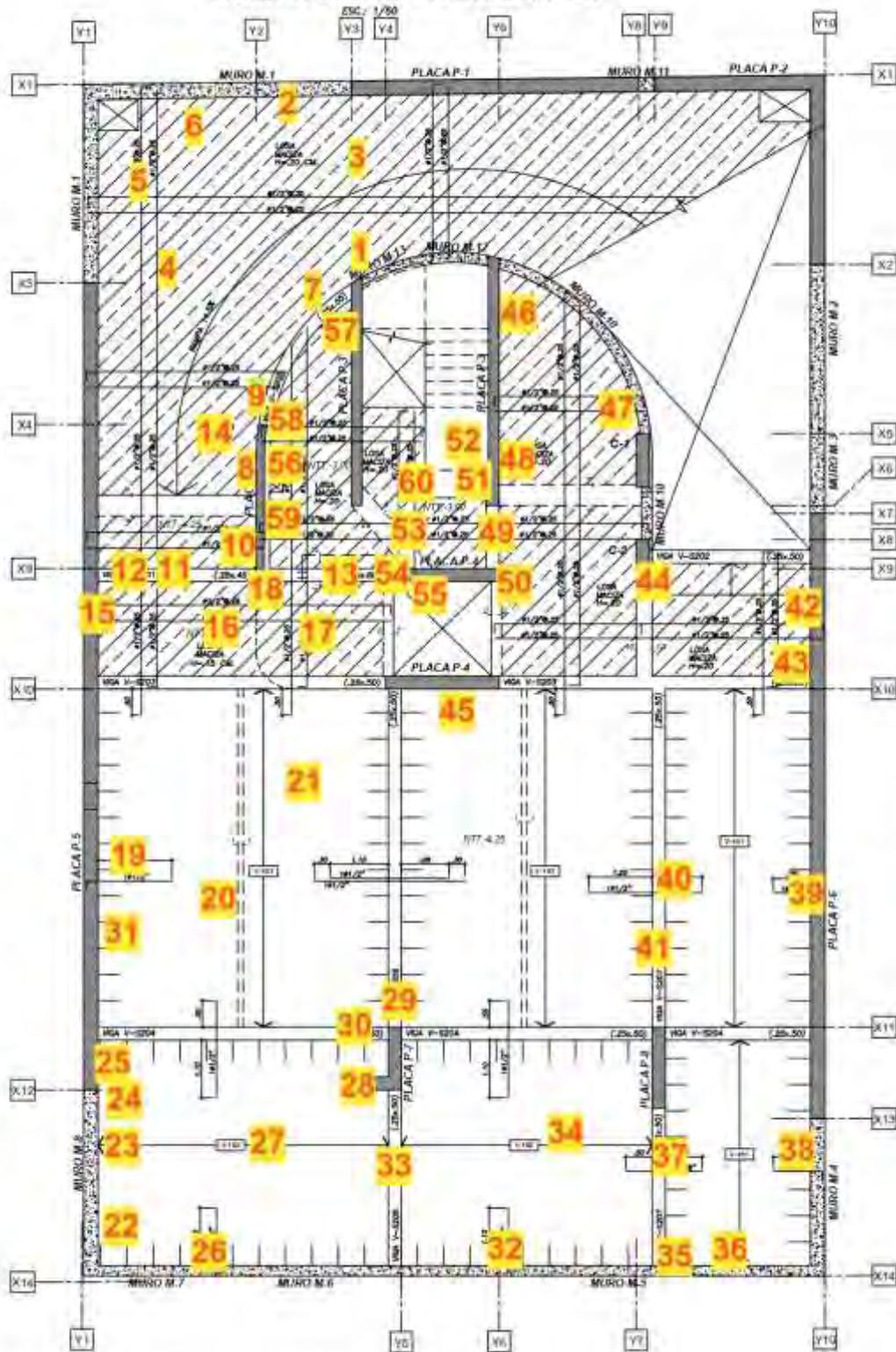
REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTIÓN DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRÁFICO PROYECTO: EDIFICIO							PRAGA - Calidad - 003 Rev.: 1 Fecha: 19-02-2021	
OBSERVACIONES								
SOTANO 3								
IDM	ESPECIALIDAD	DETALLE	ACCION CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISION	FECHA DE EJECUCION/IMPTE	ESTADIS	REPORTE FOTOGRÁFICO
40	ESTRUCTURAS	Reparo de carpintera	Reparar carpintero	SCSA	19-Feb	4-Mar	Pendientes	
41	ESTRUCTURAS	Reparo de carpintera	Reparar carpintero	SCSA	19-Feb	4-Mar	Pendientes	
42	ESTRUCTURAS	Reparos de agua y mold	Reparar plomero	SCSA	19-Feb	4-Mar	Pendientes	
43	ESTRUCTURAS	Limpieza de residuos de concreto en TCCO al final	Reparar plomero	SCSA	19-Feb	4-Mar	Pendientes	
44	ESTRUCTURAS	Reparos de agua y resaca de carpintera	Reparar carpintero	SCSA	19-Feb	4-Mar	Pendientes	
45	ESTRUCTURAS	Reparos de carpintera en agua y mold	Reparar plomero	SCSA	19-Feb	4-Mar	Pendientes	
46	ESTRUCTURAS	Reparos de carpintera en agua	Reparar plomero	SCSA	19-Feb	4-Mar	Pendientes	
47	ESTRUCTURAS	Reparos de carpintera en agua	Reparar plomero	SCSA	19-Feb	4-Mar	Pendientes	

REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTIÓN DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRÁFICO PROYECTO: EDIFICIO							PRAGA - Calidad - 003 Rev.: 1 Fecha: 19-02-2021	
OBSERVACIONES								
SOTANO 3								
ITEM	ESPECÍFICO	DETALLE	ACCIÓN CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISIÓN	FECHA DE EJECUCIÓN/IMPZ	ESTATUS	REPORTE FOTOGRÁFICO
4	ESTRUCTURAS	Esquinas y muros de gabi.	Alisar paredes	SCGA	13-Feb	4-Mar	Pendientes	
4	ESTRUCTURAS	Resaca de concreto	Alisar paredes	SCGA	13-Feb	4-Mar	Pendientes	
30	ESTRUCTURAS	Resaca de concreto	Alisar paredes	SCGA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
81	ESTRUCTURAS	Construcción de muebles para baños y closets	Alisar paredes	SCGA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
10	ESTRUCTURAS	Construcción de losa	Alisar paredes	SCGA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
32	ESTRUCTURAS	Examinado y reparar	Alisar paredes	SCGA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
34	ESTRUCTURAS	Desmochado	Alisar paredes	SCGA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
35	ESTRUCTURAS	Reparar de las fisuras (grietas) en fondo de las paredes	Alisar paredes	SCGA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
36	ESTRUCTURAS	Desmochado y reparado	Alisar paredes	SCGA	15-Feb	4-Mar	Pendientes	
ELABORADO POR:			EJECUTADO POR:			REVISADO POR:		

Figura F1: Listado de observaciones de calidad en el sótano tres durante la construcción del edificio multifamiliar.

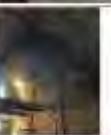
Elaboración empresa constructora.

Sótano 2 - Itens de qualidade



REGISTRO DE OBSERVACIONES
GESTIÓN DE CALIDAD
FORMATO DE REPORTE FOTOGRÁFICO
PROYECTO: EDIFICIO

PRAGA - Calidad - 001
Rev.: 1
Fecha: 21-02-2021

OBSERVACIONES								
SOTANO 2								
ITEM	ESPECIFICAS	DETALLE	ACCIÓN CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISIÓN	FECHA DE EJECUCIÓN LIMITE	ESTATUS	REPORTE FOTOGRÁFICO
1	ESTRUCTURAS	Emmentado y resate	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
2	ESTRUCTURAS	Picado y resate de canchales	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
3	ESTRUCTURAS	Resate para acero expuesto	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
4	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
5	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
6	ESTRUCTURAS	Emmentado y resate	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
7	ESTRUCTURAS	Resate de canchales	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
8	ESTRUCTURAS	Resate de pintura y emmentado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
9	ESTRUCTURAS	Resate de pintura y perfilado de muro	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	

REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTIÓN DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRÁFICO PROYECTO: EDIFICIO								PRAGA - Calidad - 001 Rev.: 1 Fecha: 21-02-2021
OBSERVACIONES SOTANO 2								
ITEM	ESPECIFICIDAD	DETALLE	ACCIÓN/RECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISIÓN	FECHA DE EJECUCIÓN LIMITE	ESTATUS	REPORTE FOTOGRÁFICO
30	ESTRUCTURAS	Cargajera	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
31	ESTRUCTURAS	Rampa no cumple con dimension mínima.	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
32	ESTRUCTURAS	Desencofrado de viga	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
33	ESTRUCTURAS	Desencofrado de viga	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
34	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
35	ESTRUCTURAS	Resane	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
36	ESTRUCTURAS	Embarlado y resane	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
37	ESTRUCTURAS	Resane de cargajera	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	

REGISTRO DE OBSERVACIONES
GESTIÓN DE CALIDAD
FORMATO DE REPORTE FOTOGRÁFICO
PROYECTO: EDIFICIO

PRAGA - Calidad - 001
Rev.: 1
Fecha: 21-02-2021

OBSERVACIONES
SOTANO 2

ITEM	ESPECIFICADO	DETALLE	ACCIÓN/RECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISIÓN	FECHA DE EJECUCIÓN LIMITE	ESTATUS	REPORTE FOTOGRÁFICO
18	ESTRUCTURAS	Resane cargrejera	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
19	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
20	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
21	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
22	ESTRUCTURAS	Resane y esmerilado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
23	ESTRUCTURAS	Desencofrado y resane de ladrillo botadillo	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
24	ESTRUCTURAS	Desencofrado y esmerilado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
25	ESTRUCTURAS	Resane de cargrejera y esmerilado de muro	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	

REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTIÓN DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRÁFICO PROYECTO: EDIFICIO							PRAGA - Calidad - 001 Rev.: 1 Fecha: 21-02-2021	
OBSERVACIONES SOTANO 2								
ITEM	ESPECIFICADO	DETALLE	ACCIÓN/RECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISIÓN	FECHA DE EJECUCIÓN LIMITE	ESTATUS	REPORTE FOTOGRÁFICO
26	ESTRUCTURAS	Resane de pisos	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
27	ESTRUCTURAS	Desacofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
28	ESTRUCTURAS	Emboñado y mate	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
29	ESTRUCTURAS	Resane de carguejera	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
30	ESTRUCTURAS	Resane de carguejera	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
31	ESTRUCTURAS	Emboñado de pared	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
32	ESTRUCTURAS	Resane	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	

REGISTRO DE OBSERVACIONES
GESTIÓN DE CALIDAD
FORMATO DE REPORTE FOTOGRÁFICO
PROYECTO: EDIFICIO

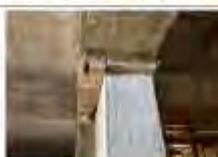
PRAGA - Calidad - 001
Rev.: 1
Fecha: 21-02-2021

OBSERVACIONES
SOTANO 2

ITEM	ESPECIFICADO	DETALLE	ACCIÓN CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISIÓN	FECHA DE EJECUCIÓN LIMITE	ESTATUS	REPORTE FOTOGRÁFICO
33	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
34	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
35	ESTRUCTURAS	Limpiado de pared	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
36	ESTRUCTURAS	Resane	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
37	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
38	ESTRUCTURAS	Resane de canchales	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
39	ESTRUCTURAS	Resane	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
40	ESTRUCTURAS	Resane	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	

REGISTRO DE OBSERVACIONES
GESTIÓN DE CALIDAD
FORMATO DE REPORTE FOTOGRÁFICO
PROYECTO: EDIFICIO

PRAGA - Calidad - 001
Rev.: 1
Fecha: 21-02-2021

OBSERVACIONES								
SOTANO 2								
ITEM	ESPECIFICIDAD	DETALLE	ACCIÓN/RECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISIÓN	FECHA DE EJECUCIÓN LIMITE	ESTATUS	REPORTE FOTOGRÁFICO
41	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
42	ESTRUCTURAS	Resane de pinto	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
43	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
44	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
45	ESTRUCTURAS	Nivelación de piso y resane de canchajera	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
46	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
47	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
48	ESTRUCTURAS	Perfilado de muro	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	

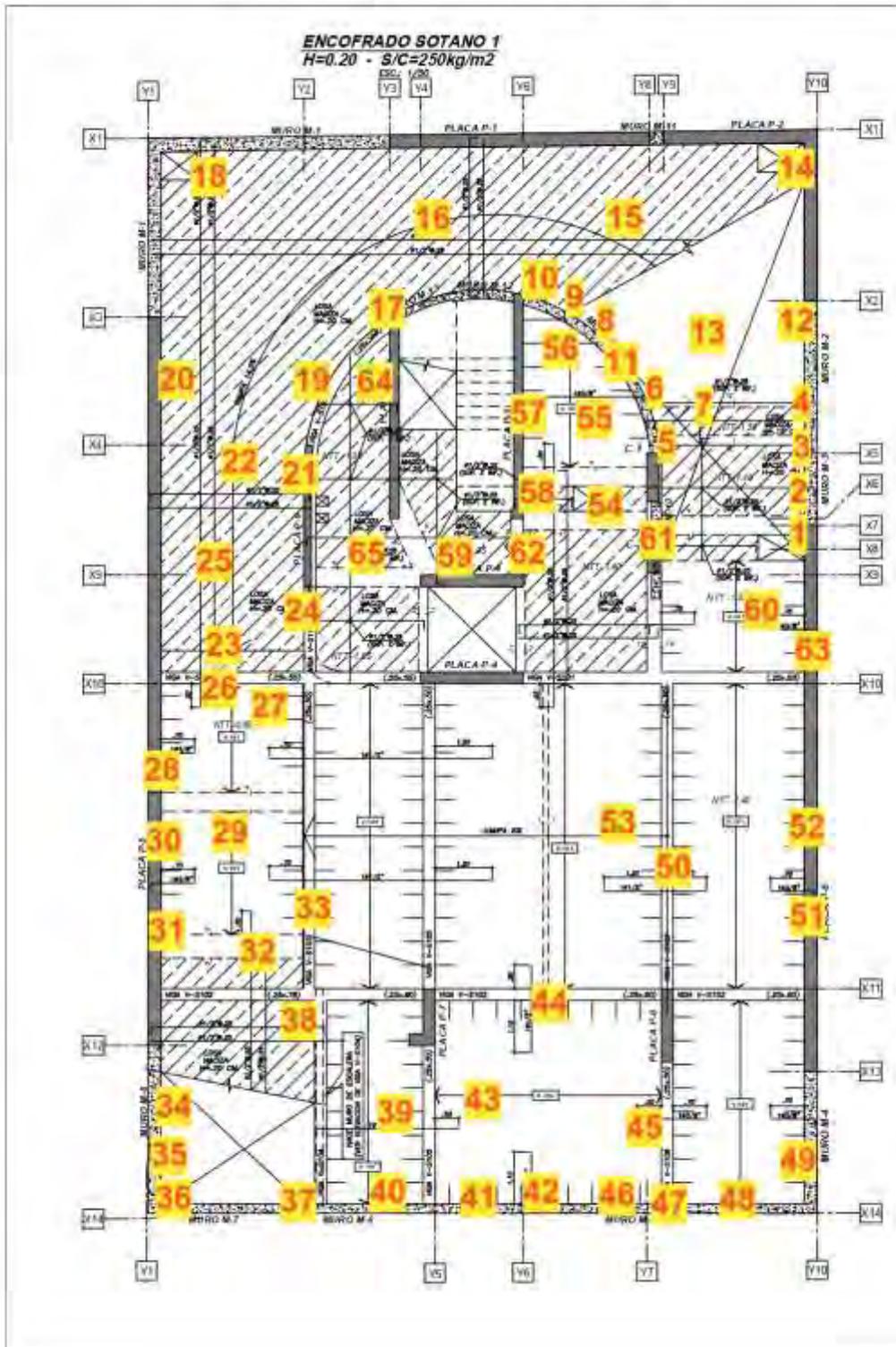
REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTIÓN DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRÁFICO PROYECTO: EDIFICIO							PRAGA - Calidad - 001 Rev.: 1 Fecha: 21-02-2021	
OBSERVACIONES SOTANO 2								
ITEM	ESPECIFICADO	DETALLE	ACCIÓN/RECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISIÓN	FECHA DE EJECUCIÓN LIMITE	ESTATUS	REPORTE FOTOGRÁFICO
49	ESTRUCTURAS	No cumple con espacio para boletas. Debe ser 1.20 m	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
50	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
51	ESTRUCTURAS	Resane de pinto y perfilado de muro	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
52	ESTRUCTURAS	Retiro de rebaba de concreto de TODO el sótano 2 y escaleras	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
53	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
54	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
55	ESTRUCTURAS	Resane de cargajera	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
56	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	

REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTIÓN DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRÁFICO PROYECTO: EDIFICIO								PRAGA - Calidad - 003 Rev.: 1 Fecha: 21-02-2021
OBSERVACIONES SÓTANO 2								
ITEM	ESPECIALIDAD	DETALLE	ACCIÓN CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISIÓN	TERMINO DE EJECUCIÓN LIMITE	ESTATUS	REPORTE FOTOGRÁFICO
57	ESTRUCTURAS	Eliminado y resane	Asignar personal	SOCA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
58	ESTRUCTURAS	Resane de pinto y perfilado de mano	Asignar personal	SOCA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
59	ESTRUCTURAS	Resane de pinto y perfilado de mano	Asignar personal	SOCA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
60	ESTRUCTURAS	No cumple con espacio para escaleras. Debe ser 1,4 m	Asignar personal	SOCA	21-Feb	25-Feb	Pendiente	
ELABORADO POR:			ELABORADO POR:			REVISADO POR:		
Firma:			Firma:			Firma:		
Cargos:			Cargos:			Cargos:		
Nombres:			Nombres:			Nombres:		
Fecha: 21-02-2021			Fecha: 21-02-2021			Fecha: 21-02-2021		

Figura F2: Listado de observaciones de calidad en el sótano dos durante la construcción del edificio multifamiliar.

Elaboración empresa constructora.

Sótano 1 - Listado de items



REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTION DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRAFICO PROYECTO: EDIFICIO "ARQUE CUEVA"							PRAGA - Calidad - 001 Rev: 1 Fecha: 24-02-2021	
OBSERVACIONES SOTANO 1								
ITEM	ESPECIALIDAD	DETALLE	ACCION CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISION	FECHA DE EJECUCION LIMITE	ESTATUS:	REPORTE FOTOGRAFICO
1	ESTRUCTURAS	Picado y resane	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
2	ESTRUCTURAS	Retro de tecnopor y resane	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
3	ESTRUCTURAS	Resane de pinto y esmerilado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
4	ESTRUCTURAS	Resane y esmerilado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
5	ESTRUCTURAS	Resane y esmerilado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
6	ESTRUCTURAS	Resane de pinto y esmerilado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
7	ESTRUCTURAS	Resane de pinto y esmerilado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	

REGISTRO DE OBSERVACIONES
 GESTION DE CALIDAD
 FORMATO DE REPORTE FOTOGRAFICO
 PROYECTO: EDIFICIO

PRAGA - Calidad - 001
 Rv: 1
 Fecha: 24-02-2021

OBSERVACIONES								
SOTANO 1								
ITEM	ESPECIALIDAD	DETALLE	ACCION CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISION	FECHA DE EJECUCION LIMITE	ESTATUS:	REPORTE FOTOGRAFICO
8	ESTRUCTURAS	Resane de pinto y esmerilado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
9	ESTRUCTURAS	Resane de pinto, perfilado de muro y esmerilado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
10	ESTRUCTURAS	Resane de pinto, perfilado de muro y esmerilado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
11	ESTRUCTURAS	Retiro de lecnopor y resane	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
12	ESTRUCTURAS	Resane de cachimba	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
13	ESTRUCTURAS	Resane y perfilado de muro	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	

REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTION DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRAFICO PROYECTO: EDIFICIO							PRAGA - Calidad - 001 Rev: 1 Fecha: 24-02-2021	
OBSERVACIONES SOTANO 1								
ITEM	ESPECIALIDAD	DETALLE	ACCION CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISION	FECHA DE EJECUCION LIMITE	ESTATUS:	REPORTE FOTOGRAFICO
14	ESTRUCTURAS	Desencochado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
15	ESTRUCTURAS	Desencochado y retiro de material	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
16	ESTRUCTURAS	Desencochado y retiro de material	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
17	ESTRUCTURAS	Resane de pintura y perfilado de muro	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
18	ESTRUCTURAS	Desencochado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
19	ESTRUCTURAS	Perfilado de muro	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	

REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTION DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRAFICO PROYECTO: EDIFICIO							PRAGA - Calidad - 001 Rev: 1 Fecha: 24-02-2021	
OBSERVACIONES								
SOTANO 1								
ITEM	ESPECIALIDAD	DETALLE	ACCION CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISION	FECHA DE EJECUCION LIMITE	ESTATUS:	REPORTE FOTOGRAFICO
20	ESTRUCTURAS	Resane de cachimba	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
21	ESTRUCTURAS	Resane de pinto, perfilado de muro y esmerilado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
22	ESTRUCTURAS	Retiro de material	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
23	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
24	ESTRUCTURAS	Perfilado de muro	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
25	ESTRUCTURAS	Desencofrado, resane de cachimba y retiro de material	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
26	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	

REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTION DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRAFICO PROYECTO: EDIFICIO							PRAGA - Calidad - 001 Rrv : 1 Fecha : 24-02-2021	
OBSERVACIONES SOTANO 1								
ITEM	ESPECIALIDAD	DETALLE	ACCION CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISION	FECHA DE EJECUCION LIMITE	ESTATUS:	REPORTE FOTOGRAFICO
27	ESTRUCTURAS	Resane de ladrillo sobredita	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
28	ESTRUCTURAS	Resane de muros	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
29	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
30	ESTRUCTURAS	Retro de material y resane de cachimba	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
31	ESTRUCTURAS	Resane de cachimba	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
32	ESTRUCTURAS	Resane de cancheyera y desencofrado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	

REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTION DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRAFICO PROYECTO: EDIFICIO							PRAGA - Calidad - 001 Rev: 1 Fecha: 24-02-2021	
OBSERVACIONES SOTANO 1								
ITEM	ESPECIALIDAD	DETALLE	ACCION CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISION	FECHA DE EJECUCION LIMITE	ESTATUS:	REPORTE FOTOGRAFICO
33	ESTRUCTURAS	Desencontrado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
34	ESTRUCTURAS	Ritiro de tecnopor, desencontrado y resane	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
35	ESTRUCTURAS	Ritiro de tecnopor y resane	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
36	ESTRUCTURAS	Desencontrado y ritiro de tecnopor	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
37	ESTRUCTURAS	Desencontrado y resane	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
38	ESTRUCTURAS	Desencontrado, ritiro de tecnopor y resane	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
39	ESTRUCTURAS	Desencontrado y ritiro de material	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	

REGISTRO DE OBSERVACIONES
GESTION DE CALIDAD
FORMATO DE REPORTE FOTOGRAFICO
PROYECTO: EDIFICIO

PRAGA - Calidad - 001
Rv: 1
Fecha: 24-02-2021

OBSERVACIONES								
SOTANO 1								
ITEM	ESPECIALIDAD	DETALLE	ACCION CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISION	FECHA DE EJECUCION LIMITE	ESTATUS:	REPORTE FOTOGRAFICO
40	ESTRUCTURAS	Resane de cachimba	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
41	ESTRUCTURAS	Resane de cachimba	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
42	ESTRUCTURAS	Resane de pinto	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
43	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
44	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
45	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	

REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTION DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRAFICO PROYECTO: EDIFICIO							PRAGA - Calidad - 001 Rev: 1 Fecha: 24-02-2021	
OBSERVACIONES SOTANO 1								
ITEM	ESPECIALIDAD	DETALLE	ACCION CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISION	FECHA DE EJECUCION LIMITE	ESTATUS:	REPORTE FOTOGRAFICO
46	ESTRUCTURAS	Resane de cachimba	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
47	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
48	ESTRUCTURAS	Resane de cachimba	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
49	ESTRUCTURAS	Resane de cachimba	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
50	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
51	ESTRUCTURAS	Resane de cachimba	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	

REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTION DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRAFICO PROYECTO: EDIFICIO							PRAGA - Calidad - 001 Rev: 1 Fecha: 24-02-2021	
OBSERVACIONES								
SOTANO 1								
ITEM	ESPECIALIDAD	DETALLE	ACCION CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISION	FECHA DE EJECUCION LIMITE	ESTATUS:	REPORTE FOTOGRAFICO
52	ESTRUCTURAS	Resane de cachimba y resane de cangrejeras	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
53	ESTRUCTURAS	Resane de TODOS los ladrillos bobedilla	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
54	ESTRUCTURAS	Retiro de toda la rebaba de concreto del Sotano 1	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
55	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
56	ESTRUCTURAS	Retiro de tecnopor y resane	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	
57	ESTRUCTURAS	Desencofrado, resane y esmerlado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendiente	

REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTION DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRAFICO PROYECTO: EDIFICIO							PRAGA - Calidad - 001 Rev: 1 Fecha: 24-02-2021	
OBSERVACIONES SOTANO 1								
ITEM	ESPECIALIDAD	DETALLE	ACCION CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISION	FECHA DE EJECUCION LIMITE	ESTATUS:	REPORTE FOTOGRAFICO
58	ESTRUCTURAS	Perfilado y resaca de muro	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
59	ESTRUCTURAS	Perfilado de muro	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
60	ESTRUCTURAS	Retiro de material	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
61	ESTRUCTURAS	Desenclavado, resaca y esmerilado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
62	ESTRUCTURAS	No cumple con distancia minima para bicicletas. Debe ser 1.20 m	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	

REGISTRO DE OBSERVACIONES GESTION DE CALIDAD FORMATO DE REPORTE FOTOGRAFICO PROYECTO: EDIFICIO							PRAGA - Calidad - 001 Rev: 1 Fecha: 24-02-2021	
OBSERVACIONES SOTANO 1								
ITEM	ESPECIALIDAD	DETALLE	ACCION CORRECTIVA	RESPONSABLE	FECHA EMISION	FECHA DE EJECUCION O LIMITE	ESTATUS	REPORTE FOTOGRAFICO
63	ESTRUCTURAS	Resane de cachimba esmerilado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
64	ESTRUCTURAS	Desencofrado	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
65	ESTRUCTURAS	Retiro de material	Asignar personal	SOSA	24-Feb	4-Mar	Pendientes	
ELABORADO POR:			EJECUTADO POR:			REVISADO POR:		
Firma:			Firma:			Firma:		
Cargo:			Cargo:			Cargo:		
Nombre:			Nombre:			Nombre:		
Fecha: 24-02-2021			Fecha: 24-02-2021			Fecha: 24-02-2021		

Figura F3: Listado de observaciones de calidad en el sótano uno durante la construcción del edificio multifamiliar.

Elaboración empresa constructora.

Anexo G: Listado de encofrados cedidos y cangrejas en los sótanos.

En el capítulo tres, se muestra en la figura quince y dieciséis se muestra un conteo de las observaciones de calidad, específico de los encofrados cedidos y de las cangrejas en los sótanos durante la construcción del edificio multifamiliar. A fin de tener una mejor idea de estas observaciones se muestran en su totalidad.

Tabla G1.

Listado de encofrados cedidos en los sótanos durante la construcción del edificio multifamiliar.

Nivel	# observación	# total
Sótano 1	9	9
	10	
	13	
	17	
	19	
	21	
	24	
	58	
	59	
Sótano 2	9	5
	48	
	51	
	58	
	59	
Sótano 3	17	3
	28	
	42	

Nota. Elaboración propia.

Tabla G2.

Listado de cangrejas en los sótanos durante la construcción del edificio multifamiliar.

Nivel	# observación	# total
Sótano 1	32	2
	52	
Sótano 2	7	10
	10	
	17	
	18	
	25	
	29	
	30	
	38	
	45	
	55	
Sótano 3	3	13
	15	
	20	
	22	
	23	
	32	
	40	
	41	
	44	
	45	
47		
49		
50		

Nota. Elaboración propia.

Anexo H: Listado de pedidos de compra de acero durante la construcción del edificio.

En el capítulo tres, se muestra en la tabla siete un conteo de la cantidad de acero corrugado solicitado por obra durante toda la construcción del edificio multifamiliar. A fin de tener una mejor idea de esto se muestran en su totalidad.

Tabla H1.

Listado de pedidos de acero corrugado.

# de pedido	Recurso o material	Especificación	und	cantidad
Pedido 1	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	800
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	220
	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	150
Pedido 2	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	777
	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	100
Pedido 3	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	770
	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	150
Pedido 4	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	770
	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	150
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	50
Pedido 5	Acero corrugado fy=4200	3/4"	unid.	50
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	75
Pedido 6	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	800
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	220
Pedido 7	Acero corrugado fy=4200	3/4"	unid.	100
	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	150
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	550
Pedido 8	Acero corrugado fy=4200	3/4"	unid.	200
	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	150
	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	800
Pedido 9	Acero corrugado fy=4200	1"	unid.	35
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	450
	Acero corrugado fy=4200	1/4"	unid.	500
Pedido 10	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	400
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	230
	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	150
Pedido 11	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	200
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	335
	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	150
Pedido 12	Acero corrugado fy=4200	1/4"	unid.	500
	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	415
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	60
	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	100
	Acero corrugado fy=4200	3/4"	unid.	100
Pedido 13	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	794
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	224
Pedido 14	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	397
	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	287
	Acero corrugado fy=4200	3/4"	unid.	100

Pedido 15	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	794
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	224
	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	72
	Acero corrugado fy=4200	3/4"	unid.	100
Pedido 16	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	416
	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	300
Pedido 17	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	200
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	224
	Acero corrugado fy=4200	3/4"	unid.	50
Pedido 18	Acero corrugado fy=4200	1/4"	unid.	300
	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	400
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	224
	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	72
	Acero corrugado fy=4200	3/4"	unid.	60
	Acero corrugado fy=4200	1"	unid.	16
Pedido 19	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	497
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	224
	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	144
	Acero corrugado fy=4200	3/4"	unid.	50
Pedido 20	Acero corrugado fy=4200	1/4"	unid.	300
	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	500
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	224
	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	144
	Acero corrugado fy=4200	3/4"	unid.	50
	Acero corrugado fy=4200	1"	unid.	8
Pedido 22	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	794
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	112
	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	144
	Acero corrugado fy=4200	3/4"	unid.	50
Pedido 23	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	794
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	112
	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	144
	Acero corrugado fy=4200	3/4"	unid.	50
	Acero corrugado fy=4200	1/4"	unid.	300
Pedido 24	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	416
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	300
	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	200
	Acero corrugado fy=4200	1/4"	unid.	150
Pedido 25	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	596
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	224
	Acero corrugado fy=4200	1/4"	unid.	506
Pedido 26	Acero corrugado fy=4200	5/8"	unid.	36
	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	100
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	100
Pedido 27	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	100
	Acero corrugado fy=4200	1/4"	unid.	1100
Pedido 28	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	180
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	50
Pedido 29	Acero corrugado fy=4200	3/8"	unid.	25
	Acero corrugado fy=4200	1/2"	unid.	40

Nota. Elaboración propia.

Anexo I: Información sobre la construcción de la tabiquería.

En el capítulo tres, se muestra en la figura dieciocho se muestra un gráfico con desperdicio de los materiales solicitado por obra durante toda la construcción de la tabiquería del edificio multifamiliar. A fin de tener una mejor idea de esto se muestran en su totalidad las solicitudes de material, los metrados obtenidos y las especificaciones técnicas para el cálculo de material.

Tabla II.

Cantidad total de materiales solicitados para la tabiquería del edificio multifamiliar.

# de pedido	P7	P10	P12	P14	Grueso	Concreto	Fino	Und.
Pedido 1	0	9	4	5	2	2	0	Parihuela
Pedido 2	1	2	0	0	8	8	4	Parihuela
Pedido 3	0	6	5	7	0	0	4	Parihuela
Pedido 4	0	4	8	3	2	2	2	Parihuela
Pedido 5	0	4	8	3	2	1	1	Parihuela
Pedido 6	1	7	4	6	3	1	1	Parihuela
Pedido 7	0	8	4	5	3	2	1	Parihuela
Pedido 8	1	7	4	6	5	0	0	Parihuela
Pedido 9	0	9	4	5	4	1	0	Parihuela
Pedido 10	0	8	4	5	3	2	1	Parihuela
Pedido 11	1	7	4	6	3	1	1	Parihuela
Pedido 12	1	8	4	5	3	2	0	Parihuela
Pedido 13	0	8	4	6	3	1	1	Parihuela
Pedido 14	1	8	4	4	3	2	1	Parihuela
Pedido 15	0	8	4	5	3	2	1	Parihuela
Pedido 16	1	8	4	5	3	2	0	Parihuela
Pedido 17	1	5	3	8	3	2	1	Parihuela
Pedido 18	0	7	3	6	2	2	0	Parihuela
Pedido 19	1	7	4	5	2	2	1	Parihuela

Recurso o material	Especificación	Cantidad	Und
Ladrillo silicalcáreo	P7	136.22	m2
Ladrillo silicalcáreo	P10	1405.41	m2
Ladrillo silicalcáreo	P12	790.00	m2
Ladrillo silicalcáreo	P14	718.92	m2
Mortero para asentado de ladrillos	Grueso	1710	bls
Mortero para asentado de ladrillos	Concreto	1050	bls
Mortero para solaqueo de ladrillos	Fino	600	bls

Nota. Elaboración propia.

Tabla I2.

Cantidad total de materiales presupuestados para la tabiquería del edificio multifamiliar.

Ubicación	P7 (m2)	P10 (m2)	P12 (m2)	P14 (m2)
Cuarto de bombas	0.00	0.00	7.31	0.00
Sóano 3	0.00	41.13	21.35	0.00
Sótano 2	0.00	16.49	15.84	0.00
Sóano 1	0.00	16.49	15.84	0.00
Semi sótano	0.00	39.31	30.75	0.00
Piso 1	14.44	120.71	68.77	84.66
Piso 2	7.72	146.36	64.71	71.35
Piso 3	7.96	143.04	63.15	49.99
Piso 4	7.81	148.98	63.40	50.22
Piso 5	7.72	146.36	64.71	71.35
Piso 6	7.96	143.04	63.15	49.99
Piso 7	4.78	150.33	63.83	50.17
Piso 8	4.78	150.33	63.83	50.17
Piso 9	5.32	75.50	43.53	73.35
Azotea	2.42	62.77	9.32	7.47

Recurso o material	Especificación	Cantidad	Und
Ladrillo silicalcáreo	P7	70.92	m2
Ladrillo silicalcáreo	P10	1400.84	m2
Ladrillo silicalcáreo	P12	659.50	m2
Ladrillo silicalcáreo	P14	558.72	m2
Mortero para asentado de ladrillos	Grueso	1571	bls
Mortero para asentado de ladrillos	Concreto	498	bls
Mortero para solaqueo de ladrillos	Fino	740	bls

Nota. Elaboración propia.

Tipo de muro	Producto embolsado	Muro de Tabiquería							
		Con Placa P-7		Con Placa P-10		Con Placa P-12		Con Placa P-14	
		bolsas / m2	m2 / bolsa	bolsas / m2	m2 / bolsa	bolsas / m2	m2 / bolsa	bolsas / m2	m2 / bolsa
Adosados para empastar	Mortero grueso para asentado	0.36	2.78	0.54	1.85	0.61	1.64	0.69	1.45
	Concreto líquido - muro parcialmente lleno	0.14	7.14	0.27	3.70	0.28	3.57	0.37	2.70
	Concreto líquido - muro totalmente lleno	-	-	0.93	1.08	0.94	1.06	1.30	0.77
	Mortero fino para solaqueo	0.20	5.00	0.25	4.00	0.29	3.50	0.33	3.00
Adosados para tarrajear	Mortero grueso para asentado	0.36	2.78	0.54	1.85	0.61	1.64	0.69	1.45
	Concreto líquido - muro parcialmente lleno	0.14	7.14	0.27	3.70	0.28	3.57	0.37	2.70
	Concreto líquido - muro totalmente lleno	-	-	0.93	1.08	0.94	1.06	1.30	0.77
	Mortero fino para tarrajeo	0.50	2.00	0.50	2.00	0.50	2.00	0.50	2.00
Aislados para empastar (muro parcialmente lleno)	Mortero grueso para asentado	0.36	2.78	0.54	1.85	0.61	1.64	0.69	1.45
	Concreto líquido - Refuerzo vertical @102cm	0.07	14.29	0.14	7.14	0.15	6.67	0.19	5.26
	Concreto líquido - Refuerzo vertical @76.5cm	0.09	11.11	0.17	5.88	0.18	5.56	0.24	4.17
	Mortero fino para solaqueo	0.20	5.00	0.25	4.00	0.29	3.50	0.33	3.00
Aislados para tarrajear (muro parcialmente lleno)	Mortero grueso para asentado	0.36	2.78	0.54	1.85	0.61	1.64	0.69	1.45
	Concreto líquido - Refuerzo vertical @102cm	0.07	14.29	0.14	7.14	0.15	6.67	0.19	5.26
	Concreto líquido - Refuerzo vertical @76.5cm	0.09	11.11	0.17	5.88	0.18	5.56	0.24	4.17
	Mortero fino para tarrajeo	0.50	2.00	0.50	2.00	0.50	2.00	0.50	2.00

Notas:

- 1.- Para obtener la cantidad total de morteros y concreto líquido para muros, se debe considerar el área total del muros → $(A_{muros} = H_{muro} \times L_{muros})$
- 2.- Para el mortero grueso para asentado se considera juntas horizontales de 1.5cm y juntas verticales de 1.0cm.
- 3.- En la cantidad de concreto líquido para muros ya se considera el espaciamiento de los refuerzos verticales indicado en la tabla.
- 4.- Para el mortero fino para tarrajeo se considera un espesor de 1cm por una cara; para tarrajeo por dos caras se debe duplicar la cantidad.
- 5.- Los rendimientos de todos los materiales consideran un 5% de mermas y son totalmente referenciales.
- 6.- En las cantidades de concreto no están considerados los resanes por instalaciones sanitarias y eléctricas.

- a) Las bolsas pesan 40kg
- b) 1m³ de mezcla=46bolsas
- c) Mortero Grueso para Asentado de Muros Divisorios de cemento:cal hidratada:arena gruesa en proporción 1:1:6
- d) Concreto Líquido para Muros Divisorios de cemento:arena gruesa en proporción 1:4:6
- e) Mortero Fino para Solaqueo de Muros de cemento:cal hidratada:arena fina en proporción 1:1:6
- f) Mortero Fino para Tarrajeo de Muros de cemento:cal hidratada:arena fina en proporción 1:3:5

Figura II: Especificaciones técnicas para el cálculo de morteros a solicitar para la tabiquería.

Nota. Entregado por el proveedor.

Anexo J: Cálculo de materiales a emplear para la tabiquería del segundo piso.

En el capítulo cuatro, se muestra en una ficha *kanban* con un conteo de materiales a emplear durante de la tabiquería del segundo piso. A fin de tener una mejor idea de cómo se llegan a estos cálculos se muestran en su totalidad.

Tabla J1.

Listado de materiales de ladrillo silico calcáreo y mortero.

Arquitectura	Und	Metrado
Muros y tabiques de albañilería		
Tabique silico calcáreo P7	m2	7.72
Tabique silico calcáreo P10	m2	146.36
Tabique silico calcáreo P12	m2	64.71
Tabique silico calcáreo P14	m2	71.30
Cantidad de bolsas de mortero para muro aislado para empastar		
	Und	Metrado
Mortero grueso para asentado	bls	171
Concreto líquido refuerzo vertical @76.5cm	bls	55
Mortero fino para solaqueo	bls	81
Cantidad de unidades de ladrillo silico calcáreo a emplear		
	Und	Metrado
Tabique silico calcáreo P7	und	58
Tabique silico calcáreo P10	und	1084
Tabique silico calcáreo P12	und	479
Tabique silico calcáreo P14	und	528

Nota. Elaboración propia.

Anexo K: Resumen de metrados para calcular la sectorización propuesta para los sótanos.

En el capítulo cuatro, se muestra la tabla quince y la figura 29 en donde se muestran metrados de las especialidades por sector. A fin de mostrar cómo se llegaron a esos valores se muestra el desarrollo de cómo se llegaron a dichos valores.

Tabla K1.

Cálculo de la distribución de las partidas de los sótanos propuesto.

	Und	Metrado
Obras de concreto armado en sector 1		
Placas en sector 1		
Placas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	4.56
Placas - encofrado y desencofrado normal	m2	41.28
Placas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	729.03
Muros en sector 1		
Muros - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	0.00
Muros - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Muros - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Columnas en sector 1		
Columnas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	0.00
Columnas - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Columnas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Vigas en sector 1		
Vigas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	4.23
Vigas - encofrado y desencofrado normal	m2	29.20
Vigas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	906.35
Losas macizas en sector 1		
Losas macizas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	1.94
Losas macizas - encofrado y desencofrado normal	m2	9.70
Losas macizas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	110.65
Losas aligeradas en sector 1		
Losas aligeradas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	8.43
Losas aligeradas - encofrado y desencofrado normal	m2	103.67
Escaleras en sector 1		
Escaleras - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	0.00
Escaleras - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Escaleras - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Obras de concreto armado en sector 2		
Placas en sector 2		
Placas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	2.59
Placas - encofrado y desencofrado normal	m2	27.00
Placas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	259.92
Muros en sector 2		
Muros - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	3.38
Muros - encofrado y desencofrado normal	m2	16.90
Muros - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	97.73
Columnas en sector 2		
Columnas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	1.01
Columnas - encofrado y desencofrado normal	m2	10.00
Columnas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	295.00

Vigas en sector 2		
Vigas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	2.48
Vigas - encofrado y desencofrado normal	m2	19.56
Vigas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	469.90
Losas macizas en sector 2		
Losas macizas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	12.41
Losas macizas - encofrado y desencofrado normal	m2	62.03
Losas macizas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	1235.23
Losas aligeradas en sector 2		
Losas aligeradas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	2.96
Losas aligeradas - encofrado y desencofrado normal	m2	36.46
Escaleras en sector 2		
Escaleras - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	0.00
Escaleras - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Escaleras - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Obras de concreto armado en sector 3		
Placas en sector 3		
Placas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	3.67
Placas - encofrado y desencofrado normal	m2	39.12
Placas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	467.67
Muros en sector 3		
Muros - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	1.35
Muros - encofrado y desencofrado normal	m2	13.50
Muros - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	34.05
Columnas en sector 1		
Columnas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	0.00
Columnas - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Columnas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Vigas en sector 3		
Vigas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	1.13
Vigas - encofrado y desencofrado normal	m2	6.35
Vigas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	254.43
Losas macizas en sector 3		
Losas macizas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	10.47
Losas macizas - encofrado y desencofrado normal	m2	52.35
Losas macizas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	1229.89
Losas aligeradas en sector 3		
Losas aligeradas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	0.00
Losas aligeradas - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Escaleras en sector 3		
Escaleras - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	2.23
Escaleras - encofrado y desencofrado normal	m2	13.91
Escaleras - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	93.32

Nota. Elaboración propia.

Anexo L: Resumen de metrados para calcular la sectorización propuesta para el semisótano.

En el capítulo cuatro, se muestra la tabla dieciséis y la figura 29 en donde están los metrados de las especialidades por sector. A fin de mostrar cómo se llegaron a esos valores se muestra el desarrollo de cómo se llegaron a dichos valores.

Tabla L1.

Cálculo de la distribución de las partidas del semisótano propuesto.

	Und	Metrado
Obras de concreto armado en sector 1		
Placas en sector 1		
Placas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	3.27
Placas - encofrado y desencofrado normal	m2	29.76
Placas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	526.68
Muros en sector 1		
Muros - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	2.01
Muros - encofrado y desencofrado normal	m2	26.80
Muros - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	68.14
Columnas en sector 1		
Columnas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	0.00
Columnas - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Columnas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Vigas en sector 1		
Vigas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	3.57
Vigas - encofrado y desencofrado normal	m2	21.93
Vigas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	778.42
Losas macizas en sector 1		
Losas macizas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	3.19
Losas macizas - encofrado y desencofrado normal	m2	15.95
Losas macizas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	279.91
Losas aligeradas en sector 1		
Losas aligeradas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	4.92
Losas aligeradas - encofrado y desencofrado normal	m2	60.50
Escaleras en sector 1		
Escaleras - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	1.55
Escaleras - encofrado y desencofrado normal	m2	11.78
Escaleras - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	75.15
Obras de concreto armado en sector 2		
Placas en sector 2		
Placas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	2.59
Placas - encofrado y desencofrado normal	m2	27.00
Placas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	259.92
Muros en sector 2		
Muros - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	3.38
Muros - encofrado y desencofrado normal	m2	16.90
Muros - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	97.73
Columnas en sector 2		
Columnas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	1.01
Columnas - encofrado y desencofrado normal	m2	10.00
Columnas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	295.00

Vigas en sector 2		
Vigas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m ³	4.33
Vigas - encofrado y desencofrado normal	m ²	26.19
Vigas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	691.11
Losas macizas en sector 2		
Losas macizas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m ³	2.12
Losas macizas - encofrado y desencofrado normal	m ²	19.50
Losas macizas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	142.34
Losas aligeradas en sector 2		
Losas aligeradas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m ³	5.80
Losas aligeradas - encofrado y desencofrado normal	m ²	71.36
Escaleras en sector 2		
Escaleras - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m ³	0.00
Escaleras - encofrado y desencofrado normal	m ²	0.00
Escaleras - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Obras de concreto armado en sector 3		
Placas en sector 3		
Placas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m ³	3.88
Placas - encofrado y desencofrado normal	m ²	36.96
Placas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	462.26
Muros en sector 3		
Muros - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m ³	1.35
Muros - encofrado y desencofrado normal	m ²	13.50
Muros - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	34.05
Columnas en sector 1		
Columnas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m ³	0.00
Columnas - encofrado y desencofrado normal	m ²	0.00
Columnas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Vigas en sector 3		
Vigas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m ³	3.05
Vigas - encofrado y desencofrado normal	m ²	19.32
Vigas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	499.98
Losas macizas en sector 3		
Losas macizas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m ³	1.66
Losas macizas - encofrado y desencofrado normal	m ²	8.30
Losas macizas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	87.49
Losas aligeradas en sector 3		
Losas aligeradas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m ³	5.32
Losas aligeradas - encofrado y desencofrado normal	m ²	65.40
Escaleras en sector 3		
Escaleras - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m ³	2.23
Escaleras - encofrado y desencofrado normal	m ²	13.91
Escaleras - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	93.32

Nota. Elaboración propia.

Anexo M: Resumen de metrados para calcular la sectorización propuesta para los pisos superiores.

En el capítulo cuatro, se muestra la tabla diecisiete y la figura 31 en donde están los metrados de las especialidades por sector. A fin de mostrar cómo se llegaron a esos valores se muestra el desarrollo de cómo se llegaron a dichos valores.

Tabla M1.

Cálculo de la distribución de las partidas del tercer piso propuesto.

	Und	Metrado
Obras de concreto armado en sector 1		
Placas en sector 1		
Placas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	8.06
Placas - encofrado y desencofrado normal	m2	81.59
Placas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	667.46
Muros en sector 1		
Muros - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	0.00
Muros - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Muros - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Columnas en sector 1		
Columnas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	0.00
Columnas - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Columnas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Vigas en sector 1		
Vigas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	1.77
Vigas - encofrado y desencofrado normal	m2	10.02
Vigas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	334.88
Losas macizas en sector 1		
Losas macizas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	0.09
Losas macizas - encofrado y desencofrado normal	m2	0.45
Losas macizas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	11.23
Losas aligeradas en sector 1		
Losas aligeradas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	2.81
Losas aligeradas - encofrado y desencofrado normal	m2	34.61
Escaleras en sector 1		
Escaleras - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	0.00
Escaleras - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Escaleras - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Obras de concreto armado en sector 2		
Placas en sector 2		
Placas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	4.66
Placas - encofrado y desencofrado normal	m2	60.76
Placas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	729.03
Muros en sector 2		
Muros - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	0.00
Muros - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Muros - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00

Columnas en sector 2		
Columnas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	0.00
Columnas - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Columnas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Vigas en sector 2		
Vigas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	3.04
Vigas - encofrado y desencofrado normal	m2	19.64
Vigas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	523.70
Losas macizas en sector 2		
Losas macizas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	0.63
Losas macizas - encofrado y desencofrado normal	m2	3.15
Losas macizas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	57.27
Losas aligeradas en sector 2		
Losas aligeradas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	2.72
Losas aligeradas - encofrado y desencofrado normal	m2	33.50
Escaleras en sector 2		
Escaleras - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	0.00
Escaleras - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Escaleras - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Obras de concreto armado en sector 3		
Placas en sector 3		
Placas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	5.90
Placas - encofrado y desencofrado normal	m2	60.03
Placas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	723.09
Muros en sector 3		
Muros - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	0.00
Muros - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Muros - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Columnas en sector 1		
Columnas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	0.92
Columnas - encofrado y desencofrado normal	m2	9.80
Columnas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	159.69
Vigas en sector 3		
Vigas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	2.95
Vigas - encofrado y desencofrado normal	m2	19.50
Vigas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	552.62
Losas macizas en sector 3		
Losas macizas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	3.18
Losas macizas - encofrado y desencofrado normal	m2	15.90
Losas macizas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	305.67
Losas aligeradas en sector 3		
Losas aligeradas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	1.46
Losas aligeradas - encofrado y desencofrado normal	m2	17.90
Escaleras en sector 3		
Escaleras - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m3	0.00
Escaleras - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00
Escaleras - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Obras de concreto armado en sector 4		
Placas en sector 4		
Placas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	6.10
Placas - encofrado y desencofrado normal	m2	62.97
Placas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	1111.78
Muros en sector 4		
Muros - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m3	0.00
Muros - encofrado y desencofrado normal	m2	0.00

Muros - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Columnas en sector 4		
Columnas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m ³	0.00
Columnas - encofrado y desencofrado normal	m ²	0.00
Columnas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Vigas en sector 4		
Vigas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m ³	1.92
Vigas - encofrado y desencofrado normal	m ²	11.68
Vigas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	340.70
Losas macizas en sector 4		
Losas macizas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m ³	0.29
Losas macizas - encofrado y desencofrado normal	m ²	1.45
Losas macizas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	44.53
Losas aligeradas en sector 4		
Losas aligeradas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m ³	2.46
Losas aligeradas - encofrado y desencofrado normal	m ²	30.31
Escaleras en sector 4		
Escaleras - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m ³	0.00
Escaleras - encofrado y desencofrado normal	m ²	0.00
Escaleras - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Obras de concreto armado en sector 5		
Placas en sector 5		
Placas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m ³	6.13
Placas - encofrado y desencofrado normal	m ²	62.23
Placas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	975.70
Muros en sector 5		
Muros - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m ³	0.00
Muros - encofrado y desencofrado normal	m ²	0.00
Muros - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Columnas en sector 5		
Columnas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ²	m ³	0.00
Columnas - encofrado y desencofrado normal	m ²	0.00
Columnas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	0.00
Vigas en sector 5		
Vigas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m ³	3.04
Vigas - encofrado y desencofrado normal	m ²	18.79
Vigas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	570.02
Losas macizas en sector 5		
Losas macizas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m ³	1.15
Losas macizas - encofrado y desencofrado normal	m ²	5.75
Losas macizas - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	139.71
Losas aligeradas en sector 5		
Losas aligeradas - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m ³	1.99
Losas aligeradas - encofrado y desencofrado normal	m ²	24.45
Escaleras en sector 5		
Escaleras - concreto premezclado $f_c=280$ kg/cm ² inc. bomba	m ³	2.23
Escaleras - encofrado y desencofrado normal	m ²	13.91
Escaleras - acero $f_y=4200$ kg/cm ²	kg	93.32

Nota. Elaboración propia.

Anexo N: Resumen de metrados para calcular la distribución propuesta para los pisos acabados de los pisos superiores.

En el capítulo cuatro, se muestra la tabla dieciocho y diecinueve y la figura treinta y dos en donde están los metrados de las especialidades por piso. A fin de mostrar cómo se llegaron a esos valores se muestra el desarrollo de cómo se llegaron a dichos valores.

Tabla N1.

Cálculo de la distribución de las partidas propuesto.

	Und	Metrado
Acabados húmedos		
Solaqueo de placas y columnas interior		
Placas en departamentos	m2	1104.77
Tarrajeo de cielo raso		
Piso 1	m2	209.25
Piso 4	m2	208.43
Piso 7 y 8	m2	210
Tarrajeo de vigas		
Piso 1	m2	38.88
Piso 4	m2	33.09
Piso 7 y 8	m2	35.89
Tarrajeo en ductos interiores		
Izquierda	m2	221.52
Derecha	m2	244.50
Tarrajeo en fachada		
Fachada	m2	173.33
Tabiquería		
Piso 1	m2	288.58
Piso 3	m2	290.15
Piso 5	m2	264.14
Piso 7	m2	270.41
Solaqueo de tabiquería		
Piso 1	m2	528.32
Piso 3	m2	551.29
Piso 5	m2	528.28
Piso 7	m2	508.35
Contrapiso		
Piso 1	m2	206.15
Piso 3	m2	206.77
Piso 5	m2	205.44
Piso 7	m2	205.70

Nota. Elaboración propia.