



FACULTAD DE

INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Civil

INFLUENCIA DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE
LOSAS PREFABRICADAS PARA RECUPERAR LA
PRODUCTIVIDAD EN LA CONSTRUCCIÓN DEL EDIFICIO
MULTIFAMILIAR BELLO HORIZONTE, LIMA 2021

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título
profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

Carlos Alberto Perez Vargas
Wilmer Govani Lagos Solorzano

Asesor:

Ing. Mg. Gerson Elias Vega Rivera

Lima - Perú

2022

DEDICATORIA

Bachiller Wilmer Lagos

La presente Tesis está dedicado a mi madre y mi hermano que me han estado apoyando incondicionalmente de una u otra manera para seguir adelante en mis metas y objetivos durante todo el periodo de estudio, esto de lo debo a ustedes, los amo mucho.

Bachiller Carlos Pérez

El desarrollo de esta Tesis está dedicado a Dios, por guiarme en este camino tan largo, también a mi esposa e hijos por brindarme su apoyo incondicional durante el desarrollo de mi vida universitaria, a mi difunta Madre que gracias a sus grandes enseñanzas me supo guía en la vida.

AGRADECIMIENTO

Bachiller Wilmer Lagos

Agradezco a Dios por cuidarme y bendecir cada paso que doy y hacia dónde voy.

Estoy muy agradecido con mi madre y hermano por el apoyo incondicional, por la educación y enseñanza de los valores para ser mejor en el día a día.

Agradezco de ante mano a mi gran apoyo externo, Yudith Villavicencio, quien siempre ha estado en la preocupación y en el empuje a realizar y culminar la universidad

Agradezco a mi asesor y a los excelentes ingenieros-docentes por la enseñanza en base a su conocimiento y experiencia.

Bachiller Carlos Pérez

Primeramente, doy gracias a dios por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad.

Quiero agradecer también a todas las personas que hicieron posible esta investigación y que de alguna manera estuvieron conmigo en los momentos difíciles, alegres y tristes. Estas palabras son para ustedes.

A mi Esposa e hijos por todo su amor, comprensión y apoyo, pero, sobre todo, gracias infinitas por la paciencia que me han tenido. No tengo palabras para agradecerles las incontables veces que me brindaron su apoyo en todas las decisiones que he tomado a lo largo de mi vida, unas buenas, otras malas, otras locas. Gracias por darme la libertad de desenvolverme como ser humano.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	8
RESUMEN EJECUTIVO	9
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Contextualización de la experiencia profesional.....	10
1.2. Antecedentes de la empresa	11
1.2.1. Creación.....	11
1.2.2. Organización.....	11
1.2.3. Rubro	11
1.2.4. Administración.....	11
1.2.5. Reseña histórica.....	11
1.2.6. Descripción de la empresa.....	14
1.2.7. Visión y misión.....	15
1.2.8. Organigrama.....	15
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Descripción del proyecto.....	16
2.2. Bases teóricas	17
2.3. Limitaciones	31
CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	33
3.1. Experiencias	33
3.2. Proceso de ingreso a la empresa.....	34
3.3. Equipo técnico del proyecto.....	34
3.4. Funciones	35
3.5. Etapas de la experiencia	35
3.5.1. Identificación del problema	35
3.5.2. Desarrollo de los objetivos	38
3.5.3. Planificación e implementación de los objetivos.....	39
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	45
4.1. Resultados del objetivo específico 1	45

4.2. Resultados del objetivo específico 2	49
4.3 Resultados del objetivo específico 3	55
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
5.1. Conclusiones	58
5.1.1. Conclusiones del objetivo específico 1	58
5.1.2. Conclusiones del objetivo específico 2	58
5.1.3. Conclusiones del objetivo específico 3	59
5.2. Lecciones aprendidas	59
5.3. Recomendaciones.....	60
REFERENCIAS	61
ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Áreas de construcción de la edificación</i>	17
Tabla 2 <i>Resumen de insumos del casco estructural</i>	17
Tabla 3. <i>Interacción entre causas y perdidas de insumos</i>	21
Tabla 4 <i>Personal de la obra</i>	47
Tabla 5 <i>Indicadores de producción pre Covid 19</i>	47
Tabla 6 <i>Personal de la obra en el contexto Covid 19</i>	48
Tabla 7 <i>Producción de la obra en el contexto Covid 19</i>	48
Tabla 8 <i>Identificación de restricciones</i>	51
Tabla 9 <i>Solución de restricciones</i>	53
Tabla 10 <i>Fechas de terminación por sectores</i>	55
Tabla 11 <i>Comparación de rendimientos por sistemas de entepiso</i>	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Organigrama de la empresa</i>	15
Figura 2 <i>Imagen renderizada de la edificación</i>	16
Figura 3 <i>Formato típico del cronograma de obra</i>	22
Figura 4 <i>Programación semanal Last Planner</i>	23
Figura 5. <i>Losa prefabricada</i>	27
Figura 6. <i>Montaje de una losa prefabricada</i>	29
Figura 7 <i>Cronograma general de la obra</i>	36
Figura 8 <i>Línea de tiempo de la ejecución del proyecto</i>	44
Figura 9 <i>Tren de trabajo en de la obra</i>	46
Figura 10 <i>Tren de trabajo por piso</i>	46
Figura 11 <i>Programación ajustada de la obra</i>	54
Figura 12 <i>Gestión de actividades de la torre grúa</i>	54
Figura 13 <i>Comparación de tiempos de ejecución por sistemas de entrepiso</i>	57

ÍNDICE DE ECUACIONES

(Ecuación 1)	16
(Ecuación 2)	16
(Ecuación 3)	16

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo se encargó de exponer las influencia del sistema de losas prefabricadas en la recuperación de la productividad del edificio multifamiliar Bello Horizonte, el cual presentaba una estructura tradicional con placas, columnas, vigas de concreto armado, donde las losas de entrepiso estaban formadas por viguetas y ladrillos bovedilla; sin embargo, la ocurrencia de la pandemia por coronavirus y la adopción de protocolos sanitarios tuvieron una repercusión en los ciclos de trabajo, y en consecuencia en el rendimiento de la obra. En tal sentido, se hizo necesaria la modificación de la estructura de las losas convencionales mediante la implementación de losas de concreto prefabricadas. Como consecuencia, surgió la necesidad de actualización de los flujos de trabajo del personal, para lo cual se utilizó la filosofía del *Lean Construction* y a través de la técnica de *Last Planner* para la planificación del tren de trabajo y sectorización de la obra.

En ese sentido se plantearon tres (3) problemas especificos para solucionar la recuperacion de la productividad en el Edificio Multifamiliar Bello Horizonte donde vertimos nuestros conocimientos adquiridos en el transcurso de nuestra formacion profesional, obteniendo como resultado que, gracias a la incorporacion de las losas prefabricadas, se lograron rendimientos similares e incluso mejores de los que inicialmente se propusieron, los cuales tenian un periodo de diesiseis (16) dias en promedio del trabajo con el sistema convencional, frente a los doce (12) dias con el sistema de losas prefabricadas, lo que representa una reduccion del 25% en el tiempo de trabajo.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Contextualización de la experiencia profesional

Bachiller Wilmer Lagos: Inicie mis labores como cadista (2019), realizando los planos as built, actualizando conforme a la construcción de proyectos terminados. Luego me renovaron el contrato por concepto de incremento de actividad, presentándose el proyecto “Multifamiliar Bello Horizonte”. Donde inicie con la revisión de los planos, apoyando en los metrados, armado de presupuesto, etc.

En marzo del 2020 apareció el contexto de la pandemia y tuvimos que continuar las labores desde casa, donde dedicaba más tiempo para revisar el proyecto y apoyar en las planificaciones del proyecto, sectorizaciones, compatibilización de planos para realizar el cambio de losa con vigueta firth a losa prefabricada.

Bachiller Carlos Pérez: Ingrese a la Empresa, a fines del año 2019 como apoyo en el área de Topografía, la cual dure muy poco tiempo puesto, que me asignaron como apoyo a la Oficina Técnica, Donde me asignaron el área de producción de obra y realizar mejoras en cuestión de tiempo y procesos constructivos y así mejorar la rentabilidad y utilidades de la empresa. En este cargo que me asignaron y ya ejecutando la obra Bello horizonte en etapa de casco estructural pude poner en práctica los conocimientos adquiridos en la Universidad, y me fue posible analizar, gestionar e implementar una programación adecuada mediante el sistema Lean Construcción.

1.2. Antecedentes de la empresa

1.2.1. Creación

Carlos Barrientos Vargas y Edgar Maldonado Barrientos inician labores en conjunto en el año 2013, con los servicios de ventas e instalaciones para acabados en proyectos inmobiliarios, basándose en los valores de responsabilidad, honestidad, eficiencia y profesionalismo y para el año 2017 fundan formalmente la empresa Urban System SRL.

1.2.2. Organización

En su organización interna, cuenta con las áreas de Contabilidad y de Administración, quienes se encargan del aspecto económico de la empresa, así como también un área de Ingeniería, donde reúne al personal encargado de las obras, y también cuenta con un área dedicada a Logística, que se encarga del acopio de materiales y equipos que se utilizan en los trabajos.

1.2.3. Rubro

La empresa URBAN SYSTEMS S.R.L. se dedica a la prestación de servicios en construcción, arquitectura, ingeniería, consultoría técnica y actividades conexas.

1.2.4. Administración

Urban Systems es una Empresa de Sociedad Comercial de Responsabilidad Limitada, por consiguiente, el Órgano de Administración son el Gerente, y el Sub Gerente. La empresa URBANS SYSTEMS S.R.L tiene registrado y vigente el Nombramiento del SR. CARLOS BARRIENTOS VARGAS, como Titular

Gerente, y al SR EDGAR MALDONADO BARRIENTOS, como Sub Gerente, de acuerdo al código y descripción del tipo de contribuyente 28 SOC .COM. RESPONS. LTDA Y CON FECHA DE INSCRIPCION EN DIC-2017 EN LA SUNAT.

1.2.5. Reseña histórica

URBAN SYSTEM SRL. es una importante empresa ubicada en la ciudad de Lima, Distrito de San Martín de Porres, dedicada a la industria de la construcción y a la venta de artículos de ferretería en general. Fue fundada en 2017, en la actualidad tiene (05) años de actividad ininterrumpida en el mercado, orientado mayoritariamente a contratar con Empresas Privadas para la ejecución de obras a nivel nacional, con crecimiento sostenido a través de todos los años.

Como toda empresa que nace, el propietario quien en la actualidad es el Gerente General, que en sus inicios tuvo el reto de hacer empresa con la venta de insumos de construcción y acabados en general, con un capital de trabajo muy reducido y posteriormente a la ejecución como Contratistas de ejecución de Obras de Edificaciones, la cual contaba con un equipo de trabajo pequeño.

Los primeros meses y años fueron tiempos muy difíciles, pero la perseverancia y la gran motivación personal de alcanzar el éxito le permitió resistir esos malos tiempos para luego en el transcurso del tercer año empezar a cosechar logros representativos que se traducían en contratos de diferentes partidas en etapa de casco estructural.

Los primeros contratos fueron como contratista de habilitación y colocación de acero corrugado con unas 600 toneladas en la ejecución de un edificio de 3 sótanos

y 18 pisos con la empresa Fujita Gumi, en un monto de S/ 300,000.00, posteriormente a fines del año 2017, contratamos con la misma empresa en la habilitación de acero como contratista en edificio de 4 bloques de 7 pisos con más de 550 toneladas de acero corrugado. En el primer trimestre del año 2018 continuamos como contratista de acero corrugado en edificio multifamiliar Porras Osos con 650 toneladas de habilitación y colocación de acero corrugado.

A partir del 2019 en adelante, se puede apreciar el mayor crecimiento de la empresa a lo largo de toda su existencia, hemos empezado a realizar y ejecutar partidas de carpintería y albañilería, en el edificio multifamiliar de 2.5 sótanos con 7 pisos en Miraflores, calle Llano Zapata. Posteriormente ejecutamos como contratista en la construcción de la clínica oncológica de la Universidad Cayetano Heredia en diferentes partidas desde casco estructural y acabados. Ya en el año 2020, tuvimos un reto muy importante en la empresa, la cual era la ejecución de edificio multifamiliar de 2.5 sótanos y 4 pisos y azotea, En esta ejecución de edificio multifamiliar en etapa de casco estructural se tuvo que afrontar de otra manera ya que tuvimos que reducir personal por la crisis sanitaria que vivía la humanidad producto de la pandemia del COVID 19, la cual nos dieron unos tiempos bien reducidos para ejecutar dicho proyecto con losas prefabricadas.

Actualmente la empresa URBAN SYSTEM SRL se encuentra terminando la ejecución de unas partidas en el conjunto habitacional Chucuito Callao.

La solidez de su crecimiento no ha sido repentina sino progresivo y se encuentra bien cimentado sobre bases sólidas ya que el desarrollo progresivo le ha permitido

en paralelo organizar y crear nuevas áreas en la empresa también de manera progresiva.

Hoy, la empresa URBAN SYSTEM SRL se encuentra en constante crecimiento y contribuyendo con el desarrollo de la infraestructura de nuestro País.

1.2.6. Descripción de la empresa

La empresa tiene su sede en la calle Nicanor #136, Urbanización Condevilla del Señor, San Martín de Porres, Lima, Perú. Cuenta en su nómina de empleados con personal de ingeniería y técnicos especializados en construcción, con los que tiene la meta de lograr la satisfacción de los clientes con un eficiente servicio de calidad. URBAN SYSTEM SRL es una empresa que se dedica a la ejecución de obras principalmente edificaciones, a su vez cuenta con maquinaria de equipo menor propia que le permite desenvolverse en forma óptima para la ejecución eficiente y eficaz de las obras, ejecuta las obras contratadas con sus clientes, optimizando los plazos establecidos contractualmente, hasta la fecha no ha recibido ninguna penalidad en la ejecución de las obras que ha ejecutado en sus cinco años de vida. Cumple puntualmente con todos los pagos y beneficios sociales a sus trabajadores, Actualmente la empresa se encuentra en la búsqueda de instalaciones propias para sus oficinas y almacén, para su staff de técnicos y obrero calificado de amplia experiencia.

1.2.7. Visión y misión

Misión

Desarrollarse como una empresa contratista líder para la asistencia de servicios, construcción, remodelación, acabados y proyectos inmobiliarios.

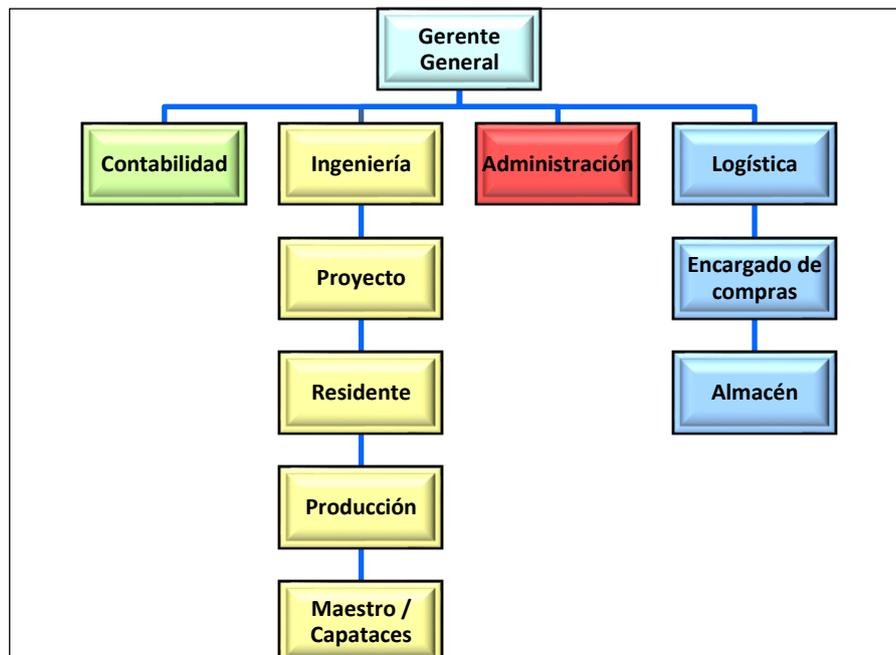
Visión

Ser reconocidos como una empresa contratista confiable, que ejecuta sus proyectos y obras bajo la premisa de la calidad, seguridad y salud ocupacional.

1.2.8. Organigrama

La empresa está dividida en cuatro departamentos principales, siendo estos los de contabilidad, ingeniería, administración y logística, como se muestra en la figura 1.

Figura 1.
Organigrama de la empresa



CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Descripción del proyecto

El Edificio Multifamiliar Bello Horizonte consiste en una edificación de uso residencial, de cuatro pisos más azotea, con tres sótanos, albergando en su interior un total de 16 departamentos, y cuya estructura se basaba en un edificio aporricado con vigas y columnas de concreto. Una imagen renderizada del proyecto puede verse en la figura 2. Por su parte, en relación a las dimensiones de la edificación, los datos se resumen en la tabla 1, con lo cual se obtiene un área total de construcción cercana a los 3,500 m²

Figura 2

Imagen renderizada de la edificación



Tabla 1
Áreas de construcción de la edificación

Ambiente	Área Techada (m²)
Sótano 3	171.22
Sótano 2	639.79
Sótano 1	631.07
Semisótano	383.92
1° piso	381.40
2° piso	381.40
3° piso	381.40
4° piso	380.54
Azotea	158.64
Total área construida	3,509.38

Así mismo, considerando que la presente investigación se enfoca en la fase de estructuración, también llamada casco estructural, nos referiremos específicamente los a materiales (concreto, encofrados y acero de refuerzo) que emplean dichos elementos, a saber: vigas, columnas, losas, placas, muros, cuyo metrado total se muestran en el anexo 1, y se resumen en la tabla 2.

Tabla 2
Resumen de insumos del casco estructural

Elemento	Concreto (m³)	Encofrado (m³)	Acero (kg)
Cimentaciones	112.99	248.30	4,445.36
Muros pantalla	272.20	935.54	26,152.36
Cisternas	72.50	442.69	4,611.11
Columnas	55.31	638.89	15,555.29
Placas	152.63	1,568.95	21,090.49
Vigas	290.32	2,126.30	49,903.06
Losas	391.90	2,957.14	19,615.40
Escaleras	21.36	146.57	1,803.73
Total	1,369.20	9,064.38	143,176.79

2.2. Bases teóricas

Productividad y producción

La productividad es una medida del uso de recursos para lograr un objetivo dentro de un espacio de tiempo determinado. Si bien se suele asociar este término con el de

producción, deben diferenciarse por cuanto la productividad toma en consideración la cantidad de recursos utilizados para obtener un producto, mientras que la producción solamente mide la cantidad de producto que se logra conseguir en un tiempo dado (Flores y Ramos, 2018). En términos cuantitativos, la productividad se puede expresar como la razón entre la cantidad de producto obtenido y la cantidad de recursos empleados, como muestra la ecuación 1.

Ecuación 1: Ecuación de la productividad

$$Productividad = \frac{cantidad\ producida}{cantidad\ de\ recursos\ empedados}$$

De esta relación, se observa que para mejorar la productividad se debe seguir uno de los siguientes caminos:

- Aumentar la producción manteniendo los recursos constantes
- Disminuir los recursos manteniendo la producción constante
- Aumentar la producción en una proporción tal que sea mayor al coeficiente de crecimiento de los recursos

Por consiguiente, se tiene que, para establecer la variación de la productividad debido a una variación en el proceso de producción, se puede emplear un índice de producción “P” como indica la ecuación 2.

Ecuación 2: Ecuación índice de producción

$$P = \frac{Produccion\ obtenida - Produccion\ Estandar}{Produccion\ estandar} * 100$$

Entre tanto, la producción, también llamada rendimiento, es la velocidad con que se obtiene un producto terminado, a través del uso de personal, materiales, herramientas y equipos. En el ámbito de la construcción, se suele emplear el concepto de producción

referido al empleo de “horas hombre por unidad de producción”, pudiéndose calcular con la ecuación 3.

Ecuación 3: Ecuación de rendimiento

$$\text{Rendimiento} = \frac{\# \text{ de personas} * \text{ tiempo empleado}}{\text{cantidad de obra ejecutada}}$$

Con lo anterior, se observa que hay una relación entre la productividad y el rendimiento por cuanto ambos conceptos utilizan los mismos parámetros, es decir, los recursos utilizados y la cantidad producida, lo que permite una conversión entre ellos. En este sentido, en ocasiones ambos términos son utilizados de manera equivalente para el análisis del desempeño de una construcción (Ccorahua, 2016).

Planificación y producción en obras civiles

La industria de la construcción es una actividad de gran importancia económica, y, por lo tanto, acapara la atención de distintos actores quienes buscan lograr la máxima eficiencia de los recursos empleados y los beneficios percibidos. Es así que el análisis de la eficiencia en la producción y avances de obra ha marcado un hito de referencia en términos de calidad y desempeño empresarial, promoviendo el interés en el desarrollo de distintas metodologías para lograr resultados óptimos (Srinivas, 2019).

Dentro de este panorama nace la filosofía del *Lean Construction* como respuesta a las carencias de la producción manufacturera en cuanto a producción, calidad y seguridad. Esta filosofía parte del concepto de analizar los flujos de trabajo y convertir dichas actividades en tareas críticas, con cero holguras, es decir, sin gastos de tiempos en los que no se agregan valor al proyecto. Considerando que la construcción se basa en el empleo de materias primas y su conversión en productos acabados, es importante aclarar

que no todas las fases de ejecución suman un valor agregado al producto final. En este sentido, según la filosofía *Lean* se diferencia en dos tipos de actividades, las que generan un valor agregado o contributivas, y las que no, siendo estas últimas aquellas actividades que consumen recursos, tiempos y espacio, pero no aportan significancia al producto final, y por tanto, deben ser eliminadas o mitigadas (Mamani, 2016). Entre las características principales que presenta la filosofía del *Lean Construction* se tiene:

- El trabajo en equipo
- La comunicación permanente
- El uso eficiente de los recursos
- La mejora continua
- La reducción de los tiempos muertos (no contributivos)
- La reducción de costos y duración de la construcción
- Incrementar la eficiencia de las actividades que agregan valor (hacer más con menos)
- Reducir la variabilidad, los tiempos de ciclo, minimizar pasos e incrementar la flexibilidad

En el mismo orden de ideas, existen diversos factores que repercuten en la producción dentro de la actividad constructora, relacionados muchas veces a las deficiencias en la programación de tareas, errores de comunicación y falta de motivación del personal.

Entre algunas de estos factores, tenemos:

- La falta de especificaciones técnicas de las labores a ejecutar
- Modificaciones de los diseños originales durante la ejecución de la obra

- Logística deficiente en cuanto a la adquisición y recepción de materiales y equipos
- Obsolescencia de la tecnología utilizada durante la construcción

Estos factores se encuentran íntimamente relacionados, y tienden a causar el desarrollo una mayor cantidad de trabajos contributivos y no contributivos a costa de disminuir los trabajos que son verdaderamente productivos, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3.
Interacción entre causas y perdidas de insumos

Causas de perdidas	Clasificación general	Insumo perdido
Problemas de planificación	Perdidas de sobreproducción y retrabajos. Perdidas por inventariado.	Mano de obra, materiales y equipos
Problemas de burocracia u organización	Perdidas por esperas (tiempo muerto)	Eficiencia, productividad
Problemas de información	Perdidas personales, papeleo	Calidad, administración

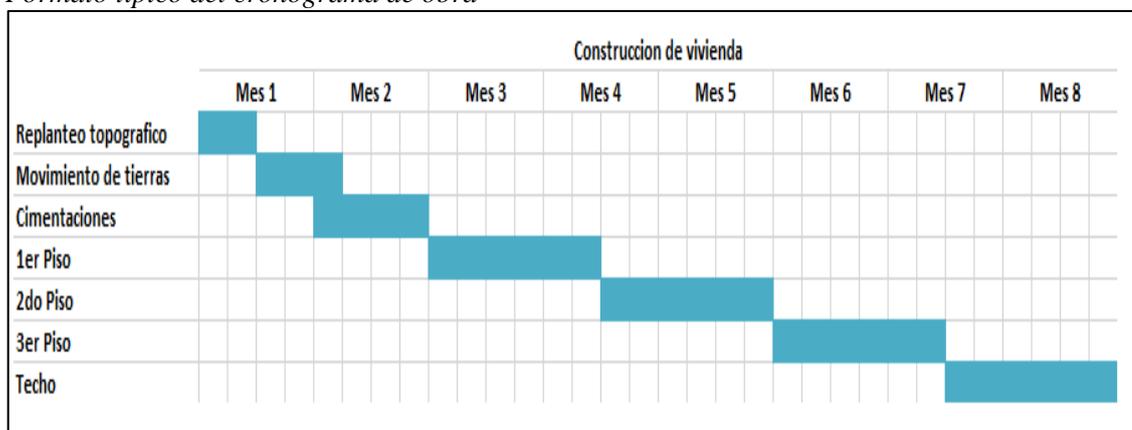
Nota: adaptado de Mamani (2016)

Entre los recursos comúnmente utilizados para la planificación y control de proyectos de construcción se encuentra el llamado cronograma de obras, una herramienta que ejerce influencia en la obtención de las metas de inversión y desarrollo del proceso constructivo, lo cual se sustenta en los rendimientos de obra (velocidad), las metas estimadas (tiempo) y los recursos empleados (mano de obra y equipos) (Krzemiński, 2017). En este sentido, un cronograma de obras ofrece una visión del tiempo empleado

para la construcción de los diversos elementos de la edificación, lo cual resulta de una aproximación calculada en función de la cantidad del personal obrero a utilizar y la cantidad de obra a ejecutar en cada tarea, abarcando así todo el ciclo de vida del proyecto, como se muestra en la figura 3.

Figura 3

Formato típico del cronograma de obra



Nota: adaptado de Li et al. (2017)

En términos generales, el cumplimiento de un cronograma de obras se ve influenciado especialmente por la cantidad de personas destinadas a la ejecución de una tarea y su capacidad de producir cierta cantidad de obra en un tiempo determinado, lo que también se conoce como el rendimiento de la cuadrilla. De allí que la relación típica resultante conjuga el número de personal y los tiempos de entrega, donde un aumento del personal reduce los tiempos, a la vez que una reducción de estos lo prolonga (Li, Xu, & Zhang, 2017). Sin embargo, los cronogramas de obras iniciales, y en extensión, las estimaciones hechas en la etapa de pre ingeniería suelen obviar el empleo de tiempos y recursos en tareas que no suman avances en la producción de la obra, algo en la metodología del *Lean Construction* es denominado Trabajos Productivos (TP), Trabajos Contributivos (TC) y Trabajos no Contributivos (TNC).

A pesar de lo anterior, la mera distinción de los tiempos contributivos no permite la obtención de resultados. Es allí donde la filosofía *Lean* trae consigo el sistema de “Ultimo Planificador” o “*Last Planner*”. Este es un sistema de control cuyo principio se basa en aumentar la tasa de cumplimiento de las tareas mediante la disminución de la incertidumbre asociada a la planificación de dichas tareas mediante el análisis de factores inherentes a la actividad que pueden repercutir en su ejecución, llamadas restricciones, existiendo estas debido a la falta de diseños, materiales, mano de obra, equipos, o por actividades previas sin realizar. De esta manera, mediante el *Last Planner* se parte de la planificación maestra o cronograma general de la obra y se desglosa en sub fases, típicamente las partidas del proyecto, y se presenta entonces una planificación detallada por semanas de las actividades a ejecutar y la delimitación de su ejecución dentro de sectores de la obra, así como sus restricciones, de manera que se puede visualizar de manera específica lo que puede hacerse y el cómo se hará en el futuro inmediato (Nesteby et al., 2016). Un ejemplo de ello, se aprecia en la figura 4.

Figura 4
Programación semanal Last Planner

ACTIVIDAD	Semana 11 - Enero						Und	Metrado	Restricciones				
	17	18	19	20	21	22			Precedentes	Mano de obra	Materiales	Equipos	Otros
Columnas y placas													
Fierros	Sector 1			Sector 2			kg	4000	ok	ok	ok	ok	ok
Encofrado	Sector 1			Sector 2			m2	250	ok	ok	ok	ok	ok
Concreto	Sector 1			Sector 2			m3	23	ok	ok	ok	falta vibradora	ok
Losas y Vigas													
Fierros	Sector 1			Sector 2			kg	1900	ok	ok	ok	ok	ok
Encofrado	Sector 1			Sector 2			m2	255	ok	ok	ok	ok	ok
ladrillos	Sector 1			Sector 2			und	2900	ok	ok	falta suministro	ok	ok
Concreto	Sector 1			Sector 2			m3	70	ok	ok	ok	falta vibradora	ok

Nota: adaptado de Nesteby et al. (2016)

Sistemas de entrepiso

Los sistemas de entrepiso, comúnmente llamados losas, son la combinación de elementos estructurales que se encargan de soportar las cargas de gravedad impuestas a la edificación, a la vez que en sí mismas constituyen el elemento de sostén horizontal de la edificación. Estructuralmente, deben ser capaces de soportar las cargas del mobiliario y las personas que ocuparán el edificio, además de albergar en su interior los elementos de conducción de las instalaciones eléctricas, sanitarias, gas, entre otras, mientras que arquitectónicamente deben garantizar un soporte adecuado, así como también el aislamiento del ruido y calor. (Calderón, 2020).

Considerando la composición y sistema estructural de las losas, estas pueden clasificarse en:

- Losas nervadas: también llamadas losas aligeradas, están constituidas por una serie de nervios reforzados, comúnmente llamados viguetas, los cuales forman un entramado dejando secciones huecas, que son rellenados comúnmente por bloques huecos de arcilla o cemento, y más recientemente por bloques de poliestireno expandido u otros materiales ligeros. Debido a ello, el espesor de este tipo de losas suele ser estandarizado, dependiendo de la altura de los bloques que se utilicen de relleno.
- Losas macizas: son elementos de concreto armado cuya sección transversal se encuentra totalmente rellena, siendo más pesadas que las losas nervadas, pero pudiendo soportar mayores cargas. Al ser constituidas únicamente por concreto, sus dimensiones pueden variar libremente según los requerimientos de diseño.

- Losas armadas en una dirección: losas rectangulares con una relación ancho/largo mayor a 1.5, donde la carga se transmite hacia elementos de apoyo extremos.
- Losas armadas en dos direcciones: son aquellas donde la carga se reparte en ambos sentidos, típico de losas cuadradas, o cuya relación ancho/largo es menor a 1.5.

Dicho sea de paso, los procesos constructivos han ido variando con el paso de los años, donde los ingenieros y diseñadores estructurales se han encaminado en la búsqueda de sistemas constructivos más eficientes, utilizando para ello diversas técnicas de planificación, materiales innovadores o técnicas de construcción alternativas (Perú Construye, 2018) . Entre ellas se encuentran:

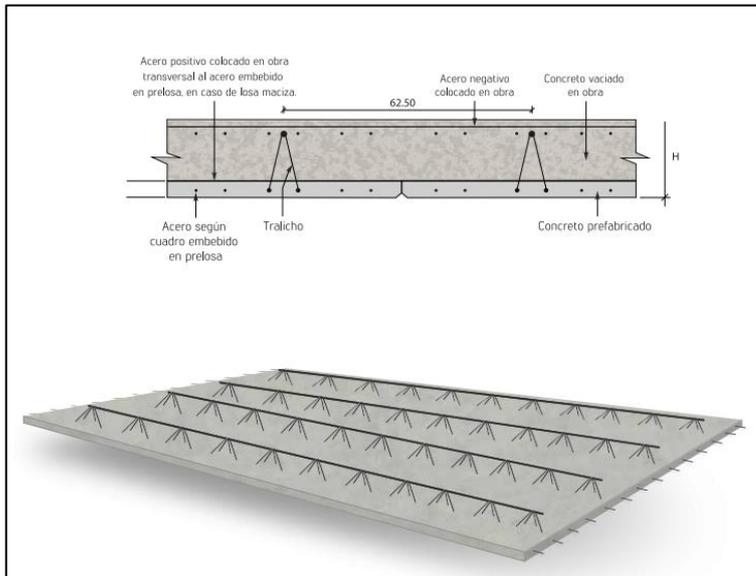
- Construcción in situ: también llamada construcción tradicional, se basa en la transformación de los materiales de construcción en productos terminados dentro del sitio de ejecución de la obra. Este tipo de actividades deben realizarlas personas calificadas, quienes en su mayoría han recibido dicha formación de manera generacional. Así mismo, los materiales utilizados son los mismos que se han utilizado por décadas en el mundo de la construcción. Su utilización es la más difundida en el país (Calderón, 2020).
- Construcción prefabricada: es un sistema basado en el uso de componentes elaborados en serie en una fábrica, fuera del sitio de ubicación final, y que se caracteriza por emplear métodos de montaje simples y eficientes.

De estos métodos, el uso de elementos prefabricados permite la construcción de edificaciones y obras de infraestructura con grandes nociones de versatilidad,

funcionalidad y velocidad, lo cual resulta en un mayor aprovechamiento económico, conservando una alta estética, durabilidad y practicidad. Así, los elementos prefabricados constituyen una tecnología inteligente e industrializada, adaptable a cualquier tipo de obra, que en el Perú ha tenido una demanda en aumento durante los últimos años, principalmente en el uso de elementos de concreto armado prefabricado, como es el caso de vigas, viguetas, columnas, pilotes y cabezales, paneles portantes y losas (Perú Construye, 2018).

Dentro de la variedad de elementos prefabricados encontramos los sistemas de entrepisos, comúnmente llamados “prelosas”, las cuales consisten en un elemento prefabricado en concreto de 4.5 cm de espesor y forma geométrica variable según los requisitos de proyecto, de sección aligerada con poliestireno pegado en forma de bandas continuas (figura 5). El empleo de estos elementos en la construcción de una edificación brinda una serie de beneficios frente a los métodos de construcción tradicional, tales como la descarga directa en la zona de vaciado, lo que evita el acarreo de materiales y disminuyendo también las necesidades de almacenamiento de los mismos, una disminución del personal de obra, reducción de tiempos de ejecución, y cuya fabricación sigue altos estándares de calidad, por lo que no requiere trabajos de acabados. Así por ejemplo, una sola maniobra de instalación de una losa prefabricada equivale a más de 10 viguetas convencionales de concreto, lo cual incluye la colocación de acero y ladrillos, además de eliminar la partida de tarrajeo en la capa inferior de la losa (Entrepisos Lima, 2021).

Figura 5.
Losa prefabricada



Nota: Tomado de Entrepisos Lima (2021).

Procesos constructivos en concreto armado

En el contexto de la presente investigación, podemos diferenciar dos métodos constructivos referidos al empleo de diferentes sistemas de entrepisos, siendo estos, el sistema tradicional in situ, y el sistema de losa prefabricada, cuyas fases de construcción descritas por Calderón (2020) se muestran a continuación:

- Proceso constructivo de losa tradicional in situ

Consta de 7 actividades típicas, comunes en la elaboración tanto de losas aligeradas como de losas macizas:

- Encofrado: el armado de los elementos que sirven de sostén temporal para la estructura de la losa, hasta que esta consiga su propia independencia después de la fragua.
- Asentado de ladrillos: en el caso de losas aligeradas, consiste en la colocación de ladrillos u otro elemento de relleno utilizado como aligerante.

- Habilitación del refuerzo: consiste en la adecuación y colocación del acero positivo, negativo, y el de retracción por temperatura, según las especificaciones del diseño estructural.
 - Habilitación de especialidades: es el proceso que abarca el trazo y colocación de tuberías y pases para las instalaciones eléctricas, sanitarias, gas, de emergencias, comunicaciones, entre otras.
 - Vaciado de losa: referido a la fase de colocación del concreto fresco, su esparcimiento, vibrado, obtención del acabado de la superficie y el proceso de curado.
 - Desencofrado: ocurre cuando se retiran los elementos de sostén provisional una vez el concreto haya alcanzado niveles de resistencia aceptables.
 - Acabado inferior: tarea que se ejecuta comúnmente en las etapas finales de la obra, luego de acabar la edificación de la estructura. Generalmente se emplea el tarrajeo para darle acabado al fondo de la losa.
- Proceso constructivo de losa prefabricada

Siguiendo el orden de ideas anterior, la construcción de entrepisos con losas prefabricadas emplea 6 actividades típicas:

- Encofrado: se requiere únicamente la colocación de elementos de sostén vertical (puntales).
- Montaje: es el traslado de las prelosas desde el punto de acopio hasta su lugar definitivo en la edificación, utilizando torre grúa o u sistema de poleas, según el tipo de proyecto (figura 6).

- Habilitación del refuerzo: consiste en la colocación del acero negativo y el de retracción por temperatura, pues el acero positivo viene embebido en la prelosa.
- Habilitación de especialidades: es el proceso que abarca el trazo y colocación de tuberías para las instalaciones eléctricas, sanitarias, gas, de emergencias, comunicaciones, entre otras. Los pases y la incorporación de elementos de salida son realizados en taller durante la fabricación de las prelosas.
- Vaciado de losa: colocación del concreto fresco, su esparcimiento, vibrado, obtención del acabado de la superficie y el proceso de curado.
- Desencofrado: ocurre cuando se retiran los elementos de sostén provisional una vez el concreto haya alcanzado niveles de resistencia aceptables.

Figura 6.
Montaje de una losa prefabricada



Nota: Tomado de Entrepisos Lima (2021).

Según lo anterior, se observa que mediante el uso de losas prefabricadas se evita la fase asentada de ladrillos, pues los bloques de relleno vienen incorporados en la prelosa. Así mismo, existe una reducción del trabajo de encofrado, ya no siendo necesario la colocación de elementos horizontales para el vaciado del concreto, función que cumple la losa prefabricada. Finalmente, gracias a los estándares de calidad, no se hace necesario dar acabado a la cara inferior de la prelosa.

Definición de términos básicos

Vigueta: parte del sistema estructural que conforma un sistema de entrepiso, cuya función es la de soportar los esfuerzos a flexión y transmitir las cargas del entrepiso a los elementos de apoyos, generalmente vigas o muros (Calderón, 2020).

Puntal: miembro vertical utilizado como soporte temporal de un para concreto recién mezclado o para estructuras recién construidas que todavía no han desarrollado toda su resistencia de diseño (American Concrete Institute [ACI], 2016).

Torre grúa: grúa de estructura metálica utilizada para el traslado de material dentro de materiales y equipos pesados. Por su altura, es comúnmente utilizada en la construcción de edificios. Consta de una viga horizontal (pluma), un pilar vertical (torre), y dependiendo del modelo, puede incorporar una caseta de mando en la parte superior de la torre (ACI, 2016).

Acabado: es la capa expuesta del enlucido o revoque. Se refiere a la terminación que se le da al concreto fresco luego de su colocación (ACI, 2016).

Tarrajeo: enlucido a base de cemento y arena que se usa para revestir paredes, techos, y otras superficies exteriores (ACI, 2016).

Bloques de aligerado: estructuras que se utilizan en las losas aligeradas, cuya función es ocupar el volumen entre los nervios de concreto. Pueden ser recuperables o no, y se fabrican en madera, arcilla, cemento, poliestireno u otro material ligero (ACI, 2016).

Encofrado: sistema de soporte o molde para el concreto fresco. Tradicionalmente se emplean distintas piezas de madera para crear los elementos de encofrado, aunque también los hay de tipo metálico. Estos últimos ofrecen la ventaja de poder ser reutilizados por un mayor número de veces que los de madera (ACI, 2016).

2.3. Limitaciones

Entre las limitaciones presentadas durante el desarrollo de la construcción del edificio estuvieron:

- La construcción de la obra atravesó el periodo de inmovilización obligatoria debido a la pandemia por Coronavirus, por lo que el trabajo de gabinete tuvo que ser hecho en la modalidad de teletrabajo, lo cual dificultó principalmente la comunicación efectiva entre los miembros de la empresa, causando problemas de coordinación de las actividades y presentación de los resultados a todos los miembros.
- Así mismo, al reinicio de actividades en obra tuvimos que adaptarnos a las exigencias de bioseguridad implementadas para disminuir el riesgo de contagio de la enfermedad, lo cual causó demoras y molestias en el personal durante el tiempo que se adaptaban a las nuevas medidas de distanciamiento y uso de EPP de bioseguridad.

- Se tuvo que capacitar rápidamente al personal sobre la modificación de las tareas en la obra respecto al cambio de losa tradicional por losa prefabricada, lo cual al principio afectó el rendimiento y la productividad.

CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1. Experiencias

Bachiller Wilmer Lagos:

- He participado en la elaboración de planos *as built* para los proyectos ejecutados por la empresa: URBAN SYSTEM desde el 08/2019.
- Fui participe en los planos del proyecto; “EDIFICIO MULTIFAMILIAR BELLO HORIZONTE (ETAPA DE CASCO)” entre el 06/2020 al 03/2021.

Bachiller Carlos Pérez:

- Ejercí como encargado maestro de obra en distintos proyectos, dedicándome al control y verificación de los trabajos realizados por terceros. Empresa: FUJITA GUMI SAC. entre el 2013 y 2017
- Desempeñe el mismo cargo en la “INMOBILIARIA GALEÓN”. Proyecto: “PACARITAMBO”, entre 2018 y 2019.
- Estuve como encargado de Producción en el Proyecto: “LORD NELSON”, en la etapa de “OBRAS HUMEDAS” con la Empresa: FUJITA GUMI SAC. entre marzo y diciembre de 2019.
- Participo como encargado de la Producción del proyecto: “BELLO HORIZONTE” y el seguimiento, verificación, aseguramiento de los plazos en la etapa de “CASCO Y ACABADO”, de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto, con la empresa: URBAN SYSTEM entre abril y octubre de 2021.
- Actualmente me encuentro encargado de la oficina Técnica del proyecto: “CLASSIC”, de la empresa: “INMOBILIARIA CENTRAL”.

3.2. Proceso de ingreso a la empresa

Bachiller Wilmer Lagos: El proceso de entrada a la empresa vino a cargo del Ingeniero Larry Espino, que consto con la presentación del curriculum vitae para luego ser entrevistado por el encargado del área de oficina técnica, realizándome preguntas respecto a mis conocimientos CAD, la experiencia laboral y la experiencia adquirida en la universidad. Luego de ello fui seleccionado y me realizaron un contrato por un periodo de prueba de tres meses para ver mi desenvolvimiento apoyando al área de oficina técnica como cadista. Luego fui promovido para formar parte del equipo de obra y participar en la construcción del edificio multifamiliar Bello Horizonte.

Bachiller Carlos Pérez: Para ingresar en la empresa tuve una entrevista de trabajo con el Ingeniero Larry Espino, quien fue el encargado de evaluar mis habilidades y verificaría mis documentos personales para obtener un puesto en la empresa. Después de pasar la etapa del proceso de selección, me derivaron al pasar el examen médico ocupacional y posteriormente entrega de mis equipos de protección personal para dar inicio a mis labores en la empresa.

3.3. Equipo técnico del proyecto

El equipo constó con el siguiente personal:

- **Gerente general:** Carlos Barrientos Vargas
- **Contabilidad y administración:** Fernando Vargas
- **Ingeniería Logística:** Edgar Maldonado
- **Almacén:** Juan Barrientos
- **Residente de obra:** Ingeniero Larry Espino

- **Producción-Oficina técnica:** Carlos Pérez Vargas, Wilmer Lagos Solorzano
- **Capataz:** Jorge Cañahuire Choquehuanca

3.4. Funciones

Bachiller Wilmer Lagos:

- Actualización y revisión de planos de proyectos terminados.
- Apoyo en los metrados
- Apoyo en el armado de presupuesto
- Apoyo en la Sectorización de la obra

Bachiller Carlos Pérez:

- Implementación del cronograma de obra
- Asegurar el cumplimiento de las normas de seguridad
- Realizar reuniones semanales con los capataces o jefes de grupo y analizar el avance semanal.
- Realizar el last planner (ultimo planificador)
- Asegurar un buen proceso constructivo, cumpliendo con las especificaciones técnicas del proyecto.
- Hacer programación semanal del pedido de concreto.
- Hacer la sectorización de obra.
- Asegurar no falte equipos y materiales para el proyecto.
- Hacer seguimiento y control del avance de obra

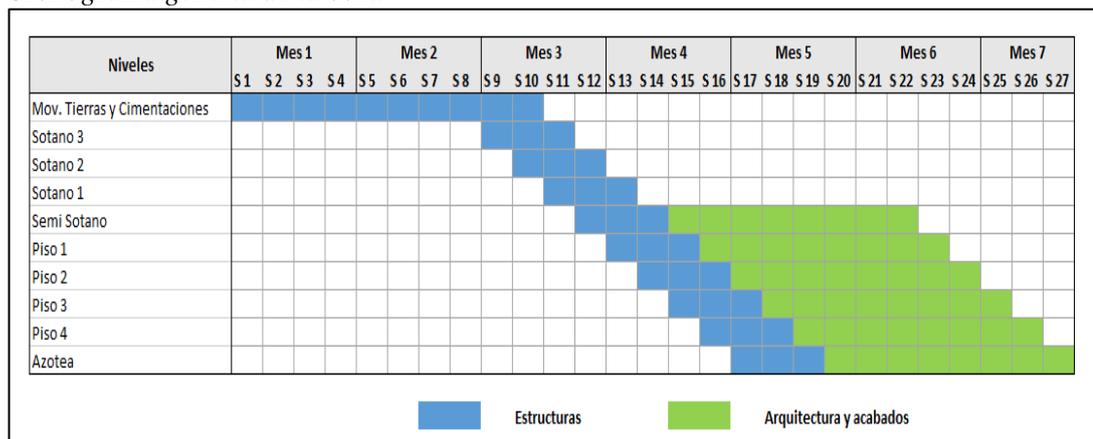
3.5. Etapas de la experiencia

3.5.1. Identificación del problema

Inicialmente, la programación de la ejecución de la obra contemplaba una duración de 7 meses, en base a lo cual se tiene el cronograma de la figura 7, en donde se han

subdividido las actividades por nivel y se diferencia entre el apartado estructural y lo referente a arquitectura, albañilería y acabados.

Figura 7
Cronograma general de la obra



En vista de lo anterior, se obtiene que el tiempo estipulado para la estructuración de un piso (columnas, placas, vigas, losas) era de 3 semanas por nivel, con lo cual, el tiempo estimado para terminar el casco era de 11 semanas, lo que en el cronograma de la figura 8 abarca de la semana 9 a la semana 19. Sin embargo, tal desempeño se vería influenciado por la aparición de la pandemia por coronavirus a nivel mundial, cuando el 15 de marzo de 2020 fueron suspendidas las actividades a nivel nacional para entrar en un periodo de cuarentena que duraría 4 meses aproximadamente. De esta manera, no fue hasta el mes de junio que se reanudaron ciertas actividades como parte de la tercera fase de reactivación económica en el Perú, incluyendo la construcción civil.

A pesar de ello, para lograr la reincorporación a los centros de trabajo sin atentar en contra de la salud del personal, se hicieron presente ciertas restricciones y medidas sanitarias necesarias para combatir la transmisión del virus, incluyendo la reducción del aforo de trabajo, la imposición de normas de separación personal, el uso de

ciertos equipos de protección personal, políticas de higiene, entre otros. En este sentido, la productividad de la obra se vio contrariada principalmente por no poder contar por completo con los recursos de personal necesario para el cumplimiento de las labores, en el tiempo inicialmente propuesto, y con ello, poder terminar la obra en la fecha prevista, todo lo cual tendría efectos adversos para la ejecución del proyecto y para la empresa.

Es por este motivo que se requirió de un método constructivo alternativo que permitiera la recuperación de la productividad, lo cual se materializó mediante una modificación del sistema constructivo del apartado estructural al sustituir el sistema de entresijos original por losas prefabricadas, comúnmente llamadas prelosas. En este sentido, el presente trabajo de investigación tiene como motivo determinar la influencia que tuvo la incorporación de dicho sistema en la productividad de la construcción del Edificio Multifamiliar Bello Horizonte.

3.5.1.1. Problema general

¿Cómo influye la implementación del sistema de losas prefabricadas para recuperar la productividad en la construcción del Edificio Multifamiliar Bello Horizonte, Lima 2021?

3.5.1.2. Problemas específicos

- ¿De qué manera influyó la pandemia del Covid – 19 en la productividad de la construcción del Edificio Multifamiliar Bello Horizonte, Lima 2021?

- ¿Cuáles son los recursos que se deben considerar en la implementación de un sistema de losas prefabricadas para recuperar la productividad en la construcción del Edificio Multifamiliar Bello Horizonte, Lima 2021?
- ¿Cuál es la incidencia en los niveles de productividad al implementar el sistema de losas prefabricadas en la construcción del Edificio Multifamiliar Bello Horizonte, Lima 2021?

3.5.2. Desarrollo de los objetivos

3.5.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la implementación del sistema de losas prefabricadas para recuperar la productividad en la construcción del Edificio Multifamiliar Bello Horizonte, Lima 2021

3.5.2.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia de la pandemia del Covid – 19 en la productividad de la construcción del Edificio Multifamiliar Bello Horizonte, Lima 2021
- Determinar los recursos que se deben considerar en la implementación de un sistema de losas prefabricadas para recuperar la productividad en la construcción del Edificio Multifamiliar Bello Horizonte, Lima 2021
- Determinar la incidencia en los niveles de productividad al implementar el sistema de losas prefabricadas en la construcción del Edificio Multifamiliar Bello Horizonte, Lima 2021

3.5.3. Planificación e implementación de los objetivos

3.5.3.1. Del objetivo específico 1

a. Planificación

Consistió en confrontar el estado en que se encontraba la obra después de reanudar las actividades tras la paralización por la pandemia de COVID-19, influyendo en:

- Distanciamiento social
- Uso de equipos de protección especial para prevenir el contagio
- Las medidas sanitarias aplicadas para prevenir el contagio.
- El avance que tuvo la obra hasta esa fecha.

b. Implementación

- **Influencia del distanciamiento social:**

Afecto o no en la productividad; podría ser no; porque no hubo aglomeración de trabajadores y los trabajos se realizaron al aire libre. En las partidas a ejecutarse se necesitaba una interacción menor de 1.5 como en encofrado, concreto, y acero por lo que no se pudo cumplir con lo especificado en los protocolos de seguridad debido al procedimiento constructivo.

No se utilizó protector facial por su una medida que ponía en riesgo a los trabajadores ya que se empañaba constantemente y se ensuciaba que podría haber causado caídas a desnivel u otros accidentes producto de la mala visibilidad.

Debido a estas tres razones la productividad de la mano de obra no fue afectada en consecuencia al distanciamiento social obligatorio.

- **Influencia del uso de equipos de protección especial para prevenir el contagio:**

El utilizar mascarillas no tuvo mayor efecto en la productividad de la mano de obra, la pérdida de tiempo se debía a la necesidad de reemplazar las mascarillas por deterioro o sudoración del trabajador

- **Influencia de las medidas sanitarias para prevenir el contagio:**

Si afecto directamente en la productividad de la mano de obra, aunque no de manera significativa al comparar la mano de obra antes de la pandemia y en la nueva normalidad nos da una disminución de la productividad. Las actividades que ocasionaron este descenso de productividad son principalmente los siguientes:

- a) Limpieza y desinfección de herramientas. - Esta actividad se realiza al iniciar los trabajos y toma entre cinco a ocho minutos normalmente y representa aproximadamente el 3% del total. Antes de la pandemia era común que los trabajadores compartan herramientas, sin embargo, en la nueva normalidad es necesario que cada trabajador traiga sus propias herramientas y desinfecte las mismas a diario.
- b) Toma de temperatura. - El personal médico de la empresa toma la temperatura de los obreros casi a diario, esta actividad toma entre 3 a 5 minutos por cada obrero y se realiza en el sitio de trabajo en pleno proceso productivo. Si se encontrara algún caso sospechoso el obrero junto a su cuadrilla es aislado de inmediato. Sin embargo, eso

no sucedió hasta el momento en el proyecto en estudio. Según las cartas balance analizadas este proceso representa el 1% aproximadamente, del total de trabajos.

- c) Lavado de manos. - Esta actividad se realiza cuando el colaborador desea hidratarse y necesariamente tiene que lavarse las manos como mínimo por 30 segundos en los dispensadores de agua que se implementaron alrededor de la obra. El tiempo promedio de esta actividad es de 4 minutos y representa aproximadamente el 2% del total de los trabajos.
- d) Cambio de mascarilla. - Esta actividad suele suceder con frecuencia sobre todo en los trabajos de concreto y encofrado, en las cuales es común que la mascarilla se rompa, se contamine con concreto o simplemente el sudor del obrero haga que la mascarilla sea inservible. Esto representa el 1% del total de actividades. Como se mencionó anteriormente estas medidas de contención frente al coronavirus representa aproximadamente el 5% del total de trabajos. No obstante, en este 5% no se están considerando los incrementos de productividad en acero, concreto y encofrado de sardineles ya que este ascenso de productividad se debe principalmente al uso de prefabricados.

- **Influencia en el avance que tuvo la obra hasta esa fecha**

Se plantearon alternativas que permitieran cumplir con las metas de ejecución de la obra. Para ello, se analizaron los rendimientos en los avances

de obra en la etapa pre pandemia. Luego, se consideró la reducción de personal, calculando entonces el tiempo que sería empleado para terminar la obra con este rendimiento modificado, lo cual refleja el nivel de productividad en el escenario analizado. Con esta información se esquematizó un nuevo cronograma donde se puede comparar los tiempos de ejecución originales versus la ejecución en el contexto del COVID 19 con personal reducido. Como resultado, se impuso el cambio del sistema de entrepisos como solución a la disminución de la productividad en la obra.

3.5.3.2. Del objetivo específico 2

a. Planificación

Consistió en evaluar los cambios en las labores diarios introducidos por el cambio del sistema de entrepisos del método tradicional a la construcción con losas prefabricadas, con lo que se evaluó su proceso constructivo de manera teórica a fin de establecer las tareas diarias, la asignación de personal, la planificación semanal de trabajo y la gestión de la logística para la adquisición de materiales y equipos.

b. Implementación

Se llevó a cabo después de que la alta gerencia de la empresa aprobara la incorporación de las losas prefabricadas, luego de lo cual se celebraron reuniones de planificación con el personal de ingeniería, obreros y contratistas para informar la situación del momento, los cambios aprobados y la generación de nuevos cronogramas de actividades semanales. Se consideraron cambios en el personal obrero, materiales, equipos, la logística de almacén y recepción de materiales, así

como también capacitaciones al personal para informar la nueva programación y el nuevo proceso constructivo.

3.5.3.3. Del objetivo específico 3

a. Planificación

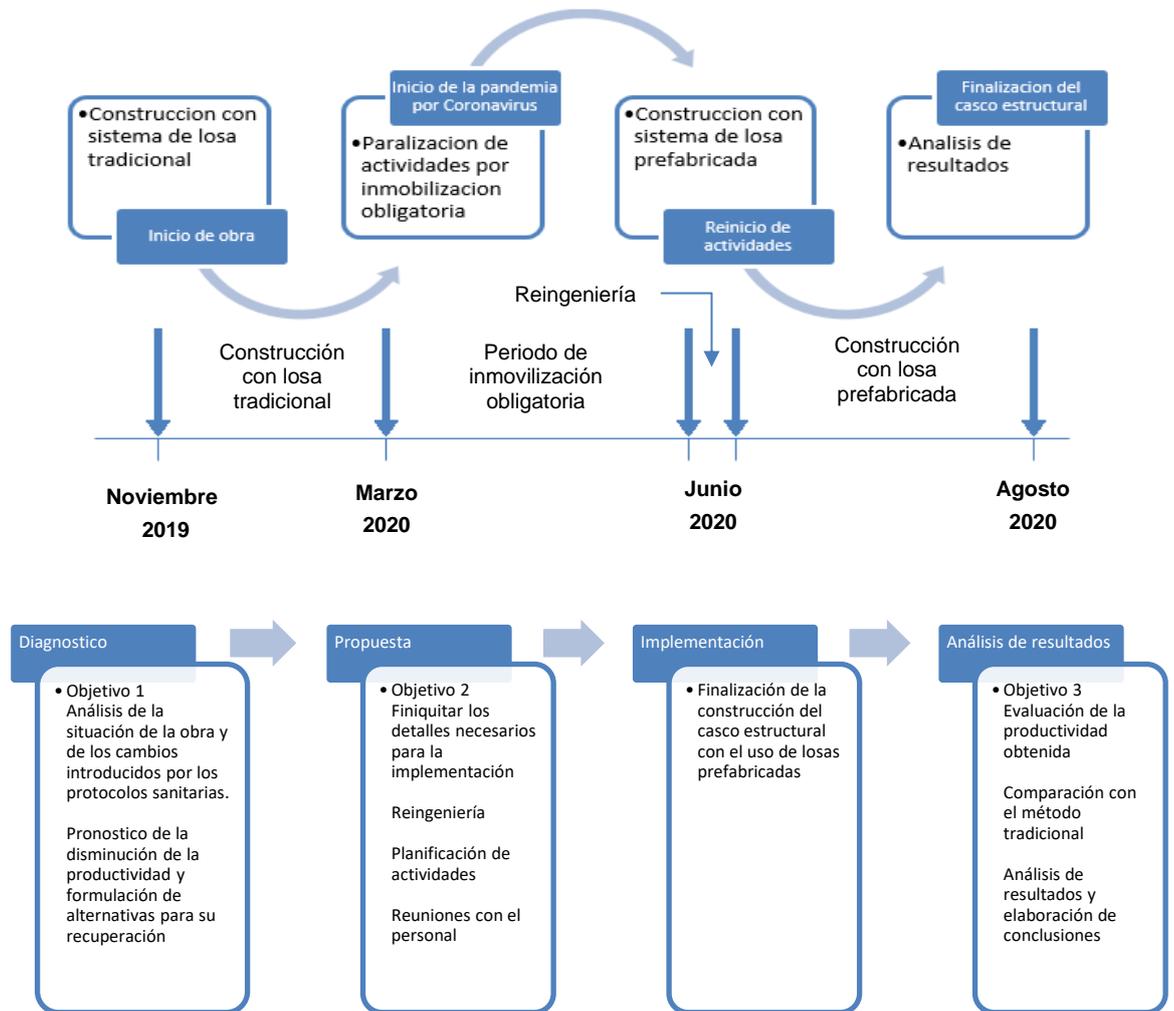
Se recolectarían y analizarían los datos de productividad obtenidos tras haber realizado la construcción del casco estructural con las prelosas, a fin de evaluar las ventajas que trajo consigo su uso dentro de la obra. Se cuantifica la cantidad de días necesarios para terminar la obra y se compara con la planificación original del sistema de losas tradicional, lo que permite determinar, en función del total de días empleados, cual sistema ofreció una mayor productividad y en que magnitud una fue superior a la otra.

b. Implementación

Este objetivo se llevó a cabo cuando se finalizó la construcción del casco estructural del edificio. Para ello, se analizaron los rendimientos obtenidos en la construcción, evaluando las fechas en que se finalizó cada nivel del edificio. Se hizo una comparación cuantitativa con el que era el cronograma original de la obra con el sistema de entrepiso tradicional, con lo que se analizó estadísticamente las mejoras de productividad de un sistema frente a otro, comparando los tiempos de ejecución en cada caso y determinando en qué proporción los resultados obtenidos excede la planificación original del sistema de losa tradicional.

De manera esquemática, la figura 8 presenta una línea de tiempo con el desarrollo del proyecto.

Figura 8
Línea de tiempo de la ejecución del proyecto



CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. Resultados del objetivo específico 1

Diagnóstico y formulación de soluciones

Durante el diagnóstico de la situación de la empresa y la obra, se apreció que la construcción del edificio Bello Horizonte presentaba el siguiente organigrama del capital humano que incluye un personal de ingeniería y un personal de producción. En conjunto, estos eran los encargados de llevar a cabo las tareas de supervisión y productividad dentro de la obra, empleando para ello un número de ayudantes y operarios en cada rama de actividades. Tratándose de la estructura del edificio, el cual consiste en elementos de concreto armado, las actividades de construcción fueron las mostradas en el diagrama de la figura 9. Además, considerando que los niveles de la edificación son similares entre sí, las tareas se realizan de forma repetitiva en cada piso, estableciéndose así el cronograma del tren de trabajo mostrado en la figura 10.

Figura 9

Tren de trabajo en de la obra

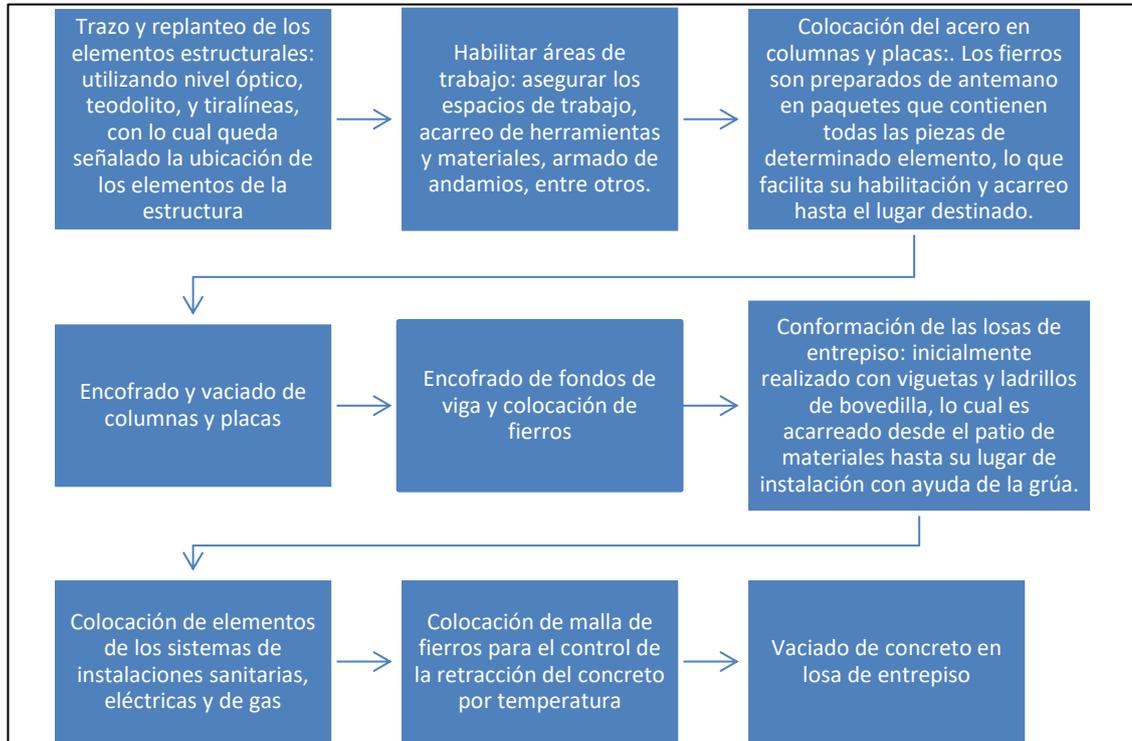
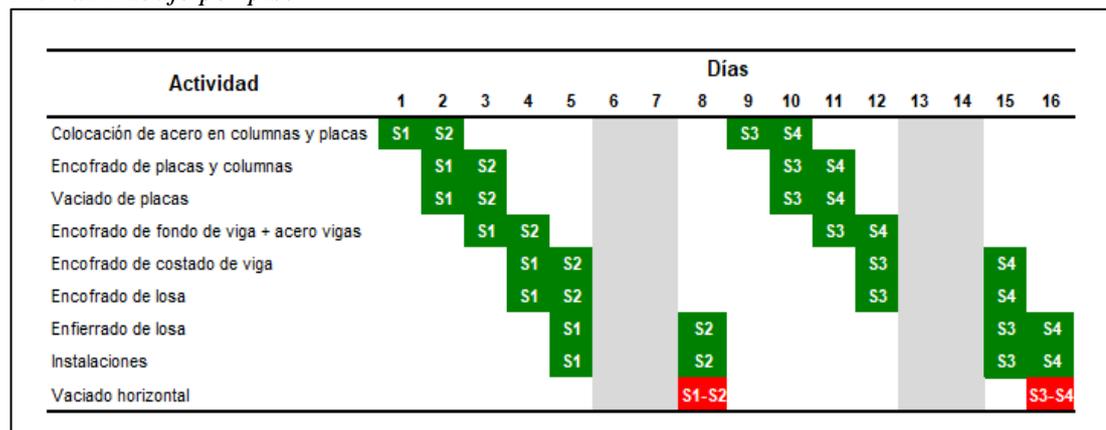


Figura 10

Tren de trabajo por piso



Nota: S1, S2, S3, S4 = Sectores del edificio.

Así mismo, el personal de obra se presenta en la tabla 4, referida a los ayudantes, carpinteros, fierreros y el personal de instalaciones eléctricas, sanitarias y de gas.

Tabla 4

Personal de la obra

Área	Personal en obra
Producción	8 ayudantes
Carpinteros	4 Operarios + 4 Ayudantes
Fierreros	3 Operarios + 3 Ayudantes
Inst. Sanitarias	2 Operarios + 1 ayudante
Inst. Eléctricas	2 Operarios + 1 ayudante
Inst. Gas	1 Operario + 1 ayudante
Total	30 personas

Con la información anteriormente expuesta, se procede a calcular los indicadores de producción inicial de la obra tomando en consideración la cantidad de obra a ejecutar en determinado tiempo, lo que se muestra en la tabla 5, utilizando los datos de un nivel típico (pisos 1, 2, 3 y 4) y los datos del cronograma inicial (figura 10), restringido al apartado estructural de la edificación: habilitación del acero de refuerzo en vigas, placas y columnas, encofrados, conformación de losas, considerando una jornada diaria de 8 horas y media.

Tabla 5

Indicadores de producción pre Covid 19

Actividad	Cantidad de obra	N° de obreros	días por piso	Producción diaria	Rendimiento
Encofrado	577.76 m ²	8	12	48.15	1.41 h-h / m ²
Acero de refuerzo	12,103 kg	6	8	1,512.91	0.03 h-h / kg
Conformación de losas	279.54 m ²	8	4	69.88	0.97 h-h / m ²

Sin embargo, la problemática que trajo consigo el estado de emergencia sanitaria debido a la pandemia por Coronavirus obligó a modificar los flujos de trabajos antes mencionados, motivado principalmente a los protocolos de bioseguridad que se tuvieron que implementar al regreso de las actividades, destacando el distanciamiento personal obligatorio, lo cual, para el caso de estudio, limitaba la concentración de varios trabajadores en los espacios de la edificación, por lo que se tuvo que disminuir la

cantidad de trabajadores, además de mantener normas de separación personal, lo que dificultaba la ejecución de tareas. En la tabla 6 se muestran los cambios que se realizaron en la planilla de trabajadores de la obra.

Tabla 6
Personal de la obra en el contexto Covid 19

Área	Personal en obra	
	Antes del Covid 19	Posterior al Covid 19
Producción	8 ayudantes	4 ayudantes
Carpinteros	4 Operarios + 4 Ayudantes	2 Operarios + 2 Ayudantes
Fierreros	3 Operarios + 3 Ayudantes	2 Operarios + 2 Ayudantes
Inst. Sanitarias	2 Operarios + 1 ayudante	1 Operarios + 1 ayudante
Inst. Eléctricas	2 Operarios + 1 ayudante	1 Operarios + 1 ayudante
Inst. Gas	1 Operario + 1 ayudante	1 Operario + 1 ayudante
Total	30 personas	18 personas

Con este panorama, las actividades más afectadas dentro de la construcción del edificio fueron las tareas de habilitar las áreas de trabajo, el acarreo de materiales, la colocación de encofrados y la conformación de las losas de entrepiso, lo que incluía la colocación de viguetas y ladrillos bovedilla. De manera conservadora, en la tabla 7 se pudo estimar los tiempos de ejecución de obra con el personal reducido, partiendo de los rendimientos obtenidos en la tabla 5.

Tabla 7
Producción de la obra en el contexto Covid 19

Actividad	Producción		Situación inicial		Contexto Covid 19		Variación de tiempos
	Cantidad de obra	Rendimiento	N° de obreros	Días por piso	N° de obreros	Días por piso	
Encofrado	577.76 m ²	1.41 hh/m ²	8	12	4	24	2 veces el tiempo inicial
Acero de refuerzo	12103.32 kg	0.03 hh/kg	6	8	4	12	1.5 veces el tiempo inicial
Conformación de losas	279.54 m ³	0.97 hh/m ³	8	4	4	8	2 veces el tiempo inicial

Con el número de personal reducido se imposibilitaba cumplir con los tiempos pre establecidos en el tren de trabajo anterior, por lo que la gerencia de la obra estableció dos estrategias para contrarrestar tal situación:

- La modificación de la estructura de las losas de entrepiso, cambiando el sistema de viguetas y ladrillos bovedilla por losas de concreto prefabricadas (prelosas).
- La actualización del tren de trabajo, adecuado a las nuevas actividades a ejecutar mediante la implementación de las prelosas y del personal de obra permitido.

4.2. Resultados del objetivo específico 2

Tareas del proceso constructivo y personal asignado

Para lograr la mayor eficiencia posible en la obra, las tareas a ejecutar deben realizarse de manera continua, una tras otra, lo cual genera una relación de dependencia en la que la interrupción o retraso de una actividad afecta la ejecución de las demás, y por consiguiente se ve disminuida la producción general de la obra. De allí que la secuencia de ejecución de tareas se consideren trenes de trabajo, pues las actividades están íntimamente conectadas entre sí. Es por esta razón que como primer paso para la implementación del sistema de losas prefabricadas se tiene la conformación de las tareas según este nuevo método constructivo, el cual se denota por la incorporación de un elemento prefabricado que facilita su implantación en la obra.

Específicamente, al incorporar las prelosas se disminuye la tarea de conformación de losa tradicional con viguetas y ladrillos bovedilla, lo que también disminuye subsecuentemente los tiempos de acarreo de dichos materiales. En este sentido, el tren de trabajo se ve modificado como sigue a continuación:

- Trazo y replanteo de los elementos estructurales

- Colocación de fierros en columnas y placas
- Encofrado y vaciado de columnas y placas
- Encofrado de fondos de viga y colocación de fierros
- Colocación de prelosas
- Colocación de elementos de los sistemas de instalaciones sanitarias, eléctricas y de gas
- Colocación de malla de temperatura
- Vaciado de concreto en losa

A propósito de las actividades mencionadas, se tienen los siguientes detalles considerados en las labores diarias:

- Luego de cada vaciado de techo, los trabajos de topografía se realizan a primera hora del día, para dar campo a los carpinteros y la colocación de encofrados en placas y columnas.
- Seguidamente, los fierros habilitan el acero de refuerzo de elementos que se van a encofrar y vaciar.
- En paralelo, los carpinteros desencofran y trasladan la madera hacia el frente, donde van proceden a encofrar las placas y columnas. Se debe verificar que los elementos estén correctamente ubicados en su sitio según los ejes de referencia, debidamente apuntalados, así como también verificar la verticalidad, todo ello para evitar inconformidades que se traduzcan en retrabajos.
- Los vaciados de concreto en placas y columnas son realizados en la tarde.

- Entre tanto, los carpinteros y fierros pasan a otro sector del edificio, en la habilitación de vigas y losas de entrepiso, en conjunto con la colocación del sistema de instalaciones sanitarias, eléctricas y de gas.
- Los vaciados de losa se realizan al día siguiente por la mañana. Al finalizar el vaciado, los albañiles dan el acabado correspondiente al piso.
- Al día siguiente, se reinicia el ciclo con la entrada de los topógrafos en el piso recién terminado.

Planificación semanal de trabajo

Para lograr la ejecución de trabajos con un mínimo de interrupciones y poder lograr los objetivos propuestos de la producción en la obra, se hizo uso de la filosofía de *Lean Construction*, con la cual se procedieron a identificar las restricciones que afectan a la ejecución de las labores diarias, las cuales se detallan en la tabla 8 a continuación:

Tabla 8
Identificación de restricciones

Actividad	Restricciones
Trazo y replanteo	– Equipos debidamente calibrados
Colocación de fierros en columnas y placas	– Stock de fierros en obra – Grúa disponible para realizar el acarreo del material
Encofrado y vaciado de columnas y placas	– Madera habilitada en buen estado – Materiales de carpintería para encofrados (clavos, alambre, desmoldante) – Colocación de andamios para el vaciado – Equipo vibrador disponible

Actividad	Restricciones
Encofrado de fondos de viga y colocación de fierros	<ul style="list-style-type: none"> – Stock de fierros en obra – Grúa disponible para realizar el acarreo del material – Elementos de sostenimiento disponibles en buen estado (puntales) – Materiales de carpintería para encofrados (clavos, alambre, desmoldante)
Colocación de prelosas	<ul style="list-style-type: none"> – Llegada de las prelosas a la obra – Grúa disponible para realizar el acarreo del material
Colocación de elementos de los sistemas de instalaciones sanitarias, eléctricas y de gas	<ul style="list-style-type: none"> – Stock de tuberías y accesorios disponibles en la obra – Prueba de presión hidrostática en tuberías de instalaciones sanitarias
Colocación de malla de temperatura	<ul style="list-style-type: none"> – Stock de fierros en obra – Grúa disponible para realizar el acarreo del material
Vaciado de concreto en losa	<ul style="list-style-type: none"> – Grúa disponible para realizar el acarreo del material (concreto premezclado) – Equipo vibrador disponible

En este sentido, se evidenciaron 3 restricciones principales:

- La disponibilidad de materiales en almacén: se debe garantizar el stock de diversos materiales para evitar retrasos en la ejecución de actividades de carpintería y fierrería, principalmente, la cantidad de fierros y diámetros según detalles, así como tenerlos habilitados para su colocación; material diverso de carpintería, incluyendo clavos, alambre y desmoldante.
- La disponibilidad de equipos funcionales: Especial atención al equipo vibrador de concreto, sin el cual se imposibilita los vaciados de concreto, para evitar deficiencias en el acabado (vacíos, cangrejeras), lo que obligaría a tomar medidas correctivas de subsanación, gastando más tiempo del previsto (retrabajos).
- El uso continuo de la grúa en el acarreo de materiales: debido a que la colocación de las prelosas demanda una cantidad de tiempo a dedicación exclusiva en esta

actividad, considerando que a la llegada del material en camiones se interrumpe parcialmente el tráfico en la pista, lo cual debe hacerse en los horarios permitidos por la municipalidad. En este sentido, se debe optimizar el uso de la grúa para evitar tiempos en espera por el traslado de materiales.

En base a ello se establecieron las estrategias contenida en la tabla 9.

Tabla 9

Solución de restricciones

Restricción	Estrategia implementada
Disponibilidad de materiales	Monitoreo del stock disponible en almacén: Estimación del consumo de materiales por jornada de trabajo, establecer una cantidad mínima de material disponible, momento en el cual se hace un nuevo pedido de adquisición.
Disponibilidad de equipos	Realización de mantenimiento de herramientas y equipos cada semana. Hacer seguimiento del estado de las herramientas mediante hojas de reporte. Contar con stock de consumibles y piezas de remplazo en caso de averías.
Choque de actividades	Realizar planificación de actividades donde se incluya la sectorización del edificio, las actividades a ejecutar en cada área y en cada momento del día.

En relación a lo anterior, se elaboró la planificación utilizando la técnica de *last planner*, de lo cual, la programación para el sótano 2 se muestra en la figura 11, donde se aprecia

la subdivisión de los pisos en 3 sectores. Así mismo, un ejemplo de la programación de actividades de la grúa se muestra en la figura 12.

Figura 11

Programación ajustada de la obra

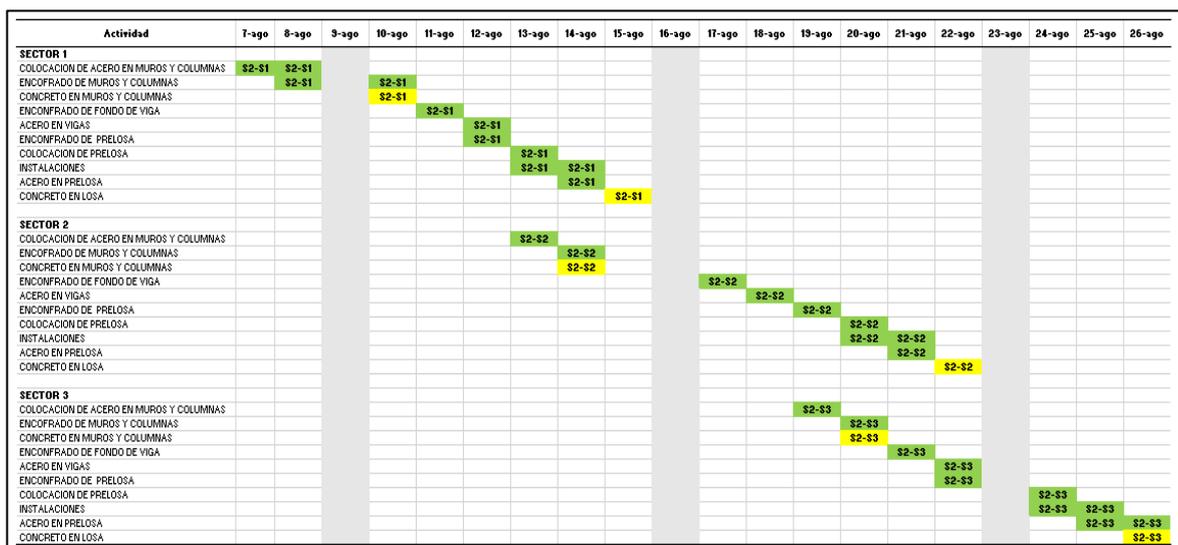


Figura 12

Gestión de actividades de la torre grúa

HORA	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado
08:00 - 9:00						
09:00 - 10:00	AS	AS	AS		AS	VT
10:00 - 11:00	Acarreo de materiales varios			PRE		
11:00 - 12:00	Acarreo de materiales varios					
Refrigerio						
01:00 - 02:00	VP	Acarreo de materiales varios		AS	VP	
02:00 - 03:00		Acarreo de materiales varios				
03:00 - 04:00		Acarreo de materiales varios				
04:00 - 05:00		Acarreo de materiales varios				

Nota: AS: Traslado de acero de refuerzo; PRE: colocación de prelasas; VP:

Vaciado en placas y columnas; VT: Vaciado de techos.

4.3 Resultados del objetivo específico 3

Cálculo de la productividad obtenida con el sistema de losas prefabricadas

Una vez avanzada la construcción del edificio, se tomó nota de las fechas de inicio y terminación de actividades por piso (tabla 10), tomando de referencia la fecha de inicio como el día en que se empieza la colocación de acero de refuerzo en placas y columnas, y como fecha de terminación el día que se coloca el concreto en las losas de techo, siendo este el ciclo de actividades por nivel.

Tabla 10

Fechas de terminación por sectores

PISO	Inicio	Sector 1	Sector 2	Sector 3	Días por piso
S3	2-jul	7-ago	14-ago		43 Días
S2	7-ago	15-ago	22-ago	26-ago	19 Días
S1	17-ago	29-ago	2-sept	4-sept	18 Días
SS	2-sept	9-sept	15-sept	17-sept	15 Días
P1	14-sept	16-sept	21-sept	24-sept	10 Días
P2	21-sept	23-sept	28-sept	1-oct	10 Días
P3	28-sept	30-sept	2-oct	6-oct	8 Días
P4	6-oct	8-oct	10-oct	15-oct	9 Días
				Promedio	12 Días

Se aprecia que, para los niveles de sótano, el tiempo promedio fue de 12 días, salvo el semisótano 3, cuya duración se extendió debido a una espera por el arribo de material de encofrado a la obra, por lo cual se ha excluido del cálculo del tiempo promedio. Por su parte, para los pisos superiores el tiempo promedio fue de 10 días. También se puede observar que a medida que se tiene más experiencia en la colocación de las prelosas y en los ciclos de trabajo, los tiempos de ejecución por piso fueron disminuyendo, mejorando así el rendimiento de la productividad.

Incidencia del sistema de losas prefabricadas en la productividad

A continuación, en la tabla 11 comparamos los niveles de producción anteriores con el modelo de losa tradicional (figuras 7 y 10) con los obtenidos mediante la implementación de las losas prefabricadas (tabla 10).

Tabla 11

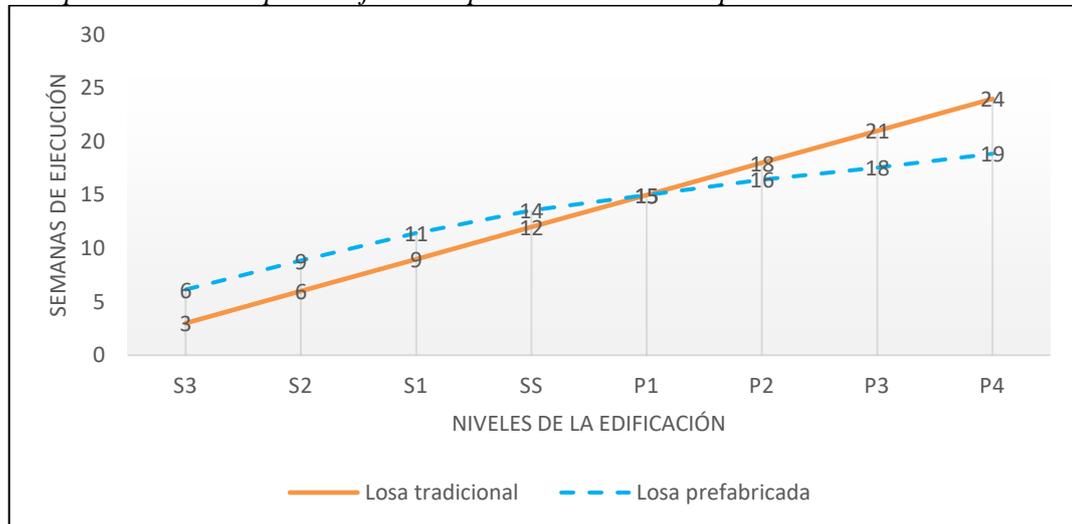
Comparación de rendimientos por sistemas de entrepiso

Caso	Cantidad personal	de Días promedio por piso	Resultado
Situación inicial – losa tradicional	30 obreros	16 días	25 % más eficiente
Contexto Covid 19 – losa tradicional	18 obreros	32 días	que la situación inicial con losas tradicionales
Contexto Covid 19 – losa prefabricada	18 obreros	12 días	

Los datos obtenidos muestran que con el empleo de losas prefabricadas se tuvo un rendimiento incluso superior al planificado con el sistema de losas tradicional de viguetas y ladrillo bovedilla, donde la conformación de pisos se hizo en promedio de 12 días por nivel, frente a los 16 días estimados inicialmente. A esto debemos sumar el hecho de que se contó con una cantidad de personal obrero incluso menor, debido a las restricciones sanitarias y métodos de distanciamiento personal para disminuir la transmisión del Coronavirus. Visualmente, los datos son representados en la figura 13, donde se han ubicado la acumulación de semanas de ejecución para cada sistema estructural.

Figura 13

Comparación de tiempos de ejecución por sistemas de entrepiso



Gracias a la implementación de las losas prefabricadas en la obra se pudo recuperar la producción en el edificio Bello Horizontes a los niveles anteriores a la pandemia, con lo que se pudo ejecutar la obra en buenos términos, dentro de las fechas de finalización previstas. En este sentido, la adopción de esta tecnología alternativa a los métodos tradicionales trajo consigo un efecto positivo dentro del desempeño de la construcción, facilitando los trabajos a pesar de la disminución de la mano de obra. los trabajos de casco estructural finalizaron con 5 semanas de ventaja frente a las estimaciones con el método de construcción tradicional.

CAPITULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

5.1.1. Conclusiones del objetivo específico 1

En conclusión se vio afectado en:

- La producción diaria y el rendimiento de encofrado, la cual inicialmente era de doce (12) días por piso a veinticuatro (24) días por piso.
- El acero de refuerzo de ocho (8) días por piso a doce (12) días por piso.
- Conformación de losas de cuatro (4) días por piso a ocho (8) días por piso.

Debido a las siguientes razones:

- La reducción de personal entre un 30% a 40% menos de la cuadrilla estipulada, debido a las restricciones sanitarias.
- El distanciamiento social entre el personal y el uso de equipos especiales para prevenir el contagio, porque así se especificaba en el protocolo de plan de seguridad contra el COVID 19.

5.1.2. Conclusiones del objetivo específico 2

- Los recursos que se consideraron en la implementación de losas prefabricadas son las siguiente: la técnica del Last Planner con enfoque de Lean Construction, las cuales ayudaron a obtener un rendimiento óptimo de conformación de pisos en doce (12) días por nivel, frente a los dieciséis (16) días estimados inicialmente.

5.1.3. Conclusiones del objetivo específico 3

- En conclusión, se obtuvo un 25% más eficiente en el ahorro de tiempos de producción al implementar el sistema de losas prefabricadas, mejorando así el rendimiento de la productividad.
- Así mismo, la instalación de las prelosas no requirió del uso de herramientas especializadas ni de personal altamente calificado diferente a los ya utilizados en la obra, lo cual son factores que facilitan la adopción de este sistema constructivos por diferentes empresas y tipos de edificaciones.

5.2. Lecciones aprendidas

- Se pudo comprender la importancia que tiene la labor de planificación dentro de la ejecución de obras civiles, siendo que esta repercute directamente en los avances de la obra, lo cual está ligado a factores económicos que relacionan los materiales utilizados, el personal disponible y las metas de producción.
- La formulación de soluciones para la problemática permitió conocer sobre distintas técnicas y metodologías que existen hoy en día para la optimización de la construcción civil, entre ellas, la filosofía de Lean Construction.
- También se pudo apreciar la importancia de integrar a todas las partes involucradas dentro de la construcción en la planificación, para así poder formular soluciones que satisfagan a todos los presentes, al tiempo que el trabajo colaborativo permite además que haya un mejor entendimiento de las metas propuestas, con lo que se logra una mejor colaboración entre las partes.

- Así mismo, se pudo conocer también sobre la existencia de diferentes métodos constructivos y materiales que distan de los métodos tradicionales de construcción, y que cada vez más son más utilizados, pues estos ofrecen grandes beneficios.

5.3. Recomendaciones

- Si bien, en el contexto de la presente investigación se ha utilizado el sistema de losas prefabricadas para recuperar los niveles de productividad debido a los efectos de la pandemia por coronavirus, se recomienda realizar un estudio en profundidad sobre las ventajas que ofrecen los sistemas prefabricados, incluyendo un análisis técnico económico detallado, tomando como consideración que este aspecto es un elemento crucial para la toma de decisiones a la hora de formular un proyecto de ingeniería.
- Extender el uso de las losas prefabricadas en proyectos de construcción civil, para lo cual se hace necesario conocer de manera más amplia en qué tipo de obras este tipo de elementos resultan apropiados y qué limitaciones presentan para su implementación en edificios residenciales, comerciales o industriales.

REFERENCIAS

- American Concrete Institute. (2016). *CT16S Terminología del concreto del ACI - 2016*. Disponible en:
https://www.concrete.org/store/productdetail.aspx?ItemID=CT16S&Format=DOWNLOAD&Language=Spanish&Units=US_AND_METRIC.
- Calderón, A. (2020). *Estudio de la implementación de losas prefabricadas en la construcción de entresijos para la obra Floresta VI*. (trabajo de suficiencia profesional). Universidad de Piura. Piura. Disponible en: <https://pirhua.upeu.edu.pe/handle/11042/4511/>.
- Cantú, A., López, M., & Peirone, P. (2018). *Análisis de los factores que afectan la productividad de obras civiles*. I Jornada de Divulgación de la Carrera de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Cuyo. Argentina. Disponible en: https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/10948/cantut09.pdf.
- Ccorahua, E. (2016). *Estudio del rendimiento y productividad de la mano de obra en las partidas de asentado del muro de ladrillo, enlucido de cielo raso con yeso y tarrajeo de muros en la construcción del condominio residencial torre del sol*. (tesis de pregrado). Universidad Andina del Cusco. Cusco. Disponible en: <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/351>.
- Cutipá, C. (2018). *Análisis del rendimiento de mano de obra de estructuras, mampostería y acabados del proyecto: mejoramiento y sustitución de la infraestructura educativa de la I.E. "Juan Jiménez Pimentel" – Tarapoto – San Martín*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Martín. Tarapoto. Disponible en: <http://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2698>.
- Economipedia. (12 de enero de 2020). *Producción*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/produccion.html>
- Entrepisos Lima. (2021). *Prelosas ligeras*. Disponible en: https://www.entrepisoslima.com.pe/images/PDF/PRELOSA_LIGERA.pdf.
- Flores, E., & Ramos, M. (2018). *Análisis y evaluación de la productividad en obras de construcción vial en la ciudad de Arequipa*. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín. Arequipa. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7548>.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2020). *Informe técnico de producción nacional N° 02*. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/02-informe-tecnico-n02-produccion-nacional-dic-2019.pdf>.
- Krzemiński, M. (2017). The scheduling of construction work under the assumption of brigade multitasking. *Procedia Engineering*, 208, 63-68. doi:10.1016/j.proeng.2017.11.021
- Li, X., Xu, J., & Zhang, Q. (2017). Research on Construction Schedule Management Based on BIM Technology. *Procedia Engineering*, 174, 657-667. doi:10.1016/j.proeng.2017.01.214
- Mamani, A. (2016). *Análisis y evaluación de la productividad en la construcción de una edificación aplicando la filosofía de Lean Construction*. (tesis de pregrado). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Juliaca. Disponible en: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/733>.
- Nestebý, A., Aarrestad, M., Lohne, J., & Bohne, R. (2016). Integration of BREEAM-NOR in Construction Projects: Utilizing the Last Planner System. *Energy Procedia*, 96, 100-111. doi:10.1016/j.egypro.2016.09.110
- Parada, J. (12 de julio de 2019). *Una gran oportunidad global para la construcción*. Obtenido de https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/07/10/companias/1562771073_899717.html
- Pérez, G., Del Toro, H., & López, A. (2019). Mejora en la construcción por medio de lean construction y building information modeling: caso estudio. *RITI Journal*, 7(14), 110-121. doi:10.36825/RITI.07.14.010

- Perú Construye. (2018). Elementos prefabricados: Piezas tecnológicas que optimizan la construcción. *Perú Construye*(51), 80-83. Obtenido de <https://peruconstruye.net/edicion-51/>
- Presidencia del consejo de ministros. (2020). *Decreto Supremo N° 117-2020-PCM*. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1035684/DS_117-2020-PCM.pdf.
- Serdar, D., & Syuhaida, I. (1 de marzo de 2019). *Offsite Manufacturing in the Construction Industry for Productivity Improvement*. Obtenido de <https://doi.org/10.1080/10429247.2018.1522566>
- Srinivas, K. (2019). Lean Construction in a Real Estate Project - A Case Study. *Journal of Construction Research*, 01(02), 25-29. doi:10.30564/jcr.v1i2.2577

ANEXOS

Anexo 1. Metrados del casco estructural

Elemento	Sótano 3	Sótano 2	Sótano 1	Semisótano	1° piso	2° piso	3° piso	4° Piso	Azotea	Sub total
Concreto										
Cimentaciones	112.99									112.99
Muros pantalla	48.26	111.97	111.97							272.20
Cisternas	72.50									72.50
Columnas	3.56	8.41	7.98	8.10	7.23	5.38	5.38	5.17	4.09	55.31
Placas	3.97	6.83	6.57	17.28	24.41	24.41	24.41	24.41	20.33	152.63
Vigas	4.35	36.89	46.23	36.71	34.15	32.39	33.03	42.91	23.65	290.32
Losas	24.07	75.73	80.61	40.66	36.84	36.84	38.14	45.94	13.06	391.90
Escaleras	2.90	2.26	2.26	1.91	3.20	1.91	1.91	4.99	-	21.36
									Total (m³)	1369.20
Encofrado										
Cimentaciones	248.30									248.30
Muros pantalla	379.65	379.65	176.25							935.54
Cisternas	442.69									442.69
Columnas	38.88	85.70	81.25	110.66	93.27	56.32	56.32	54.68	61.82	638.89
Placas	34.93	60.07	57.81	175.62	257.25	257.25	257.25	257.25	211.51	1568.95
Vigas	33.42	256.76	346.77	267.01	239.47	223.31	226.98	357.55	175.03	2126.30
Losas	135.86	553.80	544.51	325.30	313.89	313.89	317.53	319.94	132.44	2957.14
Escaleras	19.12	15.84	15.84	12.93	21.66	12.93	12.93	35.34	-	146.57
									Total (m²)	9064.38
Acero de refuerzo										
Cimentaciones	4445.36									4445.36
Muros pantalla	4222.25	10557.97	11372.14							26152.36
Cisternas	4611.11									4611.11
Columnas	1228.34	2593.34	2187.18	2278.98	1938.75	1370.35	1370.35	1288.60	1299.40	15555.29
Placas	1153.85	1868.84	1632.86	2810.67	3337.20	2930.71	2765.53	2651.65	1939.16	21090.49
Vigas	698.22	5950.13	7286.10	6419.09	6345.36	6088.53	6280.10	7469.94	3365.62	49903.06
Losas	1299.22	3599.83	4227.08	1884.98	1667.22	1667.64	2158.55	2570.67	540.21	19615.40
Escaleras	178.39	153.13	153.13	142.24	234.40	142.24	142.24	657.96	-	1803.73
									Total (kg)	143,176.79

Anexo 2. Panel fotográfico

Figura 14
Instalación de la Torre Grúa



Nota: Tomada de la empresa Urban System, 2020.

Figura 15
Muro pantalla de sótanos



Nota: Tomada de la empresa Urban System, 2020.

Figura 16
Encofrado de fondos y costados de vigas



Nota: Tomada de la empresa Urban System, 2020.

Figura 17
Colocación de aceros verticales



Figura 18
Llegada y colocación de prelasas



Nota: Tomada de la empresa Urban System, 2021.

Figura 19
Colocación instalaciones eléctricas



Figura 20
Colocación instalaciones sanitarias



Nota: Tomada de la empresa Urban System, 2021.

Figura 21
Vaceado de losas

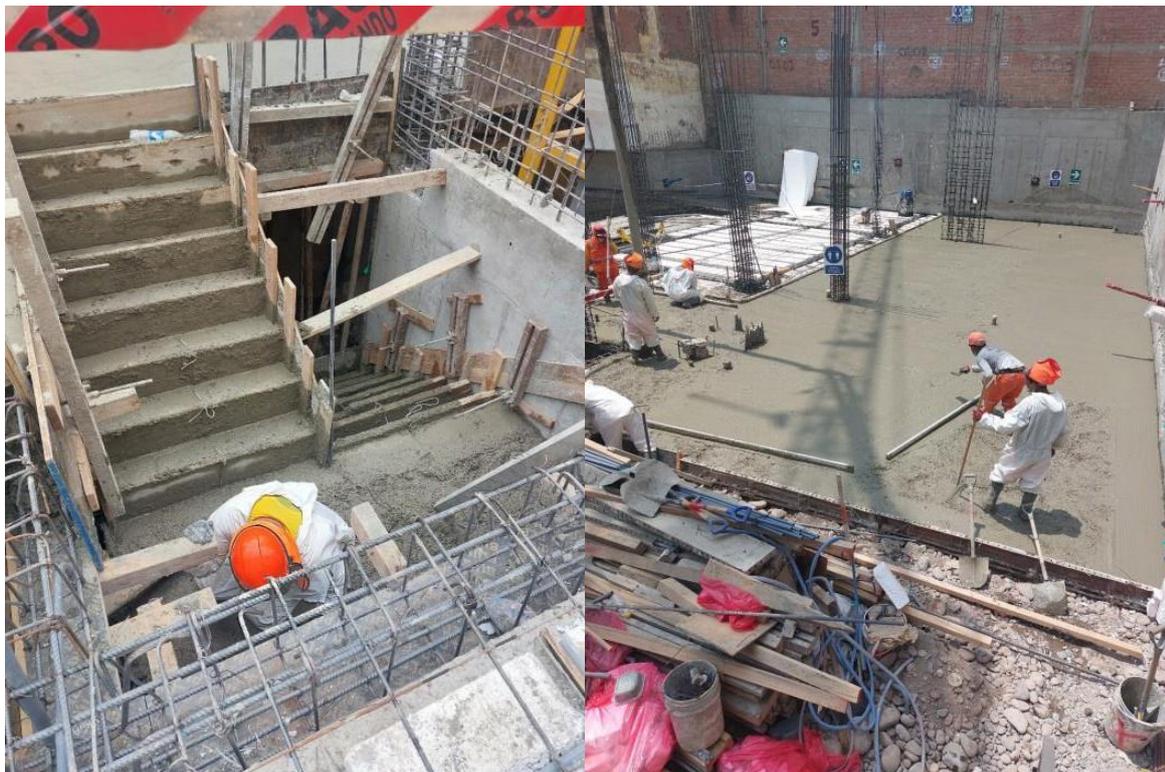
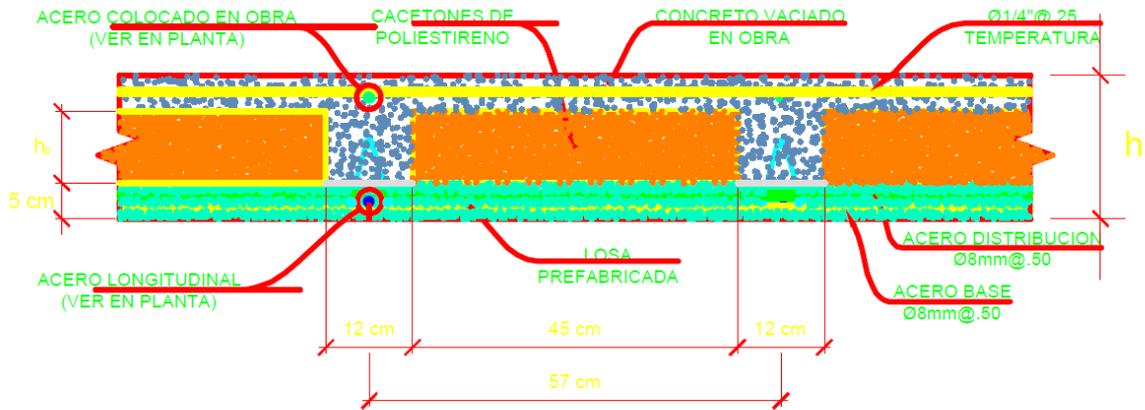
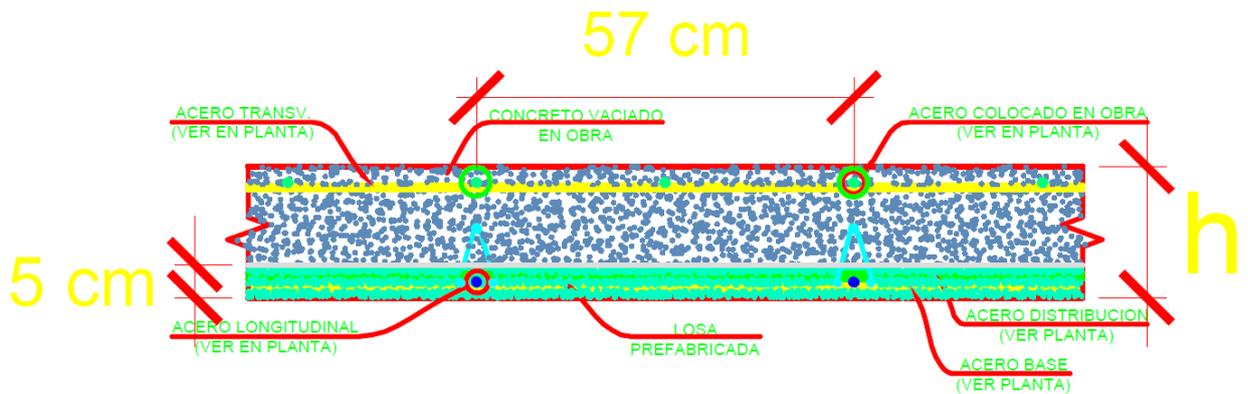


Figura 22
Detalle de prelosa



DETALLE DE PRELOSA ALIGERADA

Figura 23
Detalle de prelosa maciza



DETALLE DE PRELOSA MACIZA

Figura 23
Detalle de ensanche alterno

DETALLE DE ENSANCHE ALTERNO (EN PLANTA INDICA COMO ALT.)

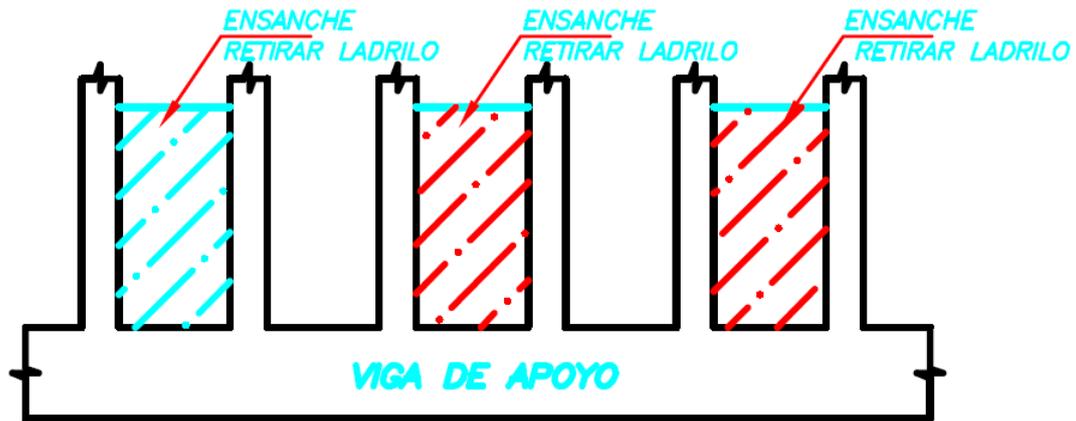


Figura 23
Detalle de acero continuidad prelosa maciza

DETALLE DE ACERO CONTINUIDAD PRELOSA MACIZA

