

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LAST PLANNER SYSTEM EN EL
PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

RODOLFO FERNANDO LIZÁRRAGA BELEN

ASESOR:

JOSÉ ALBERTO ACERO MARTINEZ

Lima, Agosto, 2024

Informe de Similitud

Yo, José Alberto Acero Martínez,

docente de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Pontificia

Universidad Católica del Perú, asesor(a) de la tesis/el trabajo de investigación titulado

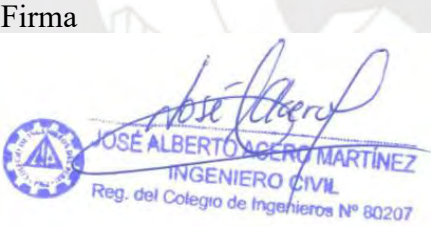
Aplicación de la metodología last planner system en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar del/de la autor(a)/ de los(as) autores(as)

Rodolfo Fernando Lizárraga Belén

dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 16%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 12/07/2024.
- 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, San Miguel, Agosto

Apellidos y nombres del asesor / de la asesora: Paterno Materno, Nombre1 Nombre 2	
DNI:29662895	Firma
ORCID: 0000-0003-4154-9510	

Resumen

La aplicación del método Last Planner System (LPS) ofrece una serie de beneficios, que van desde una mayor eficiencia y calidad hasta la reducción de costos y tiempos de construcción. Este enfoque se convierte así en una herramienta de gran valor para optimizar la gestión de proyectos de construcción.

La presente investigación tiene por **objetivo** implementar la metodología LPS en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar. Dado que la metodología se basa en una teoría de gestión de proyectos que prioriza la planificación colaborativa, la coordinación eficiente y la mejora continua, enraizada en principios de Lean Construction y gestión de la cadena de suministro,

El estudio de investigación se llevó a cabo en el edificio Marsano en Lima, específicamente en el distrito de Miraflores. Se implementó la metodología en tres niveles: "Lo que se debe", "Lo que se puede" y "Lo que se hace". Esto incluyó el desarrollo de planes de fases y maestros, la división del perímetro de la obra en 4 frentes y el trabajo con la numeración de los planos. Además, se realizó una planificación intermedia con análisis de restricciones actualizados semanalmente. Se programaron actividades semanales para la construcción de muros anclados en los sótanos durante 24 semanas, con seguimiento del porcentaje de cumplimiento del plan y análisis de las razones de incumplimiento.

Los **resultados** mostraron un PPC semanal promedio del 84.62 %, pero se evidenciaron interferencias, como un PPC del 0 % en la segunda y vigésima semana debido a incumplimientos de la empresa subcontratada para el perforado de los anclajes. Se **concluyó** que las principales causas de incumplimiento fueron problemas con subcontratas, mala programación y reprogramación de tareas.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1. Realidad problemática	1
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos.....	2
1.4. Pregunta de investigación.....	2
1.5. Alcances y limitaciones	2
CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Marco teórico.....	6
2.2. Conceptos generales	9
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	11
3.1. Diseño de la investigación.....	11
3.2. Instrumento.....	11
3.3. Operacionalización de variables	12
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	13
4.1. Aplicación de la metodología Last Planner System en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar	13
4.2. Interferencias en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar	37
4.3. Soluciones a las interferencias detectadas	40
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
5.1. Conclusiones.....	41
5.2. Recomendaciones	42
CAPÍTULO VI: RESUMEN BIBLIOGRÁFICO	43
CAPÍTULO VII: ANEXOS	47

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Lista de Stakeholders	17
Tabla 2 Análisis de precios unitarios – Partida de acero	18
Tabla 3 Análisis de precios unitarios – Partida de encofrado	18
Tabla 4 Análisis de precios unitarios – Partida de concreto premezclado	19
Tabla 5 Tren de actividades de un muro anclado	24
Tabla 6 Subfases de los muros anclados	26
Tabla 7 Programa Maestro (Master Schedule)	28
Tabla 8 Control de hitos	29
Tabla 9 Lookahead (1ºSemana)	32
Tabla 10 Lookahead (2ºSemana)	32
Tabla 11 Lookahead - 3ºSemana	33
Tabla 12 Lookahead - 4ºSemana	35
Tabla 13 Lookahead – 4 primeras semanas	36
Tabla 14 Listado de restricciones (1º Semana)	37
Tabla 15 Lista de los responsables de levantar las restricciones	37
Tabla 16 Categorías de Causas de No Cumplimiento	39
Tabla 17 Acciones correctivas de las interferencias detectadas	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del proyecto.	17
Figura 2 Movimiento de Tierra o excavación.	19
Figura 3 Perfilado y pañeteo de banqueteta.	20
Figura 4 Perforación y anclaje de cable tensor.	20
Figura 5 Secuencia de perforado y anclaje de cables tensores	21
Figura 6 Perfilado de Paños	22
Figura 7 Perfilado de Paños	22
Figura 8 Estructura de organización del proyecto	25
Figura 9 Flujo de la obra por Fases	25
Figura 10 Distribución del 1er anillo	30
Figura 11 Distribución de 2do Anillo	30
Figura 12 Distribución del 3er Anillo.....	31
Figura 13 Distribución de 4to Anillo	31
Figura 14 Porcentaje de Plan Completado	38
Figura 15 Pareto de Causas de No Cumplimiento	39
Figura 16 Control de las causas de no cumplimiento por semana y por tipo	40

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

En esta era moderna de la industria de la construcción, se pone un fuerte énfasis en lograr un crecimiento sostenible en todo el mundo, en este sentido, las decisiones que se toman durante las primeras fases del diseño de un edificio tienen un impacto significativo en el impacto ambiental real que tendrá el proyecto, una actividad que tiene un impacto negativo en el medio ambiente y consume una cantidad importante de energía (Patel et al., 2023). En los últimos años, ha habido un aumento en la necesidad de un desarrollo sostenible y una construcción respetuosa con el medio ambiente. En respuesta a esta demanda, se han establecido sistemas de calificación de edificios sustentables para cuantificar el desempeño de los edificios a lo largo de todo su ciclo de vida (Gong et al., 2023).

A nivel internacional, en el último medio siglo, la productividad en la industria de Arquitectura, Ingeniería y Construcción ha disminuido casi un veinte por ciento, mientras que la productividad en las empresas comerciales no agrícolas ha aumentado en más de ciento cincuenta por ciento, esta industria ha perdido la oportunidad de adaptarse a la revolución digital, que ha mejorado significativamente la productividad, la rentabilidad y la sostenibilidad en otras industrias (Heigermoser et al., 2019). Más de 200 000 vacantes en la industria de la construcción han quedado vacantes como resultado de la falta de solicitantes calificados, y se anticipa que la necesidad de nuevos empleados de la construcción seguirá aumentando (Kim et al., 2021). La industria de la construcción en Pakistán aportaría hasta 380 mil millones de rupias paquistaníes al producto interno bruto del país, sin embargo, por el momento, no es posible terminar los proyectos dentro de los plazos y presupuestos establecidos simplemente porque se siguen utilizando técnicas de construcción tradicionales, esta es la razón principal del problema (Maglad et al., 2023). A nivel nacional, este problema también se ha evidenciado, para el año 2001 se dio la primera solución por medio de un libro que propone la aplicación de la metodología Last Planner, la cual aludía una mejora en la gestión de actividades y reducción de los desperdicios, aunque aún existen limitaciones presentes en las empresas peruanas que no poseen conocimiento de metodologías como esta (Murguía, 2019). Por otro lado, la población peruana comprende más de 30 millones de habitantes con un pronóstico optimista de crecimiento, por ello, se hace necesario implementar nuevas medidas ante el

reto de una mayor demanda de viviendas, que, además cumplan los estándares básicos en su construcción (Miranda et al., 2020).

1.2. Justificación

Desde un nivel teórico, este estudio se justifica en el empleo de toda la teoría relacionada Last Planner System, la cual será útil para llevar a cabo el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar. Desde un nivel metodológico, su justificación radica en seguir dicha metodología y emplear técnicas e instrumentos para recolectar la información necesaria. Desde un nivel social, esta indagación se justifica en la aplicación de LPS que ayuda a subsanar los problemas del rubro de la construcción que incluye la satisfacción de la demanda de construcción de viviendas bajo los estándares necesarios para su amplia duración, asimismo, ayuda a evolucionar a las empresas dedicadas a dicho rubro. Desde un nivel económico, ayuda a reducir tiempos y costos en el proceso de planeación y construcción de viviendas.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Aplicar la metodología Last Planner System en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar.

1.3.2. Objetivos específicos

- Realizar el procedimiento para la aplicación de la metodología Last Planner System en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar.
- Detectar las interferencias que se presentarán en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar.
- Implantar soluciones a las interferencias detectadas en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar mediante la aplicación de la metodología Last Planner System.

1.4. Pregunta de investigación

¿Cómo aplicar la metodología Last Planner System en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar?

1.5. Alcances y limitaciones

En la investigación se realizó el procedimiento para aplicar la metodología LPS en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar, donde se detectó interferencias durante dicho proceso constructivo lo que conllevó a implantar soluciones mediante la metodología LPS.

Como limitaciones se tuvo algunos inconvenientes para detectar las interferencias durante todo el proceso constructivo debido a al tiempo fijo que se debía permanecer en obra para aplicar la metodología mencionada en la investigación.



CAPÍTULO II: REVISIÓN DE LITERATURA

Para Boje et al. (2023) debido a la naturaleza desafiante del ambiente laboral, los sitios de construcción representan más del veinte por ciento de todas las muertes que ocurren en el trabajo, estos problemas que afectan a toda la industria no se solucionarán haciendo ajustes meramente cosméticos a las prácticas de construcción probadas y verdaderas que ya han sido llevadas a sus límites intelectuales y prácticos; por ello, la aplicación de nuevas metodologías en el rubro de la construcción se hace necesario, tales como Lean Construction. Por otro lado, Díaz et al. (2019) menciona que la competencia, combinada con un desprecio por el despilfarro y los fracasos en la ejecución de los proyectos en este rubro, condujo al despilfarro y los fracasos y las empresas se vieron obligadas a invertir en nuevas tecnologías, procedimientos y sistemas de gestión para tener un mayor control sobre sus proyectos como resultado de los crecientes niveles de competencia en el mercado de la construcción civil; en suma, el autor expone que son muchos los factores que apuntan la necesidad de implementar las nuevas tecnologías en el rubro. Finalmente, Pons y Rubio (2019) expone los 10 problemas en la construcción, incluyendo los ya mencionados, añadiendo que, metodologías como Planificación Colaborativa y Last Planner® System (LPS) son una solución a dichos problemas en el diseño, control y gestión de los proyectos en el rubro.

Según la investigación de Sekhar y Uma Maheswari (2021) Design for X: An Iterative Approach for Design Optimization in Pre-engineered and Pre-cast Construction, la industria de la construcción sigue desarrollándose debido a los retrasos y sobrecostos causados por una mala planificación y gestión de los proyectos. Como resultado, el objetivo de este estudio es maximizar la eficiencia en la tecnología prefabricada mediante la optimización de las iteraciones de diseño, mientras que, Orsi et al. (2021) utilizaron un nuevo método llamado Lean para mejorar los procesos de gestión de proyectos de construcción ecológica, con el objetivo de reducir el impacto negativo de una mala gestión de los recursos del proyecto. Descubrieron que, identificando de antemano los problemas del proyecto, podían ahorrar dinero y tiempo. Mientras que Los autores del artículo de Da Silva et al. (2020) "Flexible-lean processes optimization: Un estudio de caso en el sector de la piedra" se propusieron medir los beneficios financieros de la aplicación de la metodología Lean, ya que representa un enfoque novedoso de la gestión de proyectos, y sus conclusiones fueron alentadoras.

Para evaluar la eficiencia de las actividades de un proyecto con respecto al tiempo, el coste, la calidad y el impacto medioambiental, Banihashemi y Khalilzadeh (2020) llevaron a cabo una investigación utilizando un enfoque DEA para el problema de programación de proyectos con recursos limitados. La investigación se aplicó a un proyecto real relacionado con la construcción de un sistema de abastecimiento de agua para una zona rural, y los resultados mostraron que el enfoque DEA mejoró la eficiencia del proyecto. Según la tesis de maestría de Calderón Rivera (2020), "Implementación de Lean Construction en Cusco - Per", el objetivo del proyecto era implementar la metodología Lean Construction para mejorar la planificación, organización y ejecución de proyectos en el Cusco, con el resultado de que este método sea más colaborativo y dinámico y, en definitiva, más eficiente.

El propósito del proyecto de investigación de Ñavincopa (2019), Mantenimiento rutinario por administración directa para optimizar la productividad en la red vial nacional región Lima, ao 2019, fue determinar una mejora en la productividad durante la ejecución de obras en la red vial nacional; esto se logró con la ayuda de la metodología Lean Construction; los hallazgos del proyecto revelaron que la productividad base fue de 16.86%, mientras que la productividad después de implementar la metodología. En una investigación Andújar et al. (2023) presentaron un modelo de gestión que integra diferentes paradigmas y tecnologías del campo de la gestión de la construcción como el Lean Construction, lo cual permitirá una mejora en la gestión de la obra de construcción, en relación a la calidad, evitando retrasos en el tiempo de entrega de la construcción del proyecto y desvíos de costos. Además, mediante la integración del Last Planner System (LPS) como herramienta Lean Construction, en el modelo de gestión, se logra una reducción del impacto causado por imprevistos en la planificación de las obras, así mismo Ezzeddine et al. (2022) propusieron un nuevo modelo matemático utilizando funciones de singularidad, que son tipos de expresiones basadas en rangos que rastrean los diferentes caminos que puede seguir cada tarea, desde la planificación anticipada hasta la planificación del trabajo semanal, y evalúan las métricas de LPS. Para evaluar el desempeño del proyecto, se introdujo el concepto de impulso como la tasa de cambio en las métricas de una semana a otra. Se aplicó impulso a la métrica Tareas preparadas (TMR) para predecir el porcentaje de finalización del plan (PPC). A través de modelos de aprendizaje automático, los resultados muestran que el impulso puede predecir el PPC con una correlación superior al 93 % entre los valores de PPC reales y previstos. La

metodología propuesta en este estudio puede ayudar a la industria a planificar mejor sus proyectos y aprovechar el concepto de impulso para predecir mejor el PPC, que es esencial para cada proceso de planificación y control en proyectos de construcción. En cuanto a Verán et al. (2022) analizó el rendimiento durante la construcción del marco estructural de concreto armado de dos proyectos residenciales de gran altura similares en Lima-Perú, donde ambos proyectos utilizaron el LPS Sin embargo, en el primer caso se utilizaron losas tradicionales vaciadas in situ, y en el segundo se utilizó una mezcla de losas prefabricadas y vaciado adicional in situ. Los datos se recogieron durante el proceso de construcción e incluyeron datos de mano de obra, datos de producción, calendarios, visitas a la obra y observaciones. Los datos se analizaron para obtener tiempos de ciclo, índices de producción y productividad, y densidad de mano de obra. Los resultados muestran que el edificio que utilizó losas prefabricadas rindió un 14% más en términos de tiempo y un 16% más en términos de productividad en comparación con la losa tradicional. Futuras investigaciones pueden medir el rendimiento y la productividad implementando otros componentes prefabricados como muros de cortante, vigas y pilares.

2.1. Marco teórico

Last Planner System

Según una investigación realizada a principios de los años ochenta por una delegación del MIT (Massachusetts Institute of Technology), se trata de una metodología basada en el “Lean Manufacturing”, diseño que se aplicó inicialmente en las fábricas de automóviles de Toyota y fue concebido por el japonés Taiichi Ohno (Miranda et al., 2020). Esta estrategia de trabajo fue la razón principal por la cual la nación asiática de Japón produjo vehículos a gran escala, responsables de quitarle mercado a la producción norteamericana, tal fue la influencia que tuvo esta estrategia de trabajo, precisamente en este escenario se desarrolló la mentalidad Lean con la intención de erradicar el desperdicio, las fallas, el exceso de producción, las esperas, los procesamientos adicionales, el envío y almacenamiento, el inventario y los movimientos humanos; por ello, al encontrar un uso adecuado para la metodología, la adaptaron al sector de la edificación y le dieron el nombre de "Lean Construction"; de esto se derivó una de las herramientas de la metodología, que es conocida como “Last Planes System” (Last Planner System); esta herramienta es la misma que puede utilizar cualquier organización en la operación de sus procesos (Poudel et al., 2020).

Lean Construcción

Lean Construcción es la aplicación de principios lean al negocio de la edificación y la construcción con el objetivo de producir el mayor valor posible mientras se consume la menor cantidad de tiempo y recursos y se produce la menor cantidad de residuos (Aravindh et al., 2023). Al agilizar varias operaciones, la técnica Lean puede ayudar a reducir una variedad de desperdicios. La utilización de diversas herramientas y prácticas Lean puede ayudar a reducir la cantidad de residuos producidos por un proyecto de construcción (Du et al., 2023).

Etapas de Last Planner System

a. Planificación

Largo Plazo

En el proceso de elaboración de un plan maestro se debe establecer como primer punto el alcance del proyecto, el cual incluye los siguientes componentes: la estructura de desglose de obra; la estructura organizativa del proyecto; y la estrategia que se empleará en el trabajo; Otro paso importante es identificar los recursos del proyecto, los hitos contractuales e internos, los riesgos y contingencias, así como las expectativas para el proyecto. Esta planificación nos da una visión amplia de lo que hay que hacer y normalmente se representa en un diagrama de Gantt, que muestra todo lo que hay que construir de forma aproximada (Miranda et al., 2020).

Mediano Plazo

Luego del análisis que se realizó en la etapa anterior, se identifican las actividades que se pueden realizar; esto incluye las tareas que están libres de restricciones (aquellas que han sido identificadas como posibles trabajos); se concede un plazo para su liberación antes del inicio de la ejecución del citado artículo. Del mismo modo, para garantizar que los trabajos se puedan realizar sin problemas, se investigan y determinan las nuevas limitaciones que se impondrán a los siguientes juegos. La gran mayoría de estas limitaciones pertenecerán al proceso de creación de la obra. La duración de la planificación a mediano plazo suele ser de seis semanas, pero este período de tiempo puede abarcar entre tres y ocho semanas, según las circunstancias.

Corto Plazo

Se desarrolla un cronograma con las tareas liberadas de todas sus limitaciones y preparadas para su ejecución, los responsables de la producción asumen los compromisos

de producción, de una a dos semanas es la duración del plan a corto plazo (Miranda et al., 2020).

b. Seguimiento

Se monitorea la planificación, lo que significa que se debe verificar que lo planificado semanalmente se haya desarrollado en campo. Esta verificación tiene lugar en la fase de planificación. Medir las actividades es una forma de recopilar esta información (Miranda et al., 2020).

c. Control

Consiste en analizar el nivel de compromiso mostrado por el equipo, en cuyo caso se determina el porcentaje del plan que se ha cumplido. Este porcentaje sirve como indicador que permite calcular el número de trabajos que se han terminado en su totalidad, para lo cual se utiliza la siguiente ecuación (Miranda et al., 2020).

Control de la unidad de producción

La calidad de los planes generados por el planificador más reciente desempeña un papel crucial en el funcionamiento de un sistema de planificación a nivel unitario de la producción. Algunos de los aspectos más importantes de cada tarea son los siguientes:

- Que la tarea sea clara.
- Elegir el mejor orden para realizar las tareas.
- Elegir la cantidad de trabajo adecuada.
- Que el trabajo elegido sea factible a lo largo de toda la cadena de suministro; es decir, que pueda realizarse (en el plazo deseado).

La Tasa de Finalización de Actividades (o PAC) es la proporción de actividades planificadas que se realizaron realmente como porcentaje del número total de actividades planificadas. Un conjunto extremadamente complejo de directrices (planes de proyecto, planes de ejecución, presupuestos, etc.) da lugar al PAC, que se convierte en la norma por la que se rigen las unidades de producción. Por consiguiente, los proyectos de alta calidad mostrarán más PAC, lo que les permitirá realizar más con los recursos asignados y alcanzar un mayor nivel de productividad.

Principalmente, el PAC evalúa la dedicación del supervisor inicial de la planificación. Las causas profundas del incumplimiento pueden identificarse mediante el análisis de los fallos del plan. Medir el rendimiento en el nivel de planificación más reciente no implica limitarse a realizar ajustes en ese nivel. Los planes fallidos pueden tener causas profundas en cualquier nivel de una organización, proceso o función. El análisis PAC tiene el

potencial de ser una fuerza impulsora de iniciativas destinadas a cerrar la brecha entre la buena y la mala programación. La implantación de un nuevo modelo de planificación crea un ciclo de mejora y aprendizaje continuos, cuyo corazón palpitante es el análisis semanal de los motivos de incumplimiento de los planes.

Los supervisores, ingenieros de obra y constructores directamente responsables de la ejecución del plan deben identificar las causas del incumplimiento como primer paso para solucionar la situación. Entre las posibles causas se encuentran:

- Instrucciones incorrectas o datos incompletos enviados al planificador más reciente; por ejemplo, la base de datos dio la impresión errónea de que se habían completado los trabajos preparatorios necesarios.
- Incumplimiento estricto de los criterios de calidad de las asignaciones, como la planificación excesiva.
- Coordinación inadecuada de los recursos compartidos, como quedarse sin pan en el momento más inoportuno.
- Cambio de prioridades; por ejemplo, a los trabajadores se les asignaron temporalmente tareas de "incendio".
- Defectos de diseño o requisitos inadecuados descubiertos durante la ejecución de una tarea predeterminada.

Esto proporcionará la información básica para analizar y mejorar el PAC y, por tanto, el rendimiento del proyecto.

2.2. Conceptos generales

Proceso constructivo: Los procesos de construcción incluyen todos los pasos, fases y etapas necesarios para hacer realidad un edificio o una infraestructura en un plazo determinado. Aunque cada proyecto de construcción civil tiene sus propias características y requisitos, hay pasos universales en el proceso de construcción que deben tenerse en cuenta y llevarse a cabo a la hora de hacer realidad un proyecto (Fu et al., 2023).

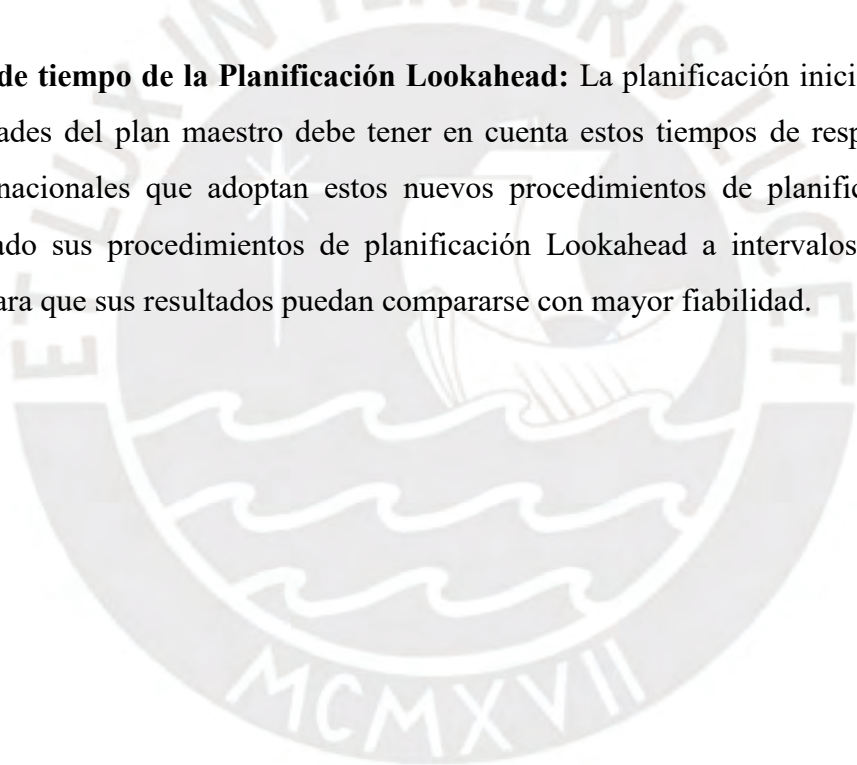
Vivienda multifamiliar: Edificios y estructuras con una distribución adecuada del espacio habitable para un determinado número de familias (Sulaiman et al., 2023).

Programa Maestro: El programa director crea el presupuesto y el calendario del proyecto. Ofrece una hoja de ruta para coordinar las acciones que conducirán a la consecución del objetivo. Esta etapa es crucial para que el LPS proporcione los beneficios esperados. Sólo si el plan maestro se elabora con datos que reflejen fielmente el rendimiento real de la empresa en el trabajo, podrá considerarse válida la LPS; sólo

entonces podrán supervisarse tareas que reflejen fielmente el modo en que la empresa funciona realmente.

Planificación Lookahead (PL): El procedimiento de planificación prospectiva es el segundo nivel de la jerarquía de planificación. Destaca las cosas que hay que hacer pronto. Su principal objetivo es regular el flujo de trabajo, entendiendo que el diseño (planos), los proveedores (materiales y equipos), los recursos humanos (RRHH), la información y los requisitos previos forman parte del flujo de trabajo necesario para que el equipo complete sus tareas. A continuación, se establecen determinados procedimientos para llevar a cabo las funciones de la planificación Lookahead. En las siguientes secciones, desglosaremos cada uno de los pasos que intervienen en la elaboración de una estrategia eficaz.

Intervalo de tiempo de la Planificación Lookahead: La planificación inicial de todas las actividades del plan maestro debe tener en cuenta estos tiempos de respuesta. Las empresas nacionales que adoptan estos nuevos procedimientos de planificación han estandarizado sus procedimientos de planificación Lookahead a intervalos de cuatro semanas para que sus resultados puedan compararse con mayor fiabilidad.



CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Diseño de la investigación

Este estudio es de tipo aplicado, que según Arévalo et al. (2020) es el tipo de investigación que busca plantear soluciones a un problema o necesidad hallada, y tiene como base a la investigación teórica. En este caso, se aplicó la metodología Last Planner System en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar que ayudó a asegurar la vida útil de las viviendas y mejorar la gestión de los proyectos del rubro de la construcción. Asimismo, la investigación es de diseño no experimental, que en palabras de Arispe et al. (2020) es aquel que no modifica alguna de las variables de estudio, ya que no se planteó modificar las variables, por lo contrario, se realizó esta investigación para una futura implementación.

El estudio es de nivel descriptivo, según Arias y Covinos (2021) trata de calificar el fenómeno de estudio. Finalmente, es de enfoque cuantitativo, el cual comprende el uso de datos de naturaleza matemática o estadística (Armijo et al., 2021), ello implicó el manejo de datos de la vivienda multifamiliar en cuestión.

En base a la población el estudio estuvo formada por las viviendas multifamiliares en el departamento de Lima que están en construcción, para Armijo et al. (2021) la población es una amalgama de conjuntos que son observados y recopilados para el estudio de sus características y comportamientos. Mientras la muestra del estudio estuvo compuesta por la vivienda multifamiliar en la avenida de Tomas Marsano 2670 que están en construcción. Según Barros et al. (2018) es el número preciso de partícipes que serán necesarios para alcanzar los propósitos planteados al principio.

3.2. Instrumento

En cuanto a la técnica de la investigación científica es un procedimiento típico y probado, generalmente dirigido a la adquisición y transformación de información útil para resolver problemas de conocimiento en disciplinas científicas (Cisneros et al., 2022). En base a ello, se aplicaron la técnica de la observación y análisis documental, cuyos instrumentos son la guía de observación y guía de análisis documental; los instrumentos fueron útiles para la recolección de datos acerca de la vivienda multifamiliar. Según Hernández y Duana (2020) las herramientas de recopilación de datos están diseñadas para ejecutar mediciones.

3.3. Operacionalización de variables

Título: “APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA LAST PLANNER SYSTEM EN EL PROCESO CONSTRUCTIVO DE UNA VIVIENDA MULTIFAMILIAR”					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE 1: Aplicación de la metodología Last Planner system	Es una metodología basada en el “Lean Manufacturing”, diseño que se aplicó inicialmente en las fábricas de automóviles de Toyota y fue concebido por el japonés Taiichi Ohno (Miranda et al., 2020).	Para la aplicación de la metodología Last Planner system se deberá tomar en cuenta sus principios.	Principios LPS	Función del último planificador	Intervalo
				Principios básicos	
				Fases fundamentales en la planificación	
				El criterio Last Planner system	
VARIABLE DEPENDIENTE: Proceso constructivo de una vivienda multifamiliar	Los procesos de construcción incluyen todos los pasos, fases y etapas necesarios para hacer realidad un edificio o una infraestructura en un plazo determinado (Fu et al., 2023).	En el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar se medirá mediante los recursos aplicados.	Recursos	Rendimiento	Intervalo
			Mano de obra		

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Aplicación de la metodología Last Planner System en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar

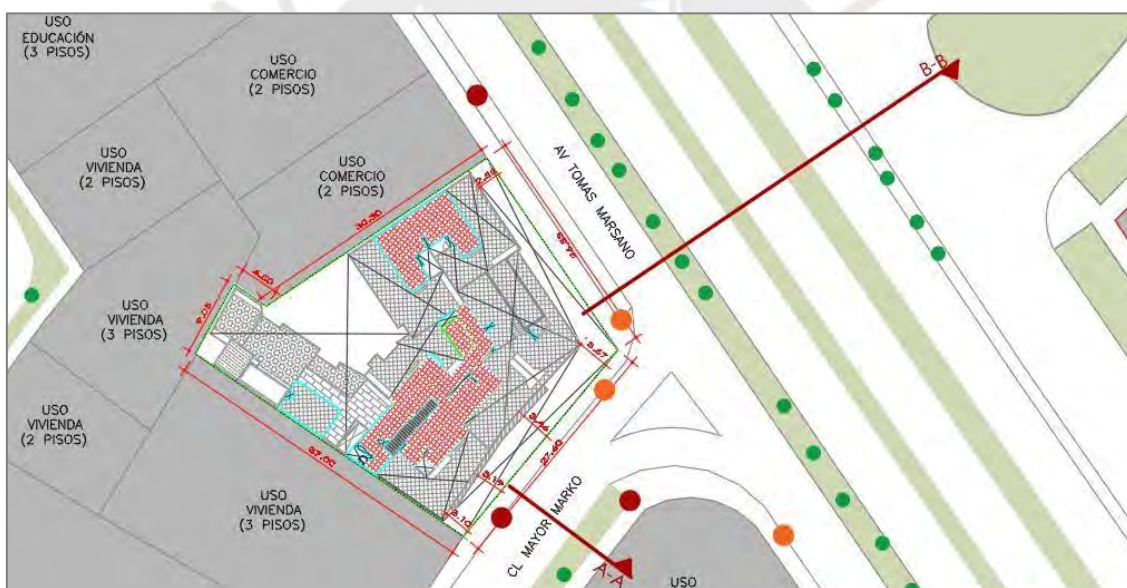
4.1.1. Evaluación preliminar del proyecto:

4.1.1.1. Generalidades:

El proyecto edificio multifamiliar residencial cuenta con 5 sótanos, 1 semisótano y 13 pisos con una azotea, el proyecto inició el 01 de agosto del año 2022 y aún se encuentra en etapa de ejecución.

El proyecto se encuentra ubicado en la Calle Mayor Marko 381 con Av. Tomas Marsano 267-2670, Urb. Esmeralda, distrito de Miraflores, provincia y departamento de Lima. **Figura 1**

Ubicación del proyecto.



4.1.1.2. Identificación de Stakeholders (Involucrados)

Tabla 1 *Lista de Stakeholders*

Contratista:	TALE INMOBILIARIA SAC
Subcontratista Anclaje y tensado:	BATALLA DE JUNIN SAC
Subcontrato de Concreto Premezclado:	UNICON
Subcontrato de Movimiento de Tierras:	CTL CONSTRUC
Mano de Obra:	Maestros de Obras y capataces.
Externo:	Junta de vecinos.

4.1.1.3. Planos y especificaciones técnicas:

El proyecto se desarrolla sobre un área de 1037.60 m², con sótanos del 1° al 4° de 997.23 m², siendo el 5° sótano el más pequeño con un área de 709.92 m² y para los pisos superiores, son pisos típicos con la misma distribución con una extensión de 745.77 m².

En el anexo A.01 se muestran los 08 planos de requeridos para la construcción de los muros anclados. Estos se componen de 02 planos de detalle, 04 planos de distribución y 02 planos de elevación.

4.1.1.4. Presupuesto de la obra

El presupuesto para estudiar el impacto de la implementación del sistema LPS dentro del proyecto abarcan únicamente lo concerniente a muros anclados. Ver anexo A.02.

4.1.1.5. Análisis de Precios Unitarios:

El proyecto tomó en cuenta los rendimientos sugeridos por “CAPECO”, a continuación, se presentan las partidas más significativas en cuanto a la construcción de los muros.

Tabla 2 Análisis de precios unitarios – Partida de acero

Partida ACERO CORRUGADO FY= 4200 kg/cm2 GRADO 60 EN MURO							
Rendimiento	m3/DIA	MO. 40.0000	EQ. 40.0000	Costo unitario directo por : 5.6136			
				m3			
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0320	22.80	0.7296	
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.0320	17.00	0.5440	
						1.2736	
Materiales							
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.050	3.77	0.1885	
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.070	3.77	4.0339	
						4.3400	

Tabla 3 Análisis de precios unitarios – Partida de encofrado

Partida ENCOFRADO DE MUROS							
Rendimiento	m2/DIA	MO. 6.0000	EQ. 6.0000	Costo unitario directo por : 86.743			
				m2			
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	1.3333	22.80	30.392	

0101010007	PEON	hh	1.0000	1.3333	17.00	22.661
53.053						
Materiales						
0219010012	DADO DE CONCRETO F'C=280 KG/CM2 (1.20X0.60X0.60M)	und		0.00651	769.20	5.010
02041200010005	LAKA DESMOLDANTE	kg		0.05	120.00	6.000
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.200	2.50	0.500
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.200	2.88	0.580
0231010002	MADERA TORNILLO PARA ENCOFRADOS INCLUYE CORTE	p2		4.800	4.50	21.600
33.690						

Tabla 4 Análisis de precios unitarios – Partida de concreto premezclado

CONCRETO PREMEZCLADO							
Partida							
Rendimiento	m3/DIA	MO. 40.0000	EQ. 40.0000	Costo unitario directo por :		m3	471.68
Código	Descripción Recurso	Unidad Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	5.0000	1.0000	22.80	22.35	
0101010005	PEON	hh	5.0000	1.0000	17.00	16.67	
							39.02
Materiales							
02010300010001	GASOLINA 90 OCTANOS	gal		0.0750	19.08	1.43	
02190100010071	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=280 kg/cm2 TIPO I-H67 4"-6"	m3		1.3600	281.00	382.16	
02190500010001	SERVICIO DE BOMBA CONCRETO PREMEZCLADO	PARA m3		1.3600	35.00	47.60	
							431.19
Equipos							
03010900010006	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 1.25"	hm	1.0000	0.1961	7.50	1.47	
							1.47

4.1.1.6. Proceso Constructivo:

Movimiento de Tierras o excavación:

Para la construcción de muros anclados se efectuaron dos tipos de excavación con maquinaria una masiva que abarca la mayor parte del área comprendida y otra localizada destinada a remover las banquetas tras el descimbrado y tensado de los muros anclados.

Figura 2 *Movimiento de Tierra o excavación.*



La excavación fue realizada con maquinaria pesada, esto incluye una retro excavadoras y dos cargadores frontales. Además, para la eliminación del material proveniente de la excavación se contempló dejar una rampa para que los volquetes entren y salgan de la excavación.

Perfilado y pañeteo de banquetta:

Puesto que las maquinarias no cortan el terreno de manera uniforme se debe perfilar de manera manual la banquetta, agregándole además una mezcla de agua-cemento “lechada de cemento” para evitar el colapso de los taludes.

Figura 3 *Perfilado y pañeteo de banquetta.*



Perforación y anclaje de cable tensor:

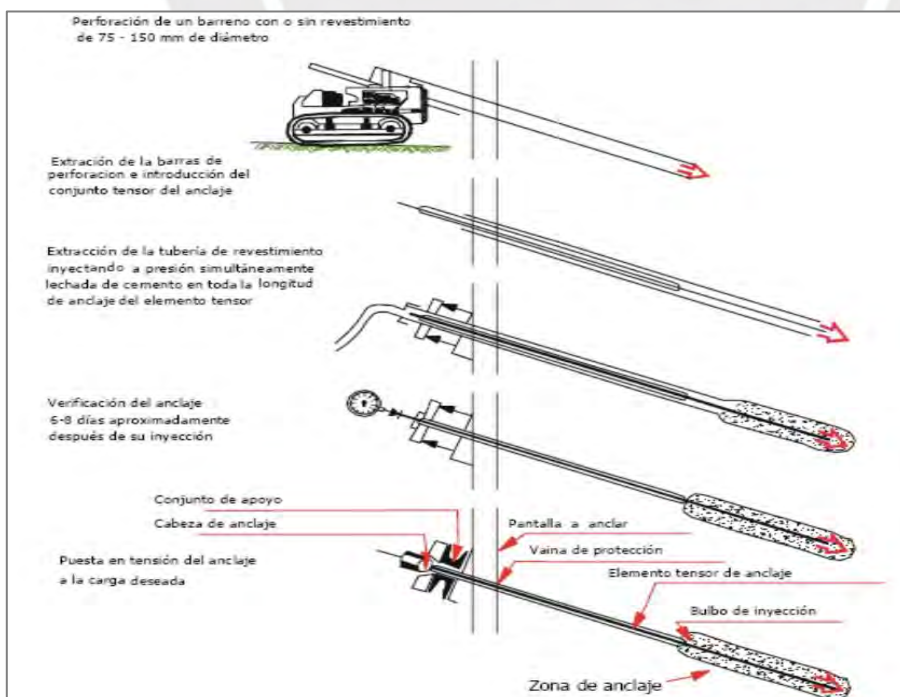
La tubería se perforará utilizando una máquina de perforación e inyección de concreto que operará mediante rotación.

Figura 4 Perforación y anclaje de cable tensor.



Estas herramientas darán lugar a la creación de un conducto con una inclinación vertical de 15°. Además, los elementos que constituyen los anclajes experimentarán variaciones en función del eje y del nivel del anillo.

Figura 5 Secuencia de perforado y anclaje de cables tensores



Nota. La imagen es propiedad de Flores Jaramillo (2019).

En consecuencia, los detalles de los anclajes como la distancia entre ellos, la longitud del bulbo y el número de cables estarán claramente especificados en los planos de detalle. Además, la reubicación de los anclajes por interferencias con vigas, placas, columnas o rampa se preverán a un tercio de su ubicación original.

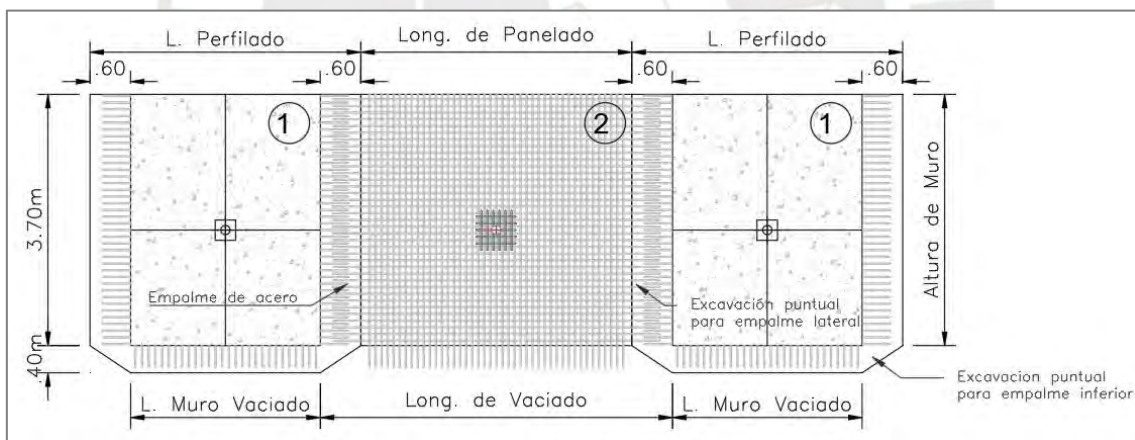
Y respecto a las tolerancias establecidas, en las perforaciones se permitirá un margen de error de 50 cm, para los diámetros de perforación especificados de 50 mm y para la orientación e inclinación del eje de las perforaciones se tendrá una tolerancia de $\pm 15^\circ$, tanto en la vertical como en la horizontal. La longitud de libre y longitud de bulbo puede variar en 20.0 cm

Acero en muros:

En lo que el bulbo madura se levanta la armadura, la cual debe respetar el espaciamiento entre barras y las longitudes de los empalmes según los planos. Así como se indica en la Figura 6.

Figura 6

Perfilado de Paños



Encofrado de muros:

Posteriormente luego de haber colocado la armadura se procede con el encofrado de los muros, este procedimiento debe de ser supervisado por el ingeniero residente garantizando así se respete el apuntalamiento adecuado.

Figura 7

Perfilado de Paños



Hay que tomar en cuenta que previo a la colocación, es esencial aplicar desmoldante para facilitar el desencofrado posterior. Los paneles se ensamblan mediante ganchos y se sujetan al terreno con apuntalamiento. Para prevenir el desarme del encofrado durante el vaciado del concreto, se erige un contrafuerte de madera que descansa sobre una banqueta.

Concreto en muros:

El vaciado de los muros de concreto debe planificarse para que sea consecuente al encofrado y después de haber transcurrido 4 días de haber hecho la perforación y anclaje de los cables tensores. Puesto que a esta el concreto requiere una edad de 7 días para que alcance la resistencia requerida para ser tensados.

Hay que tomar en cuenta que el concreto vaciado al ser pre mezclado deberá pasar por un control de calidad para ver si cumple con los requerimientos de la obra, en este caso al tratarse del vaciado de un elemento con una elevada cuantía de acero hay que verificar el SLUMP sea el adecuado para que no genere cangrejas.

Desencofrado de muros:

El desencofrado de los muros de concreto se desarrolla transcurridas 24 horas del colado del concreto. Esta etapa implica desmontar los paneles de encofrado, retirando tanto los paneles como los puntales y la banqueta, además de eliminar alambres y clavos que podrían representar un riesgo para las personas.

Posteriormente, una vez completado el desmontaje del encofrado, se lleva a cabo el proceso de curado del paño, el cual implica la aplicación del aditivo curador. Antes o después de este curado, se realiza una inspección del paño para identificar posibles cangrejas y medir el desplome utilizando un nivel de mano.

Tensado de anclaje:

El anclaje de los muros se ejecutará con una gata hidráulica. Antes de comenzar esta tarea, el equipo técnico de la obra debe verificar que la resistencia del muro haya alcanzado el 80% de su resistencia de diseño. El proceso comienza con la colocación de la placa de tensado, que tiene aproximadamente 0.50 x 0.50 m. El tensado tiene la función de comprimir el terreno entre la zona de anclaje y la placa de tensado, garantizando la estabilidad frente al empuje del suelo. Es esencial asegurarse de que los paños de niveles inferiores no queden expuestos sin haber realizado el tensado en el paño superior.

El tiempo medio necesario para erigir un muro anclado, considerando la duración óptima de cada fase constructiva, es de aproximadamente 9 días. A continuación, se presenta de manera esquemática el programa de actividades correspondiente a cada sección del muro anclado.

Tabla 5 *Tren de actividades de un muro anclado*

ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MOVIMIENTO DE TIERRAS O EXCAVACIÓN									
PERFILADO Y PAÑETEO DE BANQUETA									
PERFORACIÓN Y ANCLAJE DE CABLE TENSOR									
ACERO EN MUROS									
ENCOFRADO DE MUROS									
CONCRETO EN MUROS									
DESENCOFRADO DE MUROS									
TENSADO DE ANCLAJE									

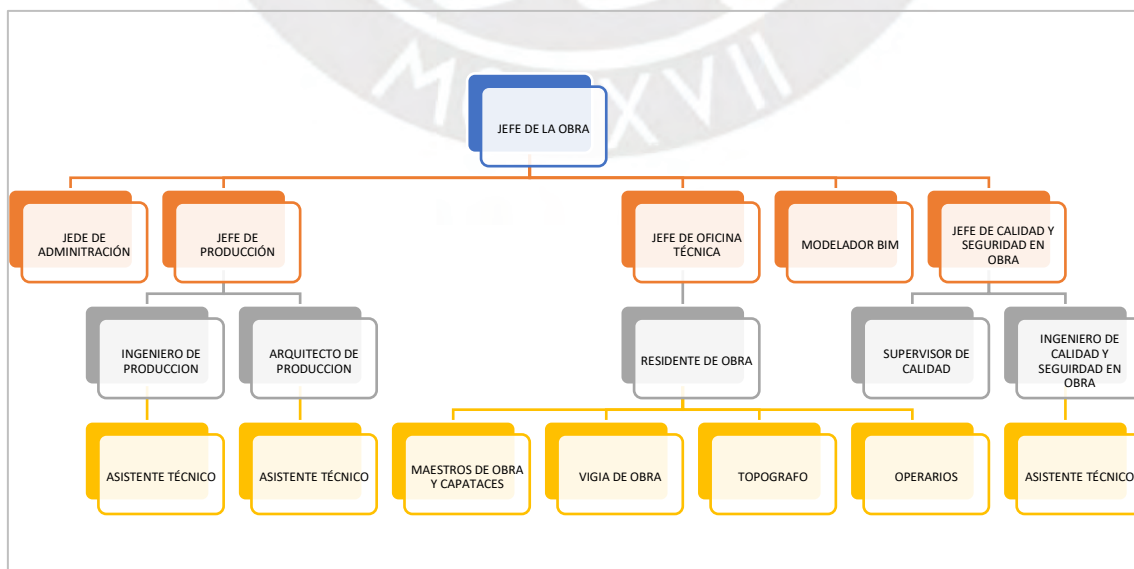
4.1.2. Implementación del proyecto

La aplicación del LPS implica que los encargados del proyecto perciban la construcción no como la simple ejecución de una serie de tareas desconectadas, sino que la comprendan como un "flujo de valor". Por lo tanto, es crucial identificar, durante la fase de planificación, las actividades que realmente aportan un valor significativo, ya que no todas lo hacen. La implementación del LPS en un proyecto de construcción se desarrolla en tres etapas: "Lo que se debe", "Lo que se puede" y "Lo que se hará" por esto: Bajo este concepto se creó un espacio destinado a fomentar la de planificación colaborativa (Big Room) planteándose en un inicio "lo que debería", desglosando primera instancia un plan por fases. Siguiendo la metodología de control LPS se desarrolló una planificación a corto, largo y mediano plazo. Esto siguiendo la filosofía Lean, priorizando la mejora continua a través de la cuantificación del avance de las actividades.

1º ETAPA "LO QUE SE DEBE" Plan Maestro

El plan maestro se programó en función al alcance del proyecto el cual en conjunto de las partes interesadas se fijó para el final del proyecto el 30 de marzo del 2024. En base a la planificación tradicional del proyecto se tomó a consideración el desglose del trabajo (WBS), la programación propuesta según el expediente técnicos (calendario de obra) y la estructura de organización del proyecto (OBS).

Figura 8 Estructura de organización del proyecto



Plan de Fases (Phase Scheduling)

Para la obra se definieron así 7 fases y 475 sub fases, basándose en el proceso constructivo y agrupándolas por orden lógico.

Figura 9 Flujo de la obra por Fases



Se analizó para el desarrollo de la investigación la segunda fase, concerniente a anillos de muros anclados.

Tabla 6 Subfases de los muros anclados

MUROS ANCLADOS	
<u>PRIMER ANILLO</u>	
1	Movimiento de Tierras
2	Perfilado y pañeteo de Banqueta
3	Perforado y anclaje de Cable Tensor
4	Acero de muros
5	Encofrado de muros
6	Concreto en muros
7	Desencofrado de muros
8	Tensado de Anclaje

SEGUNDO ANILLO

- 9 Movimiento de Tierras
 - 10 Perfilado y pañeteo de Banqueta
 - 11 Perforado y anclaje de Cable Tensor
 - 12 Acero de muros
 - 13 Encofrado de muros
 - 14 Concreto en muros
 - 15 Desencofrado de muros
 - 16 Tensado de Anclaje
-

TERCER ANILLO

- 17 Movimiento de Tierras 18 Perfilado y pañeteo de Banqueta
 - 19 Perforado y anclaje de Cable Tensor
 - 20 Acero de muros
 - 21 Encofrado de muros
 - 22 Concreto en muros
 - 23 Desencofrado de muros
 - 24 Tensado de Anclaje
-

CUARTO ANILLO

- 25 Movimiento de Tierras
 - 26 Perfilado y pañeteo de Banqueta
 - 27 Perforado y anclaje de Cable Tensor
 - 28 Acero de muros
 - 29 Encofrado de muros
 - 30 Concreto en muros
 - 31 Desencofrado de muros
 - 32 Tensado de Anclaje
-

QUINTO ANILLO

- 33 Excavación masiva
- 34 Perfilado de Taludes
- 35 Acero de muros

36 Encofrado y desencofrado de muros

37 Concreto en muros

En base a esta secuencia de actividades se elaboró en colaboración con los stakeholders el Programa Maestro y el Control de hitos.



Tabla 7 Programa Maestro (Master Schedule)

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
1. OBRAS PROVISIONALES Y TRABAJOS PRELIMINARES																								
OBRAS PROVISIONALES																								
LIMPIEZA DEL TERRENO																								
2. ANILLOS DE MURO ANCLADO																								
MUROS ANCLADO																								
PRIMER ANILLO																								
EXCAVACION MASIVA PERFILADO Y PAÑETEO DE BANQUETAS																								
PERFORADO Y ANCLAJE DE CABLE																								
ACERO MUROS ENCOFRADO DE MUROS																								
CONCRETO MUROS																								
DESENCOFRADO MUROS TENSADO DE ANCLAJE																								
SEGUNDO ANILLO																								
EXCAVACION MASIVA PERFILADO Y PAÑETEO DE BANQUETAS																								
PERFORADO Y ANCLAJE DE CABLE																								
ACERO MUROS ENCOFRADO DE MUROS																								
CONCRETO MUROS																								
DESENCOFRADO MUROS TENSADO DE ANCLAJE																								
TERCER ANILLO																								
EXCAVACION MASIVA PERFILADO Y PAÑETEO DE BANQUETAS																								

Tabla 8 *Control de hitos*

ÍTEM	HITO	DIAS	CONTRACTUAL (AL 07.08.22)	
			INICIO	FIN
1	Inicio de Fase: Muros Anclados	-	17/08/22	-
2	Excavaciones masivas 1° Anillo	9	17/08/22	26/08/22
3	Anclaje 1° Anillo	8	02/09/22	10/09/22
4	Muros anclados 1° Anillo	15	12/09/22	27/09/22
5	Excavaciones Masivas 2° Anillo	9	20/09/22	29/09/22
6	Anclaje 2° Anillo	11	30/09/22	11/10/22
7	Muros anclados 2° Anillo	16	12/10/22	28/10/22
8	Excavaciones Masivas 3° Anillo	11	20/10/22	31/10/22
9	Anclaje 3° Anillo	9	02/11/22	11/11/22
10	Muros anclados 3° Anillo	16	12/11/22	28/11/22
11	Excavación Masiva 4° Anillo	9	21/11/22	30/11/22
12	Anclaje 4° Anillo	11	01/12/22	12/12/22
13	Muros anclados 4° Anillo	16	13/12/22	29/12/22
14	Excavación Masiva 5° Anillo	9	21/12/22	30/12/22
15	Muros anclados 5° Anillo	15	18/01/23	02/02/23

Nota. El control de hitos se definió en conjunto en base a la experiencia de los stakeholders a la demanda del proyecto y a la capacidad de la mano de obra.

Sectorización:

Sectorización de Anillos por pisos:

Se aplicó la sectorización de esta fase en 4 frentes, esto nos permitió mantener la productividad al desarrollar un tren de trabajo más ordenado y más fácil de controlar.

Además, bajo este concepto se logran optimizar los gastos administrativos, y al estandarizar los procesos e incentivar la especialización de las actividades por repetición se optimizan tanto los recursos materiales como los humanos.

Es así que bajo la sectorización del proyecto se logró trabajar de una manera más efectiva cumpliendo con el plazo establecido en la etapa de planificación. Sin embargo, al sectorizar el proyecto debemos tener en cuenta de dejar un metrado de muros similares en los muros para que no se originen cuello de botellas, es así que se sectorizaron los 4 anillos de la siguiente manera:

Figura 10
Distribución del 1er anillo

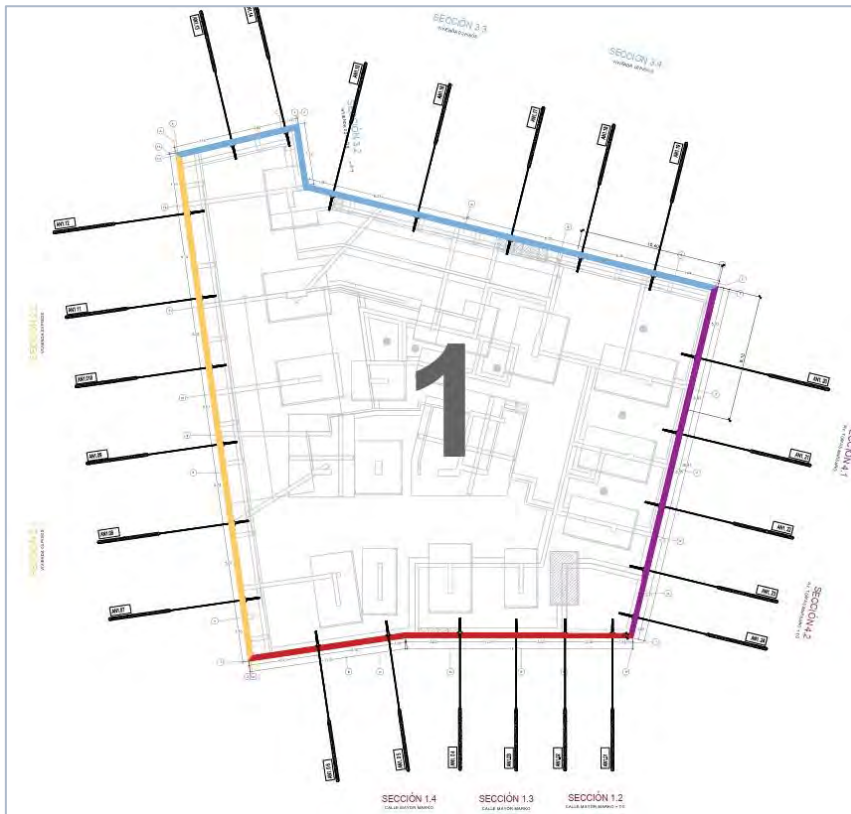


Figura 11
Distribución de 2do Anillo

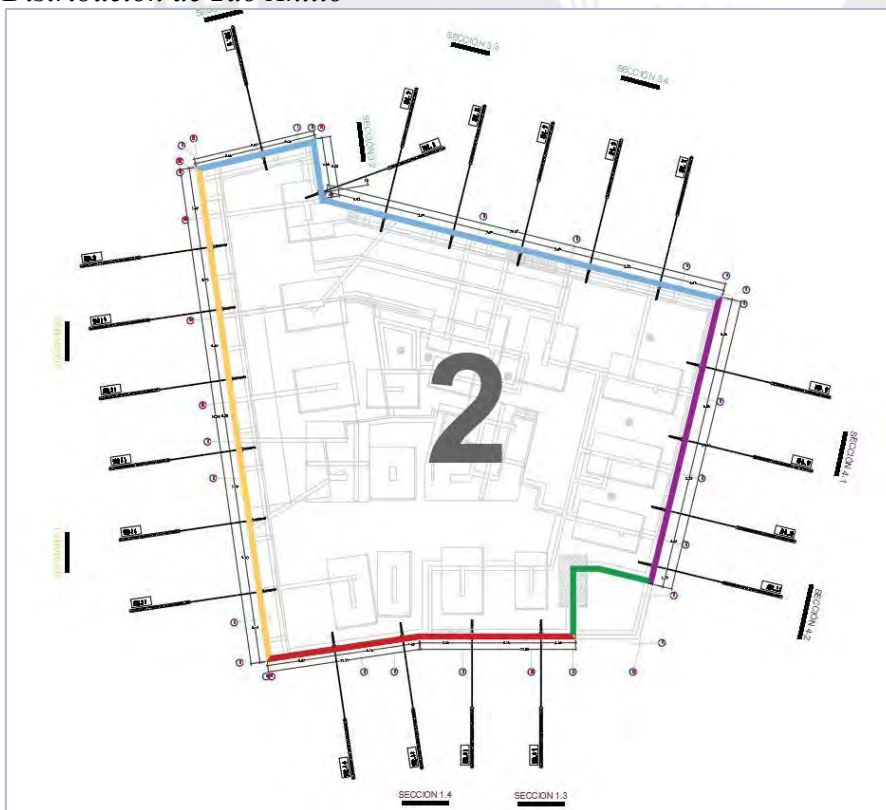


Figura 12
Distribución del 3er Anillo

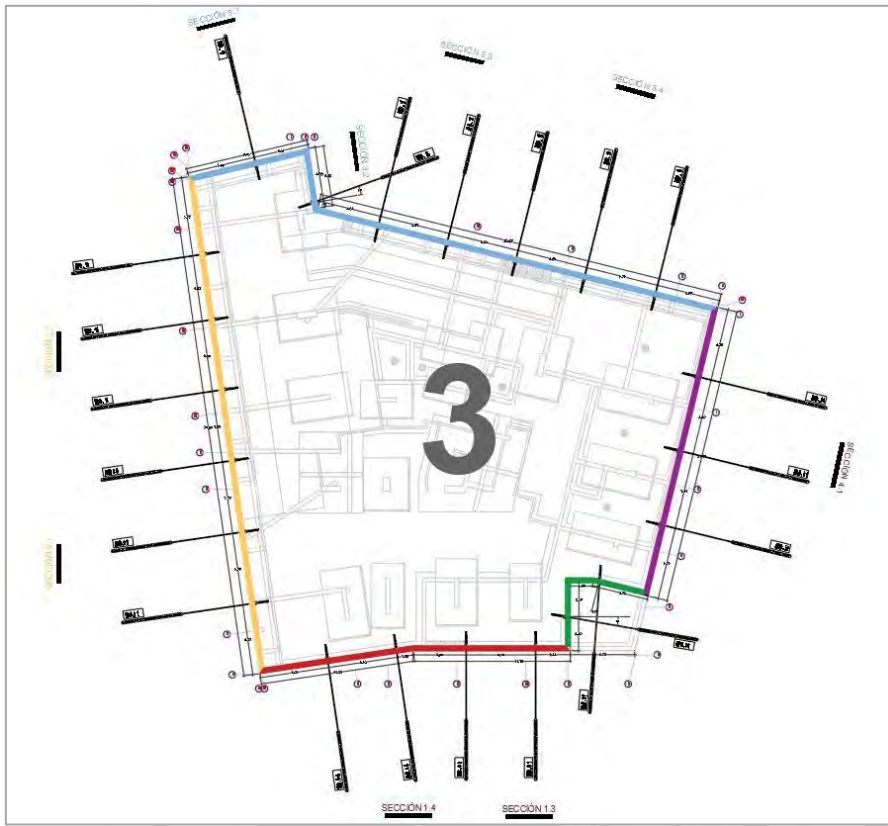
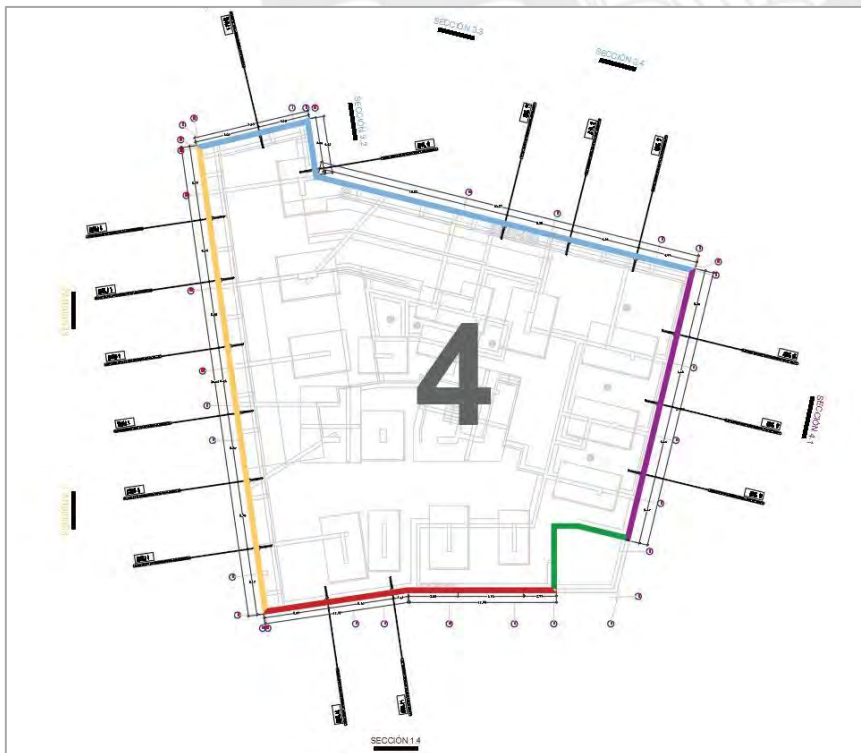


Figura 13
Distribución de 4to Anillo



2º ETAPA “LO QUE SE PUEDE”

En esta etapa se previó una planificación a mediano plazo o de anticipación, en ingles denominado “Lookahead Plan”, tomándose en consideración además de los rendimientos diarios por partida, las restricciones y condiciones necesarias para el inicio de la actividad consecuente.

Al inicio del proyecto se consideró una ventana de planificación de un periodo de 5 semanas.

Tabla 9 Lookahead (1ªSemana)

Descripción de la Actividad	Und	Metrado Total	Metrado Programado	SEMANA 1							
				L	M	X	J	V	S	D	
				15	16	17	18	19	20	21	
MOVIMIENTO DE TIERRAS											
Excavación masiva					A1	A1	A1	A1			
Metrado a ejecutar	m3	16,589.00	2,000		300	600	550	550			

Nota. El rendimiento se tomó en cuenta considerando 2 retroexcavadoras trabajando todo el jornal laboral

Tabla 10 Lookahead (2ªSemana)

Descripción de la Actividad	Und	Metrado Total	Metrado Programado	SEMANA 2							
				L	M	X	J	V	S	D	
				22	23	24	25	26	27	28	
CONCRETO											
Ingreso de Equipos de perforación				A1							
Metrado a ejecutar	Glb	4.00	1.00	1.00							
Perforación de anclaje					A1	A1	A1	A1			
					1.22 1.24 1.02 1.04	1.23 1.01 1.03 1.05	1.06 1.07 1.08 1.09	1.10 1.11 1.12 1.13			
Metrado a ejecutar	und	83.00	24.00		4.00	4.00	4.00	4.00			
Retiro de banquetas con maquinaria							1.22, 1.23, 1.24	1.06, 1.06a, 1.07a			
Metrado a ejecutar	m3	1,022.75	1,115.80				102.314	84.67			
Perfilado manual de talud							1.22, 1.23, 1.24	1.06, 1.06a			

Retiro de banquetta con maquinaria				1.08, 1.10a 1.11		1.01, 1.02, 1.03	1.12b 1.13a 1.15a	1.07, 1.09a 1.16		
Metrado a ejecutar	m3	1,022.75	307.12	81.59		81.59	64.85	79.09		
Perfilado manual de talud				1.08, 1.10a 1.11		1.01, 1.02, 1.03	1.12b 1.13a 1.15a	1.07, 1.09a 1.16		
Metrado a ejecutar	m2	818.20	-							
Excavación manual para empalmes				1.08, 1.10a 1.11		1.01, 1.02, 1.03	1.12b 1.13a 1.15a	1.07, 1.09a 1.16		
Metrado a ejecutar	m3	67.34	-							
Trazo y replanteo de muro				1.06, 1.06a 1.07 ^a		1.08, 1.10a 1.11	1.01, 1.02, 1.03	1.12b 1.13a 1.15a		
Metrado a ejecutar	glb	38.00	-							
Colocación de acero				1.06, 1.06a 1.07a		1.08, 1.10a 1.11	1.01, 1.02, 1.03	1.12b 1.13a 1.15a		
Metrado a ejecutar	kg	42,121.45	-							
Relleno de empalme de acero				1.06, 1.06a 1.07 ^a		1.08, 1.10a 1.11	1.01, 1.02, 1.03	1.12b 1.13a 1.15a		
Metrado a ejecutar	m3	25.20	-							
Colocación de pases vigas, losas, cable				1.06, 1.06a 1.07 ^a		1.08, 1.10a 1.11	1.01, 1.02, 1.03	1.12b 1.13a 1.15a		
Metrado a ejecutar	ml	144.00	-							
Encofrado de muro, costado				1.06, 1.06a 1.07 ^a		1.08, 1.10a 1.11	1.01, 1.02, 1.03	1.12b 1.13a 1.15a		
Metrado a ejecutar	m2	818.20	-							

Vaciado de mruo				1.22, 1.23, 1.24		1.06, 1.06a 1.07a	1.08, 1.10a 1.11	1.01, 1.02, 1.03		
Metrado a ejecutar	m3	285.50	173.57	15.915		13.17	12.69	12.69		
Tensado								1.22, 1.23, 1.24		
Metrado a ejecutar	und	28.00	18.00					3.00		

Nota. El concreto premezclado estará a cargo de la empresa UNICON, la cual es responsable de la puesta en obra. Se consideró el 30 de agosto como día no laborable.

Tabla 12 Lookahead - 4ª Semana

Descripción de la Actividad	Und	Metrado Total	Metrado Programado	SEMANA 4						
				L	M	X	J	V	S	D
				05	06	07	08	09	10	11
CONCRETO										
Retiro de banquetta con maquinaria				1.04, 1.05, 1.10	1.10 1.08 1.07a 1.06 a	1.08a, 1.09, 1.12	1.11a 1.13, 1.15	1.21, 1.20, 1.20a, 1.19a		
Metrado a ejecutar	m3	1,022.75	1,115.80	115.301		77.42	74.09	130.87		
Perfilado manual de talud				1.04, 1.05, 1.10	1.10 1.08 1.07a 1.06ª	1.08a, 1.09, 1.12	1.11a 1.13, 1.15	1.21, 1.20, 1.20a, 1.19a		
Metrado a ejecutar	m2	818.20	-							
Excavación manual para empalmes				1.04, 1.05, 1.10	1.10 1.08 1.07a 1.06ª	1.08a, 1.09, 1.12	1.11a, 1.13, 1.15	1.21, 1.20, 1.20a, 1.19a		
Metrado a ejecutar	m3	67.34	-							
Trazo y replanteo de muro				1.07, 1.09a, 1.16	1.04, 1.05, 1.10	1.10 1.08 1.07a 1.06a	1.08a, 1.09, 1.12	1.11a, 1.13, 1.15		

Metrado a ejecutar	glb	38.00	-								
Colocación de acero				1.07, 1.09a, 1.16	1.04, 1.05, 1.10	1.10 1.08 1.07a 1.06a	1.08a, 1.09, 1.12	1.11a, 1.13, 1.15			
Metrado a ejecutar	kg	42,121.45	-								
Relleno de empalme de acero				1.07, 1.09a, 1.16	1.04, 1.05, 1.10	1.10 1.08 1.07a 1.06a	1.08a, 1.09, 1.12	1.11a, 1.13, 1.15			
Metrado a ejecutar	m3	25.20	-								
Encofrado de muro, costado				1.07, 1.09a, 1.16	1.04, 1.05, 1.10	1.10 1.08 1.07a 1.06a	1.08a, 1.09, 1.12	1.11a, 1.13, 1.15			
Metrado a ejecutar	m2	818.20	-								
Vaciado de mruo				1.12b, 1.13a, 1.15a	1.07, 1.09a, 1.16	1.04, 1.05, 1.10	1.10 1.08 1.07a 1.06a	1.08a, 1.09, 1.12			
Metrado a ejecutar	m3	285.50	173.57	10.09	12.30	17.9358		12.04			
Tensado				1.06, 1.06a, 1.07a	1.08, 1.10a, 1.11	1.01, 1.02, 1.03		1.12b, 1.13a, 1.15a			
Metrado a ejecutar	und	28.00	18.00	1.00	1.00	3.00		1.00			

Tabla 13

Lookahead – 5 primeras semanas

LOOKAHEAD PLANNING 5 SEMANAS - RESIDENCIAL MARSANO																												TALE						
NOMBRE DE PROYECTO: RESIDENCIAL MARSANO				PROPIETARIO: RESIDENCIAL MARSANO	FECHA: sábado, 20 de agosto de 2022	FECHA:	UBICACIÓN: Av. Tomas Marsano 2670																											
Código	Descripción de la Actividad	Und	Medrado Total	Medrado Programado	AGOSTO														SEPTIEMBRE															
					SEMANA 1							SEMANA 2							SEMANA 3							SEMANA 4							SEMANA 5	
					L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S	L	M	X	J	V	S
MOVIMIENTO DE TIERRAS																																		
Excavación masiva																																		
Medrado a ejecutar																																		
CONCRETO																																		
Ingreso de Equipos de perforación																																		
Medrado a ejecutar																																		
Perforación de anclaje																																		
Medrado a ejecutar																																		
Retiro de banquetta con maquinaria																																		
Medrado a ejecutar																																		
Perfilado manual de talud																																		
Medrado a ejecutar																																		
Excavación manual para empalmes																																		
Medrado a ejecutar																																		
Trazo y replanteo de muro																																		
Medrado a ejecutar																																		
Colocación de acero																																		
Medrado a ejecutar																																		
Relleno de empalme de acero																																		
Medrado a ejecutar																																		
Colocación de pasas vigas, losas, cable																																		
Medrado a ejecutar																																		
Encofrado de muro, costado																																		
Medrado a ejecutar																																		
Relleno de pachamanca																																		
Medrado a ejecutar																																		
Vaciado de mruo																																		
Medrado a ejecutar																																		
Tensado																																		
Medrado a ejecutar																																		

Esta planificación inicial se actualiza cada semana siempre con la misma ventana de proyección a 5 semanas considerando el avance de la obra y las restricciones.

Análisis de las restricciones:

Dentro de la metodología Last Planner las restricciones se refieren a los factores que limitan la capacidad de cumplir con lo programado, estas se deben gestionar de manera que se tenga un control durante el transcurso de la obra. A continuación, se muestra de manera de ejemplo el listado de las restricciones de la primera semana.

Tabla 14 Listado de restricciones (1° Semana)

ID	Actividad	Descripción de la restricción	Respon.	Fecha requere.	Tipo	Status
S1-01	Perforación de anclajes	Ingreso de Sc. Batalla de Junín el día Lunes 22.	MA	23/08	SC	Por iniciar
S1-02	Llegada de acero a obra	La habilitación del acero debe de comenzar el 24 de agosto	YL	24/08	MAT	Por iniciar
S1-03	Colocación de acero	El contratista debe de traer a los fierros para el inicio de la partida	MA	24/08	MAT	Por iniciar
S1-04	Colocación de acero	Solicitar documentación de personal para ingreso	MO	23/08	SC	Por iniciar
S1-05	Encofrado de muro anclado	El contratista debe de traer a los encofradores (3 juegos mínimos) para el inicio de la partida 26 de agosto	MA	26/08	SC	Por iniciar
S1-06	Encofrado de muro anclado	Solicitar documentación de personal para ingreso	MO	25/08	SC	Por iniciar
S1-07	Vaciado de muro	Pase para mandar la programación semanal a UNICON	JC	23/08	MAT	Por iniciar

Esta lista de restricciones se elaborará en conjunto con los responsables de las actividades y se renovará cada semana durante todo el proyecto.

Tabla 15 Lista de los responsables de levantar las restricciones

Abrev.	Cargo	Nombre
CT	GG	Carlos Taboada Lecaros
MRC	Gerente Proyectos	Miguel Rojas Custodio
IC	Jefe de Construcción	Ivan Castro
EV	Jefe Calidad	Eduardo Vergara
MA	Ing. Residente	Maria Alan Oceda
KP	Ing. Producción	Kenny Paico
JR	Ing. Oficina Técnica	Jose Miguel Ramirez
MO	Prevesionista	Martin Olivares
YL	Administrador	Yonny Lifoncio
JC	Jefe de Logística	Julio Castro
JO	Jefe de ingeniería	Jhontan Ortiz

Además, la gestión de las restricciones implica identificar, analizar y abordar estas limitaciones para optimizar el flujo de trabajo y garantizar el cumplimiento de los plazos.

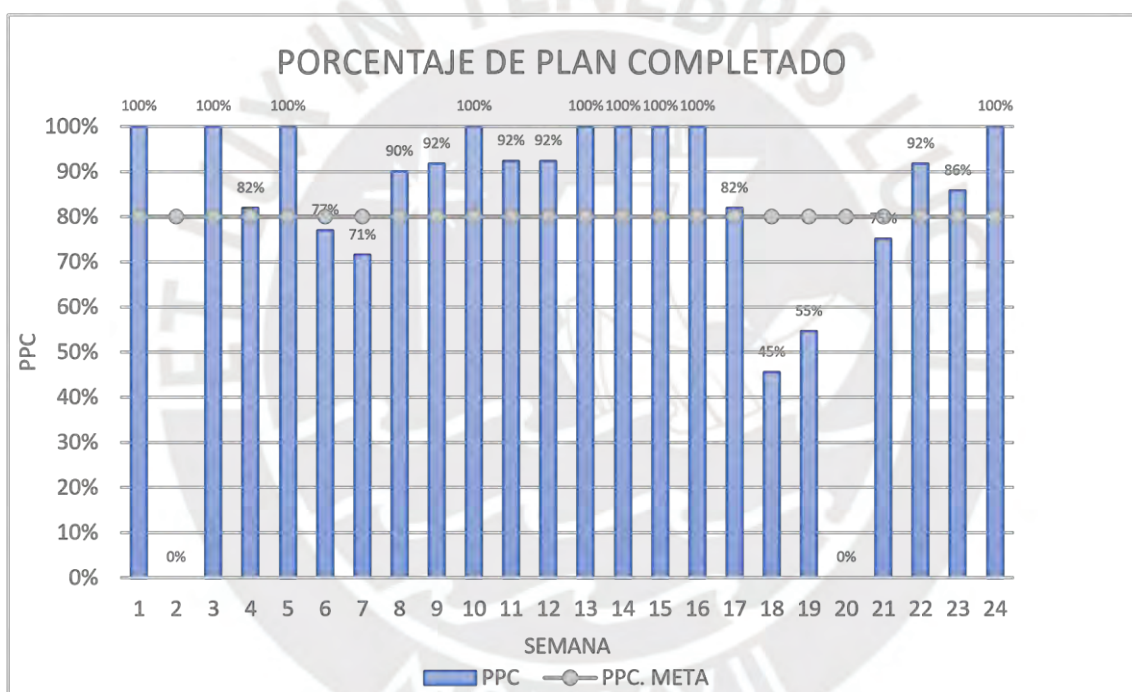
3º ETAPA “LO QUE SE HARÁ” Plan

Semanal:

Las actividades a considerarse en esta planificación semanal deben partir del Lookahead Planning. Siguiendo los fundamentos del Last Planner se planifican todas las tareas que se van a ejecutar por semana de la forma más precisa posible. Ver Anexo 5.

A partir de esta se determina la relación entre las actividades programadas y las ejecutadas, indicador al cual se le denomina Porcentaje de Plan Completado (PPC).

Figura 14 Porcentaje de Plan Completado



Nota. Durante la segunda semana de octubre y las semanas comprendidas entre la semana 17 y 18 se tuvieron problemas para completar las actividades programadas en el plan semanal.

4.2. Interferencias en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar.

Por tanto, las causas de no cumplimiento se especificaron y se categorizaron tras un común acuerdo con los partes involucrados en la gestión del proyecto.

Tabla 16 Categorías de Causas de No Cumplimiento

Abrev.	Descripción de No Cumplimiento
RT	Reorganización de Trabajo
MP	Mala planificación

FI	Falta de Información
CD	Cambios en el diseño
FR	Falta de recursos
EXT	Condiciones Externas
SC	Subcontratas
EQ	Avería de Equipos
BC	Baja calidad

Se empleó un análisis raíz causa por cada actividad no realizada por semana y en conclusión se determinó que la principal problemática durante el desarrollo de las actividades fue la mala gestión de los subcontratos, la falta de recursos, lo que desencadenó con la reorganización de trabajos. Esto sumado a una mala programación y a fallo en el equipo produjo que

Figura 15 Pareto de Causas de No Cumplimiento



Nota. Las principales causas de no cumplimiento fueron las subcontratas mal gestionadas.

Figura 16 Control de las causas de no cumplimiento por semana y por tipo

Abrev.	Descripción de No Cumplimiento	NC	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23	S24
RT	Reorganización de Trabajo	9	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MP	Mala planificación	5	0	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
FI	Falta de Información	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CD	Cambios en el diseño	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FR	Falta de recursos	12	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	0	0	0	0
EXT	Condiciones Externas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SC	Subcontratas	17	0	4	3	0	0	2	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	2	0	1	0	0	0
EQ	Avería de Equipos	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	
BC	No conformidad por baja calidad	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0
		50	0	9	4	2	0	3	2	0	1	1	0	1	0	0	0	0	2	4	6	11	3	1	0	0



PROCESO CONSTRUCTIVO DE MURO ANCLADO

ACTIVIDADES	1	2	3	4	5	6	7	8	9
MOVIMIENTO DE TIERRAS O EXCAVACIÓN									
PERFILADO Y PAÑETEO DE BANQUETA									
PERFORACIÓN Y ANLAJE DE CABLE TENSOR									
ACERO EN MUROS									
ENCOFRADO DE MUROS									
CONCRETO EN MUROS									
DESENCOFRADO DE MUROS									
TENSADO DE ANLAJE									



4.3. Soluciones a las interferencias detectadas

En vista a las interferencias detectadas se gestiono en una reunión conjunta, tras lo cual se estableció una tabla de acciones correctivas a tomar en cuenta para asegurar el porcentaje de plan cumplido en otros proyectos de construcción.

Tabla 17 *Acciones correctivas de las interferencias detectadas*

ACCIONES CORRECTIVAS DE LAS INTERFERENCIAS DETECTADAS		
Reorganización de trabajo	Verificar que todas las actividades predecesoras ya están ejecutadas o cuál es su estado actual.	RT
Mala Planificación	Consolidado y abastecimiento de requerimientos de materiales. (coordinaciones, llegada a almacén). Aseguramiento de Stock Mínimo. Brindar información sobre nivel de existencias en inventarios. Abastecimiento de equipos menores.	MP
Cambios de diseño	Evaluar si existen aprobaciones previas que deben ser otorgadas por el Cliente y/o Supervisión: aprobación de trabajos adicionales, de tipo de acabados, de suministros o servicios directamente contratados por el cliente, aprobación de cambios solicitados por obra, etc.	CL
Falta de Recursos	Verificar si se cuenta con el personal (obrero y staff) en cantidad suficiente y que cuenten con la experiencia necesaria. Comprobar que todos los materiales necesarios se encuentren en obra. Si no lo están revisar cuál es su estado y hacerle seguimiento: pedido, cotización, orden de compra, despacho en camino.	FR
Subcontratas	Revisar el estado de los subcontratos de las actividades a próximas a ejecutar y hacerle seguimiento: pedido, cotización, orden de servicio, pago de adelanto.	SC
Avería de Equipos	Evaluar si se cuenta con los equipos necesarios propios o alquilados a terceros. Para los equipos solicitados revisar las condiciones de alquiler: con o sin operador, con o sin combustible, para no tener problemas luego.	EQ
Baja Calidad	Revisar los requisitos de calidad necesarios y gestionarlos: pruebas de compactación, proctor, de presión, pruebas de estanqueidad, protocolos de liberación de vaciado, etc.	BJ
Aprobaciones Internas	Verificar que no haya nada pendiente que aprobar por parte de la gerencia de Madrid Edificaciones (cotizaciones, presupuestos, orden de proceder, etc.).	AI

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La planificación a largo plazo se definió un control de hitos, además se definió un tren de actividades de un muro anclado típico tras el que se elaboró un plan de maestro. Además, se sectorizó el área de trabajo en 4 frentes y se distribuyeron las cuadrillas en función de la capacidad de estos y la demanda de las actividades, esto con el fin de estandarizar los procesos y optimizar recursos.
- Para la planificación a mediano plazo se empleó la herramienta “Lookahead” con una ventana de 5 semanas. Simultáneamente, se llevó a cabo el análisis de las restricciones en colaboración con el jefe de producción, el jefe de calidad, el residente de obra, los capataces y los operarios durante las reuniones semanales.
- La planificación a corto plazo se estableció mediante planes semanales en los cuales se cuantificó el avance diario de las actividades, estos sirven de base para determinar el Porcentaje de Plan cumplido (PPC). También, se evaluaron las causas de no cumplimiento para determinar sus causas-raíz, categorizándolas y estableciendo soluciones para gestionar y resolverlas permitiendo un flujo constante de las actividades.
- Se fijó como objetivo alcanzar un PPC semanal superior al 80% para disminuir la variabilidad en un 10%. Sin embargo, a pesar de la implementación de todas las herramientas del LPS (Sistema de Producción Lean), se encontraron limitaciones en el progreso de la obra debido a causas externas. Como por ejemplo durante la segunda semana se obtuvo un PPC del 0% por un incumplimiento por parte de la empresa subcontratada para el perforado de los anclajes, a lo que fue causado por la falta de recursos y la reprogramación de actividades.
- Durante las semanas 18 y 21, comprendidas dentro del mes de diciembre se presentaron problemas por mala planificación, inasistencia del personal de obra y además un encofrado fallo lo que repercutió en la reprogramación de las actividades.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda aplicar las herramientas del Last Planner System (LPS) bajo los tres fundamentos que sugieren trabajar en lo que se puede, lo que se quiere y lo que se hará.
- Se debe tener una capacitación constante de todas las partes involucradas ya sean arquitectos, ingenieros, contratistas, subcontratista o incluso los propietarios, puesto que esto asegura el compromiso para alcanzar las metas establecidas, estas pueden incluir plazos de entrega, costos o calidad.
- En mi experiencia personal sugiero darle importancia a la cuantificación diaria de las actividades y promover las reuniones semanales puesto que esto permite obtener una visibilidad inmediata del progreso real en comparación con el plan facilita la toma de decisiones. Además, permite la detección temprana de desviaciones en el cronograma o en el rendimiento de las actividades, posibilitando la implementación oportuna de medidas correctivas para minimizar el impacto en el proyecto.
- Se deben estructurar de manera adecuada las reuniones semanales, esto implica mantener un enfoque específico en los temas críticos del proyecto vitando divagaciones y asegurando que las discusiones sean relevantes y productivas. La actualización del cronograma es esencial en las reuniones semanales, y una estructura clara facilita la revisión de los hitos y plazos
- Se recomienda emplear herramientas visuales para la implementación del pull Planning mediante tableros Kanban pues estos facilitan la comprensión y el seguimiento del progreso así la identificación proactiva de problemas y obstáculos. Hay que tener en cuenta que el LPS se fundamenta en un enfoque colaborativo por lo tanto se debe promover el trabajo en equipo. Involucrar a todos los participantes relevantes en la identificación de tareas, dependencias y restricciones mejora la precisión de la planificación y aumenta el compromiso del equipo.
- Finalmente, se debe recopilar la data para tener como base propuesta de solución más específica a posteriori fomentando así una retroalimentación positiva en los equipos y una mejora continua en la implementación del LPS en proyectos futuros.

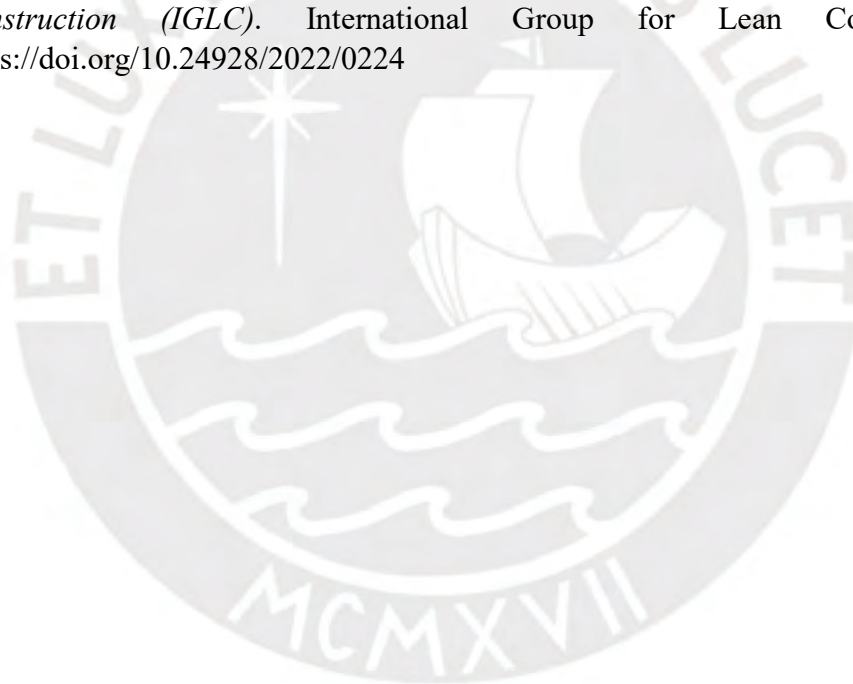
CAPÍTULO VI: RESUMEN BIBLIOGRÁFICO

- Andújar-Montoya, M. D., Pérez-delHoyo, R., Marcos-Jorquera, D., & Gilart-Iglesias, V. (2023). Construction Management Model Under a Lean Construction Approach Based on Business Process Management (BPM). En *Lecture Notes in Civil Engineering* (pp. 643–658). Springer Nature Singapore.
https://doi.org/10.1007/978-981-99-2714-2_34
- Aravindh, M., Sriam, N., Nakkeran, G., Jayakeerti, M., Velin, C. y Krishnaraj, L. (2023). Synergistic effect of alliance contract and lean methodology on project performance measures in the construction industry: SEM analysis. *Technological Forecasting and Social Change*, 192, 122545.
<https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122545>
- Arévalo, P., Cruz, J., Guevara, C., Palacio, A., Bonilla, S., Estrella, A., Guadalupe, J., Zapata, M., Jadán, J., Arias, H., y Ramos, C. (2020). Actualización en metodología de la investigación Científica. Quito. Editorial universidad tecnológica indoamérica <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/1686>
- Arias, J. y Covinos, M. (2021). Diseño y Metodología de la Investigación (Primera edición). Enfoques Consulting EIRL.
https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/2260/1/Arias-CoviAnosDise%C3%B1o_y_metodologia_de_la_investigacion.pdf
- Arispe, C., Yangali, J., Guerrero, M., Lozada, O., Acuña, L., & Arellano, C. (2020). La investigación científica. Universidad Internacional del Ecuador.
<https://repositorio.uide.edu.ec/handle/37000/4310>
- Armijo, I., Aspillagam C., Bustos, C., Calderón, A., Cortés, C., Fossa, P., Melipillan, R., Sánchez, A., y Vivanco, A. (2021). Manual de Metodología de Investigación. Universidad del Desarrollo.
<https://psicologia.udd.cl/files/2021/04/Metodolog%C3%ADa-PsicologiaUDD-2-1.pdf>
- Banihashemi, S., & Khalilzadeh, M. (2020). Time-cost-quality-environmental impact trade-off resource-constrained project scheduling problem with DEA approach. *Engineering, Construction and Architectural Management*, 28(7), 1979 - 2004.
<https://doi.org/10.1108/ECAM-05-2020-0350>

- Boje, C., Hahn, A., Marvuglia, A., Benetto, E., Kubicki, S., Schaubroeck, T. y Navarrete, T. (2023). A framework using BIM and digital twins in facilitating LCSA for buildings. *Journal of Building Engineering*, 76, 107232. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2023.107232>
- Calderon Rivera, M. (2020). *Implementación de Lean Construction en Cusco - Perú*. [Tesis de maestría, Universitat Politècnica de Valencia]. Repositorio institucional UPV. <https://riunet.upv.es/handle/10251/152827>
- Cisneros, A., Guevara, A., Urdánigo, J., Garcés, J. (2022). Técnicas e instrumentos para la recolección de datos que apoyan a la investigación científica en tiempo de pandemia. *Revista científica dominio de las ciencias*, 8(1), 1165-1185. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8383508.pdf>
- Da Silva, A., Dionisio, A., & Coelho, L. (2020). Flexible-lean processes optimization: A case study in stone sector. *Results in Engineering*, 6, 100129. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2020.100129>
- Díaz, L., Oliveira, M. de, Pucharelli, P. y Pinzón, J. (2019). Integración entre el sistema last planner y el sistema de gestión de calidad aplicados en el sector de la construcción civil. *Revista ingeniería de construcción*, 34(2), 146-158. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732019000200146>
- Du, J., Zhang, J., Castro, D. y Hu, Y. (2023). Lean manufacturing applications in prefabricated construction projects. *Automation in Construction*, 150, 104790. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.104790>
- Ezzeddine, A., Shehab, L., Lucko, G., & Hamzeh, F. (2022). Forecasting Construction Project Performance with Momentum Using Singularity Functions in LPS. *Journal of Construction Engineering and Management*, 148(8). [https://doi.org/10.1061/\(asce\)co.1943-7862.0002320](https://doi.org/10.1061/(asce)co.1943-7862.0002320)
- Gong, Y., Li, B., Tong, D., Que, J. y Peng, H. (2023). Planner-led collaborative governance and the urban form of urban villages in redevelopment: The case of Yangji Village in Guangzhou, China. *Cities*, 142, 104521. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104521>
- Heigermoser, D., García, B., Sidney, E. y Huat, D. (2019). BIM-based Last Planner System tool for improving construction project management. *Automation in Construction*, 104, 246-254. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.03.019>

- Kim, S., Reavy, M., Huang, P. y Kim, K. (2021). Development of BIM-integrated construction robot task planning and simulation system. *Automation in Construction*, 127, 103720. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.103720>
- Maglad, A., Houda, M., Alrowais, R., Matten, A., Jameel, M., Kashif, S., Khan, H., Faisal, M. y Faisal, M. (2023). Bim-based energy analysis and optimization using insight 360 (case study). *Case Studies in Construction Materials*, 18, 1755. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01755>
- Miranda, M., Torobisco, E., y Gomez, R. (2020). Evaluación de la eficacia de la aplicación de Last Planner System en un proyecto de construcción en la etapa de acabados - Arquitectura en Perú en el año de 2019. *Investigación & Desarrollo*, 20(1), 193-213. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312020000100014&lng=es&tlng=es
- Murguia, D. (2019). Factors Influencing the Use of Last Planner System Methods: An Empirical Study in Peru. Proc. 27 th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC), Pasquire C. and Hamzeh F.R. (ed.), Dublin, Ireland, 27, 1457-1468. <https://doi.org/10.24928/2019/0224>
- Ñavincopa Carhuamaca, R. (2019). *Mantenimiento rutinario por administración directa para optimizar la productividad en la red vial nacional región Lima, año 2019*. [Tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio institucional URP]. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2508>
- Orsi, A., Abdelhamid, T., Pellicer, E., & Guillén-Guillamón, I. (2021). Improving Green Building Project Management Processes through the Lean Approach. *Lean Construction Journal*, 2021, 156 - 179. www.scopus.com
- Patel, A., Shelake, A. y Yadhav, A. (2023). Sustainable construction by using novel frameworks using BIM, LEED, and Lean methods. *Material Today Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.238>
- Pons, J. y Rubio, I. (2019). Lean Construction y la planificación colaborativa. Metodología del Last Planner® System. Colección Guías Prácticas De Lean Construction. <https://www.riarte.es/handle/20.500.12251/1064>
- Poudel, R., Garcia de Soto, B. y Martinez, E. Last Planner System and Scrum: Comparative analysis and suggestions for adjustments. *Front. Eng. Manag.* 7, 359–372 (2020). <https://doi.org/10.1007/s42524-020-0117-1>

- Sekhar, A., & Uma Maheswari, J. (2021). Design for X: An Iterative Approach for Design Optimization in Pre-engineered and Pre-cast Construction. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 223, 215 - 225. https://doi.org/10.1007/978-981-16-0084-5_17
- Sulaiman, H., Oga Martínez, L., & Filippín, C. (2023). ¿Utopía o realidad? Factibilidad de un proyecto de vivienda multifamiliar con materiales reciclados en el centro de Argentina. *Revista 180*, (51), 41-55. [https://doi.org/10.32995/rev180.num-51.\(2023\).art-1006](https://doi.org/10.32995/rev180.num-51.(2023).art-1006)
- Fu, B., Su, N., Wang, Y., Zhou, X., Hu, Y., Dong, H., & Li, C. (2023). In-Situ construction of metal-free 1D/2D PCHO/PCN Z-scheme heterojunction towards enhanced photocatalytic H₂ evolution. *Separation and Purification Technology*, 327, 124997. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2023.124997>
- Verán-Leigh, D., Murguía, D., Brioso, X., & Calmet, M. (2022). Evaluation of Construction Performance With the Use of LPS and Precast Slabs in Residential Buildings. *En 30th Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC)*. International Group for Lean Construction. <https://doi.org/10.24928/2022/0224>




CAPÍTULO VII: ANEXOS

Anexo 1 Matriz de consistencia

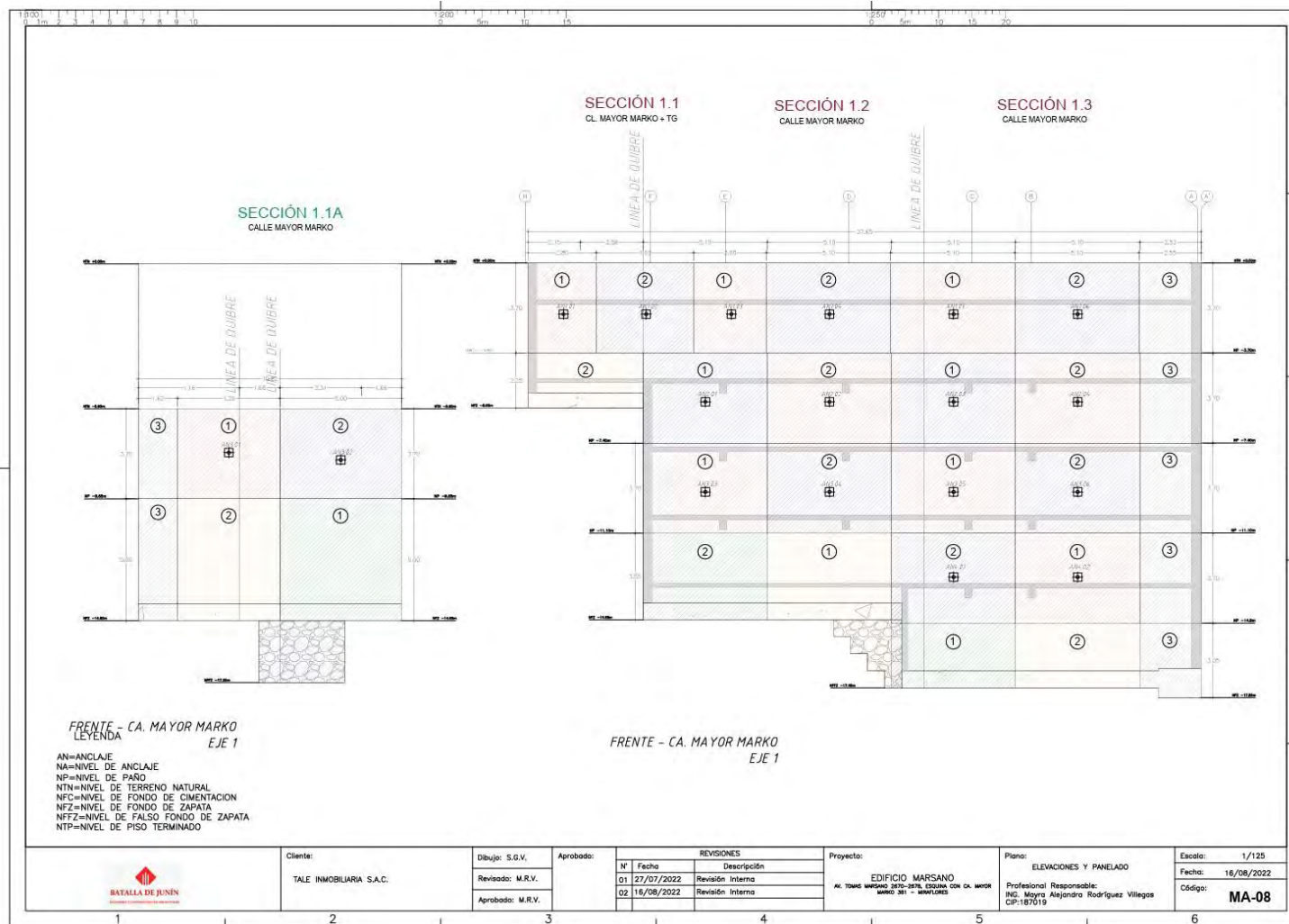
PROBLEMAS		HIPÓTESIS	VARIABLES	
Pregunta General	OBJETIVOS	Hipótesis general	Variable independiente	METODOLOGÍA
¿Cómo aplicar la metodología Last Planner System en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar?	<p>Objetivo General Aplicar la metodología Last Planner System en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar. Objetivos Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> - Realizar el procedimiento para la aplicación de la metodología Last Planner System en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar. - Detectar las interferencias que se presentarán en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar. - Implantar soluciones a las interferencias detectadas en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar mediante la aplicación de la metodología Last Planner System 	Es posible aplicar la metodología Last Planner System en el proceso constructivo de una vivienda multifamiliar.	<p>Aplicación de la metodología Last Planner system</p> <p>Indicativos</p> <ul style="list-style-type: none"> ✦ Función del último planificador ✦ Principios básicos ✦ Fases fundamentales en la planificación ✦ El criterio Last Planner system <p>Variable Dependiente Proceso constructivo de una vivienda multifamiliar</p> <p>Indicativos</p> <ul style="list-style-type: none"> ✦ Rendimiento ✦ Mano de obra 	<p>Tipo: Aplicado Nivel: Descriptivo Diseño: No experimental</p> <p>Técnica e Instrumentos la técnica de la observación y análisis documental, cuyos instrumentos son la guía de observación y guía de análisis documental</p>

Anexo 2 Cuadro de Anclajes

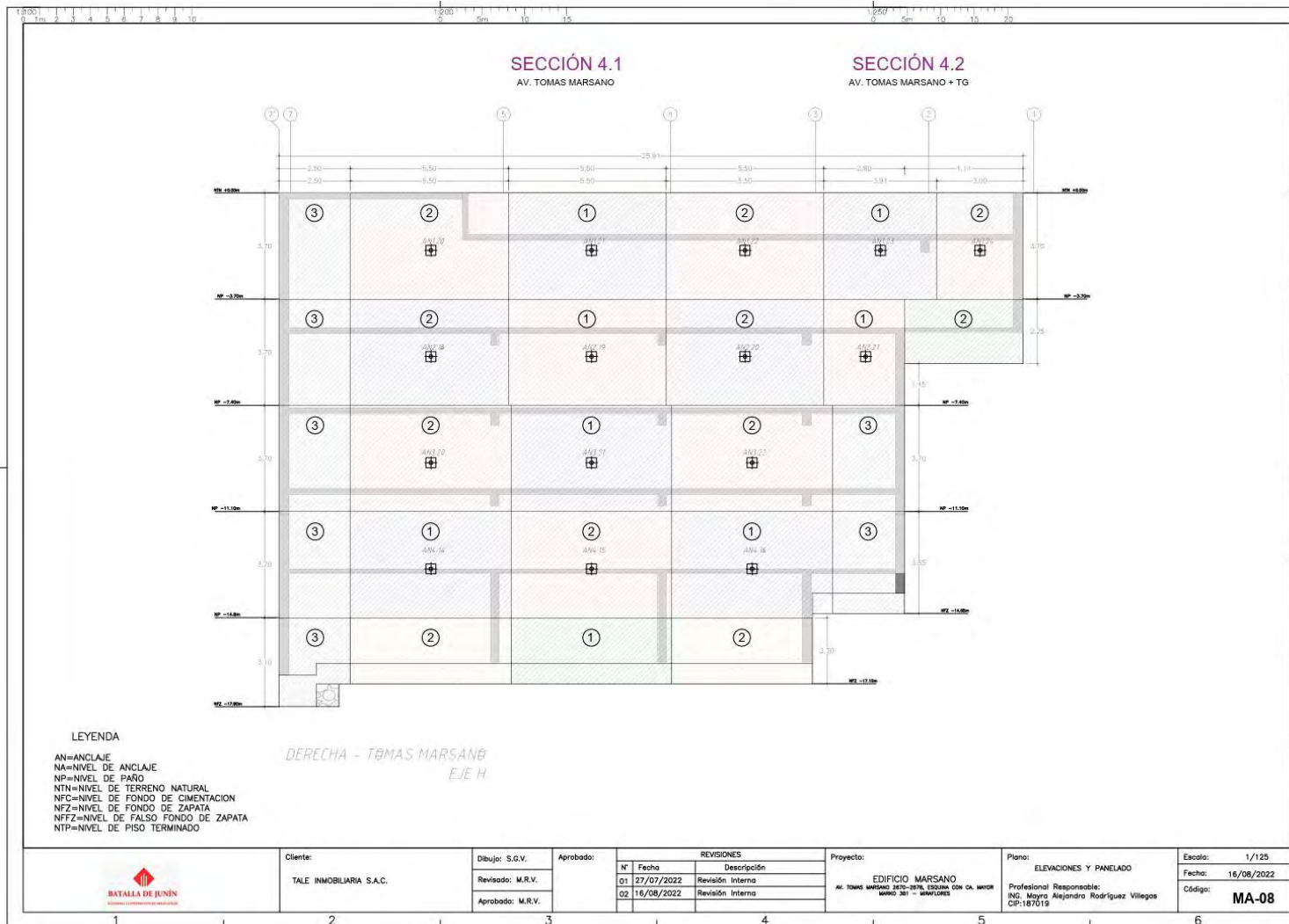
Sección	Año	Numeración de anclajes por año	Cantidad de anclajes por sección (un.)	Tipo de Inyección	Espesor de muro (m)	Separación horizontal entre anclajes (m)	Nivel de anclaje (m)	Longitud de bulbo (m)	Longitud libre (m)	Longitud alzada anclaje (m)	Ángulo vertical (°)	Carga de anclaje (TN)	Cantidad de cables por anclaje (un.)	Longitud total de anclajes por año (m)
Sección 01.1 - Eje 1-1 (FRONTE - CALLE MAYOR MARIÑO)														
NTN año: 0.00														
Sección 01.1 - Eje 1-1 (FRONTE - CALLE MAYOR MARIÑO + T)														
NTN año: 0.00														
Sección 01.2 - Eje 1-1 (FRONTE - CALLE MAYOR MARIÑO)														
NTN año: 0.00														
Sección 01.3 - Eje 1-1 (FRONTE - CALLE MAYOR MARIÑO)														
NTN año: 0.00														
Sección 01.4 - Eje 1-1 (FRONTE - CALLE MAYOR MARIÑO)														
NTN año: 0.00														
Sección 02.1 - Eje A-A (IZQUIERDA - VIVIENDA 03 PISO B)														
NTN año: 0.00														
Sección 02.2 - Eje A-A (IZQUIERDA - VIVIENDA 03 PISO B)														
NTN año: 0.00														
Sección 03.1 - Eje 15-18 (FONDO - VIVIENDA 03 PISO B)														
NTN año: 0.00														
Sección 03.2 - Eje J-J (FONDO - VIVIENDA 03 PISO B)														
NTN año: 0.00														
Sección 03.3 - Eje T-T (FONDO - VIVIENDA 03 PISO B)														
NTN año: 0.00														
Sección 03.4 - Eje 7-7 (FONDO - VIVIENDA 02 PISO B)														
NTN año: 0.00														
Sección 04.1 - Eje H-H (DRECHERA - AV. TOMÁS MARIANO)														
NTN año: 0.00														
Sección 04.2 - Eje H-H (DRECHERA - AV. TOMÁS MARIANO + T)														
NTN año: 0.00														
			8399											922.40

	Cliente: TALE INMOBILIARIA S.A.C.	Diseño: S.G.V. Revisado: M.R.V. Aprobado: M.R.V.	Aprobado: N. Fecha: 01/27/07/2022 Descripción: Revisión interna M. Fecha: 02/16/05/2022 Descripción: Revisión interna	DIVISIONES: Descripción: Descripción: Descripción:	Proyecto: EDIFICIO MARIANO Av. Tomas Mariño 200-000, Esquina con Av. Wariño Urbanización: 301 - LIMA 05	Plano: DETALLE DE ANCLAJES Profesional Responsable: ING. Maira Alejandra Rodríguez Villegas CIP: 147019	Escala: 1/100 Fecha: 16/06/2022 Código: MA-01
	1	2	3	4	5	6	

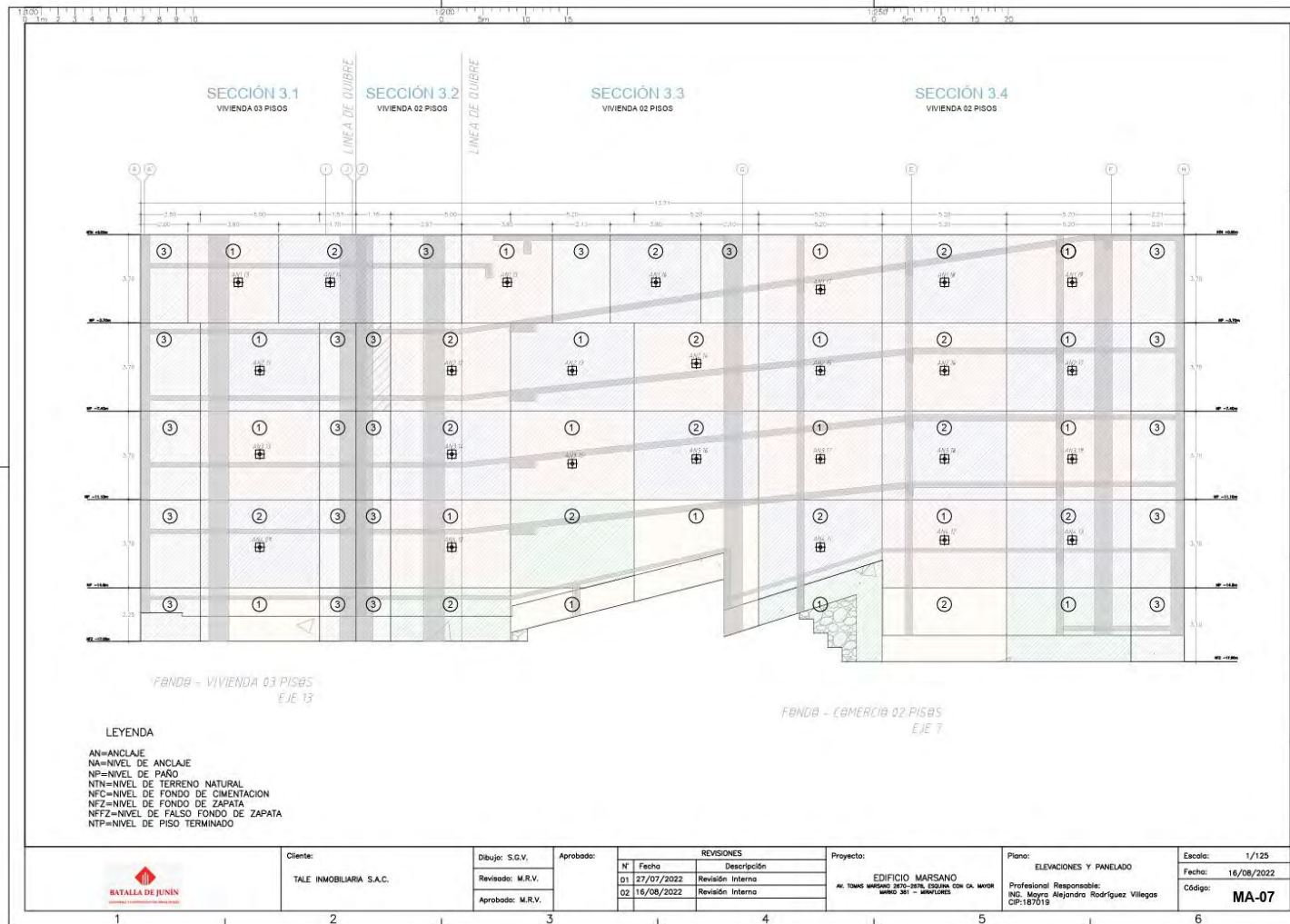
Anexo 4 Plano de Elevaciones y Panelados – Sección 1



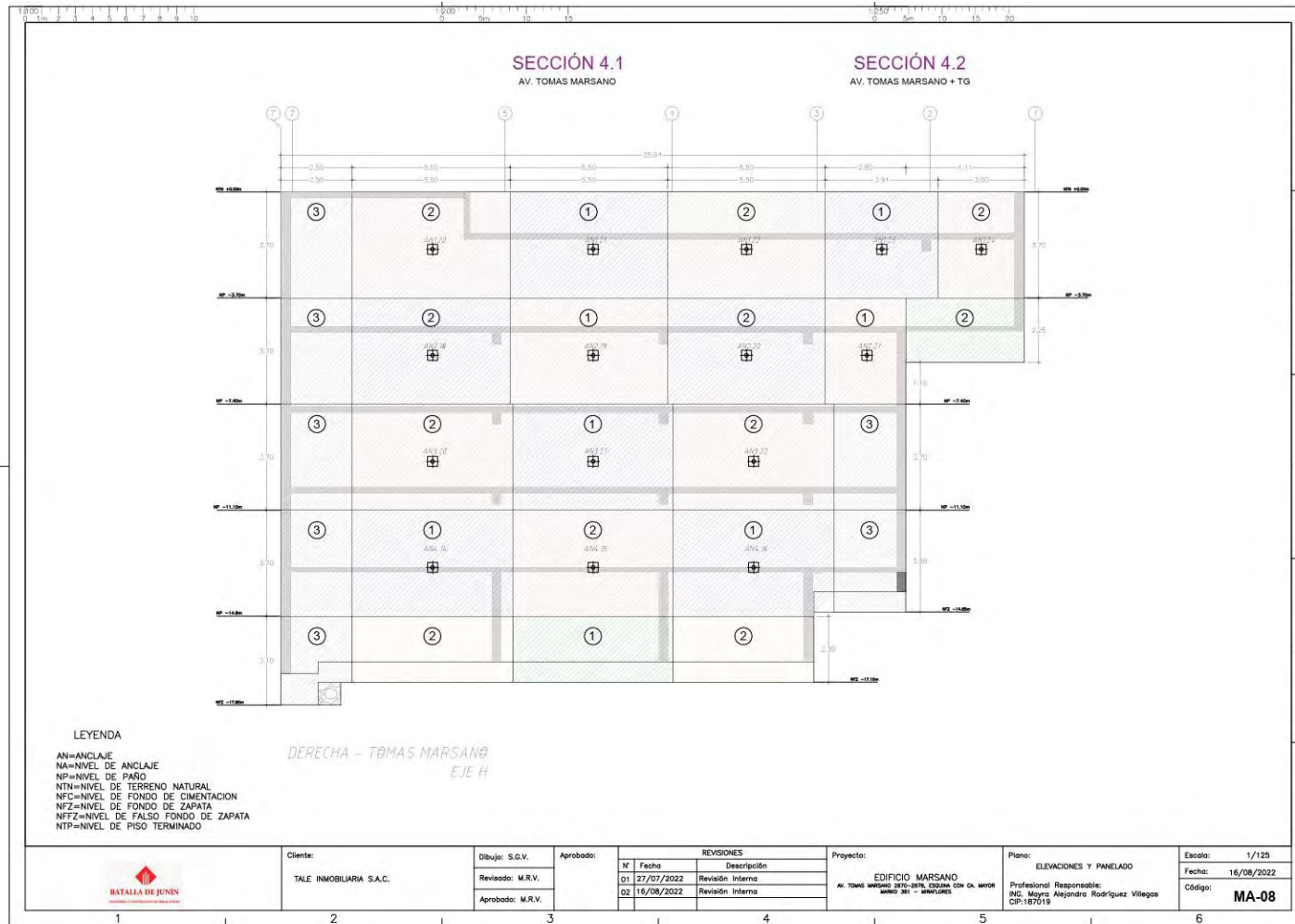
Anexo 5 Plano Elevaciones y Panelados – Sección 2



Anexo 6 Plano de Elevaciones y Panelados – Sección 3



Anexo 7 Plano de Elevaciones y Panelados – Sección 4



Anexo 8 Planes Semanales

PLAN SEMANAL					OCTUBRE						
Descripción de la Actividad	Encargado de Subcontrata	Responsable de Staff	Und	Metrado Prog.	SEMANA 18						
					L	M	X	J	V	S	
					28	29	30	01	02	03	
Retiro de banquetas con maquinaria					3.14 3.15 3.10	4.19 4.20					
Metrado a ejecutar	CTL CONSTRUCC	MA	m3	171.16	85.47	85.69					
Perfilado manual de talud					3.14 3.15 3.10	4.19 4.20					
Metrado a ejecutar	CASA	MA	m2	114.11	56.98	57.13					
Excavación manual para empalmes					3.14 3.15 3.10	4.19 4.20					
Metrado a ejecutar	CASA	MA	m3	11.66	5.82	5.83					
Trazo y replanteo de muro					3.14 3.15 3.10	4.19 4.20					
Metrado a ejecutar	TOP MAC		glb	114.11	56.98	57.13					
Colocacion de acero					3.14 3.15 3.10	4.19 4.20					
Metrado a ejecutar	CTL CONSTRUCC		kg	3,570.44	1,782.90	1,787.54					
Relleno de empalme de acero					3.14 3.15 3.10	4.19 4.20					
Metrado a ejecutar	CTL CONSTRUCC	MA	m3	-							
Colocación de pases vigas, losas, cable					3.12 3.13	3.14 3.15 3.10	4.19 4.20				
Metrado a ejecutar	CTL CONSTRUCC	MA	ml	46.27	15.43	15.40	15.44				
Encofrado de muro, costado					3.12 3.13	3.14 3.15 3.10	4.19 4.20				
Metrado a ejecutar	CTL CONSTRUCC		m2	171.20	57.09	56.98	57.13				
Relleno de pachamanca					3.12 3.13	3.14 3.15 3.10	4.19 4.20				
Metrado a ejecutar	CTL CONSTRUCC		m3	470.80	157.00	156.7	157.1				
Vaciado de muro					3.12 3.13	3.14 3.15 3.10	4.19 4.20				
Metrado a ejecutar	CASA	MA	m3	74.90	24.98	24.93	24.99	0.00	0.00		

Tensado							3.12 3.13	3.14 3.15 3.10	4.19 4.20	
Metrado a ejecutar	BATALLA		und	7			2.00	3.00	2.00	

