



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CONSTRUCTIVO DE PRELOSAS Y VIGUETAS TIPO TRALICHO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EDIFICACIONES

Línea de investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Chanco Gonzalo, Henry

Asesor:

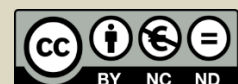
Pumaricra Padilla, Raúl Valentín
(ORCID: 0000-0002-7037-4396)

Jurado:

Jaramillo Tarazona, Francisco
Quintanilla Huayta, Dario
Yucra Ayala, Maddeley

Lima - Perú

2023



Reporte de Análisis de Similitud

Archivo:

1A--WORD-2023

Fecha del Análisis:

03 /02/2023

Analizado por:

ALAVI VALVERDE LILIANA MIRIAM

Correo del analista:

LALAVI@UNFV.EDU.PE

Porcentaje:

13 %

Título

ANALISIS COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CONSTRUCTIVO DE PRELOSAS Y VIGUETAS TIPO TRALICHO PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN EDIFICACIONES

Enlace:

<https://secure.arkund.com/old/view/150670808-135604-437232#FYxBDslwDAT/kvMKOY6bxP0K4oAqQD3QS4+lvzNIGWuzu/anvM+yXk1VlcGsDQIW6DBVnUfkRD4AC0kp/uDQpYogSalMudzEFkve+LYFOgyYkHLsoBS0gj7XPNXUTKFFXUNT6cquHEp03ITO/XXsz327H9ujrHap7tHMfNjsPrPO7w8=>



Walter Vargas Machuca Cartolín
MS. WALTER ALBERTO VARGAS MACHUCA CARTOLÍN

Jefe de la Oficina de Grados y Gestión del Egresado - FIC



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE UN SISTEMA CONSTRUCTIVO
DE PRELOSAS Y VIGUETAS TIPO TRALICHO PARA MEJORAR LA
PRODUCTIVIDAD EN EDIFICACIONES

Línea de Investigación:

Construcción sostenible y sostenibilidad ambiental del territorio

Modalidad de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero
Civil

Autor

Chanco Gonzalo, Henry

Asesor

Pumaricra Padilla, Raúl Valentín

ORCID: 0000 0002 7037 4396

Jurado

Jaramillo Tarazona, Francisco

Quintanilla Huayta, Dario

Yucra Ayala, Maddeley

Lima – Perú

2023

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a mis padres, Eduardo y Agueda quienes siempre confiaron en mí y me brindaron siempre su apoyo incondicional en mi vida profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme dado la vida y permitirme seguir alcanzando mis metas trazadas.

A mis padres, abuelos, tíos y hermano que siempre estuvieron brindándome su apoyo en mi formación profesional.

A mi alma mater la Universidad Nacional Federico Villarreal y a toda la plana docente que formaron parte de mi enseñanza en mi formación académica.

A Febita Yaranga que siempre estuvo insistiendo y apoyándome en el desarrollo de este trabajo

Al Ing. Ronny Canales por sus enseñanzas en el desarrollo de gestión y planificación de proyectos que me incentivaron a seguir esa línea de investigación de la construcción, por sus consejos para el desarrollo de este trabajo de investigación.

Al Ing. Pumaricra Padilla, Raúl Valentín por ser mi asesor y guiarme en el desarrollo de mi trabajo de investigación.

INDICE

I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 TRAYECTORIA DEL AUTOR.....	15
1.1.1 <i>Supervisor de la partida Agua Contra incendio.....</i>	<i>15</i>
1.1.2 <i>Supervisor de la partida de instalaciones eléctricas.....</i>	<i>16</i>
1.1.3 <i>Asistente de producción.....</i>	<i>17</i>
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	17
1.3 ORGANIGRAMA DE LA EMPRESA.....	18
1.4 ÁREAS Y FUNCIONES DESEMPEÑADAS.....	18
II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA.....	19
2.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
2.2 FORMULACIÓN DE PROBLEMA.....	21
2.2.1 <i>Problema general.....</i>	<i>21</i>
2.2.2 <i>Problemas específicos.....</i>	<i>21</i>
2.3 OBJETIVO.....	22
2.3.1 <i>Objetivo general.....</i>	<i>22</i>
2.3.2 <i>Objetivos específicos.....</i>	<i>22</i>
2.4 JUSTIFICACIÓN.....	22
2.5 MARCO TEÓRICO.....	23
2.5.1 <i>Antecedentes.....</i>	<i>23</i>
2.5.1.1 <i>Antecedentes nacionales.....</i>	<i>23</i>
2.5.1.2 <i>Antecedentes internacionales.....</i>	<i>26</i>
2.5.2 <i>Losas aligeradas convencionales.....</i>	<i>27</i>

2.5.2.1	Componentes del sistema convencional.....	28
2.5.2.2	Características técnicas de la losa aligerada convencional.	29
2.5.2.3	Características estructurales.	30
2.5.2.4	Funciones básicas de la losa convencional.	30
2.5.3	<i>Prefabricados en la construcción actual.....</i>	<i>31</i>
2.5.4	<i>Prelosas.</i>	<i>34</i>
2.5.4.1	Definición de prelosa.	34
2.5.4.2	Características de la prelosa.	35
2.5.4.3	Ventajas de la prelosa.....	37
2.5.4.4	Desventajas de la prelosa.	38
2.5.4.5	Principios de diseño.	38
2.5.4.6	Condiciones sísmicas.	40
2.5.4.7	Elevación y colocación:	44
2.5.5	<i>Viguetas.</i>	<i>45</i>
2.5.5.1	Definición de tralicho.....	45
2.5.5.2	Viguetas prefabricadas tipo tralicho.....	46
2.5.5.3	Bovedillas.....	49
2.5.5.4	Accesorios.	50
2.5.6	<i>Productividad </i>	<i>52</i>
2.5.6.1	Definición de productividad.....	52
2.5.6.2	Diagnóstico de la productividad en la construcción.....	53
2.5.6.3	Dimensiones de la productividad.	54
2.5.6.4	Diferencia entre productividad y rendimiento.	54

2.6	METODOLOGÍA.....	55
2.6.1	<i>Tipo de investigación.....</i>	55
2.6.2	<i>Nivel.....</i>	55
2.6.3	<i>Diseño de investigación.....</i>	55
2.6.4	<i>Población y muestra.....</i>	56
2.6.4.1	<i>Población.....</i>	56
2.6.4.2	<i>Muestra.....</i>	56
2.6.5	<i>Técnicas y fuentes de recolección de datos.....</i>	57
2.6.5.1	<i>técnicas de recolección de datos.....</i>	57
2.6.5.2	<i>Instrumentos de recolección de datos.....</i>	57
2.6.5.3	<i>criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos.....</i>	57
2.6.5.4	<i>procedimientos para la recolección de datos.....</i>	58
2.6.6	<i>técnica para el procesamiento y análisis de la información.....</i>	58
2.7	RESULTADOS.....	59
2.7.1	<i>Información general del proyecto.....</i>	59
2.7.1.1	<i>Localización.....</i>	59
2.7.1.2	<i>Descripción.....</i>	60
2.7.1.3	<i>Arquitectura del proyecto.....</i>	60
2.7.1.4	<i>Sistema estructural del proyecto.....</i>	64
2.7.1.5	<i>Cronograma de ejecución de obra a nivel de casco.....</i>	64
2.7.2	<i>Elección del sistema de losa.....</i>	65
2.7.3	<i>Desarrollo de las prelosas.....</i>	70
2.7.3.1	<i>Sectorización de los sótanos.....</i>	70

2.7.3.2	Proceso constructivo de las losas de los sótanos con prelosas.....	74
2.7.3.3	Número de cuadrillas	79
2.7.3.4	Tiempo de instalación	83
2.7.3.5	Análisis de precios unitarios para instalación de prelosas para la elaboración del índice semanal de producción.....	84
2.7.3.6	Costo de la partida.....	85
2.7.3.7	Tiempo de ejecución de los sótanos con prelosa.....	88
2.7.4	<i>Desarrollo de las viguetas tipo tralicho</i>	89
2.7.4.1	Sectorización de los pisos típicos.....	89
2.7.4.2	Proceso constructivo de las losas superiores con vigueta tralicho	93
2.7.4.3	Número de cuadrillas	98
2.7.4.4	Tiempo de instalación	103
2.7.4.5	Análisis de precios unitarios para instalación de viguetas y bovedillas para la elaboración del índice semanal de producción.	105
2.7.4.6	Costo de la partida.....	106
2.7.4.7	Tiempo de ejecución de los pisos superiores	109
2.8	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	111
2.8.1	<i>Tiempo de ejecución</i>	111
2.8.2	<i>Costo de instalación</i>	112
2.8.3	<i>Numero de cuadrillas</i>	112
III.	APORTES DESTACABLES A LA EMPRESA.....	113
IV.	CONCLUSIONES.....	114
V.	RECOMENDACIONES.....	115

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i> Detalles de cargas en losa según su espesor	30
<i>Tabla 2</i> Diferencia entre rendimiento y productividad	55
<i>Tabla 3</i> Ratio de instalación de prelosas	83
<i>Tabla 4</i> Análisis de Precio Unitario (APU) de colocación de prelosa	84
<i>Tabla 5</i> Plazos de cronograma contractual para sótanos 04, 03 y 02.....	88
<i>Tabla 6</i> Tiempo de ejecución de sótanos con sistema de prelosas.....	88
<i>Tabla 7</i> Ratio de cuadrilla inicial de colocación de viguetas y bovedillas.....	103
<i>Tabla 8</i> Ratio de cuadrilla definida de colocación de viguetas y bovedillas	104
<i>Tabla 9</i> Análisis de Precio Unitario (APU) de colocación de viguetas y bovedillas.....	105
<i>Tabla 10</i> Plazos de cronograma contractual para pisos superiores.....	109
<i>Tabla 11</i> Tiempo de ejecución de pisos superiores con viguetas y bovedillas.....	110

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1 Organigrama de la empresa.....</i>	18
<i>Figura 2 Estructura de una losa aligerada convencional.....</i>	29
<i>Figura 3 Fabricación de prelosas de manera industrial.....</i>	32
<i>Figura 4 Viguetas tipo tralicho.....</i>	33
<i>Figura 5 Prelosas.....</i>	33
<i>Figura 6 Estructura de una prelosa aligerada.....</i>	35
<i>Figura 7 Características típicas de las prelosas Betondecken.....</i>	37
<i>Figura 8 Acciones en un diagrama típico.....</i>	42
<i>Figura 9 Requerimiento por cargas sísmicas.....</i>	43
<i>Figura 10 Izaje de prelosa.....</i>	44
<i>Figura 11 Instalación de prelosa.....</i>	45
<i>Figura 12 Tralicho en una vigueta.....</i>	46
<i>Figura 13 Colocación de viguetas.....</i>	48
<i>Figura 14 Colocación de bovedillas.....</i>	48
<i>Figura 15 Bovedillas de arcilla.....</i>	49
<i>Figura 16 Bovedillas de concreto.....</i>	50
<i>Figura 17 Accesorios usados en las losas con viguetas tipo tralicho.....</i>	51
<i>Figura 18 Accesorios usados en instalaciones eléctricas.....</i>	51
<i>Figura 19 Accesorios usados en instalaciones sanitarias.....</i>	52
<i>Figura 20 Ubicación en planta del Proyecto Eco 28.....</i>	59
<i>Figura 21 Elevación de la fachada del proyecto multifamiliar.....</i>	61
<i>Figura 22 Elevación del corte longitudinal del proyecto multifamiliar.....</i>	62

<i>Figura 23 Elevación del corte transversal del proyecto multifamiliar</i>	63
<i>Figura 24 Cronograma de obra del proyecto de la etapa de casco</i>	65
<i>Figura 25 Imagen de prelosas</i>	66
<i>Figura 26 Imagen de vigueta tipo tralicho</i>	67
<i>Figura 27 Imagen de vigueta prefabricada</i>	68
<i>Figura 28 Imagen de una losa aligerada convencional</i>	69
<i>Figura 29 Sectorización de los sótanos</i>	71
<i>Figura 30 Metrado de concreto con sectorizaciones similares</i>	72
<i>Figura 31 Metrado de encofrado con sectorizaciones similares</i>	73
<i>Figura 32 Programación semanal de torre grúa</i>	75
<i>Figura 33 Programación semanal de los elementos verticales</i>	76
<i>Figura 34 Encofrado y vaciado de elementos verticales</i>	77
<i>Figura 35 Programación semanal los elementos horizontales</i>	78
<i>Figura 36 Encofrado de vigas y fondo para prelosa</i>	78
<i>Figura 37 Programación semanal de la instalación de prelosas y partidas de casco</i>	79
<i>Figura 38 Instalación de prelosas en sótanos</i>	80
<i>Figura 39 Trabajos de instalaciones en prelosas</i>	81
<i>Figura 40 Vaciado de concreto en prelosas</i>	82
<i>Figura 41 Acabado de piso con lisadora</i>	82
<i>Figura 42 Índice semanal de producción (ISP), inicio de colocación de prelosa</i>	85
<i>Figura 43 Índice semanal de producción (ISP), final de colocación de prelosa</i>	86
<i>Figura 44 Índice semanal de producción (ISP), acumulativo de colocación de prelosa</i>	87
<i>Figura 45 Sectorización de los pisos típicos</i>	90

Figura 46 <i>Metrado de encofrado pisos impares con sectorizaciones similares</i>	91
Figura 47 <i>Metrado de encofrado pisos impares con sectorizaciones similares</i>	91
Figura 48 <i>Metrado de concreto en piso impares con sectorizaciones similares</i>	92
Figura 49 <i>Metrado de concreto en piso pares con sectorizaciones similares</i>	92
Figura 50 <i>Programación inicial de la llegada de viguetas y bovedillas</i>	94
Figura 51 <i>Programación final de la llegada de viguetas y bovedillas</i>	95
Figura 52 <i>Programación semanal inicial de los elementos verticales</i>	96
Figura 53 <i>Programación semanal final de los elementos verticales</i>	96
Figura 54 <i>Encofrado de elementos verticales</i>	97
Figura 55 <i>Vaciado de elementos verticales</i>	97
Figura 56 <i>Programación semanal de los elementos horizontales e instalación de viguetas</i>	98
Figura 57 <i>Encofrado de vigas para instalación de viguetas</i>	99
Figura 58 <i>Encofrado de losa para instalación de viguetas</i>	99
Figura 59 <i>Instalación de viguetas tipo tralicho en pisos típicos</i>	100
Figura 60 <i>Instalación de bovedillas en pisos típicos</i>	100
Figura 61 <i>Trabajos de instalaciones sanitarias, eléctricas</i>	101
Figura 62 <i>Trabajos de colocación de acero</i>	101
Figura 63 <i>Vaciado de concreto en pisos típicos</i>	102
Figura 64 <i>Acabado de vaciado en pisos típicos</i>	102
Figura 65 <i>Índice semanal de producción (ISP), inicio de colocación de viguetas y bovedillas</i>	106
Figura 66 <i>Índice semanal de producción (ISP) fin de colocación de viguetas y bovedillas</i>	107
Figura 67 <i>Índice semanal de producción (ISP) acumulado de colocación de viguetas y bovedillas</i>	108

RESUMEN

El presente trabajo de suficiencia profesional ha tenido como objetivo analizar el sistema constructivo de un edificio multifamiliar con los sistemas de prelosas y viguetas tipo tralicho. La metodología que se usó fue de tipo cuantitativo, descriptivo y explicativo, y nuestro diseño de investigación utilizado es de tipo experimental. Se usó datos de horas hombre y metrado ejecutados diariamente para ser procesados y obtener el nivel de productividad de las cuadrillas, y así se logró disminuir el plazo de ejecución del cronograma contractual en un 28% con el sistema de prelosas y un 12.19% con las viguetas tipo tralicho. Así mismo en las partidas de colocación de prelosas se logró ahorrar un 66.37% del presupuesto y en la colocación de viguetas tipo tralicho se usó un 5.24% más del presupuesto. De todo esto se concluye que ambos sistemas son recomendables para su aplicación en las edificaciones ya que se demostró que se pueden reducir los tiempos de ejecución, pero el sistema de prelosas es el más eficiente en el tema de trabajabilidad ya que usa menos recursos para su instalación, pero todo esto dependerá mucho del proyecto y del cliente, ya que en nuestro caso solo nos dejaron usar prelosas en los sótanos y no en los pisos superiores por lo que se optó como mejor alternativa el uso de las viguetas tipo tralicho en coordinación con el área técnica.

Palabra clave: prelosas, tralicho, productividad, bovedillas, índice semanal de producción (isp).

ABSTRACT

The present work of professional sufficiency has had as objective to analyze the constructive system of a multi-family building with the systems of pre-slabs and joists type tralicho. The methodology used was quantitative, descriptive and explanatory, and our research design used is experimental. Data of man hours and meter executed daily were used to be processed and obtain the level of productivity of the crews, and thus it was possible to reduce the execution time of the contractual schedule by 28% with the pre-slab system and 12.19% with the tralicho type joists. Likewise, in the pre-slab placement items, it was possible to save 66.37% of the budget and in the placement of tralicho joists, 5.24% more of the budget was used. From all this it is concluded that both systems are recommended for their application in buildings since it was shown that execution times can be reduced, but the pre-slab system is the most efficient in terms of workability since it uses fewer resources for its construction. installation, but all this will depend a lot on the project and the client, since in our case they only allowed us to use pre-slabs in the basements and not on the upper floors, so the use of tralicho type joists was chosen as the best alternative in coordination with the technical area.

Key word: pre-slabs, tralicho, productivity, vaults, weekly production index (isp).

I. INTRODUCCIÓN

A pesar de la importancia de la construcción en nuestro país, es incomprensiblemente uno de los sectores que menos desarrollo ha obtenido en comparación con la mayoría de los países latinoamericanos convirtiéndose en una actividad caracterizada por grandes deficiencias y falta de efectividad. Es por ello que las empresas constructoras peruanas se encuentran en desventaja frente a los mercados de la economía internacional.

Por estas razones, se ha vuelto de suma importancia desarrollar una adecuada gestión de los recursos involucrados en la construcción con la finalidad de controlar los desperdicios y la productividad.

La losa aligerada es uno de los sistemas que más se utilizan en la construcción, debido a que se usan con la finalidad de conseguir estructuras más livianas y económicas. Las losas son de distintos tipos: losas macizas (las que llevan acero y concreto) y losas aligeradas (tienen el beneficio de reducir los efectos de las fuerzas originadas por la acción de los sismos), por lo tanto, cuanto más aligerados estén estos techos pueden reducir las dimensiones de las cimentaciones y de otros sistemas de la estructura portante de las edificaciones.

1.1 Trayectoria del Autor

Bachiller de Ingeniería Civil, con conocimiento en proyectos de edificios multifamiliares tanto en el área de instalaciones como la parte de ejecución del proyecto. En el área de instalaciones realicé: ejecución, control, calidad y seguimiento del avance en las partidas de instalaciones eléctricas y en el sistema contra incendio en la etapa de casco; en la parte ejecutora me desempeñé en el área de producción realizando planificación (sectorización, cronograma general e hitos del proyecto), ejecución (look ahead, planificación semanal y diaria) y control (tarea diario, registro de metrados realizados y manejo del índice semanal de producción) en los trenes de trabajo en la etapa de casco, seguimiento al personal para maximizar productividad, manejo de contratistas para el cumplimiento de programaciones semanales.

1.1.1 Supervisor de la partida Agua Contra incendio

Empresa: FORWARD IMPORTS S.A

Proyecto: “Edificio Multifamiliar Los Ficus”

Ubicación: Distrito de Jesús María – Lima – Lima.

Periodo: (06/2019 – 09/2020).

- Responsable de la planificación y coordinación con el personal directo en obra.
- Verificación y compatibilización constante de los planos de obra con lo instalado en campo.
- Encargado del control de materiales, herramientas y suministros.
- Coordinación constante con el usuario de modificaciones surgidas durante la ejecución con la autorización del ingeniero de Producción.
- Revisión constante del avance de obra en campo.

- Encargado de la elaboración de protocolos de prueba de presión en las tuberías de Polipropileno y acero.
- Responsable de la elaboración de Planos AS BUILD.

1.1.2 Supervisor de la partida de instalaciones eléctricas

Empresa: LUMBRERAS CONSTRUCCIONES & PROYECTOS S.A

Proyectos: “Edificio Multifamiliar Le Saule Deux 02”, “Edificio Multifamiliar Geranio”, “Edificio Multifamiliar Social Tree”

Ubicación: Distritos de Lince y Jesús María – Lima – Lima.

Periodo: (10/2020 – 02/2022).

- Encargado de la planificación y coordinación directo con el personal en obra.
- Responsable de la verificación y compatibilización constante de los planos de obra con lo ejecutado.
- Encargado del control de materiales, herramientas y suministros.
- Coordinación constante con las demás especialidades llegando a mutuo acuerdo para evitar cualquier complicación en el trabajo.
- Seguimiento constante del avance de obra en campo.
- Encargado de la elaboración de Planos AS BUILD.
- Participación en el uso del tablero Kanban en las programaciones diarias de los trabajos de I.I.EE.
- Uso de la Metodología Kaisen para el seguimiento de rendimiento al personal.

1.1.3 Asistente de producción

Empresa: AYA EDIFICACIONES SAC

Proyectos: “Edificio Multifamiliar Eco 28

Ubicación: Distritos de Miraflores – Lima – Lima.

Periodo: (02/2022 – Actualidad).

- Encargado del seguimiento y cumplimiento de las programaciones semanales (ppc y look ahead)
- Programación, reajuste y seguimiento a los pedidos diarios y semanales de concreto premezclado.
- Elaboración semanal de los índices semanales de producción (ISP).
- Control diario de los rendimientos del personal.
- Coordinación constante para la liberación de las actividades con el área de calidad y supervisión.

1.2 Descripción de la empresa

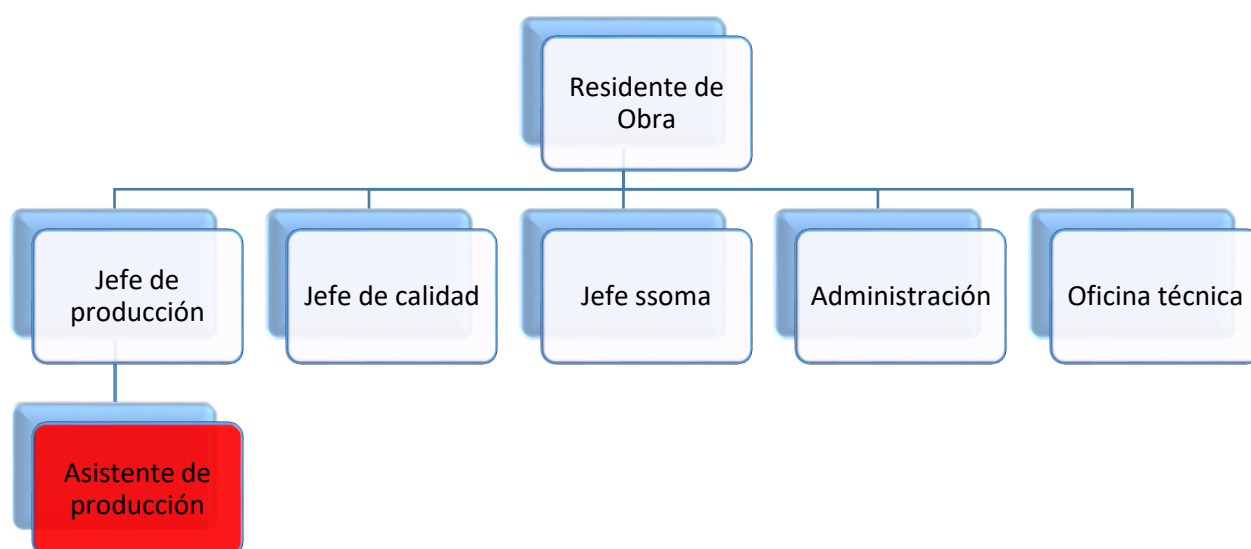
AYA EDIFICACIONES S.A.C. grupo empresarial con más de 20 años de experiencia en el sector construcción brindando servicios de ingeniería, ejecución y equipamiento en edificaciones e infraestructura y a su vez también es especialista en instalaciones eléctricas y sanitarias y sistema contra incendios.

1.3 Organigrama de la empresa

En la figura 01 se muestra el organigrama de la empresa donde mi cargo desempeñado era el de asistente de producción.

Figura 1

Organigrama de la empresa



Nota: Elaboración propia

1.4 Áreas y funciones desempeñadas

Desempeñé mis labores en el área de producción como asistente en la ejecución de la etapa de casco del proyecto, realizando coordinaciones tanto técnicas como el control del proceso constructivo y de la logística para poder entregar en los plazos establecidos la etapa de casco.

II. DESCRIPCIÓN DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

2.1 Planteamiento del problema

A lo largo del tiempo la construcción de viviendas multifamiliares ha ido desarrollándose de tal manera que fueron apareciendo diferentes formas y métodos para la mejora de su ejecución, tal como los sistemas prefabricados, metodologías del BIM y Lean Construction, etc. Es por ello que uno de los principales retos de la construcción actual es el de optimizar los procesos constructivos en tiempo y costo es por eso que varias empresas han decidido apostar por nuevos sistemas que impliquen tecnología e industrialización para la construcción de sus entresijos tales como las losas aligeradas con viguetas prefabricadas y prelosas. Es necesario estudiar estos sistemas constructivos debido a que estos prefabricados aportan grandes ventajas para construir edificaciones completas gracias a su práctica elaboración y colocación en obra, además de la optimización de los procesos, el ahorro económico y mayor calidad en los acabados y todo esto suma a que los proyectos optimicen sus plazos de ejecución y reducción de costos.

La industrialización en la construcción se viene desarrollando hace 30 años en el Perú, pero tomando fuerza recién en las últimas décadas y son las empresas Beton Decken y Entresijos – Lima quienes vienen liderando la fabricación de losas de entresijo prefabricados en reemplazo al sistema de losas tradicionales (maciza o aligerada). Inicialmente señala Guillén (2016) que estos sistemas de prelosas solo se utilizaban en la construcción de sótanos de edificios multifamiliares y en toda la estructura siempre fueran edificios destinados a oficinas, debido a que una de las desventajas para uso de unidades inmobiliarias era las juntas entre prelosas durante la etapa de post venta y esto generase malestar a los propietarios y mayor sobre costo a las empresas inmobiliarias. Sin embargo las empresas Beton Decken y Entresijos – Lima han adecuado a las prelosas de tal forma que ya se están usando en la construcción de viviendas, tal es el caso de la

empresa Beton Decken que ha adaptado a sus prelosas aligeradas de tal forma que cuenta con tralichos en los bordes que permiten en obra realizar en obra una costura con varillas de aceros transversales y asegurando así la continuidad de los elementos y reduciendo la posibilidad de fisuras en la unión, y en el caso de la empresa Entrepisos – Lima se retira el poliestireno de la parte superior 20 cm a cada lado para que la junta solo quede entre prelosas y tenga una profundidad de 5cm (espesor de la prelosa) y el resto sea concreto macizo, adicional a esto también se coloca varillas de acero transversales cada 25cm para dar mayor resistencia a tracciones futuras. Finalmente, en ambos casos se les realiza un tratamiento posterior a las juntas por la parte inferior (cielo raso), utilizando un mortero premezclado con pegamento para porcelanatos previa aplicación de un aditivo de liga como el Acryl Binder y adicional a esto durante la etapa de empastado se puede colocar en la junta una malla para reducir más la posibilidad de fisuramiento. Es de esta manera que ahora ya se viene utilizando prelosas macizas y aligeradas en edificaciones multifamiliares.

Actualmente Beton Decken viene ejecutando alrededor de 2 000 000 de m² de prefabricados desde sus inicios para los diferentes tipos de proyectos siendo sus principales clientes estratégicos Produktiva Constructiva, Grupo Creativa, Estremadoyro y Fassioli C.G.S.A, Madrid Ingenieros, MDP Construcciones SAC, Abril Grupo Inmobiliario, etc. De la misma forma Entrepisos – Lima según la revista Constructivo este año tiene proyectado la venta de 60 000 m² de prefabricados destinados a edificaciones multifamiliares, oficinas, estacionamientos y comercios cifra que tiene previsto alcanzar ya que cuenta con ventas calculadas de entre 12 000 a 13 000 m² mensuales de prefabricados. Con lo que respecta a nuestra situación actual la revista COSTOS (2020) señala que los elementos prefabricados están alcanzando mayor notoriedad en las obras de construcción debido a que las empresas inmobiliarias y constructoras vienen

experimentando en sus propios proyectos las grandes ventajas que genera el uso de este tipo de elementos constructivos. Es por ello que nuestro trabajo se enfoca en la importancia del estudio de estos elementos y como actualmente se viene desarrollando la ingeniería conceptual de nuevos productos que se desarrollen en distintas especialidades, como la arquitectura, diseño vial, diseños estructural e hidráulico, y así asegurar la rentabilidad de los proyectos.

2.2 Formulación de problema

2.2.1 Problema general

¿De qué manera influye en los costos y tiempos la instalación y colocación de las prelosas y viguetas tipo tralicho y de esa manera mejorar la productividad de las cuadrillas?

2.2.2 Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son las consideraciones que se deben tener en cuenta para reducir el tiempo de instalación y colocación de las prelosas y viguetas tipo tralicho?
- b. ¿Cuánto puede reducirse los costos en la instalación y colocación de prelosas y viguetas tipo tralicho?
- c. ¿De qué manera influye la productividad de las cuadrillas en la instalación y colocación de prelosas y viguetas tipo tralicho?

2.3 Objetivo

2.3.1 Objetivo general

Realizar un comparativo en costo y tiempo en la instalación y colocación de los sistemas de prelosas y viguetas tipo tralicho para mejorar la productividad de las cuadrillas que realizan estas actividades.

2.3.2 Objetivos específicos

- a. Determinar la reducción del tiempo de instalación entre los sistemas constructivos de losas con prelosas y viguetas tipo tralicho en proyectos de edificaciones.
- b. Determinar la reducción de costos en la partida de colocación e instalación de prelosas y viguetas tipo tralicho en proyectos de edificaciones.
- c. Mejorar la productividad de las cuadrillas en la instalación de prelosas y viguetas tipo tralicho en proyectos de edificaciones.

2.4 Justificación

El presente trabajo de suficiencia profesional se justifica en proporcionar los resultados de acuerdo a los objetivos de estudios para determinar la eficiencia de los sistemas de construcción con prelosa y viguetas tipo tralicho.

Con la aplicación del sistema de prelosa y viguetas tipo tralicho se buscará reducir los costos optimizando la mano de obra, plazo de ejecución y materiales utilizados para mejorar la rentabilidad y producción para de esa manera generar mayores utilidades a la empresa.

2.5 Marco teórico

2.5.1 Antecedentes

2.5.1.1 Antecedentes nacionales

En principio se ha considerado como fuente de referencia la investigación de Yarasca (2021) quien analizó la influencia de las prelosas en los sistemas de construcción respecto al sistemas de losas convencionales para determinar la diferencia de tiempo de ejecución y así mismo cuantificar la diferencia económica entre ambos sistemas. El cual dedujo que el sistema constructivo de prelosas influye positivamente debido a que en los procesos de construcción se usa menor cantidad de encofrados, reducción de las actividades de vaciado e instalación de acero, el cual le permitió optimizar el tiempo de ejecución de la obra.

Estos resultados sirvieron de guía para el desarrollo del presente trabajo, el cual está direccionado en la aplicación de las prelosas, que en teoría debe reducir los tiempos de ejecución y optimizar los recursos para generar rentabilidad, y fue así que se llegó a los resultados siguientes: se logró ahorrar 14 días del plazo total de la obra e igualmente se logró un ahorro económico del 0.46% del costo directo de la edificación.

Asimismo, nos guiamos del trabajo de investigación de Puicón y Vásquez (2018) quienes realizaron el estudio sobre la losa aligerada en la autoconstrucción y que usaron para su desarrollo los tres sistemas con más demanda en el mercado como son: el sistema convencional, el sistema de vigueta pretensada y el sistema de vigueta tralicho. Los cuales fueron evaluados técnica y económicamente, de modo que al realizar la comparación de los tres sistemas concluyeron que la mejor alternativa de losa aligerada es el sistema de vigueta pretensada, ya que representaba mejora en los aspectos técnicos (se lograba ahorrar en un 80% el uso de maderas y aceleraba el proceso

de encofrado en un 40% respecto al sistema convencional), económicos (representaba un ahorro del 30% del costo directo frente al sistema convencional y de 14% del costo directo frente al sistema vigueta tralicho) y calidad del concreto (resistencia adecuada del concreto).

Este trabajo determinó que la mejor alternativa es la vigueta pretensada, pero para nuestro proyecto se utilizó las viguetas tipo tralicho (por solicitud del cliente) y sólo nos sirvió para tener en cuenta la parte teórica más los procedimientos técnicos en el sistema de viguetas tipo tralicho.

En relación a las ventajas y aplicación del uso de sistema de prelosas, Betondecken (2016) señala:

El sistema de prelosas es versátil y adaptable para su uso en una gran variedad de estructuras, incluyendo desarrollos residenciales y comerciales de poca altura, estructural de mucha altura enmarcadas en acero y concreto, cubiertas de puentes, alcantarillas y otras aplicaciones civiles. Generalmente, satisfaciendo la mayoría de losas reforzadas suspendidas. (p. 06)

Tomando como base teórica el sistema de prelosas Betondecken se define que la función más rentable es que su instalación y colocación es la más rápida (instalación de hasta 150m² por hora con la torre grúa), disminuye el uso de encofrado (las prelosas proveen tanto la plataforma de trabajo como parte de la losa completa), se reduce el apoyo (hay una reducida necesidad de apoyo, comparado con el encofrado tradicional), es limpio y seguro (se requiere menos partidas resultando una obra menos desordenada), estructura más liviana (el uso de poliestireno reduce el peso propio de la losa; provee ahorro de costos en cimientos, columnas y vigas; los bloques de poliestireno también disminuye el volumen de concreto), presenta un acabado liso (se pinta de manera directa solo sellando las juntas de las prelosas), se puede usar como encofrado de balcón (elimina encofrado y andamios de borde costosos).

Para tener una buena productividad del personal se debe tener un flujo continuo de trabajo, es por eso que Percca (2015) describe que el análisis comparativo de la construcción de la etapa de casco que desarrolló en su proyecto fue realizado con más del 70% de prefabricados de concreto frente al sistema convencional. Este estudio concluyó que después de haber ejecutado todo el proceso constructivo y haber calculado los ratios del área construida de obra se obtuvo que el primer sistema es casi tres veces más rápido que vaciando en obra, es decir, la principal ventaja recae al tener flujo continuo de trabajo.

Para Puente y Valladares (2021) el uso de losas prefabricadas de concreto tiene como finalidad reducir las restricciones en la ejecución de edificios multifamiliares en el cual concluyeron que el uso de un sistema de prelosas reemplazando a un sistema de losa convencional influye positivamente en la ejecución de los plazos (se logró optimizar 14 días del plazo de ejecución) debido que se elimina las partidas de encofrado y tarrajeo, de la misma manera en el aspecto económico se logró ahorrar un 26.63% respecto al presupuesto del sistema convencional.

Asimismo, Calderón (2020) en su estudio presenta el análisis y evaluación de los factores y agentes con mayor incidencia observados en el cambio del sistema de losas convencionales al uso de prelosas prefabricadas y esto le permitió crear una base de información, la cual fue estudiada para identificar los causales de las desviaciones del plan de trabajo establecido. La experiencia del equipo de trabajo, así como la planificación son los factores más incidentes durante la ejecución del nuevo sistema constructivo. A su vez señala que los agentes de mayor importancia es la propia contrata seguida del proveedor de los elementos prefabricados.

Según Gómez et al. (2015) para la realización del proyecto de uso multifamiliar emplearon los principios del sistema de Lean Construction para optimizar los recursos. Este trabajo se centra

en la aplicación de la filosofía Lean Construction como método de planificación, ejecución y control del proyecto para mejorar la productividad sin pérdida de tiempo y costo.

Si bien es cierto el presente trabajo no está relacionado directamente con el Lean Construction, sin embargo, se está usando de manera indirecta al usarlo como herramienta para la planificación en la ejecución del cronograma y tener una mayor rentabilidad aumentando la productividad del personal.

Para Quiroz (2019) quien plantea el análisis del desempeño estructural, tiempo y costos para los sistemas prefabricados en edificaciones para oficinas concluye que el uso del sistema de prelosas es el adecuado debido a que su extensa capacidad estructural brinda espacios amplios y respecto al tiempo de ejecución la programación tiene menos probabilidad de experimentar variaciones, además de ser un sistema ideal para una planificación tipo tren de trabajo.

2.5.1.2 Antecedentes internacionales

Según Novas (2010) sostiene que los sistemas industrializados tienen la potencialidad de operar con niveles inferiores de costos si las escalas de producción fueran mayores. Es por eso que señala que la prefabricación es el único modo industrial de acelerar masivamente la construcción de edificaciones, para poder resolver un problema acumulado desde hace algunos años, pero la producción de materiales alternativos y los sistemas de bajo costo son una opción en las construcciones para el incremento del fondo de edificaciones destinadas a viviendas y oficinas.

Según Quintero y Guerrero (2020) en su investigación analizan el comportamiento y diseño de elementos estructurales prefabricados en concreto en donde se detallan los aspectos generales concernientes a estos tipos de elementos en cuanto a su diseño, fabricación, instalación y las diferencias que presentan con los elementos construidos convencionalmente. El desarrollo de esta investigación permite la difusión de la construcción con elementos prefabricados ya que se ha

demostrado ser una alternativa viable y confiable en muchos proyectos de edificios y en numerosas obras civiles en Colombia.

Para Blandón y Gonzales (2019) evalúan la viabilidad de la implementación de un sistema estructural con elementos en concreto prefabricado para edificaciones en Colombia con el fin de concluir si en caso de ser viable la implementación de dicho sistema resulta más económica y presenta lapsos de tiempo e intervención humana en obra menores. el cual concluye que usando los elementos de concreto prefabricado en el proceso constructivo resulta altamente beneficioso en construcciones como: supermercados, edificios, hoteles, almacenes, etc., ya que se requiere ejecutarse en el menor tiempo posible. Otro beneficio que se puede mencionar es que su uso aporta en la limpieza de la obra debido a que la fabricación de estos elementos es más controlada y a medidas exactas no requieren de modificaciones. Es decir que los desperdicios generados en obra son menores en comparación al sistema convencional.

2.5.2 Losas aligeradas convencionales

La losa aligerada es uno de los sistemas que más se utilizan en el sector de la construcción. Debido a que se usan con la finalidad de conseguir estructuras más livianas y económicas. Las losas son de distintos tipos: losas macizas (las que llevan acero y concreto), y losas aligeradas (tienen el beneficio de reducir los efectos de las fuerzas originadas por la acción de los sismos), por lo tanto, cuanto más aligerados estos techos, pueden reducir las dimensiones de las cimentaciones y de otros sistemas de la estructura portante de las edificaciones (SENCICO, 2014).

2.5.2.1 Componentes del sistema convencional.

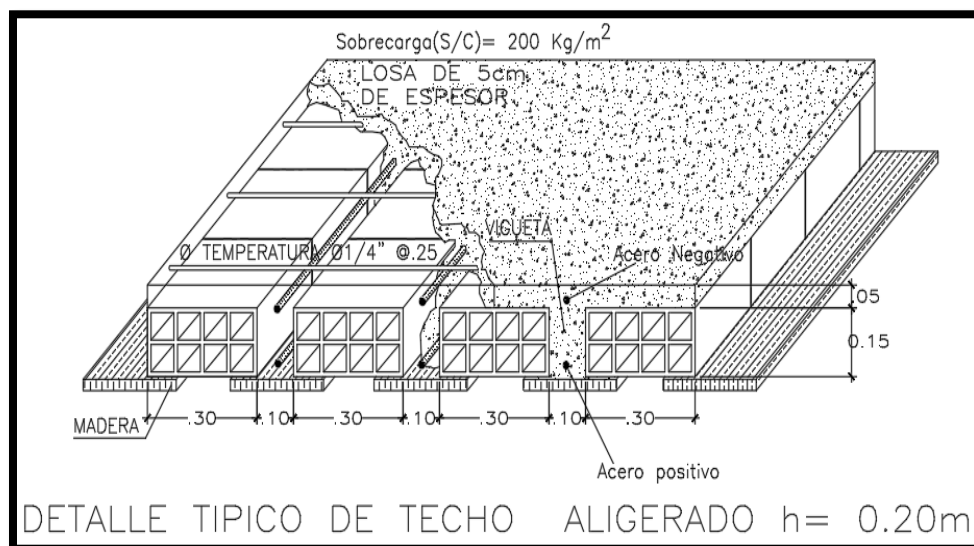
Las losas aligeradas se componen de la siguiente manera:

- **Viguetas:** Las viguetas se preparan in situ sobre el encofrado y están separados cada 40cm.
- **Encofrado:** Para la colocación del acero y el vaciado del concreto se debe colocar tablas, pies derechos, frisos, mano de obra.
- **Acero de refuerzo:** Estos elementos se colocan en cada vigueta y en las zonas que se indique en los planos de estructuras (techo aligerado). Además, está incluido la colocación del acero de temperatura.
- **Complemento:** El complemento en este caso es el ladrillo de arcilla, las dimensiones son de 30x30cm, con alturas que varían de acuerdo al diseño de 12, 15, 20 y 25cm. Cabe recalcar que estos complementos pueden ser de otros tipos de materiales como por ejemplo los casetones (tecnopor), etc.
- **Losa:** El vaciado del concreto genera una estructura monolítica entre la vigueta y la losa de compresión.

La **figura 02** muestra cada uno de los componentes de una losa convencional.

Figura 2

Estructura de una losa aligerada convencional



Nota: Elaboración propia

Tal como se puede apreciar en la **Figura 02** se muestra la cantidad de tablonés que se requieren para el encofrado y en la mayoría de los casos el concreto para el vaciado se prepara in situ y todo esto influye en los tiempos programados y no solo eso, sino que también se genera horas muertas en el personal operativo al no tener un flujo de trabajo.

2.5.2.2 Características técnicas de la losa aligerada convencional.

Los materiales que se usan en este sistema por lo general son habilitados en la misma obra tal como la madera que se usa para el encofrado, el habilitado del acero inferior, superior,

balancines, bastones y de temperatura, la colocación de los ladrillos. Al estar listo la losa el vaciado de concreto se puede realizar con mezcladora (no se garantiza la calidad y resistencia del concreto) o concreto pre mezclado (mayor confiabilidad en la calidad y resistencia del concreto).

2.5.2.3 Características estructurales.

Las principales cargas que actúan son el peso propio de la losa que está en función a su espesor de diseño y agregado las cargas de gravedad se obtiene la carga muerta de la estructura.

En la **tabla 01** se detalla las características de las losas según su altura.

Tabla 1

Detalles de cargas en losa según su espesor

Altura	Peso	Ladrillo	Concreto
(cm)	(kg/cm²)	(unid/m²)	(m³/m²)
17	280	8.33	0.080
20	300	8.33	0.090
25	350	8.33	0.100
30	420	8.33	0.113

Nota. El peso y la cantidad de concreto por m² varía de acuerdo con el espesor de la losa y la cantidad de ladrillo se mantiene por m² en los diferentes espesores de losa. Adaptado de “Evaluación teórica del sistema de prelosas ante losas aligeradas convencionales” (p.7).

2.5.2.4 Funciones básicas de la losa convencional.

Las losas aligeradas convencionales básicamente cumplen 03 funciones:

- Transmitir el peso de los acabados, su mismo peso, el peso de los muebles, el de las personas y otros, hacia los muros o vigas.
- Transmitir las fuerzas producidas por los terremotos hacia los muros.
- Unión con otros elementos estructurales tales como columnas vigas y muros. De esta manera toda la estructura trabaja en conjunto como si fuera una sola masa.

2.5.3 Prefabricados en la construcción actual.

Los elementos prefabricados son tecnologías inteligentes e industrializadas que se usan para construir cualquier tipo de obra ya sea una edificación o infraestructura con una alta calidad, eficiencia energética, rentabilidad y seguridad. La creación de estos elementos prefabricados se lleva gracias a la idea de industrializar la construcción y la principal característica es que la producción de estos elementos se realiza en un lugar diferente (planta) y cuando estos elementos llegan a alcanzar la resistencia para su manejo, son removidos de sus moldes y trasladados al proyecto. (Perú Construye, 2018).

Tal como se indica el proceso de prefabricación como la fabricación industrial (como se muestra en la **figura 03**) fuera de la obra de partes de la construcción aptas para ser utilizadas mediante distintas acciones de montaje. En este sentido se va a considerar que un elemento o sistema prefabricado es aquel que puede ejecutarse en obra (in situ) o en una fábrica especializada y luego ser trasladada a obra (producto industrial).

Figura 3

Fabricación de prelosas de manera industrial



Nota: Nordimpiante concrete Experience

Para la ejecución de una losa aligerada, existen nuevas tecnologías que ayudan a que su ejecución permita reducir costos de materiales y de mano de obra. Dentro de los elementos que conforman una losa, son las prelosas y viguetas tipo tralicho. En la **figura 04 y 05** se muestra la instalación de la prelosa y viguetas tipo tralicho respectivamente.

Figura 4

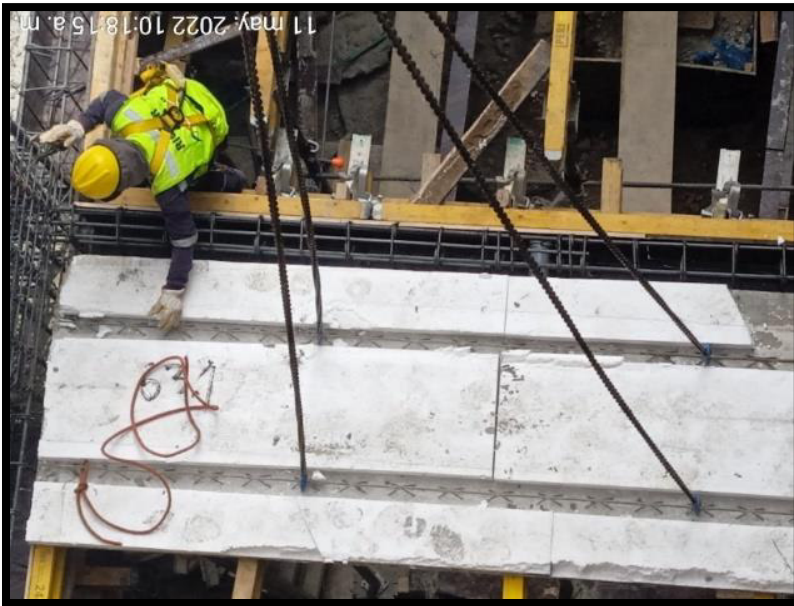
Viguetas tipo tralicho



Nota: Elaboración Propia

Figura 5

Prelosas



Nota: Elaboración propia

2.5.4 Prelosas.

2.5.4.1 Definición de prelosa.

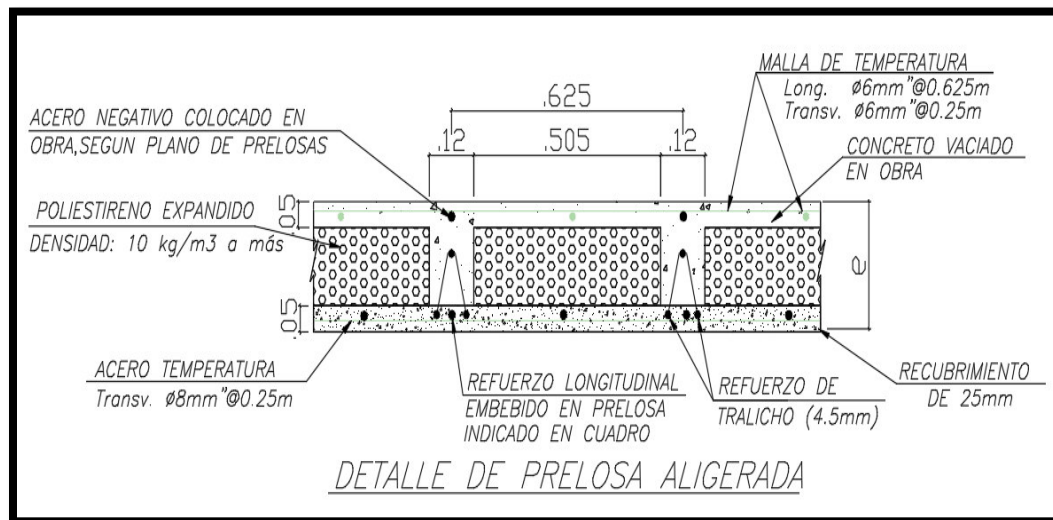
En España para la Asociación Nacional de la industria del Prefabricado de Hormigón ANDECE (2016), la prelosa es un elemento prefabricado superficial compuesto por una lámina inferior de hormigón de espesor constante y nervios en el sentido longitudinal de la misma, destinada a servir de encofrado para la losa.

A su vez la Resolución Ministerial N.º 69-2018-Vivienda define a las prelosas como sistemas de concreto prefabricado que consisten en placas prefabricadas de concreto pretensado que sirven como encofrado resistente para poder ejecutar una losa maciza o aligerada en obra. La armadura longitudinal de la prelosa está compuesta por alambres de pretensado y celosías electrosoldadas en la parte superior que le proporcionan la rigidez a la flexión necesaria para el montaje. La losa finalizada puede ser de dos tipos: losa aligerada (prelosa más poliestireno), o maciza (prelosa más concreto vaciado).

En la **figura 06** se puede apreciar la estructura de una prelosa donde se señala cada uno de sus componentes.

Figura 6

Estructura de una prelosa aligerada



Nota: Detalles entrepisos lima

2.5.4.2 Características de la prelosa.

Según Betondecken (2016) las prelosas tienen las siguientes características:

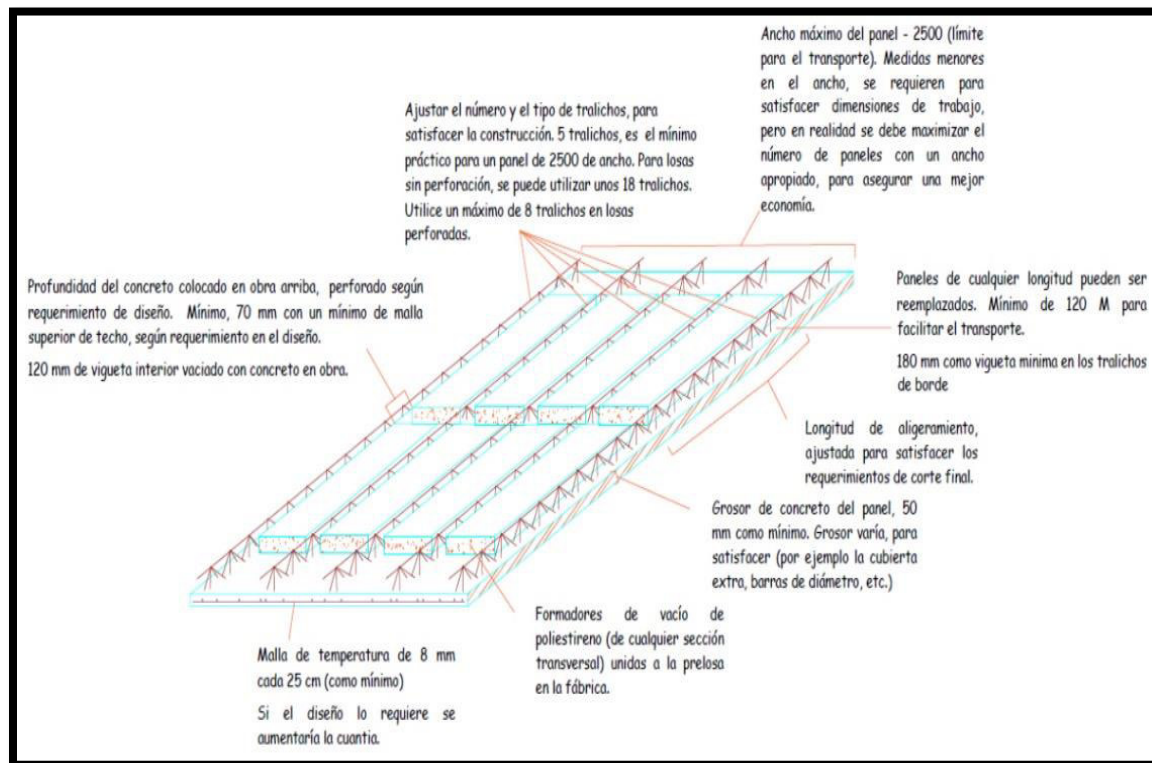
- a. **Tamaño:** una prelosa es una losa de concreto prefabricada hecha en fabrica, con un ancho variable hasta 2.48 metros, y una longitud usualmente hasta 12 metros, con fin de transporte y manejo.
- b. **Grosor:** el grosor de la prelosa puede ser variado y dependerá del tamaño del reforzamiento y del acabado del concreto. Para muchas aplicaciones, es suficiente un grosor nominal de 50mm.
- c. **Reforzamiento:** el refuerzo de la base embebida en la prelosa, puede consistir en una malla de acero, las varillas de los tralichos y barras adicionales de refuerzo según lo requiera el diseñador.

d. **Manejo:** las vigas proveen fuerza y rigidez para manipularlas y transportarlas permiten a las prelosas resistir las cargas de construcción con un mínimo de apuntalamiento temporal, y pueden servir, inclusive, como sillas continuas para soportar el reforzamiento superior del techo.

e. **Ahorro de peso:** bloques de poliestireno, añadidos en la fabricación, permiten la construcción de losas aligeradas, con una significativa reducción de su peso propio (generalmente 40%).

f. **Flexibilidad:** en contraste con la mayoría de los otros sistemas de prefabricado, BETONDECKEN impone pocas restricciones a los diseñadores, porque no hay tamaños estándar para las prelosas. La longitud, anchor, grosor, geometría plana y acero de reforzamiento, pueden variar, para satisfacer los requerimientos de diseño y permitir una considerable flexibilidad al arquitecto y al ingeniero.

En la **figura 07** se muestra cada una de las características que tienen las prelosas de Betondecken.

Figura 7*Características típicas de las prelosas Betondecken*

Notas: Manual técnico Betondecken

2.5.4.3 Ventajas de la prelosa.

Las principales ventajas de este elemento constructivo son la menor cantidad de concreto vaciado en obra, la eliminación de encofrado de la losa ya que la prelosa funciona como encofrado requiriendo solo apuntalamiento, su excelente acabado inferior, la fácil colocación de las instalaciones sanitarias y eléctricas en la prelosa y el rápido montaje de la prelosa en obra permite una alta eficiencia en su instalación (400 a 500m² por jornada) con equipos de izaje de menor envergadura.

No es necesario generar un acabado liso en la parte inferior de la prelosa ya que la misma viene con un acabado final. Para lo cual solo es necesario atender los trabajos de reparación de las mismas o sellado de juntas, el cual no será necesario en nuestro proyecto debido a que solo se utilizará en los sótanos. Y no se generará desperdicios de materiales debido a que no se utiliza ladrillos de techo en este sistema.

La prelosa ya cuenta con un acero positivo embebido dentro de ella de tal manera que reduce los tiempos de armado de losa. Así también cuentan con pases instalados lo que reduce el tiempo de armado de las partidas de instalaciones eléctricas y sanitarias.

En este sistema se optimiza horas hombre lo que origina una reducción de costo de personal y además también reduce el lugar de acopio ya que las prelosas llegan solo para el vaciado.

El acero de tralichos ayuda a la adherencia del concreto, así mismo este ayuda para el izaje de las mismas, generando un menor tiempo de instalación y vaciado.

2.5.4.4 Desventajas de la prelosa.

Dentro de las desventajas que podemos encontrar en este sistema es que al ser elementos prefabricados necesitan ser izados por una torre grúa. El poliestireno continúa siendo un material no recomendado por su grado de propagación al fuego y de fácil deterioro.

Para la colocación de prelosas en los sótanos es necesario colocar dowells de conexión que genera una mayor unión entre las mismas lo que origina un sobre costo. Se necesitará una cuadrilla adicional de 03 operarios para la colocación de las prelosas.

2.5.4.5 Principios de diseño.

Según Betondecken (2016) el diseño estructural de la prelosa o cualquier otro sistema de losa de concreto prefabricado no solo debería de considerar el cálculo del momento de flexión y

la capacidad de fuerza de corte de las unidades por separado, sino que se debería ver la total coherencia en el entrepiso. Debido a que en la etapa final los componentes individuales deben ir conectados de una forma que garantice la adecuada capacidad en todo, con interacción entre las unidades y la estructura de soporte.

Por lo que recomienda supervisar en dos momentos distintos mientras se esté diseñando con prelosas:

- la prelosa no compuesta que soporta esfuerzos durante la construcción, resultantes del elevamiento, transporte y el peso del concreto fresco.
- La losa de entrepiso compuesta, después del endurecimiento.

A. Diseño de plegado. Para Betondecken (2016) los principios aceptados de la teoría de fuerza final, aplicado al diseño de prelosa, ya que la losa terminada puede considerarse como monolítica. Un prerequisite para esto es que se haya probado la absorción de las fuerzas cortantes en la interfaz entre el concreto prefabricado y el hecho en obra. La capacidad de corte en esta interfaz es adecuada, según se ha comprobado en una investigación en el extranjero por parte de Koblenz (1994) y algunas pruebas preliminares realizadas en la Universidad de Queensland por parte de Glynn (1981)

B. Interfaz prefabricada en obra. Según Betondecken (2016) la capacidad requerida en la interfaz puede calcularse conforme al código australiano AS3600, cláusula 8.4. el nivel de aspereza de la superficie es algo abierto a interpretación, pero puede considerarse como áspero con pequeñas crestas y ondulaciones. La aspereza de superficie lograda durante el proceso de prueba es satisfactoria cuando, a la vez, los tralichos se usan como refuerzo del plano cortante.

2.5.4.6 Condiciones sísmicas.

Según Betondecken (2016) sostiene que debido a que nuestro país tiene un nivel considerado de riesgo en términos de daños probables a causa de un movimiento sísmico, se ve la necesidad de diseñar las prelosas para que cumplan con los mismos que un entrepiso convencional, cumpliendo con la norma E.060 y E.030 estas deberán contar con un refuerzo adecuado para lograr la integridad sísmica en las conexiones. Es por ello que para poder lograr la integridad se debe de considerar los siguientes criterios:

- Mantener la integridad estructural sin colapso de todo o de una parte significativa de la estructura.
- Lograr ductilidad para ambos elementos prefabricados y sus conexiones.
- Proveer continuidad estructural.
- Diseño y elementos estructurales en detalle, de manera tal que ellos pudieran producirse en forma económica y ser erigidos fácilmente.

A. Integridad estructural. Según Betondecken (2016) señala que se ha encontrado generalmente que las losas de entrepiso hechos en obra, actúan como un diafragma rígido y en forma monolítica con las vigas de soporte, son capaces de transmitir fuerzas laterales, a no ser que la cantidad de aberturas en la losa sea excesiva.

La fuerza y ductilidad del sistema estructural general, dependerá de la unión reforzada y en particular en las conexiones del entrepiso (diafragma horizontal) y la estructura de soporte.

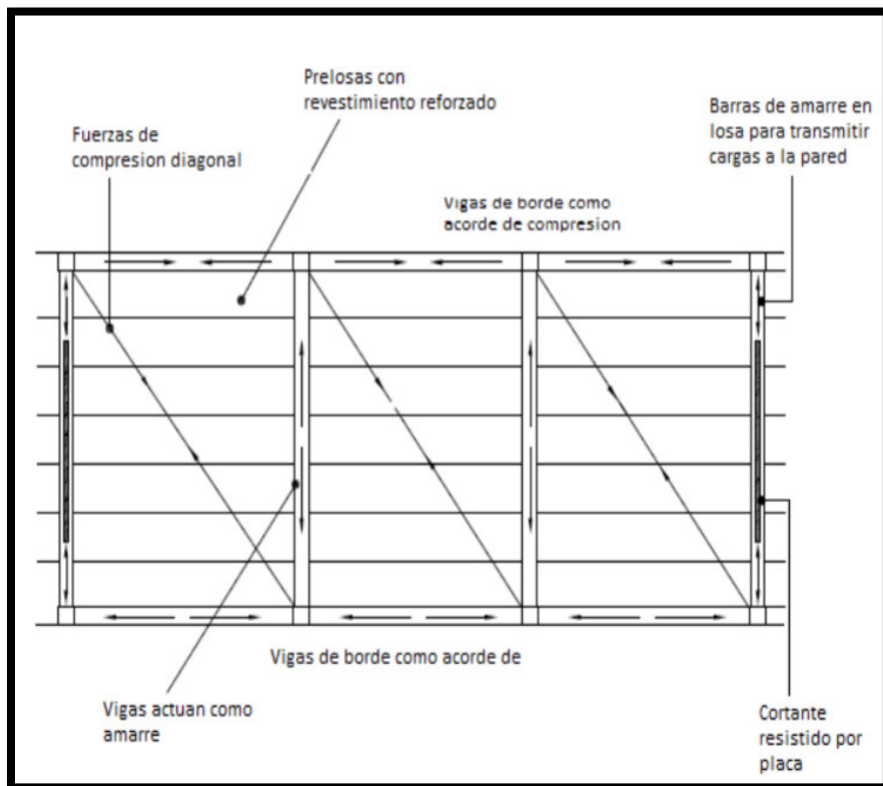
La mayor parte del daño que se ha reportado en una construcción prefabricada durante los terremotos, esta confinada a las uniones y conexiones y pueden sumarse como sigue:

- Falla en la conexión entre la placa y sistema de losa, que resulte en una falla en la losa, inclina los paneles de pared e incrementa la tensión en las conexiones del suelo de nivel más bajo.
- Falla de conexión entre la placa y losa.
- Flexibilidad del encofrado delgado hecho en obra, que forma el diafragma horizontal, causa una mayor tensión y agrietamiento lo que resulta en una separación de los elementos prefabricados.

B. Acción de diafragma. Según Betondecken (2016) las cargas horizontales de movimientos sísmicos usualmente son transmitidas a los núcleos verticales o muros cortantes a través de la losa actuando como diafragmas horizontales. La losa puede analizarse mediante el método “del puntal y del lazo” o considerándose que actúa como una viga horizontal profunda. El núcleo central, muros de corte y otros componentes estabilizadores actúan como cargas laterales, siendo transmitido a ellas. Tal como se muestra en la **figura 08**

Figura 8

Acciones en un diagrama típico



Nota: Manual técnico Betondecken

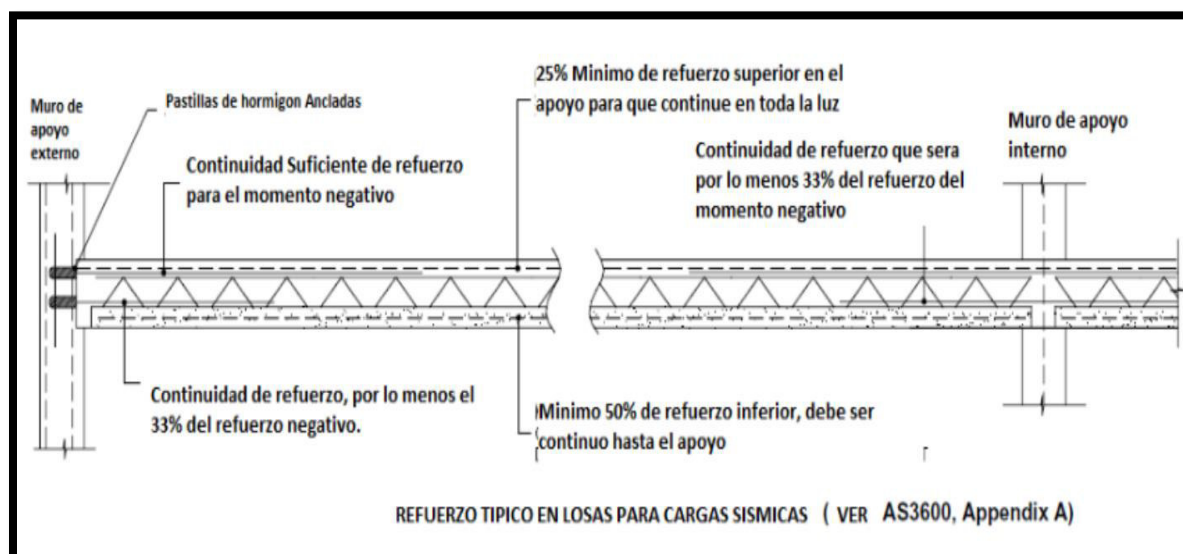
Según Clough (1982) en zonas de alta intensidad sísmica o con configuraciones que imponen grandes fuerzas de compatibilidad en el plano bajo carga lateral, diafragmas unidos por concreto armado son generalmente satisfactorios. Es esencial asegurar que el acabado es adecuadamente enlazado a los elementos prefabricados tal como en losas de elementos prefabricados, donde el acabado se enlaza mediante conectores mecánicos (tralicho de alambre como refuerzo en plano. Sin esto, puede ocurrir una separación y el acabado puede abrochar cuando está sujeto a una compresión diagonal de una acción de diafragma.

C. Requerimientos del refuerzo para cargas sísmicas. Según Betondecken (2016) los diseñadores deberían asegurar que ahí no solo hay una trayectoria de carga adecuada para fuerzas que necesitan ser transferidas entre el diafragma y cualquier tipo de elemento que resistan la fuerza lateral, tales como muros o bastidores, sino esas conexiones se refuerzan de tal forma que transfieren adecuadamente las cargas previstas.

Según los estándares australianos AS3600 (2001) en su investigación de bastidores de resistencia de momento de construcción dúctil, determina la intención de estos requerimientos de detallado de manera especial, es incrementar la ductilidad y reducir la vulnerabilidad de las estructuras de concreto de una manera consistente. Los requisitos de detalle que se muestran en la **figura 09** no son por lo tanto onerosos y se refieren a la continuidad que se le debe dar al armado de acero, anclajes y longitudes de traslape.

Figura 9

Requerimiento por cargas sísmicas



Nota: Manual técnico Betondecken

2.5.4.7 Elevación y colocación:

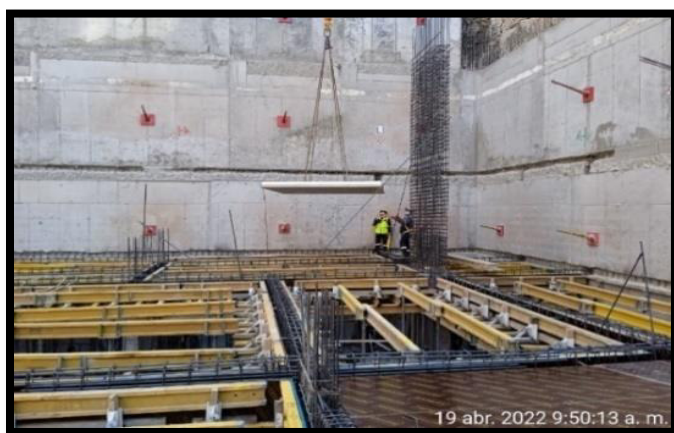
Según Betondecken (2016) durante la producción se marca cada prelosa con un número de identificación correspondiente al plano diseño de las prelosas, de modo que la colocación en su lugar en obra sea la correcta y no existan confusiones.

La mayoría de las prelosas hasta alrededor de 8 metros de longitud contienen tipos de tralicho T110 O T150, pueden ser izados por la torre grúa utilizando 4 cadenas, adhiriendo los ganchos a las barras superiores de los tralichos de las prelosas tal como se puede ver en la **figura 10 y 11** para observar la correcta instalación de los ganchos. Puede darse el caso que en condiciones de viento podría preferirse distribuir prelosas largo utilizando el esparcidor de 16 ganchos.

Los ratios de colocación de las prelosas son aproximadamente 5 minutos por prelosa con un equipo de dos hombres en el techo, el conductor de la grúa y el señalador (reager). Cuando las prelosas son de 6m de longitud o mayores, la tasa de colocación puede ser de aproximadamente 150m² por hora.

Figura 10

Izaje de prelosa



Nota: Elaboración propia

Figura 11

Instalación de prelosa



Nota: Elaboración propia

2.5.5 Viguetas.

2.5.5.1 Definición de tralicho.

Para Chang (2014) los tralichos son estructuras de acero de alta resistencia de grado 80, con esfuerzo de fluencia de 5000 kg/cm², y resistencia mínima a la rotura de 5600 kg/cm², están compuestos por refuerzos de acero corrugado y trefilado en frío, uno superior que absorbe requerimientos de carga del aligerado antes del vaciado de concreto, y dos inferiores que conforman el acero de refuerzo positivo, ambos están unidos por alambres reticulados continuos en zigzag electrosoldados a los aceros de alta resistencia. **Los tralichos forma parte de nuestro sistema normativo, tal como se detalla en la R.M. N° 026-2013-VIVIENDA.**

- Las principales ventajas de estos sistemas son la mayor rigidez de las viguetas por la unión del fierro diagonal a un fierro superior lo que genera un mejor comportamiento

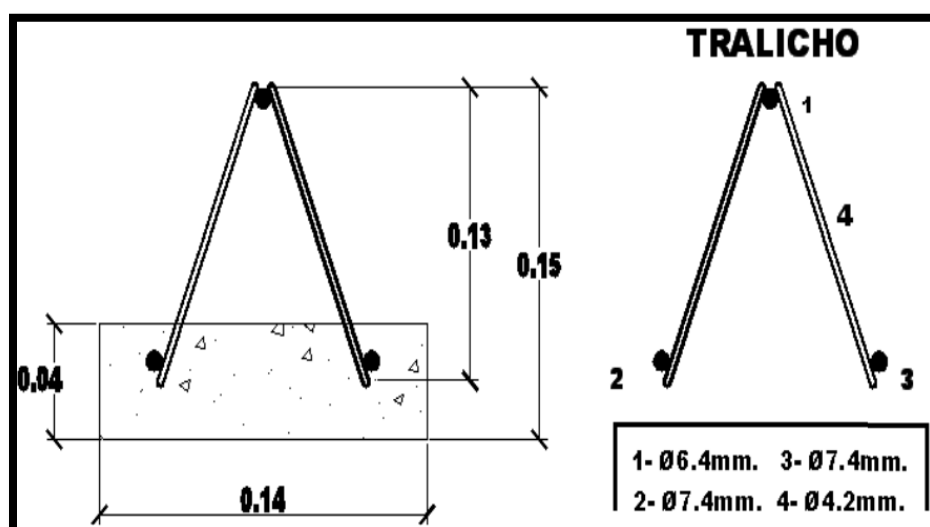
a la deflexión y la disminución de deformaciones en comparación con un sistema constructivo tradicional.

- Las desventajas es que pueden sufrir estados de carga transitorios durante su transporte y colocación, lo que puede afectar la resistencia estructural de la pieza.

En la **figura 12** se muestra el detalle del tralicho considerado para la fabricación de las viguetas tipo tralicho.

Figura 12

Tralicho en una vigueta



Nota: Sistema Alitec (Losas aligeradas – ITALCONCRETO SAC)

2.5.5.2 Viguetas prefabricadas tipo tralicho.

Para Chang (2014) son elementos conformados por una estructura de acero llamado tralicho que está unida a una capa de concreto de 4cm de altura por 14 cm de ancho y que conjuntamente a ladrillos bovedilla hechos de arcilla o poliestireno, conforman un sistema

constructivo de losas aligeradas. La vigueta integra una firme conexión estructural con el concreto nuevo debido a las barras diagonales de la armadura que trabajan como conectores de corte horizontal entre el patín de la vigueta y el concreto vaciado en obra, esta condición garantiza un comportamiento igual al de una losa monolítica vaciada en obra (los ladrillos bovedilla son solamente elementos de relleno).

- Una de sus ventajas es la reducción del peso de la losa (alrededor del 12%) debido al uso de ladrillos entre las viguetas y además de dar el buen acabado inferior de la losa aligerada lo cual puede garantizar un menor espesor en el tarrajeo.
- Una de sus desventajas es que la sección transversal de las viguetas es muy reducida en consecuencia los son también los momentos de inercia, por este motivo es muy importante controlar las deflexiones en estos elementos.

Tal como se puede ver en la **figura 13 y 14** muestra la colocación de las viguetas tipo tralicho y la forma como se colocan las bovedillas.

Figura 13

Colocación de viguetas



Nota. Elaboración propia

Figura 14

Colocación de bovedillas



Nota. Elaboración propia

Así mismo Italconcreto SAC señala que la vigueta debe poseer una resistencia mínima de compresión de $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ y debe estar sometida a un estricto control de calidad a lo largo de su proceso de producción, desencofrado y curado en planta.

2.5.5.3 Bovedillas.

Son las unidades de albañilería con las dimensiones según el diseño requerido y de por si ambos lados deben tener hendiduras para ser asentados a lo largo de los frisos de dos viguetas asegurando una separación constante sin necesidad de tener encofrado (tablas).

En la **figura 15 y 16** podemos ver las bovedillas usados comúnmente en obras.

Figura 15

Bovedillas de arcilla



Nota. figura obtenida de Archiexpo virtual

Figura 16

Bovedillas de concreto



Nota. figura obtenida de VIPROCOSA (prefabricados de concreto).

2.5.5.4 Accesorios.

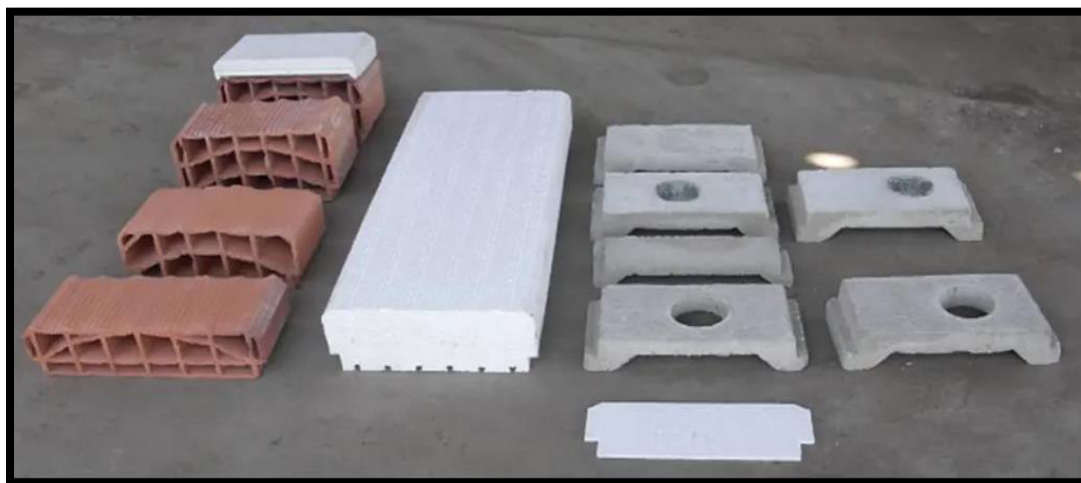
Los accesorios que se usan en estos sistemas son los siguientes:

- Bandejas sanitarias y eléctricas: son elementos de concreto armado cuya función es la de permitir el paso y salida de los puntos de las instalaciones sanitarias y eléctricas, estas últimas poseen cajas octogonales semipesados embutidas en el concreto
- Bandejas estructurales: estos elementos también son de concreto armado, similares a las bandejas sanitarias pero que poseen anchos de 10 y 20 cm. Su función es permitir los ensanches alternos o corridos originados por el esfuerzo de corte de la estructura. Similarmente se utilizan para ejecutar vigas transversales de costuras en paños de luces libres mayores o iguales a 5.50 m o en los aligerados en dos direcciones.

En la **figura 17, 18 y 19** se muestra las aplicaciones que se les da a estos accesorios en sus diferentes funciones tanto para las instalaciones eléctricas y sanitarias que usan las bandejas para el recorrido de sus tuberías, todo esto con el fin de no dañar los ladrillos.

Figura 17

Accesorios usados en las losas con viguetas tipo tralicho



Nota. Sistema Alitec (Losas aligeradas – ITALCONCRETO SAC)

Figura 18

Accesorios usados en instalaciones eléctricas



Nota. Sistema Alitec (Losas aligeradas – ITALCONCRETO SAC)

Figura 19

Accesorios usados en instalaciones sanitarias



Nota. Sistema Alitec (Losas aligeradas – ITALCONCRETO SAC)

2.5.6 Productividad

2.5.6.1 Definición de productividad.

Según Sherpell (2002) la definición de la productividad es la relación entre la cantidad producida y los recursos empleados. Sin embargo, la productividad no se puede concebir sin que exista un alto estándar de calidad, es decir que la productividad involucra la eficiencia y efectividad.

Según Chávez y De la Cruz (2014) para la construcción existen diferentes clases de productividad de acuerdo al tipo de recurso utilizado, así la productividad de los materiales, de la mano de obra y de la maquinaria y/o equipo, los cuales al interactuar representan la productividad de la construcción. Es por eso que en la construcción se han detectado diferentes factores que afectan la productividad, y generalmente recaen sobre la falta de información o incomprensión de

lo que el cliente realmente está esperando, la coordinación entre los diseñadores, contratistas y contratante, la planeación y el control de la planeación. Por ello podemos decir que la productividad tiende a aumentar cuando los procesos son repetitivos y el tiempo empleado para la realización de los mismos disminuye, lo anterior se debe al fenómeno del aprendizaje y generación de conocimiento.

Algo que se debe tener en cuenta para que pueda haber un flujo en la productividad está en la coordinación del ingeniero de producción y los proveedores. Esto se debe a que, si alguno de ellos falla, la productividad se ve perjudicada tanto en el recurso humano como los plazos de ejecución.

2.5.6.2 Diagnóstico de la productividad en la construcción.

Según Sumanth (1990) antes de escoger un sistema que mejore la productividad se necesita realizar un análisis preliminar para determinar los niveles de productividad de las diversas actividades que forman parte de la obra. Y para ello es necesario realizar un plan de diagnóstico el cual tiene como finalidad detectar los problemas de productividad y añadir a alguna de las cinco categorías desarrolladas.

El diagnóstico que se obtiene puede estar conformado de acuerdo a las herramientas siguientes:

- Observación directa
- Muestras del trabajo
- Estudio de la información de costos
- Estudio del programa y puntos de control
- Anuncio de rendimientos
- Las encuestas de detención

- Prueba a los obreros

Estos parámetros son simples de usar y permiten una rápida evaluación de la situación.

2.5.6.3 Dimensiones de la productividad.

Según Sherpell (2002) la productividad es la relación entre lo producido y lo gastado en ello y se puede expresar como:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Cantidad producida}}{\text{Recursos empleados}}$$

Según Prokopenko (1989) desarrollo un método de cálculo de la productividad en base a métodos financieros y propone la siguiente formula:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Valor añadido}}{\text{Costos de conversión}}$$

El valor añadido está definido por la diferencia del valor de la venta y los costos de producción. El costo de conversión es el costo de producción.

2.5.6.4 Diferencia entre productividad y rendimiento.

Para la elaboración de nuestro informe debemos tener en claro la diferencia de ambos conceptos según Sherpell (2002), Mientras el Rendimiento mide las Cantidades en m^2/dia o $m^2/hora$, la productividad mide hh/m^2 .

En la **tabla 02** se detalla la diferencia entra la productividad y rendimiento. Y como se puede ver mientras que en el rendimiento hacen el mismo metrado varias personas, en el lado de la productividad las mismas personas pueden hacer diferentes metrados superiores al mínimo.

Tabla 2*Diferencia entre rendimiento y productividad*

Rendimiento		Productividad	
(m²)	(N° de personas)	(N° de personas)	(m²)
40	15	12	40
40	16	12	50
40	17	12	60

Nota. Elaboración propia.

2.6 Metodología

2.6.1 Tipo de investigación

El método de investigación para este proyecto es de tipo cuantitativo debido a que haremos la medición de variables.

2.6.2 Nivel

Por la profundidad de la investigación el nivel es descriptivo explicativo ya que se describe las variables para luego analizar las diferencias en cuanto a la productividad, costo y tiempo que ofrece cada sistema para después explicar y sustentar cuál de los sistemas es el más efectivo.

2.6.3 Diseño de investigación

En relación al diseño de la investigación, este fue de tipo experimental, el primer diseño consistió en la medición de la productividad antes y después de intervenir en el número de cuadrillas durante el proceso de construcción. Mientras que el segundo diseño se basó de

mediciones numéricas de los tiempos de trabajo productivo real, tiempo total, así como los procesos relacionados a la instalación de los sistemas de prelosa y viguetas tipo tralicho.

2.6.4 Población y muestra

2.6.4.1 Población

Para el desarrollo del presente trabajo la población está determinada por el sector socioeconómico de clase “A” quienes poseen un ingreso promedio que les permita adquirir los departamentos del proyecto debido al alto costo por sus acabados y ser un proyecto eco amigable.

2.6.4.2 Muestra

La muestra está determinada por el proyecto multifamiliar Eco 28, el cual está conformado por dos torres (Torre 01 de 12 pisos más azotea y torre 02 de 12 piso más azotea). Se elige este proyecto debido a su particular característica de usar sistemas diferentes para su construcción de las losas ya que normalmente en cualquier proyecto se usa un solo sistema ya sea todo con prelosas o solo viguetas y no ambos y esto a causa de que el proyecto al ser eco amigable se tenía que evitar la contaminación en su construcción para la certificación LEED por ello no se podía utilizar Tecnopor en los pisos superiores, y el nivel de exigencia en los acabados que requería influyo también para que se utilice estos sistemas.

2.6.5 Técnicas y fuentes de recolección de datos

2.6.5.1 técnicas de recolección de datos

A. Investigación bibliográfica y virtual.

Para la recopilación sobre las características, propiedades y diseño entre otros datos fueron obtenidos a partir de tesis de investigación, manuales técnicos y la información técnica que proporciona Betondecken para las prelosas y Prodac con Alitec para las viguetas tipo tralicho.

B. Observación experimental.

Mediante esta técnica se puso establecer que el proyecto se encontraba en riesgo de no alcanzar los plazos establecidos para la culminación de la etapa de casco.

C. Datos y formatos estadísticos creados por la empresa.

Para este trabajo se utilizó la información propia de la empresa, generada a partir de sus diferentes experiencias en proyectos de edificaciones.

2.6.5.2 Instrumentos de recolección de datos.

Toda la información del proyecto se procesó en los programas y hojas de cálculo tanto para obtener los metrados, cronogramas para la ejecución del proyecto.

2.6.5.3 criterios de validez y confiabilidad de los instrumentos.

Para la validación de este trabajo se tomó como referencia investigaciones nacionales e internacionales. El principal instrumento que se uso es el Software Microsoft Excel con los formatos empleados por el ingeniero de producción que tuvo a su cargo la gestión, ejecución y control del proyecto de edificación.

2.6.5.4 procedimientos para la recolección de datos

Para el procedimiento del presente trabajo de suficiencia se recolecto todos los datos de la empresa tales como el expediente técnico, planos, metrados utilizados en la ejecución del proyecto.

2.6.6 técnica para el procesamiento y análisis de la información

El procesamiento de datos se presentó en cuadros y gráficos mediante las hojas de cálculo en el software Microsoft Excel y programas de cómputo de ingeniería especializados como el AutoCAD 2021 para visualizar los planos del proyecto.

Los datos obtenidos se compararon con los resultados de ambos sistemas de prelosa y vigueta tipo tralicho, se confirmó la viabilidad de acuerdo al resultado a fin de elegir el sistema con mayores ventajas técnicas y económicas.

2.7 Resultados

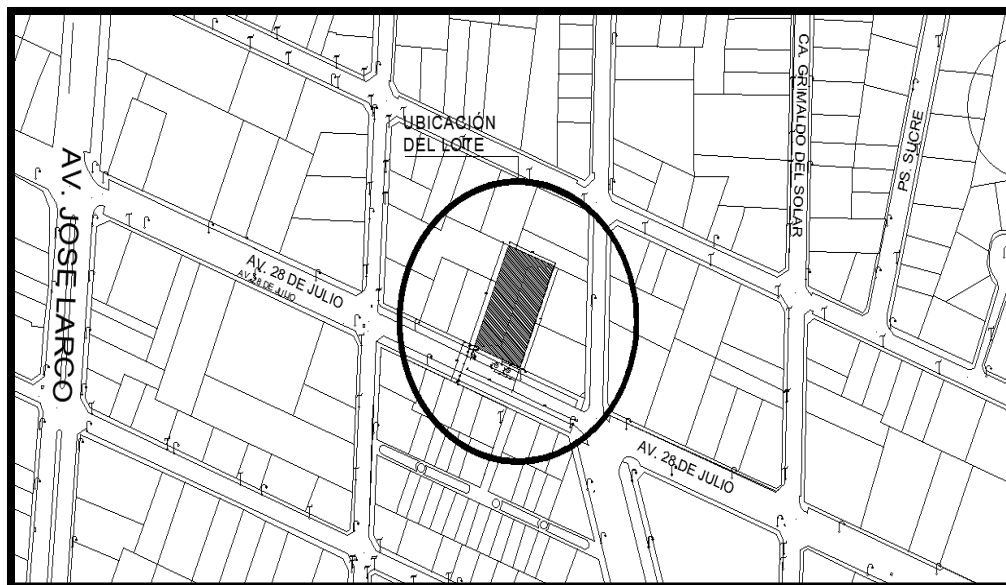
2.7.1 Información general del proyecto.

2.7.1.1 Localización

El edificio está ubicado en la Avenida 28 de Julio N°639, Urbanización Leuro en el distrito de Miraflores, provincia y departamento de Lima. Por el lado izquierdo delimita con un edificio multifamiliar de 12 pisos, por la derecha con un terreno vacío, por la parte posterior delimita con un edificio hotel y por el frente con la Av. 28 de julio, Tal como se muestra en la **figura 20**.

Figura 20

Ubicación en planta del Proyecto Eco 28



Nota. Plano de Ubicación. Adaptado de Nomena Arquitectura

2.7.1.2 Descripción

El proyecto multifamiliar se desarrolla en un terreno de 1274.00 m², teniendo un área techada total de 12 996.31 m² y un área libre de 515.37 (40.50%). El edificio consta de cisterna y cuarto de bombas, 04 sótanos – semisótano y 12 niveles de vivienda más azotea, el edificio se retira, según el parámetro municipal, 5.00 ml frente a la Av. 28 de Julio y la azotea tiene un retranque de 3.00ml desde la fachada.

2.7.1.3 Arquitectura del proyecto

El edificio cuenta con 125 plazas de estacionamiento para autos y 163 estacionamientos de bicicletas.

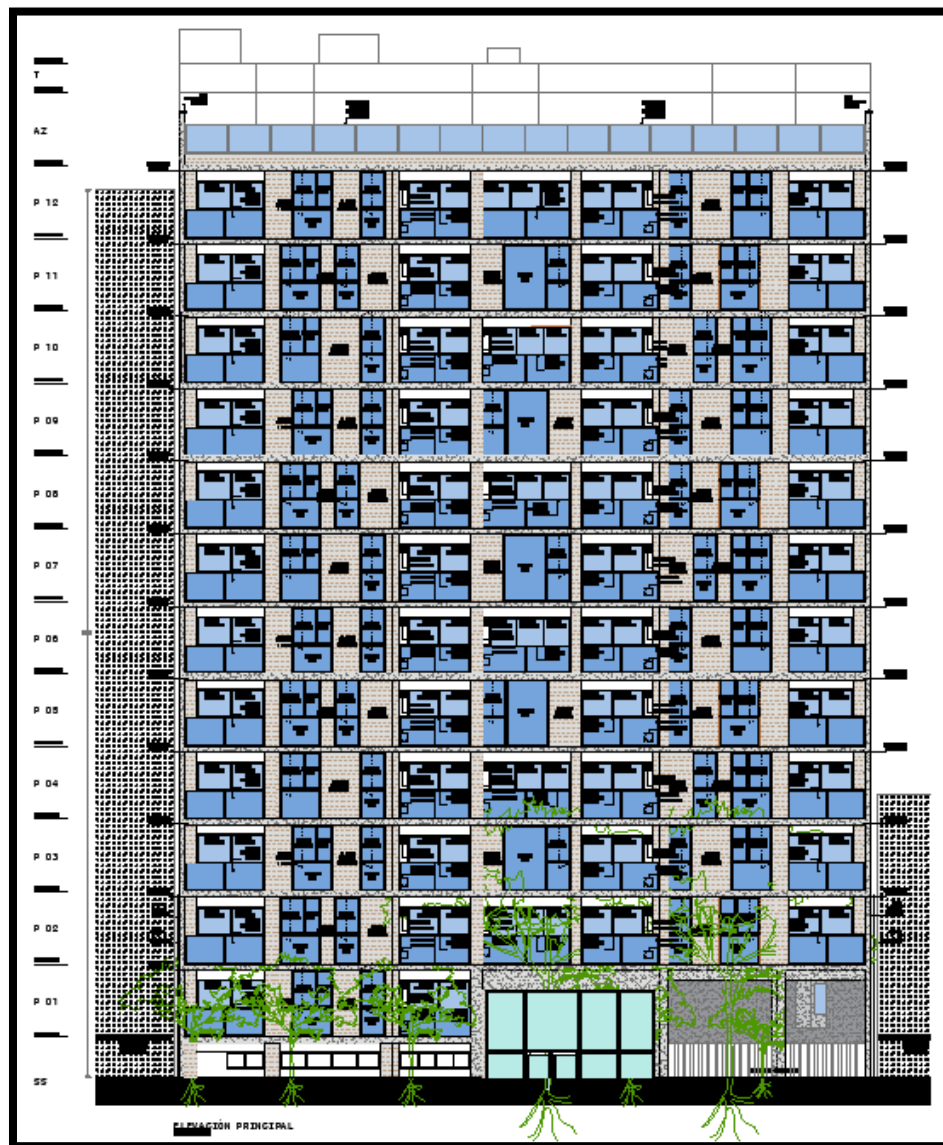
Los niveles superiores (semisótano, 1 al 12 y azotea) están destinados para 102 unidades de vivienda. En el piso 12, 02 de los departamentos no cuentan con terraza y los 06 departamentos restantes tienen acceso directo a la azotea privada que cuenta con terraza.

Los departamentos cuentan con una circulación vertical que consta de 04 ascensores, 02 escaleras de emergencia que unen todos los niveles de vivienda, solo la escalera N°01 se une a su vez con los sótanos de estacionamiento. Todos los departamentos están correctamente dotados de iluminación y ventilación hacia los frentes de la calle o hacia el gran pozo de luz interno.

En las **figuras 21, 22 y 23** se muestra la elevación de la fachada del proyecto además del corte de la elevación del proyecto en sentido longitudinal y transversal.

Figura 21

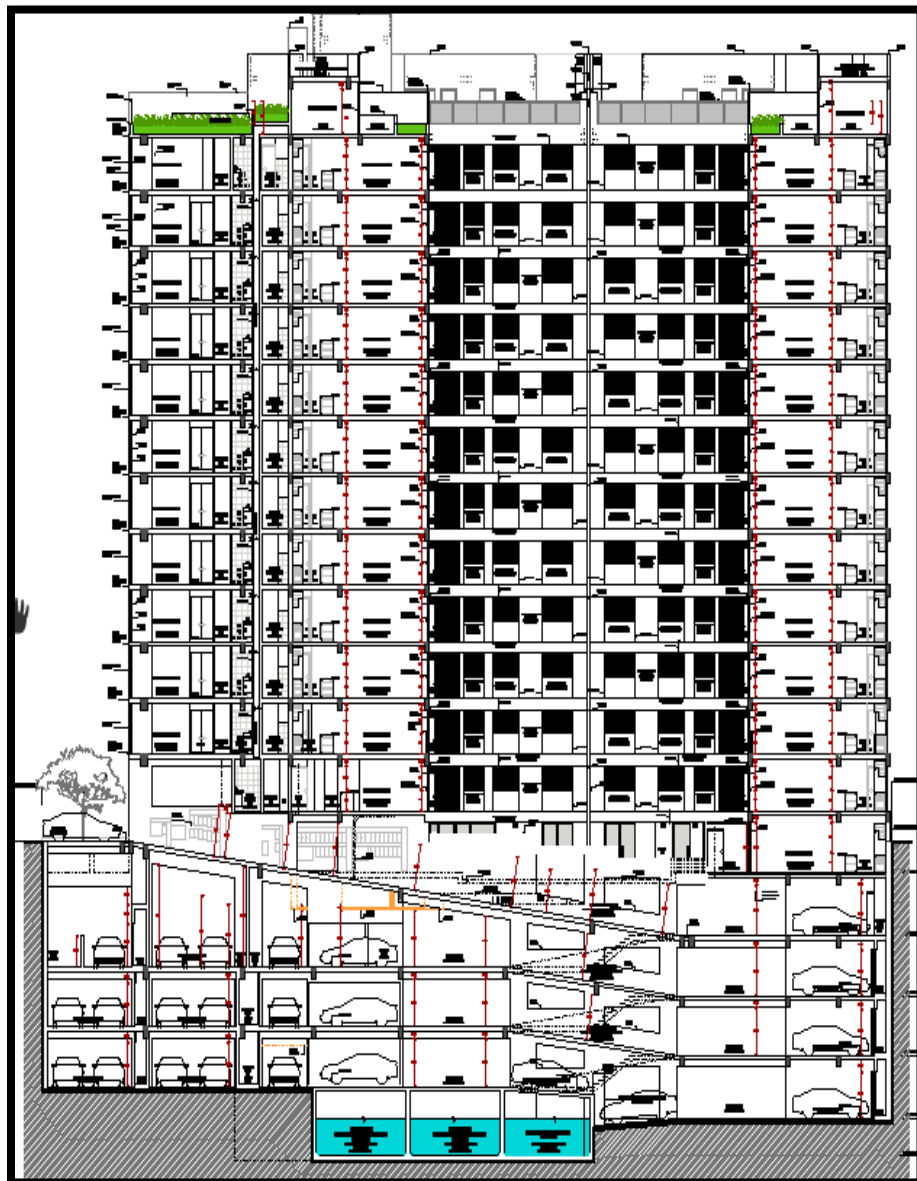
Elevación de la fachada del proyecto multifamiliar



Nota. Elevación principal de proyecto multifamiliar. Adaptado de plano de arquitectura de nomena arquitectura.

Figura 22

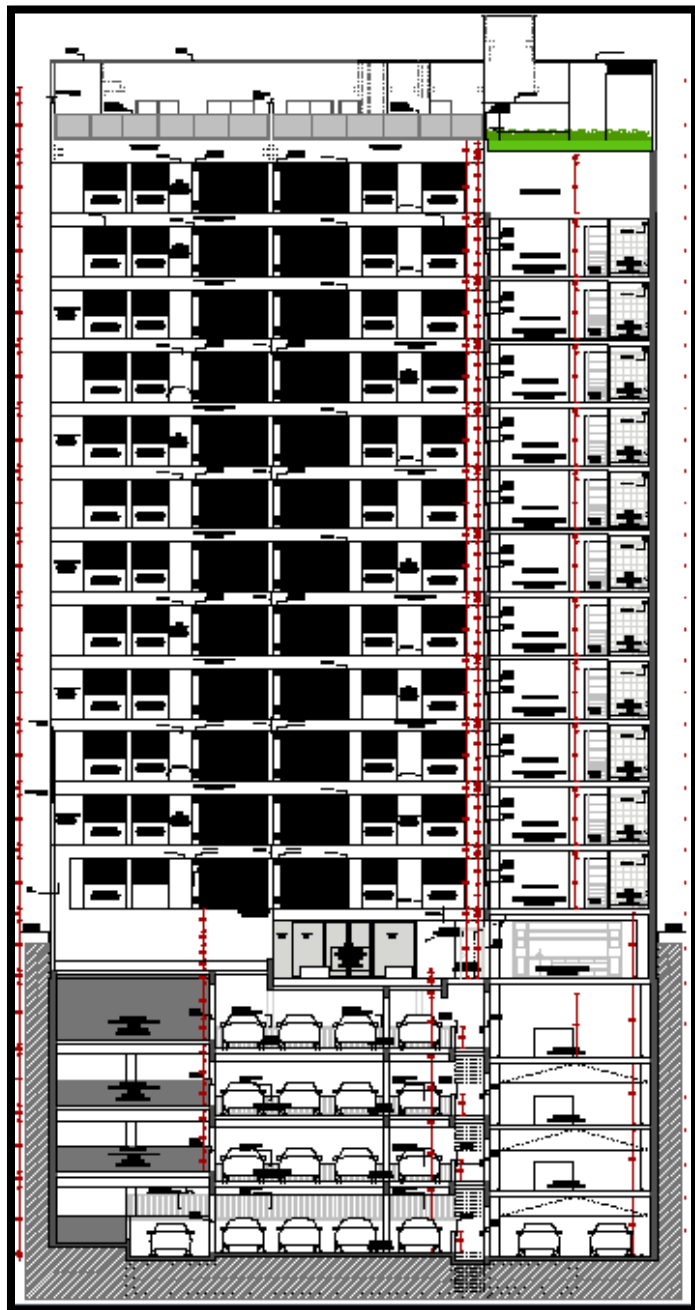
Elevación del corte longitudinal del proyecto multifamiliar



Nota. Corte 2-2 de proyecto multifamiliar. Adaptado de plano de arquitectura de nomena arquitectura.

Figura 23

Elevación del corte transversal del proyecto multifamiliar



Nota. Corte 5-5 de proyecto multifamiliar. Adaptado de plano de arquitectura de nomena arquitectura.

2.7.1.4 Sistema estructural del proyecto

A. Muros y columnas:

La edificación está estructurada en base a muros de concreto armado. Los muros principales son de 20, 25 y 30 cm de espesor.

Los muros además de soportar cargas verticales tienen la función de dotar al edificio de adecuada rigidez y resistencia frente a cargas laterales para asegurar un buen comportamiento ante cargas sísmicas.

B. Techos:

Los techos predominantes son prelosas aligeradas de 20 cm de espesor al igual que las losas macizas en los sótanos. Y en los pisos superiores los techos predominantes son losas aligeradas de 20cm y losas macizas.

C. Cimentación y estrato de suelo:

La cimentación está conformada por zapatas aisladas, continuas, conectadas por vigas de cimentación y platea de concreto armado.

2.7.1.5 Cronograma de ejecución de obra a nivel de casco

El plazo contractual del proyecto para la ejecución de la etapa de casco era de 4 meses con 19 días (139 días calendario), así como se muestra en la **figura 24**.

Figura 24

Cronograma de obra del proyecto de la etapa de casco

105	1.3 Segunda Etapa	0%	421 Dias	mar 1/03/22	mar 25/04/23
106	1.3.1 Inicio de Proyecto Segunda Etapa	0%	0 Dias	mar 1/03/22	mar 1/03/22
107	1.3.2 Zapatas y cimientos muros-placas-columnas internos	0%	32 Dias	mar 1/03/22	vie 1/04/22
108	1.3.2.1 Excavación localizada	0%	28 Dias	mar 1/03/22	lun 28/03/22
109	1.3.2.2 Perfilado	0%	28 Dias	mié 2/03/22	mar 29/03/22
110	1.3.2.3 Encofrado de falsa zapata	0%	28 Dias	jue 3/03/22	mié 30/03/22
111	1.3.2.4 Concreto de falsa zapata y solados	0%	28 Dias	jue 3/03/22	mié 30/03/22
112	1.3.2.5 Acero en zapatas y cimientos	0%	28 Dias	vie 4/03/22	jue 31/03/22
113	1.3.2.6 Encofrado de zapatas y cimientos	0%	26 Dias	lun 7/03/22	vie 1/04/22
114	1.3.2.7 Concreto en zapatas y cimientos	0%	26 Dias	lun 7/03/22	vie 1/04/22
115	1.3.3 Cisterna de agua potable y ACI	0%	37 Dias	lun 4/04/22	mar 10/05/22
145	1.3.4 Concreto Armado Sótanos	0%	34 Dias	mié 11/05/22	lun 13/06/22
146	1.3.4.1 Estructuras Sótano 3	0%	16 Dias	mié 11/05/22	jue 26/05/22
160	1.3.4.2 Estructuras Sótano 2	0%	16 Dias	jue 19/05/22	vie 3/06/22
174	1.3.4.3 Estructuras Sótano 1	0%	18 Dias	vie 27/05/22	lun 13/06/22
188	1.3.5 Concreto Armado Torre	0%	105 Dias	mar 14/06/22	lun 26/09/22
189	1.3.5.1 Concreto Armado Semisótano	0%	15 Dias	mar 14/06/22	mar 28/06/22
203	1.3.5.2 Concreto Armado Piso 1	0%	14 Dias	jue 23/06/22	mié 6/07/22
217	1.3.5.3 Concreto Armado Piso 2	0%	13 Dias	vie 1/07/22	mié 13/07/22
231	1.3.5.4 Concreto Armado Piso 3	0%	13 Dias	vie 8/07/22	mié 20/07/22
245	1.3.5.5 Concreto Armado Piso 4	0%	13 Dias	vie 15/07/22	mié 27/07/22
259	1.3.5.6 Concreto Armado Piso 5	0%	15 Dias	vie 22/07/22	vie 5/08/22
273	1.3.5.7 Concreto Armado Piso 6	0%	11 Dias	mar 2/08/22	vie 12/08/22
287	1.3.5.8 Concreto Armado Piso 7	0%	11 Dias	mar 9/08/22	vie 19/08/22
301	1.3.5.9 Concreto Armado Piso 8	0%	11 Dias	mar 16/08/22	vie 26/08/22
315	1.3.5.10 Concreto Armado Piso 9	0%	14 Dias	mar 23/08/22	lun 5/09/22
329	1.3.5.11 Concreto Armado Piso 10	0%	13 Dias	mié 31/08/22	lun 12/09/22
343	1.3.5.12 Concreto Armado Piso 11	0%	13 Dias	mié 7/09/22	lun 19/09/22
357	1.3.5.13 Concreto Armado Piso Azotea (Piso 12)	0%	13 Dias	mié 14/09/22	lun 26/09/22

Nota. Adaptado de Py_Eco 28 - cronograma.

2.7.2 Elección del sistema de losa.

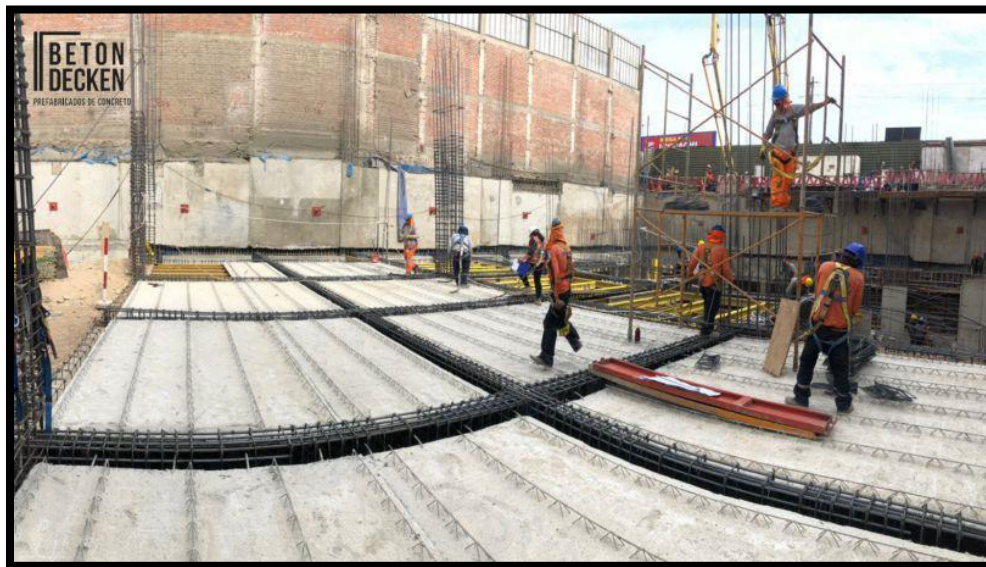
Para la elección del sistema de losa a usarse en el proyecto dependió mucho de la inmobiliaria, dado que el proyecto está dirigido al sector económico de clase “A”, por lo tanto los departamentos tienen que estar sujetos a estándares de calidad que cubra con las expectativas de los clientes, y otro aspecto que se tomó en cuenta fue que al finalizar el proyecto tenía que obtener la certificación en el Leadership in Energy in Enviromental Design (LEED) en donde se mediría el nivel de respeto medioambiental y de salud del proyecto, es por ello que se buscaba que el diseño, la construcción, la operación y el mantenimiento sea eficiente en el uso de los recursos y así obtener un producto saludable y rentable que nos permita obtener la certificación LEED.

Por lo tanto, teniendo en cuenta los aspectos mencionados, y siendo nosotros la parte ejecutora del proyecto – “contratista” teníamos que plantear a la inmobiliaria opciones del sistema de losa a usarse previa consulta y autorización del proyectista para poder usar estos sistemas con los estándares solicitados y no afectar el diseño estructural planteado inicialmente, a continuación, detallaremos los sistemas que se plantearon y el porqué de su elección.

- **Prelosas:** se planteó este tipo de sistema para el uso en las losas, debido a su alta eficiencia en su instalación y el menor uso de recursos para su encofrado, pero este sistema fue observado por la inmobiliaria debido a que estas prelosas presentan juntas en su unión que por más que se les adiciona sellador con el tiempo terminan por agrietarse dando una sensación al propietario del departamento de que la estructura está mal construido, es por ello que el proyectista solo aprobó usar las prelosas en los sótanos ya que no es necesario tapar las juntas con un sellador. En la **figura 25** se muestra una imagen referencial de las prelosas que se usaron en el proyecto.

Figura 25

Imagen de prelosas



Nota. Fuente Betondecken.

- **Viguetas tipo tralicho:** al no permitirnos usar prelosas para los pisos superiores se buscó alternativas que nos permitan agilizar el proceso constructivo y cumplir con los plazos establecidos, es por eso que las viguetas tipo tralicho fue uno de ellos, debido a su fácil maniobra para su instalación por su peso ligero y fácil almacenaje y al ser más económico. Otra de las ventajas a diferencia de las viguetas prefabricadas que tienen el alma vaciada de concreto es que el tralicho al tener libre la parte superior permite agilizar el tendido de las tuberías eléctricas y sanitarias. Este sistema fue aprobado por el proyectista ya que este sistema cumple con las condiciones estructurales del diseño y también dio el visto bueno la inmobiliaria debido a que los paños se iban a tarrajear por completo sin presentar juntas como las prelosas que era justamente lo que se evitaba generar a la vista del cliente. En la **figura 26** se muestra las viguetas tipo tralicho que se usaron en el proyecto.

Figura 26

Imagen de vigueta tipo tralicho

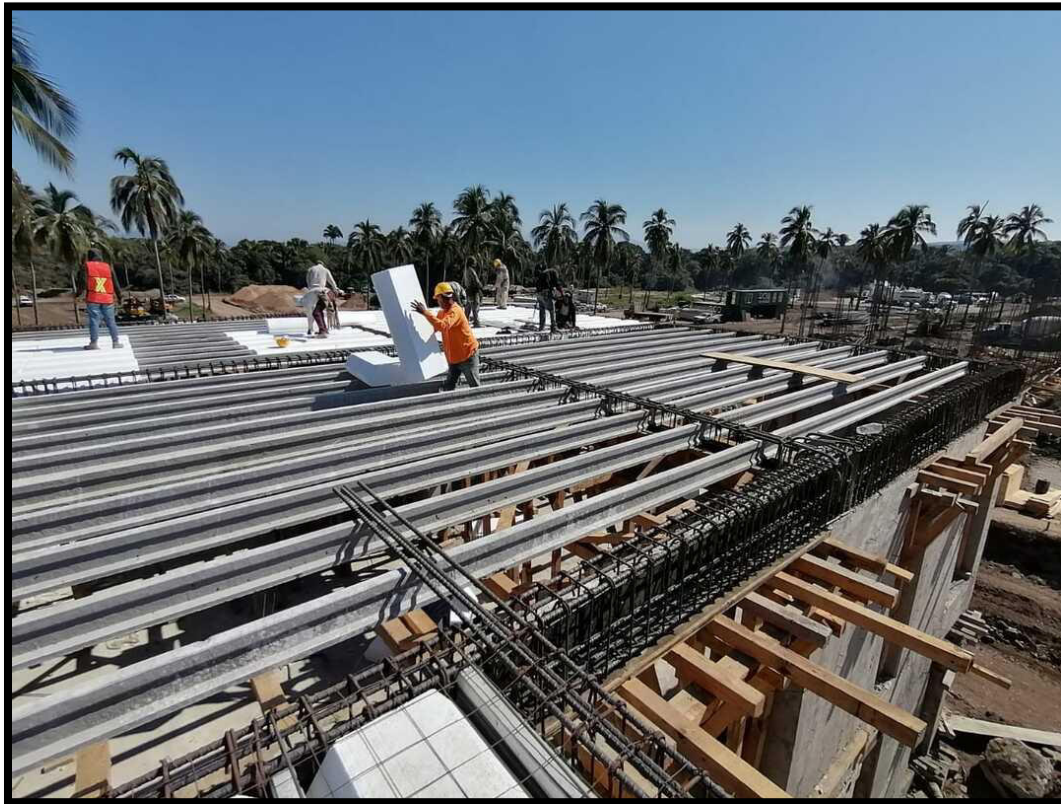


Nota. Fuente sistema Alitec losas aligeradas – ITALCONCRETO SAC.

- **Viguetas prefabricadas:** este sistema fue descartado por ser más costoso que las viguetas tipo tralicho y a parte que es más pesado para su instalación, y el proyectista rechazó este sistema ya que se tenía que picar el alma vaciado de concreto para el tendido de las tuberías para las instalaciones y esto iba a debilitar la vigueta y muy aparte de eso no iba a facilitar cumplir con las metas diarias de avance, es por ello que se descartó el uso de este tipo de sistema. En la figura 27 se muestra las viguetas prefabricadas instalados en una losa.

Figura 27

Imagen de vigueta prefabricada



Nota. Fuente vigueta pretensada PREMEX.

- **Sistema convencional:** pese a que este sistema fue diseñado inicialmente el proyectista en su evaluación de las otras alternativas opto por no usar este sistema ya que los demás también cumplían con la función de una losa convencional y muy aparte del tiempo que se iba a emplear para realizar el encofrado de las viguetas y las bovedillas, esto no nos permitiría llegar a cumplir las fechas programadas y correr el riesgo de pasarnos los hitos penalizables. En la figura 28 se muestra una imagen de cómo es el sistema convencional de una losa aligerada.

Figura 28

Imagen de una losa aligerada convencional



Nota. Fuente equipo de redactores de Arkiplus.com.

Una vez definido el uso de las prelosas para los sótanos y las viguetas tipo tralicho para los pisos superiores con la inmobiliaria, se procedió a realizar todas las gestiones para la ejecución de la etapa de casco en el cual se vio toda la logística y el recurso humano para lograr cumplir con las metas diarias para tener un flujo de trabajo para todas las partidas.

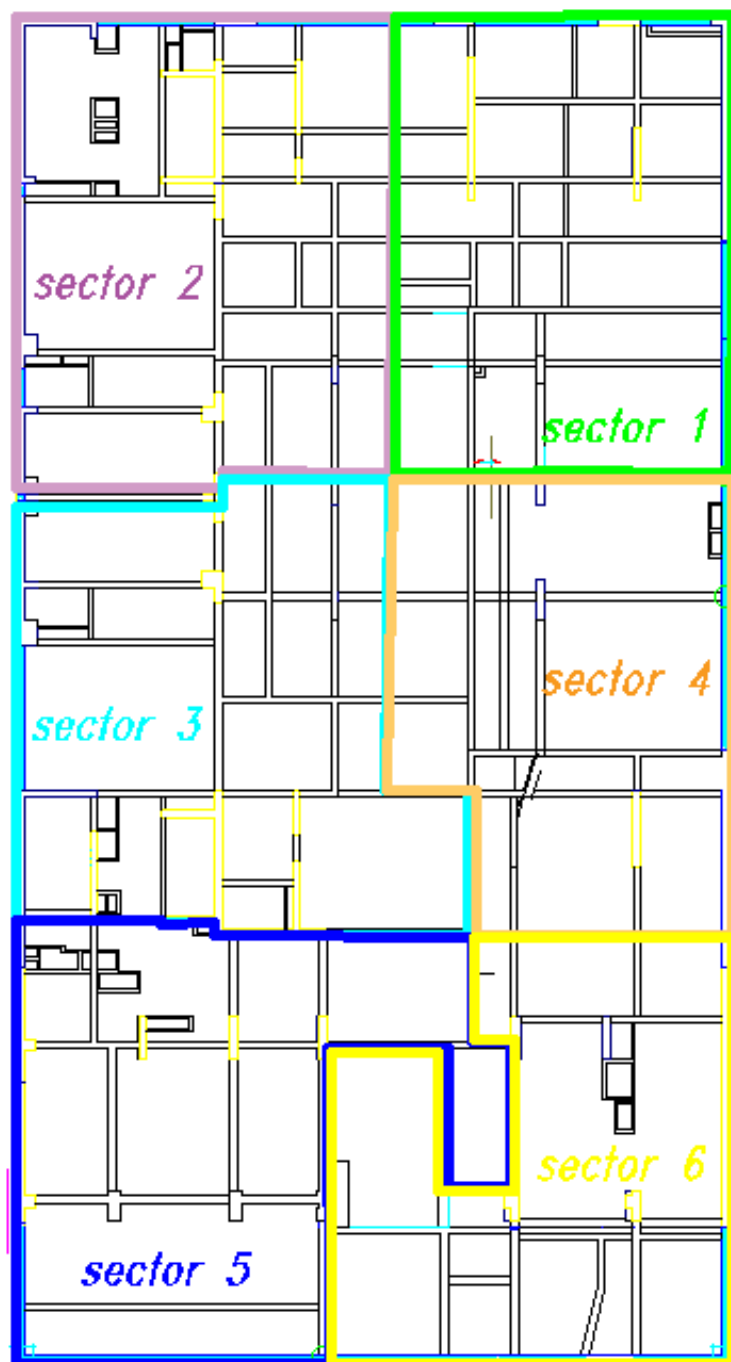
2.7.3 Desarrollo de las prelosas

Para el desarrollo de nuestro trabajo de suficiencia solo se tomará el proceso constructivo en la etapa de casco y en este caso solo se usó el sistema de prelosas para los sótanos 04, 03 y 02.

2.7.3.1 Sectorización de los sótanos.

El proyecto estuvo sectorizado en 06 partes para los sótanos 03 y 02 y en el caso del sótano 04 solo se dividió en 02 partes debido a que solo en esa área estaba considerado como losa aligerada y el resto era losa maciza. Cada sector se dividió en metrajes similares para la colocación de las prelosas y estos mismos se mantuvieron para el vaciado de la losa con el fin de obtener un flujo continuo de las prelosas.

En la figura 29 se muestra la sectorización que se planteó para los sótanos.

Figura 29*Sectorización de los sótanos*

Nota. Sectores divididos en metrajes similares, para el caso del sótano 04 solo se considera los sectores 01 y 02. Elaboración propia

En las **figuras 30 y 31** se observa el metrado de concreto y encofrado para cada sector con valores similares para que el personal produzca por día el mismo metrado y de manera constante y no parar el flujo continuo del proyecto.

Figura 30

Metrado de concreto con sectorizaciones similares

CONCRETO										
Nivel	Tipo	Area (m2)	Factor	Total (m3)	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Sótano 4	Losa maciza	451.03	0.2	90.21	6.1	9.7	-	-	-	-
Sótano 4	Prelosa aligerada	292.79	0.095	27.82	13.7	13.9	-	-	-	-
Sótano 4	Vigas			19.12	8.9	10.8	-	-	-	-
Sótano 4	Placas			32.4	5.0	7.9	-	-	-	-
Sótano 4	Columnas			100.8	0.7	3.3	-	-	-	-
Sótano 3	Losa maciza	161.66	0.2	32.33	6.1	9.7	8.0	6.5	1.2	0.8
Sótano 3	Prelosa aligerada	879.74	0.095	83.58	13.7	13.9	13.8	12.6	16.3	16.1
Sótano 3	Vigas			52.54	8.9	10.8	10.2	7.2	10.4	7.0
Sótano 3	Placas			34.36	5.0	7.9	16.3	6.8		
Sótano 3	Columnas			26.95	0.7	3.3	4.2	1.9	8.7	6.3
Sótano 2	Losa maciza	161.66	0.2	32.33	6.1	9.7	8.0	6.5	1.2	0.8
Sótano 2	Prelosa aligerada	879.74	0.095	83.58	13.7	13.9	13.8	12.6	16.3	16.1
Sótano 2	Vigas			52.54	8.9	10.8	10.2	7.2	10.4	7.0
Sótano 2	Placas			34.36	5.0	7.9	16.3	6.8		
Sótano 2	Columnas			26.95	0.7	3.3	4.2	1.9	8.7	6.3

Nota. Elaboración propia

Figura 31*Metrado de encofrado con sectorizaciones similares*

		ENCOFRADO				
Nivel	Tipo	Area (m2)	S1	S2	S3	S4
Sótano 4	Losa maciza	451.03	225.5	225.5	-	-
Sótano 4	Prelosa aligerada	292.79	146.4	146.4	-	-
Sótano 4	Vigas	187.73	93.9	93.9	-	-
Sótano 4	Placas	276.82	138.4	138.4	-	-
Sótano 4	Columnas	161.45	80.7	80.7	-	-
Sótano 4	Muro de Concreto	842.57	421.3	421.3	-	-
Sótano 3	Losa maciza	161.66	30.7	48.4	39.9	32.7
Sótano 3	Prelosa aligerada	879.74	143.8	145.8	145.6	132.2
Sótano 3	Vigas	368.50	59.5	74.6	71.8	49.7
Sótano 3	Placas	287.65	41.0	69.0	173.7	17.4
Sótano 3	Columnas	198.79	7.1	33.9	26.2	18.2
Sótano 2	Losa maciza	161.66	30.7	48.4	39.9	32.7
Sótano 2	Prelosa aligerada	879.74	143.8	145.8	145.6	132.2
Sótano 2	Vigas	368.50	59.5	74.6	71.8	49.7
Sótano 2	Placas	287.65	41.0	69.0	173.7	17.4
Sótano 2	Columnas	198.79	7.1	33.9	26.2	18.2

Nota. Elaboración propia

2.7.3.2 Proceso constructivo de las losas de los sótanos con prelosas.

A. Consideraciones generales

Para el desarrollo de las descargas de las prelosas se identificó las siguientes particularidades propias del proyecto:

1. Solo se cuenta con un frente de obra, por el lado de la av. 28 de julio con 25ml.
2. La municipalidad de Miraflores solo permitía hacer movimientos en la vía a partir de las 9am a 12:00 pm y de 2:00pm a 5:00pm y solo en el caso se tenga vaciado con cola de mixer se permitía intervenir la vía de 12:00pm a 1:00pm.
3. Al presentar estas restricciones se tenía que ser preciso con la llegada del viaje de la prelosa, por lo que se tenía que exigir al proveedor que la prelosa este 9:00am en obra para no colapsar con la llegada de los demás materiales.


B. Organización de la torre grúa

Para realizar el uso de la torre grúa se tenía que realizar la programación con una semana de anticipación teniendo en cuenta los horarios permitidos para intervenir la vía. Se le daba prioridad a la descarga de la prelosa ya que en la etapa de casco es la partida crítica para el avance programado, ya en los horarios libres se colocaba la llega de acero, vaciado con balde de concreto, etc.

En la **figura 32** se muestra la programación que se realiza semana a semana para el uso de la torre grúa.

Figura 32

Programación semanal de torre grúa

	PROGRAMACIÓN TORRE GRUA					
	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO
	16/05/2022	17/05/2022	18/05/2022	19/05/2022	20/05/2022	21/05/2022
7:30 - 8:00	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS
8:00 - 9:00	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS
9:00 - 10:00	INSTALACION DE PRELOSA	INSTALACION DE PRELOSA	INSTALACION DE PRELOSA	INSTALACION DE PRELOSA	INSTALACION DE PRELOSA	ACEDIMLOSA 2S1/S2
10:00 - 11:00						ACEDIM VERTICAL 3S2
11:00 - 12:00						
12:00 - 12:30						
12:30 - 1:00	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	
1:00 - 2:00	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	
2:00 - 3:00	ACEDIMLOSA 1S1/S2	VACIADO CON BALDE DE CONCRETO (VERTICALES)	ACEDIMLOSA 1S3/S4		ACEDIMLOSA 2S1/S2	
3:00 - 4:00						
4:00 - 5:00					ACEDIM VERTICAL 3S1	

Nota. La llegada de las prelosas estaba programada diariamente y su instalación se realizaba el mismo día, Elaboración propia.

C. Actividades previas a la instalación de las prelosas


Antes de proceder con la instalación de las prelosas deben haberse cumplido ciertas actividades previas de acuerdo al tren de trabajo establecido por el proyecto. Es por ello que para poder iniciar el tren de trabajo en los sótanos y empezar con la instalación de las prelosas, se realizaron las partidas de la colocación de acero, encofrado y vaciado de elementos verticales, encofrado de vigas y fondo de prelosa.

En la **figura 33** se observa la programación semanal de los elementos verticales donde se detalla que día ingresa la partida de acero y posterior a ello la partida de encofrado y finalmente la partida de vaciado. Es importante mencionar que si algunas de estas partidas no cumplían con la

programación se retrasaba todas las demás partidas, por ello como área de producción éramos responsables directos del cumplimiento de los trabajos diarios, es por eso que teníamos que garantizar que el encofrado de verticales empezara máximo a las 9:00 am ya que teniendo los ratios de avance empezando a esa hora terminaban sus actividades a la 1:00 pm, y para posteriormente poder empalmar con el vaciado que estaba programado a las 2:00pm.

Figura 33

Programación semanal de los elementos verticales

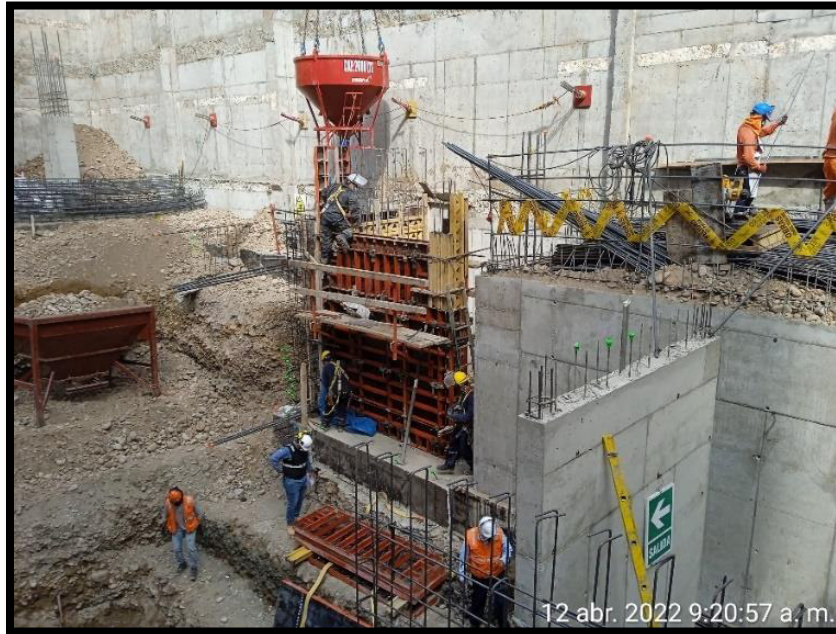
	SEMANA 25				
	Lu	Ma	Mi	Ju	Vier
	25-Abr	26-Abr	27-Abr	28-Abr	29-Abr
Obras preliminares					
CIMENTACION					
SOTANOS					
VERTICALES					
ACERO		"-3S1"	"-3S2"	"-3S3"	"-3S4"
INSTALACIONES		"-3S1"	"-3S2"	"-3S3"	"-3S4"
ENCOFRADO			"-3S1"	"-3S2"	"-3S3"
VACIADO			"-3S1"	"-3S2"	"-3S3"
VACIADO 2					

Nota. Los elementos verticales estaban divididos en 6 sectores por cada piso de la siguiente forma -3S1, -3S2,-3S3,-3S4,-3S5 y -3S6 donde -3 es el nivel, S# es el sector, Elaboración propia.

En la **figura 34** se muestra el vaciado de los elementos verticales. En este caso se usó el balde de concreto para realizar el vaciado para no generar desperdicios de concreto en la línea de bombeo.

Figura 34

Encofrado y vaciado de elementos verticales




Nota. Elaboración propia

En la **figura 35** se muestra la programación semanal de los elementos horizontales el cual consiste en armar el encofrado del fondo de vigas y proceder con la colocación del acero, para finalmente realizar el encofrado de fondo y apuntalamiento para las prelosas. En la **figura 36** se puede ver todos estos procesos culminados para poder recibir la prelosa.

Figura 35

Programación semanal los elementos horizontales

	SEMANA 25					SEMANA 26				
	Lu	Ma	Mi	Ju	Vier	Lu	Ma	Mi	Ju	Vier
	25-Abr	26-Abr	27-Abr	28-Abr	29-Abr	02-May	03-May	04-May	05-May	06-May
HORIZONTALES										
ENCOFRADO DE VIGAS				"-3S1"	"-3S2"					
ACERO EN VIGAS				"-3S1"	"-3S2"	"-3S2"		"-3S3"	"-3S4"	"-2S1"
ENCOFRADO DE LOSA				"-3S1"	"-3S2"	"-3S2"		"-3S3"	"-3S4"	"-2S1"

Nota. Los elementos verticales estaban divididos en 6 sectores por cada piso de la siguiente forma -3S1, -3S2,-3S3,-3S4,-3S5 y -3S6 donde -3 es el nivel, S# es el sector, Elaboración propia.

Figura 36

Encofrado de vigas y fondo para prelosa



Nota. Elaboración propia


2.7.3.3 Número de cuadrillas

Para la realización de esta actividad se debe de tener listo la cuadrilla para la instalación, que en nuestro caso solo usamos 01 rigger para enganchar las prelosas, 01 rigger para la instalación y 01 peón para apoyar al rigger.

En la **figura 37** se muestra la programación semanal de la instalación de las prelosas el cual se tenía que cumplir con el fin de no afectar el tren de trabajo de las instalaciones sanitarias, eléctricas y colocación de acero y para que la cuadrilla de vaciado tampoco se vea afectada.

Figura 37

Programación semanal de la instalación de prelosas y partidas de casco

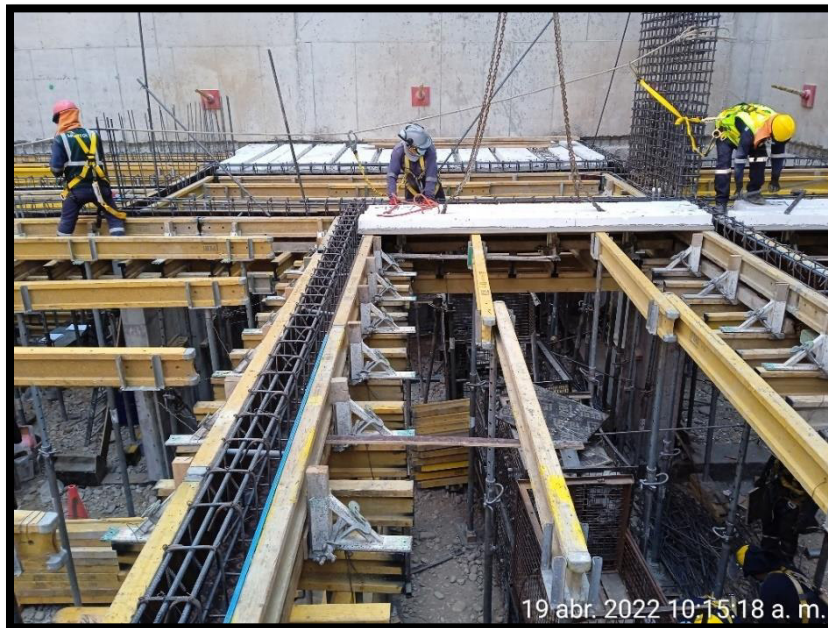
	SEMANA 25					SEMANA 26				
	Lu	Ma	Mi	Ju	Vier	Lu	Ma	Mi	Ju	Vier
	25-Abr	26-Abr	27-Abr	28-Abr	29-Abr	02-May	03-May	04-May	05-May	06-May
HORIZONTALES										
PRELOSA					"-3S1"	"-3S2"		"-3S3"	"-3S4"	"-2S1"
INSTALACIONES					"-3S1"	"-3S2"		"-3S3"	"-3S4"	"-2S1"
ACERO EN LOSA					"-3S1"	"-3S2"		"-3S3"	"-3S4"	"-2S1"
VACIADO DE LOSA						"-3S1"	"-3S2"		"-3S3"	"-3S4"
ACABADO EN LOSA						"-3S1"	"-3S2"		"-3S3"	"-3S4"

Nota. Elaboración propia

En la **figura 38** se muestra el proceso de instalación de la prelosa y como se había señalado solo era necesario 01 rigger quien era el que se encargaba de la instalación según el plano codificado que se le asignaba y 01 ayudante quien le apoyaba en la maniobra de la instalación. Así mismo señalar que el ayudante se quedaba después de terminar de instalar la prelosa para realizar algunas correcciones y doblar las mechas de acero que tienen que ir según procedimiento del proveedor dentro de las vigas.

Figura 38

Instalación de prelosas en sótanos



Nota. Elaboración propia

La **figura 39** corresponde a los trabajos de las partidas de instalaciones eléctricas y sanitarias, colocación de acero quienes tenían que terminar sus trabajos una vez culminado la instalación de prelosas que en promedio se acababa a las 11:00am.

Figura 39

Trabajos de instalaciones en prelosas



Nota. Elaboración propia

Una vez culminado con los trabajos de instalaciones eléctricas, sanitarias y colocación del acero se procede a realizar la limpieza con el quemado de los restos de poliestireno en la prelosa que mayormente se acumulan en las vigas, restos de tuberías, alambres y acero. Una vez culminado la limpieza se procede a realizar el vaciado de losa tal como se muestra en la **figura 40** y la losa culminada que se observa en la **figura 41**.

Figura 40

Vaciado de concreto en prelasas



Nota. Elaboración propia

Figura 41

Acabado de piso con lisadora



Nota. Elaboración propia

2.7.3.4 Tiempo de instalación

En la siguiente tabla se muestra el ratio de instalación de las prelosas detallando el área instalada y el tiempo que se empleó. Como resultado se obtiene que en promedio el tiempo de instalación es de 1hr y 30 minutos.

Tabla 3

Ratio de instalación de prelosas

Sector	Área (m²)	Hora de Inicio	Hora Final	Total
-4S1	126.12	9:50 am	12:00 pm	2hrs 10minutos
-4S2	151.08	9:20 am	11:00 am	1hr 40minutos
-3S1	128.21	9:10 am	11:00 am	1hr 50minutos
-3S2	146.13	9:12 am	10:48 am	1hr 36 minutos
-3S3	135.67	9:20 am	10:30 am	1hr 10 minutos
-3S4	97.37	9:15 am	11:00 am	1hr 45 minutos
-3S5	224.46	9:30 am	11:40 am	2hrs 10minutos
-3S6	163.35	9:25 am	12:00 pm	2hrs 35minutos
-2S1	87.72	9:58 am	12:30 pm	2hrs 32minutos
-2S2	97.17	9:10 am	10:30 am	1hr 20minutos
-2S3	143.78	10:30 am	12:00 pm	1hr 30minutos
-2S4	189.58	10:00 am	11:10 am	1hr 10minutos
-2S5	208.93	9:40 am	11:30 am	1hr 50minutos
-2S6	166.35	9:40 am	11:40 am	2hrs

Nota. Elaboración propia

2.7.3.5 Análisis de precios unitarios para instalación de prelosas para la elaboración del índice semanal de producción.

Analizaremos la cuadrilla asignada según el precio unitario del proyecto en la tabla 4, el cual está conformado por 02 peones y 03 operarios que indica que tienen un rendimiento de 100 m²/día el cual es bajo ya que se pudo ver en otro análisis de precio unitario que la cuadrilla de 01 operario y 04 peones tienen un rendimiento de 456 m²/día, pero esto dependerá mucho de la dimensión del proyecto, así como en nuestro caso que solo teníamos áreas de 100 a 250 m² de prelosas por instalar por día.

Tabla 4

Análisis de Precio Unitario (APU) de colocación de prelosa

Rendimiento	100	m ² /día	Costo unitario por: m ²		9.57
Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/)	Parcial (S/)
Mano de obra					9.29
Peón civil	hh	2.0000	0.1600	18.20	2.91
Operario civil	hh	3.0000	0.2400	25.54	6.13
Capataz civil	hh	0.1000	0.0080	30.65	0.25
Equipos					0.28
Herramientas	%mo		3.0000	9.29	0.28

Nota. Tabla obtenida de PV-EDIF-PRIV-MULT-21009 MULTIFAMILIAR ECO 28

Rev. 1.

2.7.3.6 Costo de la partida

Con el APU de colocación de las prelosas desarrollamos nuestro índice semanal de producción para ver si estamos en pérdida o ganancia de las horas hombres empleados y su metrado de avance. En la **figura 42 y 43** se muestra la hoja de cálculo del inicio de la partida hasta finalizarlo, el cual fue relleno con los datos obtenidos en campo según el metrado diario y las horas hombre empleado en la partida

Figura 42

Índice semanal de producción (ISP), inicio de colocación de prelosa

DESCRIPCION	JORNAL DIARIO (BRUTO)	RATIO META	UND	META	SEM 24					
					L	M	M	J	V	S
					18/4/22	19/4/22	20/4/22	21/4/22	22/4/22	23/4/22
SEGUNDA ETAPA			h-h		59.5	59.5	60.5	59.5	60.5	38.5
COLOCACIÓN DE PRELOSA	18.2		h-h	40.80	4.00	2.50				
		0.41	h.h meta	40.80	51.46	61.64				
			m2	100.00	126.12	151.08				
			hh/dia	0.41	0.03	0.02				
			Ratio Meta	0.41	0.41	0.41				
			hh-hhmeta	0.00	47.46	59.14	0.00	0.00	0.00	0.00
			Costo hh	0.00	864.19	1,076.95	0.00	0.00	0.00	0.00

Nota. ISP semana 24 inicio de partida. Elaboración propia

Figura 43

Índice semanal de producción (ISP), final de colocación de prelosa

DESCRIPCION	JORNAL DIARIO (BRUTO)	RATIO META	UND	META	SEM 28					
					L	M	M	J	V	S
					16/5/22	17/5/22	18/5/22	19/5/22	20/5/22	21/5/22
SEGUNDA ETAPA			h-h		68.0	71.0	68.0	76.5	83.5	49.5
COLOCACIÓN DE PRELOSA	18.2		h-h	40.80	8.50	8.50	8.50	8.50	0.00	0.00
		0.41	h.h meta	40.80	77.35	68.12	85.24	0.00	0.00	0.00
			m2	100.00	189.58	166.95	208.93	0.00	0.00	0.00
			hh/día	0.41	0.04	0.05	0.04	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!
			Ratio Meta	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
			hh-hhmeta	0.00	68.85	59.62	76.74	-8.50	0.00	0.00
			Costo hh	0.00	1,253.73	1,085.60	1,397.50	-154.79	0.00	0.00

Nota. ISP semana 28 inicio de partida. Elaboración propia

Para el cálculo del ISP semanal debemos tener definido los datos metas en base a nuestro análisis de precio unitario (APU), el cual detallaremos de la siguiente manera:

- Horas hombres (h-h): Resulta de la multiplicación de la cuadrilla por la cantidad de hora semanal dividido entre 6 días, para los datos diarios son las horas que emplea la cuadrilla en la colocación de las prelosas.

- Horas meta (hh meta): se obtiene de la multiplicación de la cuadrilla por 8 horas, para los datos diarios resulta de la multiplicación del ratio meta por el metrado (m²) que ejecuta diariamente la cuadrilla.

- Metrado o rendimiento (m²): es el rendimiento de la cuadrilla que se obtiene del APU y para los datos diarios es el metrado que rinde la cuadrilla en campo.

- Horas hombre por día (hh/día): resulta de la división de las horas hombre (h-h) entre el rendimiento o metrado (m²).

- Ratio meta: resulta de la división de las horas hombre meta entre el rendimiento (m²)

- horas hombre menos horas hombre meta (hh – hhmeta): es la diferencia entre las horas hombre y las horas hombre meta, este resultado son las horas ganadas diariamente.

Costo horas hombre (costo hh): es el resultado de la multiplicación de (hh-hhmeta) y el jornal diario bruto, este resultado nos da la cantidad ahorrado diariamente.

En la **figura 44** se muestra el ISP acumulativo de colocación de la prelosa en donde se observa que la ganancia está en base a las horas hombre ganados el cual es de 755.91hrs que multiplicado por el jornal de un peón nos da una ganancia en esta partida de S/. 13,766.07 respecto del presupuesto de la partida. Para generar esta ganancia se evaluó el APU de colocación de prelosa el cual pedía que la cuadrilla este conformado por 03 operarios y 02 ayudantes, para lo cual nosotros logramos optimizar la productividad en usar al rigger como instalador de la prelosa con un ayudante, y donde solo se consideró las horas hombre del ayudante para este análisis ya que las horas el rigger se consideraba en las horas de transporte vertical.

Figura 44

Índice semanal de producción (ISP), acumulativo de colocación de prelosa

DESCRIPCION	JORNAL DIARIO (BRUTO)	RATIO META	UND	META	SEMANAL	Diferencia (hh)	ACUMULADO SEM 28	DIFERENCIA (H)
SEGUNDA ETAPA			h-h		1,046.5	156.1	17,455.0	-2,239.9
COLOCACIÓN DE PRELOSA	18.2		h-h	40.80	34.00	196.71	118.00	755.91
		0.41	h.h meta	40.80	230.708		873.907	
			m2	100.00	565.46		2,141.93	
			hh/día	0.41	0.060		0.055	
			Ratio Meta	0.41				
			hh-hhmeta	0.00				
			Costo hh	0.00	S/ 3,582.05		S/ 13,765.07	

Nota. ISP semana 28 inicio de partida. Elaboración propia

2.7.3.7 Tiempo de ejecución de los sótanos con prelosa

Para ver el tiempo de ejecución haremos un comparativo con el cronograma contractual y el tiempo de ejecución que duro la construcción de los sótanos con el sistema de prelosas.

La **tabla 05** nos muestra el tiempo de ejecución contractual y la **tabla 06** muestra el tiempo ejecutado en campo.

Tabla 5

Plazos de cronograma contractual para sótanos 04, 03 y 02

Nivel	Inicio	Fin	Área (m ²)	Duración	Total
Sótano 04	03/05/22	10/05/22	292.79	08 días	32 días calendario
Sótano 03	11/05/22	26/05/22	1041.40	16 días	
Sótano 02	19/05/22	03/06/22	1041.40	16 días	

Nota. Elaboración propia

Tabla 6

Tiempo de ejecución de sótanos con sistema de prelosas

Nivel	Inicio	fin	Área (m ²)	Duración	Total
Sótano 04	19/04/22	22/04/22	292.79	04 días	23 días calendario
Sótano 03	28/04/22	13/05/22	1041.40	16 días	
Sótano 02	06/05/22	19/05/22	1041.40	14 días	

Nota. Se está considerando 23 días calendarios debido a que solo en estos días se tuvo actividad de prelosa, y en 7 días no se tuvo actividad de colocación de prelosas. Es por ello que solo se considera el tiempo de ejecución de prelosas para tener datos netamente de ejecución. Elaboración propia

2.7.4 Desarrollo de las viguetas tipo tralicho

Para el desarrollo de esta segunda etapa de la edificación se usó la vigueta tipo tralicho a partir del sótano 01 hasta el último nivel de la edificación. Pero para el objetivo de nuestro trabajo analizaremos los pisos típicos a partir del piso 01.

2.7.4.1 Sectorización de los pisos típicos

Para el desarrollo del casco de los pisos típicos de la edificación se dividió en 04 sectores, considerando los siguientes aspectos en las siguientes partidas que eran críticos:

A. Partida de encofrado:

La segunda etapa del proyecto tenía una característica especial, debido a que la estructura era irregular, por lo que el proyectista para poder rigidizar y no generar momento torsional entre el centro de masa y centro de rigidez, proyecto placas de grandes longitudes alrededor de casi todo el perímetro de la edificación (10 placas grandes en todo el perímetro). Por lo que esto fue considerado para realizar la sectorización y no afectar nuestro tren de trabajo y que la cuadrilla de encofrado pueda cumplir con la meta diaria.

B. Colocación de viguetas tipo tralicho

Esta partida será el encargado de marcar el ritmo en el tren de trabajo debido a que será el sistema que reemplace a la prelosa, considerando esto se sectorizo de acuerdo a los ratios de la cuadrilla.

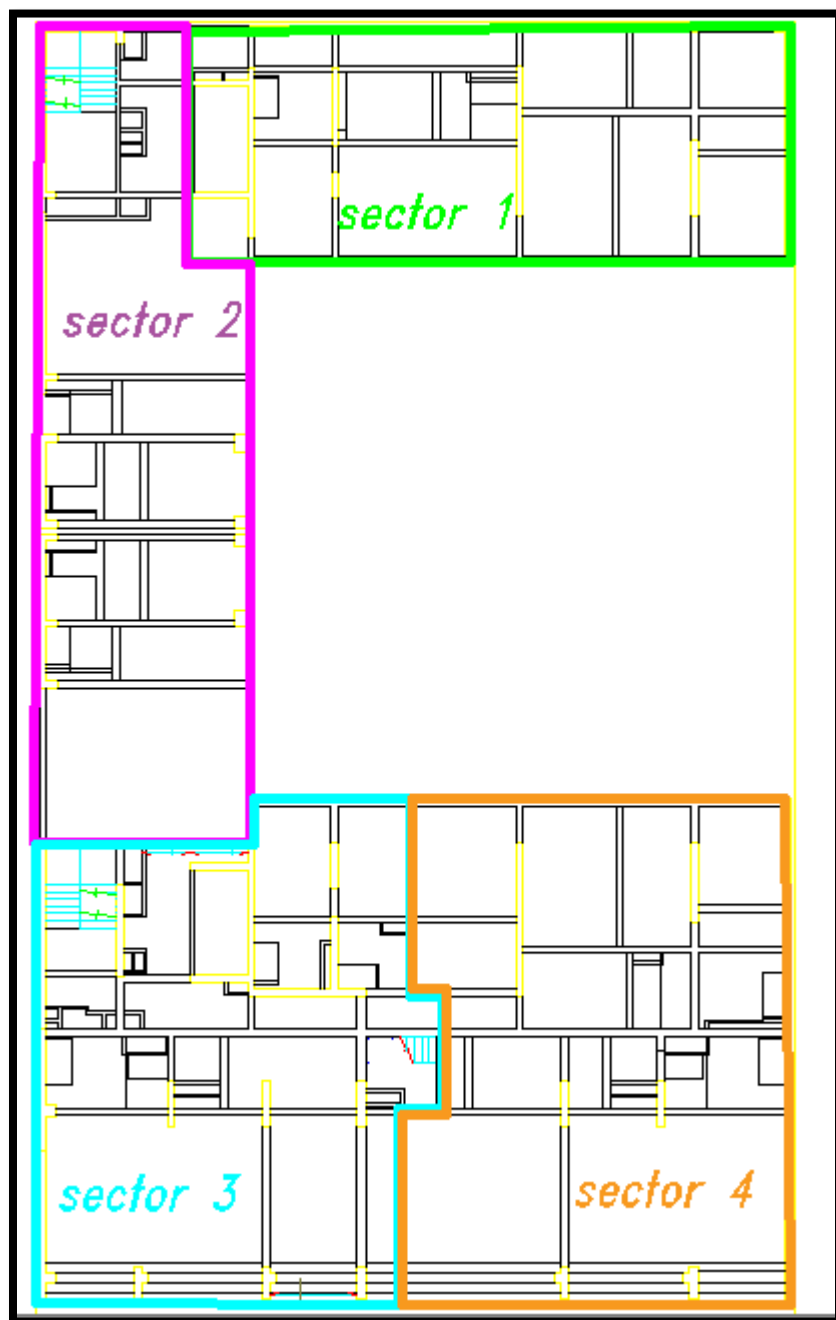
C. Volumen de concreto

Se tomo en cuenta el volumen de concreto para sectorizar de manera equitativa.

En la **figura 45** se muestra la sectorización de los pisos típicos según los criterios mencionados anteriormente.

Figura 45

Sectorización de los pisos típicos



Nota. Elaboración propia

En la **figura 46 y 47** se muestra el metrado de encofrado considerado para la sectorización que de la misma forma se hizo para las prelosas el cual está dividido en valores similares para no afectar el tren de trabajo.

Figura 46

Metrado de encofrado pisos impares con sectorizaciones similares

ENCOFRADO						
Nivel	Tipo	Área (m2)	S1	S2	S3	S4
Piso 1,3,5,7,9	Losa maciza	142.62	32.2	25.2	59.0	26.3
Piso 1,3,5,7,9	Losa maciza	12.67	1.8	5.3	1.4	4.1
Piso 1,3,5,7,9	Losa maciza	11.21	2.3	2.7	3.5	2.7
Piso 1,3,5,7,9	Losa maciza	0.51	0.2	0.2	0.1	0.1
Piso 1,3,5,7,9	Vigueta 01 sentido	254.8	87.4	40.8	44.0	82.6
Piso 1,3,5,7,9	Vigueta 02 sentidos	185.11	4.8	71.3	43.9	65.1
Piso 1,3,5,7,9	Vigas	271.53	57.4	76.1	64.3	73.8
Piso 1,3,5,7,9	Columnas	112.45	4.9	28.8	44.3	29.9
Piso 1,3,5,7,9	Placas	553.45	152.1	119.1	182.2	112.7

Nota. Elaboración propia

Figura 47

Metrado de encofrado pisos impares con sectorizaciones similares

ENCOFRADO						
Nivel	Tipo	Area (m2)	S1	S2	S3	S4
Piso 2,4,6,7,8,10	Losa maciza	140.47	32.2	24.6	55.9	27.2
Piso 2,4,6,7,8,10	Losa maciza	12.67	1.8	5.3	1.4	4.1
Piso 2,4,6,7,8,10	Losa maciza	11.21	2.3	2.7	3.5	2.7
Piso 2,4,6,7,8,10	Losa maciza	0.51	0.2	0.2	0.1	0.1
Piso 2,4,6,7,8,10	Vigueta 01 sentido	254.79	87.4	40.8	44.0	82.6
Piso 2,4,6,7,8,10	Vigueta 02 sentidos	185.11	4.8	71.3	43.9	65.1
Piso 2,4,6,7,8,10	Vigas	271.53	57.4	76.1	64.3	73.8
Piso 2,4,6,7,8,10	Columnas	112.45	4.9	28.8	44.3	29.9
Piso 2,4,6,7,8,10	Placas	553.45	152.1	119.1	182.2	112.7

Nota. Elaboración propia

En la **figura 48 y 49** se muestra el metrado de concreto considerado para la sectorización que de la misma forma se hizo para las prelosas el cual está dividido en valores similares para no afectar el tren de trabajo.

Figura 48

Metrado de concreto en piso impares con sectorizaciones similares

CONCRETO								
Nivel	Tipo	Area (m2)	Factor	Total (m3)	S1	S2	S3	S4
Piso 1,3,5,7,9	Losa maciza	142.62	0.2	28.52	6.4	5.0	11.8	5.3
Piso 1,3,5,7,9	Losa maciza	12.67	0.25	3.17	0.5	1.3	0.4	1.0
Piso 1,3,5,7,9	Losa maciza	11.21	0.15	1.68	0.3	0.4	0.5	0.4
Piso 1,3,5,7,9	Losa maciza	0.51	0.1	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0
Piso 1,3,5,7,9	Vigueta 01 sentido	254.8	0.08	20.38	7.0	3.3	3.5	6.6
Piso 1,3,5,7,9	Vigueta 02 sentidos	185.11	0.1	18.51	0.5	7.1	4.4	6.5
Piso 1,3,5,7,9	Vigas			43.33	8.3	10.7	10.4	11.5
Piso 1,3,5,7,9	Columnas			20.10	0.6	5.1	7.0	4.6
Piso 1,3,5,7,9	Placas			74.56	21.5	15.4	25.9	14.7

Nota. Elaboración propia

Figura 49

Metrado de concreto en piso pares con sectorizaciones similares

CONCRETO								
Nivel	Tipo	Area (m2)	Factor	Total (m3)	S1	S2	S3	S4
Piso 2,4,6,7,8,10	Losa maciza	140.47	0.2	28.09	6.4	4.9	11.2	5.4
Piso 2,4,6,7,8,10	Losa maciza	12.67	0.25	3.17	0.5	1.3	0.4	1.0
Piso 2,4,6,7,8,10	Losa maciza	11.21	0.15	1.68	0.3	0.4	0.5	0.4
Piso 2,4,6,7,8,10	Losa maciza	0.51	0.1	0.05	0.0	0.0	0.0	0.0
Piso 2,4,6,7,8,10	Vigueta 01 sentido	254.79	0.08	20.38	7.0	3.3	3.5	6.6
Piso 2,4,6,7,8,10	Vigueta 02 sentidos	185.11	0.1	18.51	0.5	7.1	4.4	6.5
Piso 2,4,6,7,8,10	Vigas			41.33	8.3	10.7	10.3	11.5
Piso 2,4,6,7,8,10	Columnas			17.86	0.6	5.1	7.0	4.6
Piso 2,4,6,7,8,10	Placas			74.56	21.4	15.4	25.9	14.7

Nota. Elaboración propia

2.7.4.2 Proceso constructivo de las losas superiores con vigueta tralicho

Para el desarrollo de este punto se tendrá en cuenta las mismas consideraciones generales y organización de la torre grúa que se usó para el sistema de prelosas.

En la **figura 50** se muestra la programación de la llegada de las viguetas tipo tralicho y las bovedillas (viguetas cuadro de color morado y bovedillas cuadro de color turquesa), esta programación fue elaborado inicialmente considerando la llegada a las 9am, proceso donde notamos que no era lo conveniente debido a que recién se terminaba la instalación de la vigueta y la bovedilla a la 1:00pm y recién a esa hora se tenía frente de trabajo para las partidas de acero e instalaciones teniendo solo 4 horas para que puedan realizar sus trabajos y todo ello hacía que el vaciado de la losa del día siguiente se retrasara por las liberaciones en las pruebas de estanqueidad de 12 horas de las instalaciones sanitarias . Es por eso que al tener todos estos retrasos para el vaciado de losa se decidió cambiar la programación de llegada de la vigueta y bovedilla un día antes de su instalación, así como se muestra en la **figura 51** (viguetas cuadro de color morado y bovedillas cuadro de color turquesa), y esto fue posible debido a que estos materiales no ocupan mucho lugar y se puede dejar apilado, con este cambio la colocación de viguetas y bovedillas comenzaba a las 7:30am y se culminaba a las 10:00am ganando con esto 3 horas más para las partidas de acero e instalaciones teniendo así un total de 07 horas para culminar su trabajos.

Figura 50

Programación inicial de la llegada de viguetas y bovedillas

	PROGRAMACIÓN TORRE GRUA					
	13/06/2022	14/06/2022	15/06/2022	16/06/2022	17/06/2022	18/06/2022
7:30 - 8:00	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS
8:00 - 9:00	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS
9:00 - 10:00	VIGUETAS SEMISÓTANO DESPACHO 2	VIGUETAS PISO 1 DESPACHO 1	VIGUETAS PISO 1 DESPACHO 2	ENCOFRADO	VIGUETAS PISO 1 DESPACHO 3	VIGUETAS PISO 2 DESPACHO 1
10:00 - 11:00						
11:00 - 12:00	BOVEDILLAS 1SS4	BOVEDILLAS 2SS1	BOVEDILLAS 2SS2	BOVEDILLAS 2SS3	BOVEDILLAS 2SS4	BOVEDILLAS 3SS1
12:00-12:30						
12:30 - 1:00	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS
1:00 - 2:00	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS
2:00 - 3:00	ACEDIM LOSA 1S1/S2		ACEDIM LOSA 1S3/S4		ACEDIM LOSA 2S1/S2	ACEDIM LOSA 2S1/S2
3:00 - 4:00						
4:00 - 5:00					ACEDIM VERTICAL 3S1	ACEDIM VERTICAL 3S2

Nota. La llegada de los materiales estaba programada de la siguiente manera, las viguetas divididas en 3 despachos y las bovedillas en 4 (2SS1,2SS2,2SS3 y 2SS4) y estos eran instalados el mismo día de su llegada, Elaboración propia.

Figura 51

Programación final de la llegada de viguetas y bovedillas

	PROGRAMACION DE TORRE GRUA											
	15/08/2022	16/08/2022	17/08/2022	18/08/2022	19/08/2022	20/08/2022	22/08/2022	23/08/2022	24/08/2022	25/08/2022	26/08/2022	27/08/2022
7:30 - 8:00	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS		MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	
8:00 - 9:00	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS		MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	
9:00 - 10:00	LADRILLO / MORTERO (23 PARIHUELAS)	ACEDIM LOSA 9S1/S2	LADRILLO / MORTERO (23 PARIHUELAS)	ACEDIM LOSA 9S3/S4	LADRILLO / MORTERO (23 PARIHUELAS)	MANTENIMIENTO TORRE GRUA		ACEDIM LOSA 10S3/S4		ACEDIM LOSA 11S1/S2		
10:00 - 11:00		ACEDIM VERTICAL 11S2		ACEDIM VERTICAL 11S3			ACEDIM VERTICAL 11S2		AZOTEA			
11:00 - 12:00												
12:00-12:30												
12:30 - 1:00	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS		MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	
1:00 - 2:00	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS		MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	MOV. INTERNOS	
2:00 - 3:00		VIGUETAS DESPACHO 1 TECHO #9	VIGUETAS DESPACHO 2 TECHO #9	VIGUETAS DESPACHO 3 TECHO #9			VIGUETAS DESPACHO 1 TECHO #10	VIGUETAS DESPACHO 2TECHO #10	VIGUETAS DESPACHO 3TECHO #10	MOVIMIENTO VIGAS H	VIGUETAS DESPACHO 3 TECHO #8	
3:00 - 4:00												
4:00 - 5:00	BOVEDILLAS 8S4	BOVEDILLAS 9S1	BOVEDILLAS 9S2	BOVEDILLAS 9S3	BOVEDILLAS 9S4		BOVEDILLAS 10S1	BOVEDILLAS 10S2	BOVEDILLAS 10S3	BOVEDILLAS 10S4	BOVEDILLAS 11S1	

Nota. Después de la modificación la llegada de los materiales estaba programada de la siguiente manera, las viguetas divididas igualmente en 3 despachos y las bovedillas en 4 (9S1,9S2,9S3 y 9S4) y estos recién eran instalados al día siguiente de su llegada, Elaboración propia.

A. Actividades previas a la instalación de viguetas y bovedillas


Para poder proceder con la instalación de las viguetas y bovedilla se deberá cumplir las mismas actividades previas igual que para la prelosa, de acuerdo al tren de trabajo establecido.

De la misma manera que para la prelosa para el inicio del tren de trabajo del casco a nivel de pisos y empezar con la instalación de las viguetas y bovedillas, se deben hacer las partidas precedentes, el cual se detalla en nuestra programación semanal extraído del look ahead.

En la **figura 52 y 53** se muestra la programación semanal de los elementos verticales (placas y columnas) por sector el cual debe de cumplirse de manera obligatoria para no afectar el avance de tren diario y no tener inoperativos a las demás partidas involucrados en el casco.

Figura 52


Programación semanal inicial de los elementos verticales

	SEMANA 32					SEMANA 33				
	Lu	Ma	Mi	Ju	Vier	Lu	Ma	Mi	Ju	Vier
	13-Jun	14-Jun	15-Jun	16-Jun	17-Jun	20-Jun	21-Jun	22-Jun	23-Jun	24-Jun
VERTICALES										
ACERO	"SS4"	1S1	1S2	1S3	1S4			2S1	2S2	
INSTALACIONES	"SS4"	1S1	1S2	1S3	1S4			2S1	2S2	
ENCOFRADO	"SS4"	1S1	1S2	1S3	1S4	1S4		2S1	2S2	
VACIADO	"SS4"	1S1	1S2	1S3	1S4	1S4		2S1	2S2	

Nota. Los elementos verticales estaban divididos en 4 sectores por cada piso de la siguiente forma 1S1, 1S2, 1S3 Y 1S4 donde 1 es el nivel, S# es el sector, Elaboración propia.

Figura 53

Programación semanal final de los elementos verticales

	SEMANA 44					SEMANA 45				
	Lu	Ma	Mi	Ju	Vier	Lu	Ma	Mi	Ju	Vier
	05-Set	06-Set	07-Set	08-Set	09-Set	11-Set	12-Set	13-Set	14-Set	15-Set
VERTICALES										
ACERO	12S1	12S2	12S3	12S4	AZ	AZ	AZ	AZ		
INSTALACIONES	12S1	12S2	12S3	12S4	AZ	AZ	AZ	AZ		
ENCOFRADO	12S1	12S2	12S3	12S4	AZ	AZ	AZ	AZ		
VACIADO	12S1	12S2	12S3	12S4	AZ	AZ	AZ	AZ		

Nota. Los elementos verticales estaban divididos en 4 sectores por cada piso de la siguiente forma 12S1, 12S2, 12S3 Y 12S4 donde 12 es el nivel, S# es el sector, Elaboración propia.

En la **figura 54 y 55** se muestra el vaciado de los elementos verticales. En donde se realizó el uso el brazo concretero (tdh) y también se usó el balde de concreto para realizar el vaciado en zonas donde no llegaba el brazo concretero.

Figura 54

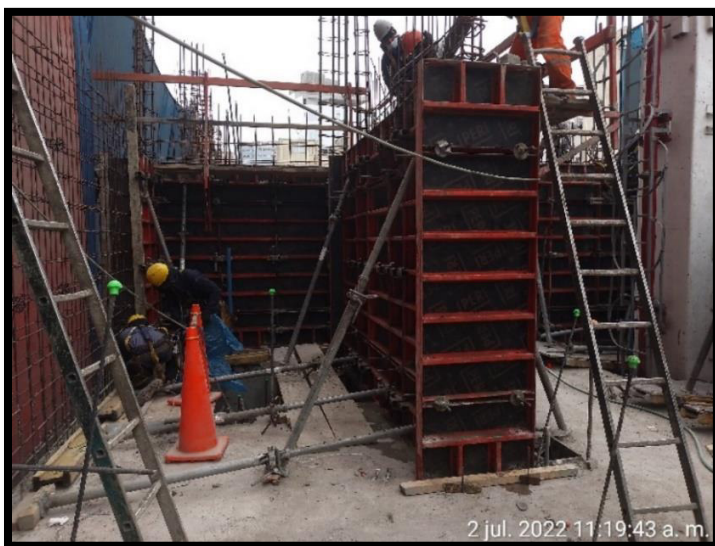
Encofrado de elementos verticales



Nota. Elaboración propia.

Figura 55

Vaciado de elementos verticales



Nota. Elaboración propia

2.7.4.3 Número de cuadrillas

Para esta partida a diferencia de la instalación de la prelosa, la cuadrilla de instalación de viguetas está conformado por 02 operarios y 03 ayudantes, muy a parte de los rigger quienes solo eran los encargados de abastecer de material a la cuadrilla que a diferencia de la prelosa él y un solo ayudante formaban la cuadrilla de colocación de prelosa. Entonces para poder mejorar la productividad de la cuadrilla y haciendo un análisis en campo como área de producción determinamos que la actividad se podía realizar con tan solo 02 operarios y 02 ayudantes, de esta manera ahorramos horas hombre que expresado en costos es una rentabilidad a favor de nosotros.

En la **figura 56** se muestra la programación semanal de la instalación de las viguetas y bovedillas el cual se tenía que cumplir con el fin de no afectar el tren de trabajo de las instalaciones sanitarias, eléctricas y colocación de acero y para que la cuadrilla de vaciado tampoco se vea afectada.

Figura 56

Programación semanal de los elementos horizontales e instalación de viguetas

	SEMANA 35					SEMANA 36					SEMANA 37					
	Lu	Ma	Mi	Ju	Vier	Lu	Ma	Mi	Ju	Vier	Lu	Ma	Mi	Ju	Vier	
	04-Jul	05-Jul	06-Jul	07-Jul	08-Jul	11-Jul	12-Jul	13-Jul	14-Jul	15-Jul	18-Jul	19-Jul	20-Jul	21-Jul	22-Jul	
HORIZONTALES																
ENCOFRADO DE VIGAS	3S2	3S3	3S4		4S1	4S2	4S3	4S4		5S1	5S2	5S3	5S4	6S1	6S2	6S3
ACERO EN VIGAS	3S2	3S3	3S4		4S1	4S2	4S3	4S4		5S1	5S2	5S3	5S4	6S1	6S2	6S3
ENCOFRADO DE LOSA	3S2	3S3	3S4		4S1	4S2	4S3	4S4		5S1	5S2	5S3	5S4	6S1	6S2	6S3
COLOCACIÓN DE TRALICHO	3S1	3S2	3S3	3S4		4S1	4S2	4S3	4S4		5S1	5S2	5S3	5S4	6S1	6S2
COLOCACIÓN DE BOVEDILLA	3S1	3S2	3S3	3S4		4S1	4S2	4S3	4S4		5S1	5S2	5S3	5S4	6S1	6S2
ACERO EN LOSA	3S1	3S2	3S3	3S4		4S1	4S2	4S3	4S4		5S1	5S2	5S3	5S4	6S1	6S2
INSTALACIONES EN LOSA	3S1	3S2	3S3	3S4		4S1	4S2	4S3	4S4		5S1	5S2	5S3	5S4	6S1	6S2
VACIADO DE LOSA	2S4	3S1	3S2	3S3		3S4	4S1	4S2	4S3	4S4	5S1	5S2	5S3	5S4	6S1	6S2
ACABADO EN LOSA	2S4	3S1	3S2	3S3		3S4	4S1	4S2	4S3	4S4	5S1	5S2	5S3	5S4	6S1	6S2

Nota. La colocación de viguetas y bovedillas estaban divididos en 4 sectores por cada piso de la siguiente forma 3S1, 3S2,3S3 y 3S4 donde 3 es el nivel, S# es el sector Elaboración propia

En la **figura 57 y 58** se muestra el proceso del encofrado de las vigas y fondo de losa para las viguetas y bovedillas.

Figura 57

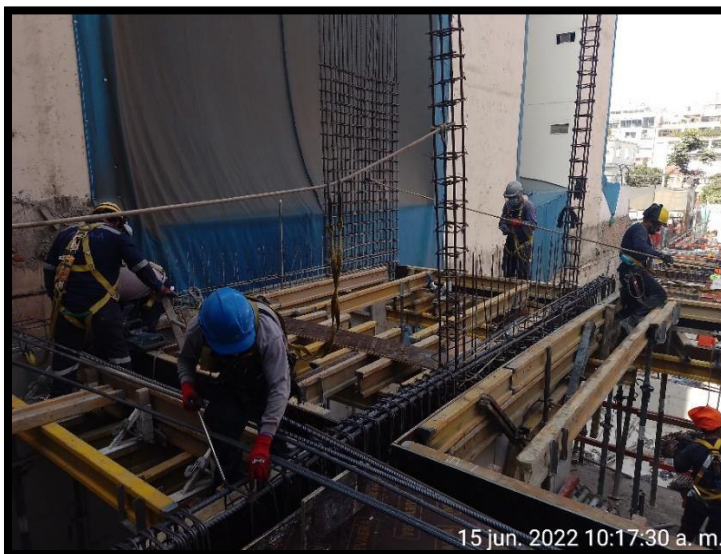
Encofrado de vigas para instalación de viguetas



Nota. Elaboración propia

Figura 58

Encofrado de losa para instalación de viguetas



Nota. Elaboración propia

En la **figura 59 y 60** se muestra la instalación de las viguetas tipo tralicho y bovedillas, esta partida inicialmente se empezó con una cuadrilla de 05 personas, y mejorando la productividad se conformó simplemente por 04 personas.

Figura 59

Instalación de viguetas tipo tralicho en pisos típicos



Nota. Elaboración propia

Figura 60

Instalación de bovedillas en pisos típicos



Nota. Elaboración propia

En la **figura 61 y 62** se muestra los trabajos de las partidas de las instalaciones eléctricas, sanitarias y acero, quienes debían iniciar sus labores antes de las 12:00pm para poder culminar su programación diaria y no afectar el vaciado del día siguiente y continuar con el tren de trabajo.

Figura 61

Trabajos de instalaciones sanitarias, eléctricas



Nota. Elaboración propia

Figura 62

Trabajos de colocación de acero

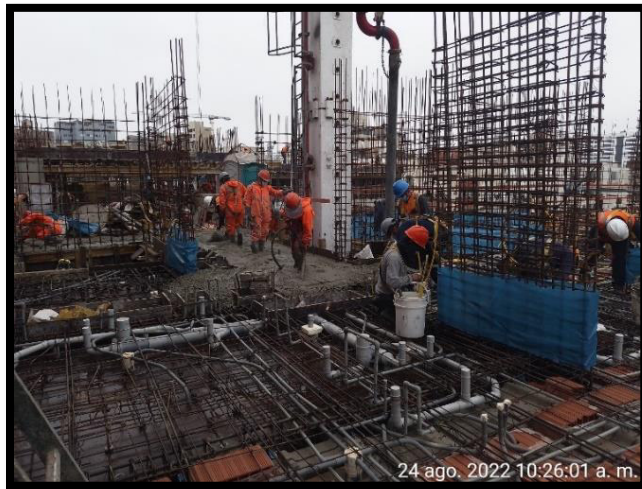


Nota. Elaboración propia

En la **figura 63 y 64** se muestra los trabajos de vaciado y acabado de la losa, el cual debía iniciar máximo a las 10:30am para poder culminar antes de la 1:00pm y así pueda fraguar el concreto y darle el acabado con la lisadora de concreto y no pasarnos del horario de las 5:00pm.

Figura 63

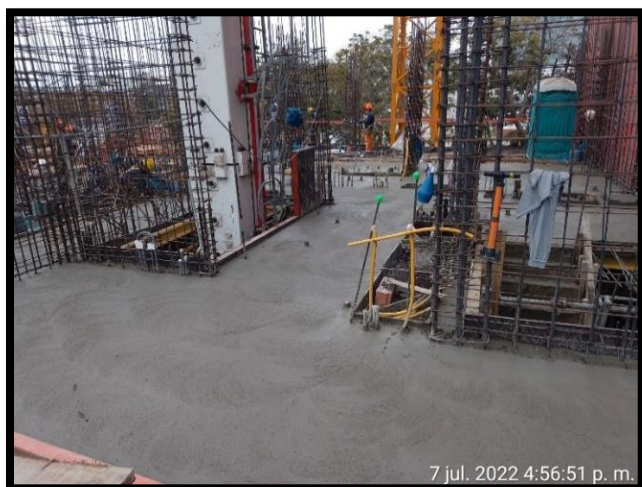
Vaciado de concreto en pisos típicos



Nota. Elaboración propia

Figura 64

Acabado de vaciado en pisos típicos



Nota. Elaboración propia

2.7.4.4 Tiempo de instalación

Para el caso del cálculo de ratio de la colocación de las viguetas y bovedillas será diferente a las prelosas, mientras que en las prelosas se consideraba el área y el tiempo de colocación, en las viguetas y bovedillas se medirá cuantos m² avanzan por día la cuadrilla de vigueteros ya que ellos van a tener frente todo el día que a diferencia de la prelosa solo se tenía un despacho en la mañana.

Con los datos obtenidos en campo la **tabla 07** muestra el ratio cuando la cuadrilla estaba conformada por 05 personas y la **tabla 08** muestra el ratio de la cuadrilla con 04 personas.

Tabla 7

Ratio de cuadrilla inicial de colocación de viguetas y bovedillas

Cuadrilla	Área (m²/día)	Horas hombre (hh)
05	26.94	42.50
04	98.68	31.00
05	93.64	36.00
05	89.52	46.50
05	37.76	42.50
05	37.76	27.50
05	37.76	39.00
05	30.00	39.00
05	48.14	42.50
05	84.28	42.50
05	94.96	42.50
05	60.73	27.50

Nota. Elaboración propia

Tabla 8*Ratio de cuadrilla definida de colocación de viguetas y bovedillas*

Cuadrilla	Área (m²/día)	Horas hombre (hh)
03	80.31	25.50
04	99.76	34.00
04	99.93	34.00
04	72.60	34.00
04	126.84	34.00
04	40.83	22.00
04	59.02	34.00
04	108.30	34.00
04	115.16	34.00
04	107.16	34.00
04	20.46	22.00
04	52.60	16.00
04	93.91	34.00
04	86.88	28.00
04	13.65	12.00
04	133.56	34.00
04	59.09	34.00
04	120.68	34.00
04	86.88	37.00
04	132.48	34.00
04	79.85	34.00
04	25.52	22.00
04	133.26	38.00
04	117.00	30.50
04	100.10	31.00
04	69.45	32.00
04	62.70	18.00
04	9.75	6.00

Nota. Elaboración propia

2.7.4.5 Análisis de precios unitarios para instalación de viguetas y bovedillas para la elaboración del índice semanal de producción.

Para este caso también se analizará la cuadrilla asignada según el precio unitario del proyecto en la tabla 9, el cual está conformado por 02 peones y 03 operarios que tienen un rendimiento de colocación vigueta tralicho de 100 m²/día, el cual es un rendimiento que está dentro de lo permitido ya que se pudo ver en otro análisis de precio unitario que una cuadrilla de 01 operario y 05 peones tienen un rendimiento de 140 m²/día.

Tabla 9

Análisis de Precio Unitario (APU) de colocación de viguetas y bovedillas.

Descripción	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/)	Parcial (S/)
Rendimiento	100	m ² /día	Costo unitario por: m2	9.57	
Mano de obra					9.29
Peón civil	hh	2.0000	0.1600	18.20	2.91
Operario civil	hh	3.0000	0.2400	25.54	6.13
Capataz civil	hh	0.1000	0.0080	30.65	0.25
Equipos					0.28
Herramientas	%mo		3.0000	9.29	0.28

Nota. Tabla obtenida de PV-EDIF-PRIV-MULT-21009 MULTIFAMILIAR ECO 28

Rev. 1.

2.7.4.6 Costo de la partida

Con el APU de colocación de las prelosas desarrollamos nuestro índice semanal de producción para ver si estamos en pérdida o ganancia de la partida según las horas hombres empleados y su metrado de avance.

En la **figura 65 y 66** se muestra la hoja de cálculo del inicio de la partida hasta finalizarlo, el cual fue relleno con los datos obtenidos en campo según el metrado diario y las horas hombre empleado en la partida.

Figura 65

Índice semanal de producción (ISP), inicio de colocación de viguetas y bovedillas

DESCRIPCION	JORNAL DIARIO (BRUTO)	RATIO META	UND	META	SEM 29					
					L	M	M	J	V	S
					23/5/22	24/5/22	25/5/22	26/5/22	27/5/22	28/5/22
SEGUNDA ETAPA			h-h		88.0	96.5	96.5	96.5	93.5	55.0
ALIGERADO PRODAC (1 SENTIDO)	18.2		h-h	40.80	26.00	17.00	25.00	30.00		27.50
		0.41	h.h meta	40.80	9.16	11.58	27.82	2.86		2.86
			m2	100.00	22.44	28.39	68.18	7.00		7.00
			hh/dia	0.41	1.16	0.60	0.37	4.29		3.93
			Ratio Meta	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
			hh-hhmeta	0.00	-16.84	-5.42	2.82	-27.14	0.00	-24.64
			Costo hh	0.00	-306.74	-98.64	51.31	-494.29	0.00	-448.77

Nota. ISP semana 29 inicio de partida, para su desarrollo se utiliza el mismo criterio señalado en el ISP semanal de las prelosas, Elaboración propia.

Figura 66

Índice semanal de producción (ISP) fin de colocación de viguetas y bovedillas

DESCRIPCION	JORNAL DIARIO (BRUTO)	RATIO META	UND	META	SEM 45					
					L	M	M	J	V	S
					12/9/22	13/9/22	14/9/22	15/9/22	16/9/22	17/9/22
SEGUNDA ETAPA			h-h		123.0	133.5	131.5	131.5	127.5	82.5
ALIGERADO PRODAC (1 SENTIDO)	18.2		h-h	40.80	0.00	0.00	0.00	12.00	1.00	0.00
		0.41	h.h meta	40.80	0.00	0.00	0.00	10.72	1.70	0.00
			m2	100.00	0.00	0.00	0.00	26.27	4.16	0.00
			hh/día	0.41	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	0.46	0.24	#DIV/0!
			Ratio Meta	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41	0.41
			hh-hhmeta	0.00	0.00	0.00	0.00	-1.28	0.70	0.00
			Costo hh	0.00	0.00	0.00	0.00	-23.34	12.70	0.00

Nota. ISP semana 45 fin de partida, para su desarrollo se utiliza el mismo criterio señalado en el ISP semanal de las prelosas. Elaboración propia.

En la **figura 67** se muestra el ISP acumulativo de la colocación de viguetas y bovedillas, en donde se puede ver que no hubo ganancias y al contrario se tuvo una pérdida que está en base a las horas hombre perdidos el cual es de 134.57hrs que multiplicado por el jornal nos da una pérdida en esta partida de S/. 2,450.52 del presupuesto de la partida. Justamente en base a estos análisis de isp es donde detectamos que con la cuadrilla de 05 personas estábamos perdiendo horas hombre ya que no cumplíamos con el avance mínimo de 100 m² por día debido a que no se tenía mucho frente de trabajo es por ello que reducimos la cuadrilla a 04 personas y mejoramos su productividad llegando a instalar en un día más de 100m² de colocación de viguetas y bovedillas.

Figura 67

Índice semanal de producción (ISP) acumulado de colocación de viguetas y bovedillas

DESCRIPCION	JORNAL DIARIO (BRUTO)	RATIO META	UND	META	SEMANAL	Diferencia (hh)	ACUMULADO SEM 45	DIFERENCIA (H)
SEGUNDA ETAPA			h-h		1,059.5	155.5	17,455.0	-2,239.9
ALIGERADO PRODAC (1 SENTIDO)	18.2	0.41	h-h	40.80	13.00	-0.58	2,355.00	-134.57
			h.h meta	40.80	12.415		2,220.430	
			m2	100.00	30.43		5,442.23	
			hh/dia	0.41	0.427		0.433	
			Ratio Meta	0.41				
			hh-hhmeta	0.00				
			Costo hh	0.00	-S/ 10.64		-S/ 2,450.52	

Nota. ISP semana del 29 al 45. Elaboración propia

2.7.4.7 Tiempo de ejecución de los pisos superiores

Para ver el tiempo de ejecución haremos un comparativo igual que para la prelosa con el cronograma contractual y el tiempo de ejecución que duro la construcción de los pisos superiores con el sistema de viguetas y bovedillas.

La **tabla 10** nos muestra el tiempo de ejecución contractual y la **tabla 11** muestra el tiempo ejecutado en campo.

Tabla 10

Plazos de cronograma contractual para pisos superiores

Nivel	Inicio	Fin	Área (m²)	Duración	Total
Sótano 01	27/05/22	13/06/22	1029.16	18 días	
Semisótano	14/06/22	28/06/22	529.41	15 días	
Piso 01	23/06/22	06/07/22	606.92	14 días	
Piso 02	01/07	13/07/22	604.76	13 días	
Piso 03	08/07/22	20/07/22	606.92	13 días	
Piso 04	15/07/22	27/07/22	604.76	13 días	
Piso 05	22/07/22	05/08/22	606.92	15 días	123 días
Piso 06	02/08/22	12/08/22	604.76	11 días	calendario
Piso 07	09/08/22	19/08/22	606.92	11 días	
Piso 08	16/08/22	26/08/22	604.76	11 días	
Piso 09	23/08/22	05/09/22	606.92	14 días	
Piso 10	31/08/22	12/09/22	604.76	13 días	
Piso 11	07/09/22	19/09/22	608.75	13 días	
Piso 12	14/09/22	26/09/22	601.51	13 días	

Nota. Elaboración propia

Tabla 11

Tiempo de ejecución de pisos superiores con viguetas y bovedillas.

Nivel	Inicio	Fin	Área(m²)	Duración	Total
Sótano 01	18/05/2022	03/06/2022	1029.16	16	
Semisótano	07/06/2022	16/06/2022	529.41	09	
Piso 01	14/06/2022	23/06/2022	606.92	09	
Piso 02	22/06/2022	04/07/2022	604.76	12	
Piso 03	30/06/2022	11/07/2022	606.92	11	
Piso 04	07/07/2022	15/07/2022	604.76	08	
Piso 05	13/07/2022	21/07/2022	606.92	08	108 días
Piso 06	19/07/2022	04/08/2022	604.76	16	calendario
Piso 07	01/08/2022	11/08/2022	606.92	10	
Piso 08	09/08/2022	17/08/2022	604.76	08	
Piso 09	15/08/2022	25/08/2022	606.92	10	
Piso 10	19/08/2022	01/09/2022	604.76	13	
Piso 11	29/08/2022	07/09/2022	608.75	09	
Piso 12	05/09/2022	16/09/2022	601.51	11	

Nota. Se está considerando 108 días de ejecución debido a que se tuvieron 13 días de paralización en dos oportunidades, es por ello que se considera solo los días de ejecución para tener datos netamente de ejecución. Elaboración propia

2.8 Discusión de resultados

2.8.1 *Tiempo de ejecución*

En las tablas 05 y 06 podemos observar el plazo contractual y tiempo de ejecución de las prelosas respectivamente, en donde el tiempo de ejecución de los sótanos con prelosa que se empleo fue de 23 días calendario de los 32 días del plazo contractual, lográndose un ahorro del tiempo con las prelosas en un 28%.

Realizando una comparación de nuestros tiempos con los plazos de Puente y Balladares (2021) concluyeron que usando el sistema de prelosas emplearon 35 días de los 49 que tenían programado, logrando así optimizar 14 días que hacen un 28.5% de ahorro del tiempo. Lo mismo pasa en el trabajo de investigación de Yarasca (2021) que concluye que el tiempo de ejecución usando prelosas se puede ahorrar 14 días menos que en un sistema aligerado convencional.

Para el caso de las viguetas tipo tralicho podemos observar en las tablas 10 y 11 el plazo contractual y el tiempo de ejecución de las viguetas respectivamente, en donde el tiempo de ejecución de los pisos superiores que se empleo fue de 108 días calendario de los 123 días del plazo contractual, lográndose un ahorro del tiempo con las viguetas en un 12.19%.

Adicionalmente, comparamos nuestra investigación con las de Puicón y Vásquez (2018) en donde realizaron un comparativo de tiempo de ejecución de 3 sistemas de losas el sistema convencional, viguetas prefabricadas y viguetas tipo tralicho, en el que concluyeron que las viguetas tipo tralicho emplean menos tiempo de ejecución.

2.8.2 Costo de instalación

En el caso del costo de la partida de instalación y colocación de ambos sistemas fue en las prelosas donde se usó menos horas hombre y se pudo ahorrar un total de S/.13 766,07 del presupuesto de la partida, y caso contrario fue con las viguetas tipo tralicho que se empleó más horas hombre y se tuvo una pérdida de S/. 2 450, 52 del presupuesto de la partida, y este monto se hubiese incrementado si no se hubiera reducido la cuadrilla y mejorado la productividad.

2.8.3 Numero de cuadrillas

Realizando un comparativo de cuadrillas, con el trabajo de investigación de Puente y Balladares (2021) donde su cuadrilla de colocación de prelosas estaba conformada por 01 operario y 04 peones que tenían un rendimiento de 456 m²/día y en nuestro caso nuestra cuadrilla estaba conformada por 01 rigger (que tenía su propia partida) y 01 peón que tenían un rendimiento de 224.46 m² y lo instalaban en un tiempo promedio de 1 hora y media de hora hombre. Así mismo en el trabajo de investigación de Puicón y Vásquez (2018) su cuadrilla para la colocación de viguetas estaba conformada 01 operario y 05 personas que tenían un rendimiento de 140 m²/día y muy aparte tenía otra cuadrilla de colocación de bovedillas que estaba conformado por 01 oficial y 09 peones que tenían un rendimiento de 1700 bovedillas/día, para nuestro caso solo se empleó 02 operarios y 02 ayudantes que realizaban ambas partidas la colocación de prelosas y colocación de bovedillas quienes tenían un rendimiento de 120.68m² de vigueta tralicho y 1050 bovedillas y todo ello lograban instalarlo en un promedio de 37 horas hombre.

III. APORTES DESTACABLES A LA EMPRESA

En el proyecto que he participado como asistente del área de producción destaco que el aporte más importante que logramos con mi jefe directo (jefe de producción) es la de haber encaminado a las contratas tanto de acero y encofrado a seguir un tren de trabajo debido a que ellos no estaban acostumbrados a ese ritmo de trabajo y no contaban con el personal suficiente para cumplir con los avances diarios, desde nuestra área era primordial realizar el vaciado de un sector diario para tener un tren de trabajo y cumplir con el cronograma sin retrasarnos. Costo mucho encaminar a las contratas de acero y encofrado, pero se logró con las exposiciones de las reuniones semanales de obra donde se les hacía ver el retraso que nos generaban. Asimismo, podemos mencionar algunos otros aportes para el proyecto y la empresa:

- Se cumplió las metas trazadas en el cronograma de la etapa de casco con 15 días antes del plazo contractual.
- Se logro ahorrar un mes de alquiler de la grúa torre.
- Se logro optimizar personal realizando un análisis de productividad de la cuadrilla.
- Se logro optimizar la instalación de las viguetas tipo tralicho al recibirlo un día antes de su instalación y no el mismo día a las 9:00am

IV. CONCLUSIONES

Se concluye que en ambos casos el uso de prelosas y viguetas tipo tralicho son sistemas eficaces que se pueden usar en la ejecución de edificaciones, pero es con el sistema de prelosas que se logra un mayor ahorro en costo y tiempo debido a la facilidad de su colocación y el menor uso de cuadrillas.

Se ha podido identificar que los procedimientos constructivos en ambos sistemas son similares, pero es con el sistema de prelosas que se tiene un mayor rendimiento debido a la facilidad en su instalación, menor uso de encofrado, disminución de la colocación de acero y ya se omite la colocación de bovedillas. Si bien es cierto que el sistema de viguetas tipo tralicho requiere de mayor tiempo para su instalación y colocación de bovedillas se puede llegar a optimizar su proceso llevando una buena gestión y tener definido la cuadrilla que estará a cargo de esta partida, es por ello que en este presente estudio se demuestra que con este sistema también se puede llegar a ahorrar el tiempo de ejecución.

Queda demostrado que teniendo en claro el concepto de productividad podemos llegar a obtener resultados favorables en temas de rentabilidad, tal como se dio en el caso de las instalaciones del sistema de prelosas que se pudo generar rentabilidad analizando la productividad de la cuadrilla. Lo mismo se hizo para el caso de las viguetas tipo tralicho que se logró disminuir la pérdida mejorando la productividad de la cuadrilla.

V. RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar estos sistemas de prelosas y viguetas tipo tralicho en edificaciones de similares características a nuestro trabajo de investigación debido a que se demuestra en ambos casos el ahorro económico y reducción de los plazos de ejecución.

Se recomienda para poder ganar tiempo en la instalación de las viguetas tipo tralicho estos deben estar en obra almacenados un día antes de su instalación y así poder instalarlos a primera hora y así puedan tener más tiempo las partidas de acero e instalaciones eléctricas y sanitarias para realizar sus trabajos con mayor tiempo para así tener listo la losa para poder realizar el vaciado al día siguiente.

Se recomienda el uso de herramientas de gestión tal como el lean construction, last planner, etc. Para poder llevar un correcto orden y tener un flujo de las actividades para poder cumplir con las metas diarias planificadas.

VI. REFERENCIAS

- Calderón, A. (2020). Estudio de la implementación de losas prefabricadas en la construcción de entresijos para la obra floresta VI. [Trabajo de suficiencia de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional UDEP. [https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4511#:~:text=\(2020\).,Programa%20Acad%C3%A9mico%20de%20Ingenier%C3%ADa%20Civil](https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4511#:~:text=(2020).,Programa%20Acad%C3%A9mico%20de%20Ingenier%C3%ADa%20Civil).
- Chang, M. (2014). Propuesta y evaluación de la aplicación del sistema de construcción industrializada modular. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio Institucional PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5970>
- Chávez, J. y De la Cruz, C. (2014). Aplicación de la filosofía lean construction en una obra de edificación (casa: condominio casa club recrea – El Agustino). [Tesis de pregrado, Universidad San Martín de Porres]. Repositorio Institucional USMP. <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/1203>
- Gómez, J. y Mendoza, D. y Pérez, E. (2015). Aplicación de lean construction para la ejecución de un proyecto de vivienda caso práctico “edificio Maurtua III”. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional URP. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2229?show=full>
- Gonzales, A. y Blandón, C. (2019). Aplicación de un sistema estructural a partir de elementos prefabricados de concreto en la vivienda colombiana. [Tesis de Pregrado, Universidad EIA]. Repositorio Institucional EIA. <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/2512>

Gürtner, E. (07 de octubre de 2016). Sistema de prelosas prefabricadas. LinkedIn.

<https://es.linkedin.com/pulse/sistemas-de-prelosas-prefabricadas-eduardo-g%C3%BCrtner>

López, A. (27 de marzo del 2017). Prelosas de hormigón para forjados. Bim&CO.

<https://www.bimandco.com/es/objetos-bim/6068-prelosas-de-hormigon-para-forjados/details>

Manual Betondecken (2017). Sistema de prelosas Betondecken manual técnico. Docplayer.

<https://docplayer.es/84452793-Betondecken-sistema-de-prelosas-betoncken-manual-tecnico.html>

Mazón, E. (04 de septiembre de 2021). Diafragma en tableros construidos con losas prefabricadas.

Incide. <http://consejoincide.com/2021/09/04/prefabricando-01/>

Mesía, R. (2010). Análisis comparativo del uso de elementos prefabricados de concreto armado

vs. Concreto vaciado in situ en edificios de vivienda de mediana altura en la ciudad de lima. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/581689>

Meza, C. y Martell, D. (2019). Evaluación técnica y económica, entre los sistemas pre fabricados

de losa con viguetas viga acero y losa con viguetas pre tensadas en un edificio multifamiliar en el distrito de Surquillo. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional URP. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2648>

Novas, J. (2010). Sistemas constructivos prefabricados aplicables a la construcción de edificaciones en países en desarrollo. [Maestría de grado, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio Institucional UPM.

https://oa.upm.es/4514/1/TESIS_MASTER_JOEL_NOVAS_CABRERA.pdf

Panel y Acanalados Monterrey (23 de diciembre del 2021). ¿sabes cuáles son las ventajas y desventajas de usar la losa de vigueta y bovedilla en la construcción? Panel y acanalados.

<https://panelyacanalados.com/blog/losa-de-vigueta-y-bovedilla-ventajas-y-desventajas/>

Percca, A. (2015). Estudio y análisis costo – beneficio de la aplicación de elementos prefabricados de concreto en el casco estructural del proyecto “tottus guipor”. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC.

<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/581596>

Perú Construye. (16 de noviembre del 2018). Elementos prefabricados: piezas tecnológicas que optimizan la construcción. [https://peruconstruye.net/2018/11/16/elementos-prefabricados-](https://peruconstruye.net/2018/11/16/elementos-prefabricados-piezas-tecnologicas-que-optimizan-la-construccion/)

[piezas-tecnologicas-que-optimizan-la-construccion/](https://peruconstruye.net/2018/11/16/elementos-prefabricados-piezas-tecnologicas-que-optimizan-la-construccion/)

Prodac. Viga tralicho. Prodac Bekaert. [https://prodac.bekaert.com/es-](https://prodac.bekaert.com/es-MX/infraestructura/refuerzo-de-concreto/viga-tralicho)

[MX/infraestructura/refuerzo-de-concreto/viga-tralicho](https://prodac.bekaert.com/es-MX/infraestructura/refuerzo-de-concreto/viga-tralicho)

Puente, J. y Valladares, D. (2021). Análisis del uso de losas prefabricadas de concreto en la construcción de un edificio multifamiliar. [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma].

Repositorio Institucional URP. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/5115>

- Puicón, L. y Vásquez, O. (2018). Uso de viguetas pretensadas para optimizar tiempo, calidad y costos en la autoconstrucción de losas aligeradas de los sectores c y d de Lima. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Institucional UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625167>
- Yarasca, D. (2021). Influencia en el cambio de sistema constructivo de losas convencionales a prelosas en edificio multifamiliar liberpark – ciudaris. [Trabajo de suficiencia de pregrado, Universidad Peruana los Andes]. Repositorio Institucional UPLA. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/2450>
- Quiroz, C. (2019). Estudio comparativo del comportamiento estructural, económico y a nivel de tiempo para sistemas de entrepiso actualmente en uso para oficinas. [Trabajo de investigación de pregrado, Universidad Católica San pablo]. Repositorio Institucional UCSP. https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/20.500.12590/16773/1/QUIROZ_BEJARANO_CAM_EST.pdf
- Quintero, G. y Guerrero, N. (2020). Comportamiento y diseño de elementos estructurales prefabricados en concreto. [Tesis de pregrado, Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña]. Repositorio Institucional UFPSO. <http://repositorio.ufpso.edu.co/xmlui/bitstream/handle/123456789/2714/34344.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Zumaet, M. (12 de noviembre del 2012). Sistema de semiviguetas prefabricadas cementos Pacasmayo. Prezi. <https://prezi.com/dduezlv-ofoo/viguetas-prefabricadas/>

Ital Concreto SAC. El sistema alitec es una alternativa más económica, funcional y efectiva que el sistema tradicional. Sistema alitec losas aligeradas.

<https://gerardoor.wordpress.com/sistemaalitec/>