



UNIVERSIDAD
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Estudio de la implementación de losas prefabricadas en la
construcción de entrepisos para la obra Floresta VI**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título de
Ingeniero Civil

Alonso Calderón Sánchez

Revisor:

Mgtr. Gerardo Chang Recavarren

Piura, enero de 2020





*A Dios, por sus infinitas bendiciones.
A mi familia, por su apoyo incondicional.*



Resumen Analítico-Informativo

Estudio de la implementación de losas prefabricadas en la construcción de entrepisos para la obra Floresta VI

Autor: Alonso Calderón Sánchez

Asesor: Mgtr. Gerardo Chang Recavarren

Trabajo de Suficiencia Profesional

Título que opta: Ingeniero Civil

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería

Piura, enero de 2020

Palabras claves: entrepisos, elementos prefabricados, planificación, evaluación, restricciones.

Introducción: El presente trabajo de suficiencia profesional presenta un análisis y evaluación de los factores y agentes con mayor incidencia observados durante la migración del sistema constructivo de losas tradicionales al uso de pre losas prefabricadas para la elaboración de entrepisos en el proyecto Floresta VI.

Metodología: Se describe el trabajo de planificación, así como lo observado durante la ejecución en campo, según lo visto se identifica los factores y agentes para un análisis de los mismos y determinar cuáles son de mayor grado de incidencia. Finalmente se proponen medidas preventivas y correctivas para un mejor desarrollo del proyecto.

Resultados: La observación y documentación permiten crear una base de información la cual es 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 para entrepisos. Los agentes de mayor importancia es la propia contrata seguida del proveedor de los elementos prefabricados.

Conclusiones: La migración hacia un nuevo sistema constructivo debe ser minuciosamente evaluada, así como planificada, la omisión o ejecución parcial de esto puede llevar a variabilidad y resultados contrarios a lo deseado como son pérdidas económicas. Es fundamental la identificación de factores claves y el levantamiento de las restricciones observadas.

Fecha de elaboración del resumen: Enero de 2020

Analytical-Informative Summary

Estudio de la implementación de losas prefabricadas en la construcción de entrepisos para la obra Floresta VI

Autor: Alonso Calderón Sánchez

Asesor: Mgtr. Gerardo Chang Recavarren

Trabajo de Suficiencia Profesional

Título que opta: Ingeniero Civil

Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería

Piura, enero de 2020

Keywords: floor slabs, prefabricated elements, planning, evaluation, requirements, restrictions.

Introduction: The present study for a civil engineering degree presents an analysis and evaluation of the factors and agents of mayor incidence observed during the migration of the construction system of traditional slabs to the use of prefabricated pre-slabs for the elaboration of floor slabs in the Floresta VI project.

Methodology: The planning work is described as well as what was observed during the execution in the field, as seen the factors and agents are identified for an analysis of them and determine which ones are more incident. Finally, preventive and corrective measures are proposed for a better development of the project.

Results: Observation and documentation allow to create an information base which is studied to identify the causes of deviations from the established work plan.

The experience of the work team as well as the planning are the most incident factors during the execution of the new construction system for floor slabs. The most important agents are the builder itself followed by the supplier of the prefabricated elements.

Conclusions: The migration to a new construction system must be thoroughly evaluated as well as planned, the omission or partial execution of this can lead to variability and opposite results to what is desired, such as economic losses. It is essential to identify key factors as well as the solution of the observed restrictions.

Summary date: January 2020

Prefacio

Durante las últimas décadas el sector de la construcción ha sido un indicador clave en el desarrollo y crecimiento de la economía peruana, posicionándose en los últimos años; 2016 en adelante, junto con la minería, como los líderes en crecimiento porcentual (4.8% Según el Instituto Peruano de Economía IPE) con respecto a los demás rubros tales como agropecuario, servicios, agricultura, manufactura, entre otros.

Este crecimiento sostenible ha sido posible en su mayoría por dos factores, el primero consiste en la ejecución de grandes obras públicas como han sido la estructuración de los juegos Panamericanos y Parapanamericanos 2019, el gaseoducto sur, la modernización de la refinería de Talara, la reconstrucción del norte, la elaboración de vías de transporte públicos como la Línea 2 del metro entre otros; el segundo causal de este desarrollo ha sido la creciente demanda de viviendas en la ciudad de Lima y provincias sustentado con políticas de Estado a través del Ministerio de Viviendas que fomentan la adquisición de nuevas residencias y a la baja en los intereses por parte de bancos, como resultado de esto podemos ver grandes proyectos de viviendas sociales y privadas por parte de empresas como Armas Doomo, Menorca Inversiones, Grupo Caral, Edifica, Grupo Centenario y demás.

La empresa Grupo Chacarilla Sur S.A.C., ante la creciente competitividad del mercado de viviendas y a los cada vez más exigentes clientes vio en la innovación e industrialización una herramienta para mejorar sus actividades y así poder mantener y crecer sus operaciones. Es así que ve en los prefabricados una solución y decide migrar de las losas convencionales al uso de losas prefabricadas para la elaboración de entresijos en el proyecto La Floresta VI.

Este trabajo descriptivo nace con el motivo de difundir las nuevas metodologías y procesos constructivos desarrollados durante la ejecución del proyecto, presentando un estudio de los factores y agentes hallados de mayor incidencia durante la migración al nuevo sistema para finalmente presentar una serie de conclusiones y recomendaciones que ayuden al nuevo constructor a realizar una objetiva evaluación.



Tabla de contenido

Introducción	1
Capítulo 1. Marco teórico.....	3
1. Losas.....	3
1.1. Concepto de losas.....	3
1.2. Función de las losas.....	3
1.2.1. <i>Función arquitectónica.</i>	3
1.2.2. <i>Función estructural.</i>	3
1.2.3. <i>Otras funciones.</i>	3
1.3. Clasificación de losas	3
1.3.1. <i>Según la distribución del refuerzo.</i>	3
1.3.2. <i>Según su composición.</i>	4
1.3.3. <i>Según los apoyos.</i>	4
1.3.4. <i>Según su construcción.</i>	5
2. Sistemas a evaluar para losas de entrepiso.....	5
2.1. Losas in situ convencionales	5
2.1.1. <i>Definición y características.</i>	5
2.1.2. <i>Tipos de losas in situ.</i>	5
2.1.3. <i>Proceso constructivo.</i>	7
2.2. Prelosas prefabricadas	9
2.2.1. <i>Definición y características de las prelosas.</i>	9
2.2.2. <i>Soluciones de losas de entrepiso usando prelosas.</i>	9
2.2.3. <i>Proceso de fabricación de las prelosas.</i>	11
2.2.4. <i>Proceso constructivo de un entrepiso empleando prelosas.</i>	11
3. Sistema de apuntalamiento para losas de entrepiso	12
3.1. Viga H 20	13
3.2. Puntal telescópico SP	13
Capítulo 2. Sistema de entrepiso empleado en el proyecto Floresta VI.....	15
1. Información general del proyecto	15
1.1. Localización	15
1.2. Descripción.....	15
1.3. Memoria descriptiva estructural.....	17
1.3.1. <i>Cimentaciones.</i>	17
1.3.2. <i>Estructuración.</i>	17
1.3.3. <i>Losas de Entrepiso.</i>	17
2. Sistema empleado para la elaboración de entrepisos	18
2.1. Requerimientos de equipos y herramientas para su montaje	18

2.1.1. Torre grúa.....	18
2.1.2. Prelosas prefabricadas.....	18
2.1.3. Puntales y accesorios.....	18
2.1.4. Vigas H 20.....	18
2.1.5. Grupo electrógeno.....	18
2.2. Requerimientos para su elaboración y entrega.....	18
2.2.1. Procedimiento.....	18
2.3. Descripción de los procesos en obra.....	20
2.3.1. Apuntalamiento con sistema de viga H20 y puntales.....	21
2.3.2. Colocación de prelosas incluye izaje.....	22
2.3.3. Colocación de refuerzos.....	23
2.3.4. Habilitación de especialidades.....	23
2.3.5. Vaciado de losa.....	23
2.3.6. Desencofrado de losa.....	24
2.3.7. Sellado de juntas.....	24
Capítulo 3. Experiencia de lo observado.....	27
1. Pre planificación.....	27
1.1. Selección del equipo de trabajo y proveedores de servicio.....	27
1.1.1. Torre grúa.....	27
1.1.2. Prelosas prefabricadas.....	27
1.1.3. Puntales telescópicos SP y accesorios.....	28
1.1.4. Vigas H20.....	28
1.1.5. Grupo electrógeno.....	28
1.1.6. Contratistas de especialidades.....	28
1.1.7. Proveedor de concreto.....	29
1.2. Viabilidad del proyecto.....	29
2. Planificación.....	30
2.1. Condiciones generales.....	30
2.2. Organización de torre grúa.....	31
2.3. Sectorización del proyecto.....	31
2.4. Programa maestro.....	34
2.5. Programación.....	35
2.6. Análisis de restricciones - consideraciones.....	38
3. Ejecución y principales dificultades presentadas.....	40
3.1. Apuntalamiento de sistema sobre terreno no estable.....	41
3.2. Bloques de poliestireno expandido faltantes y de baja calidad.....	42
3.3. Falta de concreto en el vaciado de losa.....	43

3.4. Prelosas con medidas irregulares	44
3.5. Omisión de pases y/o incorrectamente ubicados.....	45
3.6. Llegada de sectores de prelosas incompletos y/o desordenados	46
3.7. Carga excesiva y problemas para el izaje.....	47
3.8. Problemas con las pendientes en recorridos largos	48
3.9. Asentamiento de prelosas.....	49
3.10. Obstaculización de frente de obra para izaje de prelosas.....	50
3.11. Deflexión de prelosas	51
3.12. Falta de puntales.....	52
3.13. Prelosas colocadas en sentido opuesto	52
3.14. Recepción de prelosas en condiciones no óptimas.....	53
3.15. Desprogramación en la recepción de materiales y uso de la torre grúa	54
Capítulo 4. Análisis de lo observado.....	55
1. Pre Planificación	55
1.1. Alcance del servicio	55
1.2. Experiencia del proveedor.....	55
1.3. Capacidad de atención.....	56
2. Planificación.....	56
2.1. Requerimiento completo para la implementación.....	56
2.1.1. <i>Estudio y evaluación de actividades referidas al nuevo proceso</i>	56
2.1.2. <i>Participación de involucrados en el proceso</i>	57
2.1.3. <i>Sugerencias de involucrados</i>	57
2.2. Restricciones/Agentes externos.....	57
2.3. Gestión y control de la calidad.....	58
2.4. Programación	58
2.4.1. <i>Sectorización</i>	58
2.4.2. <i>Buffer en el cronograma y holguras en actividades</i>	58
2.4.3. <i>Efecto de decisiones sobre ruta crítica</i>	59
3. Ejecución.....	60
3.1. Capacitación	60
3.2. Impacto de decisiones	60
3.3. Recursos compartidos	61
3.4. Multifuncionalidad	61
Conclusiones y recomendacione	63
Referencias bibliográficas	67



Lista de tablas

Tabla 1. Características de las prelosas prefabricadas.	9
Tabla 2. Características y partes del puntal telescópico SP.	14
Tabla 3. Características y partes del puntal telescópico SP.	14
Tabla 4. Área y medidas del terreno del Proyecto Floresta VI.	16
Tabla 5. Áreas de los departamentos y áreas comunes Proyecto Floresta VI.	16
Tabla 6. Comparativo económico entre ambos sistemas de entrepisos.	30
Tabla 7. Feriados declarados durante la construcción del casco.	30
Tabla 8. Volúmenes de concreto de elementos horizontales según sectores.	40

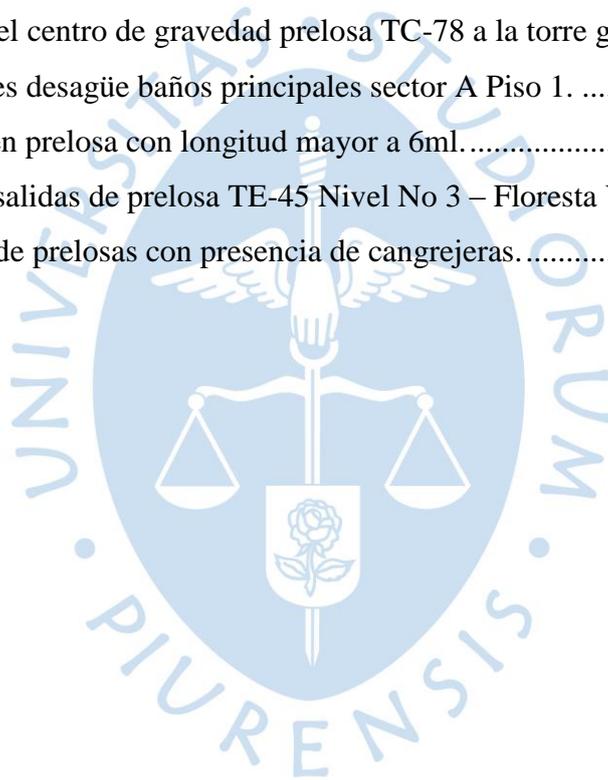




Lista de figuras

Figura 1. Detalle general Techo aligerado.	6
Figura 2. Detalle de losa maciza.	7
Figura 3. Encofrado de losa aligerada convencional.....	7
Figura 4. Encofrado de losa maciza convencional.....	8
Figura 5. Ejemplo de detalle de losa maciza Prelosa h=20 cm.	10
Figura 6. Ejemplo de detalle de losa aligerada prelosa h=20 cm.	10
Figura 7. Sistema de apuntalamiento	12
Figura 8. Detalle y medidas de viga H 20.	13
Figura 9. Ubicación en planta del Proyecto Floresta VI.	15
Figura 10. Elevación lateral – Av. La Floresta.	16
Figura 11. Elevación Lateral – Calle Mariel.	17
Figura 12. Ejemplo de secciones de un entrepiso del proyecto Floresta VI	19
Figura 13. Ejemplo de detalle de prelosas aprobadas para su elaboración.	20
Figura 14. Ficha para la coordinación de entrega de prelosas a obra.....	20
Figura 15. Sección típica de apuntalamiento de prelosa prefabricada.....	21
Figura 16. Montaje de sistema de apuntalamiento con vigas H20 y puntales paso a paso.	21
Figura 17. Apoyo de prelosa prefabricada sobre encofrado de fondo de viga.....	22
Figura 18. Ejemplo de acero de continuidad en prelosas macizas.....	23
Figura 19. Desmontaje de vigas H20 y puntales telescópicos.	24
Figura 20. Radio de acción de la torre grúa.	31
Figura 21. Sótano 02 y 01 sectorizado en 03 partes respectivamente.....	32
Figura 22. Piso 01 sectorizado en 02 partes.....	32
Figura 23. Piso 02, 03 y 04 sectorizado en 02 partes.....	33
Figura 24. Piso 05 sectorizado en 02 partes.....	33
Figura 25. Nivel típico azotea con un único sector.....	33
Figura 26. Cálculo de DH y cuadrillas en función a los sectores y plazos.	34
Figura 27. Programa maestro para la elaboración del casco del proyecto.	35
Figura 28. Tren de actividades para ejecución del techo sótano 02.....	36
Figura 29. Tren de actividades para ejecución del techo sótano 01.....	36
Figura 30. Tren de actividades para ejecución de techo 1er piso.....	36
Figura 31. Tren de actividades para ejecución de techo 2do piso.....	37
Figura 32. Tren de actividades para ejecución de techo 3er piso.....	37

Figura 33. Tren de actividades para ejecución de techo 4to piso.....	37
Figura 34. Tren de actividades para ejecución de techo 5to piso.....	38
Figura 35. Tren de actividades para ejecución de techo de azotea.	38
Figura 36. División de secciones para envío de prelosas del 2do piso	39
Figura 37. Apuntalamiento de prelosa prefabricada sobre terreno no estable de tierra.	41
Figura 38. Prelosas aligeradas con casetones incompletos y de baja calidad.	42
Figura 39. Detalle de encuentro de prelosa aligerada con casetones desalineados y viga.	44
Figura 40. Encuentros de prelosas con vacíos entre ellas.	44
Figura 41. Prelosa TB-93 con detalles aprobados.....	45
Figura 42. Medidas de prelosa TC-78 Piso No 1.	47
Figura 43. Distancia del centro de gravedad prelosa TC-78 a la torre grúa.....	47
Figura 44. Instalaciones desagüe baños principales sector A Piso 1.	49
Figura 45. Deflexión en prelosa con longitud mayor a 6ml.....	51
Figura 46. Medidas y salidas de prelosa TE-45 Nivel No 3 – Floresta VI.	53
Figura 47. Recepción de prelosas con presencia de cangrejeras.....	54



Introducción

La gran mayoría de los diseños, métodos y procesos constructivos que conocemos se formaron hace siglos y muchos de estos son empleados hasta el día de hoy, retrasando de esta forma la modernización e innovación en la industria de la construcción.

Una de las principales iniciativas que ha buscado zanjar los problemas endémicos de la construcción; es la industrialización, ejecutada a través de propuestas como lo son el empleo de elementos prefabricados tanto estructurales como arquitectónicos, los cuales han sido analizados y aplicados por países líderes en el sector como una gran diferencia de mejora frente a métodos artesanales.

En la actualidad, en el Perú la mayoría de edificaciones son diseñadas y elaboradas aplicando metodología tradicional. Nuestro país al ser una nación tercermundista en vía de desarrollo enfrenta un gran reto frente a la modernización; la innovación abarcando desde el diseño y los procesos constructivos es clave para la construcción de edificaciones de mayor calidad con menores costos, lo cual sumado a una correcta planificación permitirá tener ciudades con mejor calidad para sus habitantes.

La construcción de edificios para el mercado inmobiliario en nuestro país ha mostrado un ritmo ascendente durante los últimos años, esta condición de mercado fomenta y hace posible que las empresas dedicadas al sector se vean en la necesidad de desarrollar procesos constructivos aplicando tecnología e industrialización. Los proyectos de construcción con plazos más ajustados nos llevan a la necesidad de buscar sistemas más eficientes lo cuales eliminen los flujos entre procesos constructivos.

Es así que recientemente muchas empresas han apostado por la integración de nuevos sistemas para la elaboración de sus entrepisos como lo son losa aligerada con viguetas prefabricadas y las losas prefabricadas conocidas comercialmente como prelosas; esta última será el eje del presente trabajo el cual busca presentar sus cualidades y una evaluación objetiva de las implicancias y principales agentes que existen al migrar de un sistema tradicional a uno industrializado el cual emplea elementos prefabricados, de tal manera que futuros constructores puedan tener una información clara y concisa sobre la cual basar sus análisis para una correcta toma de decisiones.

En el primer capítulo se presenta al lector el marco teórico para un mejor entendimiento del estudio, en esta primera parte se definen las losas y los principales sistemas existentes para la elaboración de un entripiso y sus métodos de apuntalamiento para cada caso

En el segundo capítulo se describe el proyecto sobre el cual se ha elaborado el presente estudio y el sistema de producción escogido para la elaboración de las losas exponiendo una explicación del paso a paso del proceso constructivo.

En el tercer capítulo se informa sobre el trabajo de oficina y planificación previo al inicio de los trabajos en campo, así como los principales incidentes presentados durante la ejecución.

El último capítulo presenta un análisis de los factores y agentes que tuvieron mayor incidencia durante la implementación del nuevo sistema constructivo, esto basado en lo observado y documentado en el capítulo anterior.

Por último, se hace mención a las conclusiones y recomendaciones que se generan a partir de lo descrito previamente.



Capítulo 1

Marco teórico

1. Losas

1.1. Concepto de losas. Se denomina como losas a los “elementos que soportan básicamente cargas gravedad – aplicadas directamente sobre su superficie y normalmente a esta y cuya altura es bastante pequeña en comparación a sus otras dimensiones” (Ortega, 1988).

Estas constituyen el principal sostén para las personas, elementos, maquinarias, etc., para que estas puedan desarrollar de forma segura todas las actividades a las cuales estén destinadas dentro de una edificación.

1.2. Función de las losas. Las losas de entrepiso, uno de los elementos más delicados en la construcción de una edificación, cumplen las siguientes funciones:

1.2.1. Función arquitectónica. Separa varios espacios verticales formando los diferentes pisos de una construcción; para que esta función se cumpla de una manera adecuada, la losa debe garantizar el aislamiento del ruido, del calor y de visión directa, es decir, que no deje ver las cosas de un lado a otro.

1.2.2. Función estructural. Las losas o placas deben ser capaces de sostener las cargas de servicio como el mobiliario y las personas (carga viva), lo mismo que su propio peso y el de los acabados como pisos y revoques (carga muerta). Además, forman un diafragma rígido intermedio, para atender la función sísmica del conjunto (Vásquez, s.f.).

1.2.3. Otras funciones. Asimismo, sirven como medidas de control ambiental, seguridad y por su interior recorren la mayoría de instalaciones (eléctricas, sanitarias y gas), además su superficie puede ser empleada como pavimentos o pisos dependiendo del uso destinado de la edificación.

1.3. Clasificación de losas. La clasificación de losas se realiza según varios criterios, en este apartado nombraré los principales (distribución del refuerzo, composición, apoyos, construcción) y las características principales de estos elementos.

1.3.1. Según la distribución del refuerzo.

- Reforzada en una dirección

Son aquellas en que la carga se transmite en una dirección hacia las vigas o apoyos verticales, son generalmente losas rectangulares en las que un lado mide por lo menos 1.5 veces más que el otro, siendo esta la más común en nuestro medio. El refuerzo principal en las losas de concreto armado suele disponerse en el sentido del lado más corto de la losa.

- Reforzada en dos direcciones

Son aquellas en que la carga se transmite en ambas direcciones, para ello se debe disponer de vigas y/o apoyos verticales en los cuatro costados de la losa y la relación entre la dimensión mayor y la menor del lado de la placa suele ser de 1.5 o menos.

1.3.2. Según su composición.

- Losa maciza

Son elementos estructurales de concreto armado de sección transversal rectangular llena. Estas se construyen en los espesores que oscilan entre los 8 a 30 cm. Tienen la desventaja de ser pesadas y transmiten fácilmente las vibraciones, el ruido, el calor y su costo es un poco más alto a comparación de otras losas, su ventaja es que soporta mayor peso que cualquiera de las otras losas, gracias al despliegue de acero. Según la forma de apoyo estas pueden ser armadas en un sentido o en ambos.

- Losa nervada o aligerada

Están constituidas por vigas longitudinales y transversales a modo de nervios (viguetas), de gran rigidez, que enlazan los pies de los apoyos verticales. Esta se realiza colocando en los intermedios de los nervios estructurales, bloques, ladrillos, poliestireno, casetones de madera o metálicos (cajones) con el fin de reducir el peso de la estructura, y el acero en barras concentrado en los nervios; al igual que las macizas dependiendo de sus puntos de apoyo pueden ser armadas en una dirección o en ambas.

1.3.3. Según los apoyos.

- Sobre muros

Son aquellas que son soportadas por muros de concreto armado, de mampostería o de algún otro material.

- Sobre vigas

Estas losas están soportadas por vigas perimetrales e interiores de mayor peralte que la losa vaciadas monolíticamente, o por vigas de otros materiales integrados a la losa o independientes de la misma.

- Sobre columnas

Estas se apoyan directamente sobre las columnas; estas losas en su forma tradicional no poseen resistencia suficiente para irrumpir dentro del rango inelástico de comportamiento de los materiales y por lo tanto no son adecuadas para zonas de alto riesgo sísmico. Si se desea mejorar la resistencia de las losas al punzonamiento e integrarlas con las columnas, se recomienda la utilización de capiteles y ábacos.

1.3.4. Según su construcción.

- Vaciadas in situ

Son aquellas cuya totalidad de subsistemas y componentes son fabricados en obra por mano especializada, estas requieren encofrados especiales generalmente formadas por tableros o entarimados, apoyos (pies derechos, vigas de madera y cerchas) y riostras (diagonales). Las losas o placas vaciadas en el sitio pueden construirse aligeradas (nervadas) o macizas.

- Prefabricadas

Se refiere a aquellas que se elaboran íntegramente en una fábrica de forma industrializada para su transporte a obra y posterior instalación en obra, tienen espesores mayores a los 10 cm y son colocadas directamente sobre sus apoyos finales sin necesidad de un vaciado. Sus usos son más limitados a construcciones industriales y su empleabilidad en nuestro país casi inexistente por la falta de proveedores locales (Romo, 2008) (Tauscher, s.f.).

- Mixtos

Son aquellas que combinan el uso de elementos prefabricados y procesos en obra para obtener un producto final que trabaja como sistema consolidado; este último tipo de losa puede ser aligeradas o macizas y serán evaluadas más adelante como eje central del presente trabajo.

2. Sistemas a evaluar para losas de entrepiso

2.1. Losas in situ convencionales

2.1.1. Definición y características. Se denominan losas in situ a aquellas cuya totalidad de subsistemas y componentes son montados en obra. “Este tipo de actividades, deben ser ejecutadas por personas calificadas que asimilaron sus oficios a través de información recibida por sus antecesores, siendo por lo tanto, un aprendizaje “generacional” y como tal, la improvisación y espontaneidad son palabras frecuentes en el desempeño. Los materiales utilizados son prácticamente los mismos que se han utilizado por décadas” (UNLP, 2014).

Su elaboración es la más difundida en el país, por ende, es la usada en aquellas edificaciones que cumplen con los requisitos y exigencias mínimas para el análisis, diseño, materiales y construcción, establecidas en el Reglamento Nacional de Edificaciones y las Normas Técnicas de Edificación.

2.1.2. Tipos de losas in situ. Por lo mencionado en el acápite anterior las losas in situ pueden ser de dos tipos, losas aligeradas o macizas.

- Losa aligerada convencional

Los aligerados son elementos monolíticos de concreto formados por nervaduras regularmente espaciadas, unidas por una losa superior más delgada; el espacio que hay entre

las nervaduras está relleno por ladrillo de arcilla, también conocido como ladrillo de techo, esto para aligerar el peso de la estructura (ver figura 1). El espaciamiento y dimensiones de los componentes de este tipo de losa son tales que su comportamiento estructural permite ser analizada como una viga T. Para el cálculo estructural y diseño, se considera que sólo las viguetas aportan rigidez y resistencia.

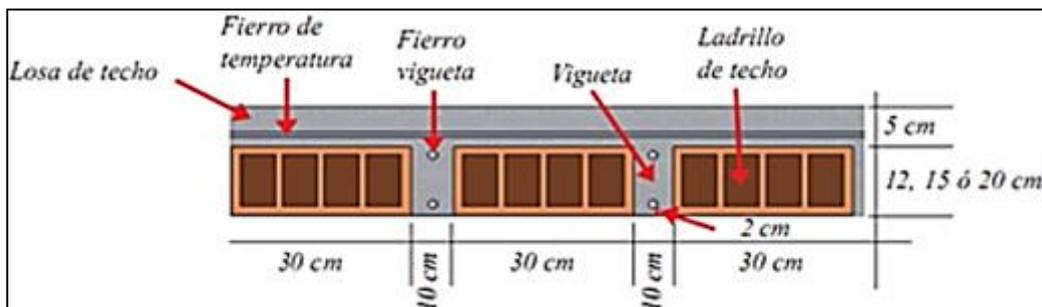


Figura 1. Detalle general Techo aligerado.

Fuente: Aceros Arequipa S.A (AA, 2019).

Entre sus beneficios encontramos:

- Amplias luces y gran libertad arquitectónica, espacios más amplios.
 - Reducción de la carga total que actúa sobre los pilares y los cimientos, lo que conlleva a menos pilares y cimientos menos profundos.
 - Ahorro en uso de concreto y acero de refuerzo y por lo tanto en costos.
- Losa Maciza Convencional

Una losa maciza es aquella que cubre tableros rectangulares o cuadrados cuyos bordes descansan sobre vigas que transmiten su carga a las columnas o apoyos verticales (que la transmiten a la cimentación). Estas son elementos estructurales de concreto armado, de sección transversal rectangular llena, de espesor variable partiendo desde los 10 cm (ver figura 2). Sirven para conformar pisos y techos en un edificio donde las cargas sean bastante altas como es en estacionamientos o para soporte de tanques de agua y se apoyan en las cadenas de cerramiento, vigas o trabes. Pueden tener uno o varios tramos continuos. Tienen la desventaja de ser pesadas y transmiten fácilmente las vibraciones, el ruido y el calor.

Si la losa se apoya en dos lados opuestos, el acero principal se colocará perpendicularmente a la dirección de los apoyos, es decir armada en un sentido. En cambio, si se soporta en los cuatro lados, se colocarán barras principales en los dos sentidos ortogonales, es decir armada en ambos sentidos.

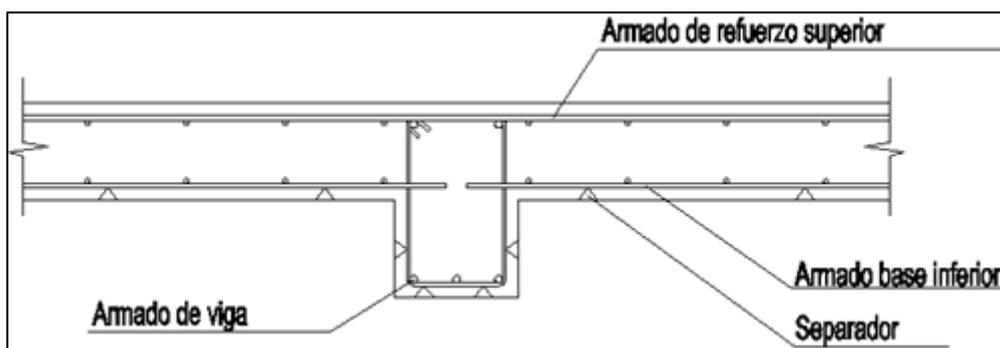


Figura 2. Detalle de losa maciza.

Fuente: Bloques CAD para arquitectura (Bloquescad, 2019).

Entre sus ventajas tenemos:

- Su principal ventaja es que soportan mayor carga que cualquiera otro tipo de losa, esto debido a su gran distribución de acero.
- Proceso constructivo bastante simple.

2.1.3. Proceso constructivo. La elaboración de una losa in situ convencional consta de 06 actividades para el tipo maciza y de una adicional para la aligerada.

- Encofrado

Consiste en el armado del s3sten temporal que sirve para darle la forma a la estructura de losa a construir hasta su fragua e independencia (ver figuras 3 y 4).

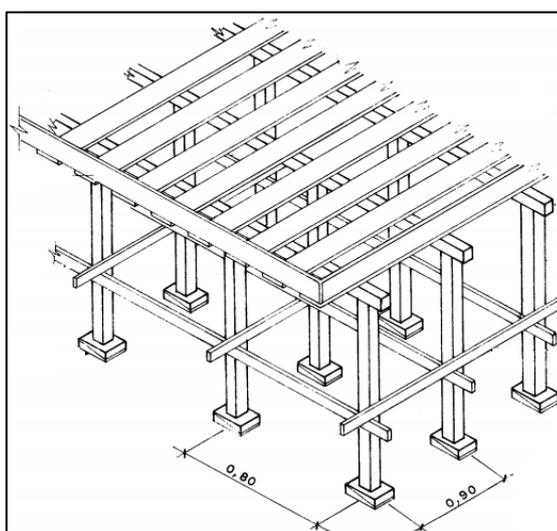


Figura 3. Encofrado de losa aligerada convencional.

Fuente: CAPECO (2019).

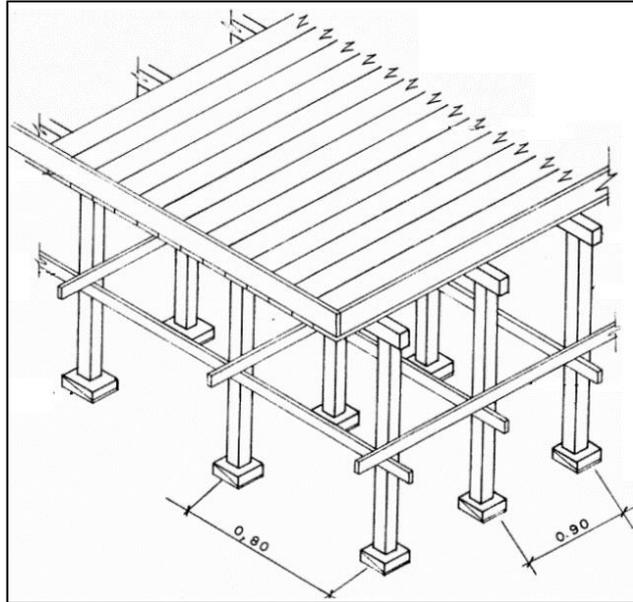


Figura 4. Encofrado de losa maciza convencional.
Fuente: CAPECO (2019)

- Asentado de ladrillo

Esta actividad es exclusiva para las losas aligeradas y consiste en la colocación de los ladrillos de techo como aligerante de acuerdo al detalle general de la losa.

- Habilidad de refuerzo

Consiste en la adecuación y colocación del acero corrugado positivo, negativo y de temperatura según diseño.

- Habilidad de especialidades

Proceso que abarca el trazo de las salidas, colocación de pases y tendido de tuberías para las instalaciones eléctricas, sanitarias y de gas.

- Vaciado de losa

Abarca el vertido de concreto, su esparcimiento y vibrado, así como su curado; en losas con acabado final incluye el frotachado del mismo.

- Desencofrado de losa

Una vez el concreto haya alcanzado la resistencia requerida se puede retirar el sostén provisional para su reutilización o almacenaje.

- Tarrajeo de cielo raso

Este proceso no es continuo como los anteriores y se ejecuta en la etapa de albañilería de la edificación, implica darle el acabado final al fondo de la losa.

2.2. Prelosas prefabricadas

2.2.1. Definición y características de las prelosas. Es un elemento prefabricado (de hormigón armado de 5 cm de grosor mínimo) que trabaja como encofrado convencional de techo eliminando el uso de paneles de madera, colocándose de forma modulada sobre un sistema simple de apuntalamiento; que consiste en el uso de vigas H 20 y puntales telescópicos, y cuyos extremos descansan sobre los encofrados de las vigas del paño. Este elemento será la base y primera capa de la losa de techo integrándose en la misma para su comportamiento estructural al final de su proceso constructivo.

Como principales diferencias (ver tabla 1) en primera instancia podemos encontrar la eliminación de la partida de tarrajeo de cielo raso, la eliminación del acero positivo de la losa y la precolocación de las salidas y pases para instalaciones desde planta (Bentondecken, s.f.).

Tabla 1. Características de las prelosas prefabricadas.

Características	Descripción
Tamaño	Pueden tener un ancho variable de hasta 2.50 ml. así como una longitud de hasta 12 ml. con fines de transporte y manejo.
Grosor	Para la mayoría de usos es suficiente un grosor nominal de 50 mm. pero puede variar dependiendo del tamaño del reforzamiento.
Resistencia	El concreto usado varía de acuerdo a las especificaciones del proyecto y varía entre 210-350 kg/cm ² , el mismo lleva aditivos superplastificantes para lograr una gran maniobrabilidad sin sacrificar la resistencia del mismo.
Acabado	Su parte inferior queda totalmente lisa eliminando la partida de tarrajeo de cielo raso, la superficie superior se deja rugosa y estriado para una mejor unión con el concreto de obra. Los bordes longitudinales se forman con un chaflán en la parte inferior para dar la posibilidad de una junta bien acabada.
Reforzamiento	El refuerzo de la base embebido en la prelosa puede consistir en una malla de acero positivo, las varillas de los tralichos y barras adicionales de refuerzo, según lo requiera el diseñador.
Manejo	Las viguetas del tipo triacero/tralichos proveen fuerza y rigidez para manipularlas, transportarlas e izarlas para su colocación, asimismo permiten a las prelosas resistir las cargas de construcción con un mínimo de apuntalamiento temporal.
Ligereza	Se usan bloques de poliestireno de alta densidad 15 kg/m ³ lo cual reduce significativamente el peso de la losa, estos son fabricados con un aditivo ignifugo que le permite extinguirse a si mismo eliminada la fuente de calor.
Flexibilidad	En contraste con la mayoría de los otros sistemas de prefabricados, en la elaboración de prelosas no se impone casi ninguna restricción a los diseñadores, porque no hay estándar para las mismas y cada una pueden diferir del resto.

Fuente: Elaboración propia.

2.2.2. Soluciones de losas de entrepiso usando prelosas.

- Prelosa para losa maciza

Estas tienen un espesor de 5-7cm, al interior cuentan con una malla inferior propia del diseño de la losa maciza y un tralicho (ver figura 5), embebido a la misma que va soldado a la malla inferior. El concreto a vaciar sobre la prelosa es del espesor requerido total, menos estos

5-7 cm, y es necesario colocar el acero de refuerzo faltante según plano. En estos casos se dejará desde la planta el acabado tipo rugosidad en toda su superficie superior y no existen elementos aligerantes.

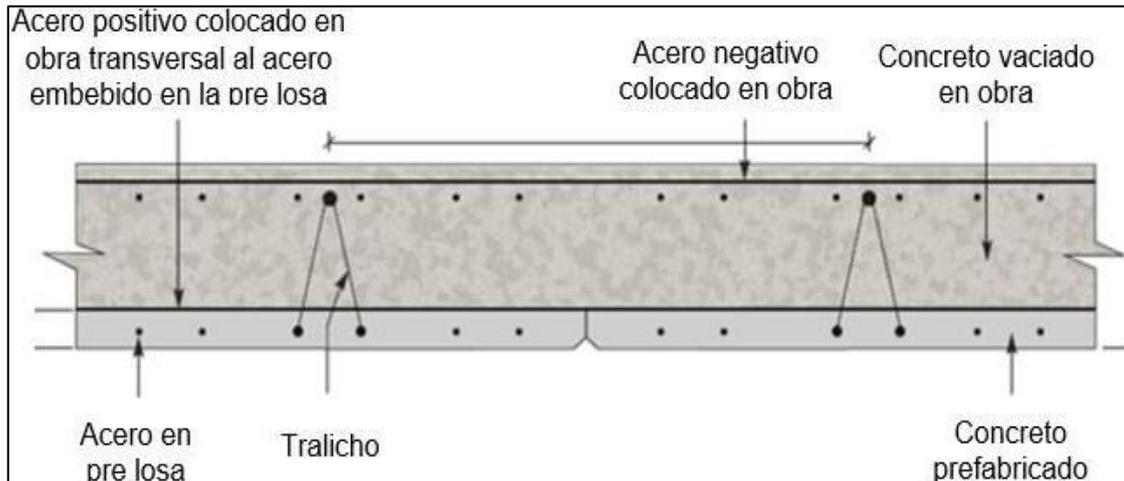


Figura 5. Ejemplo de detalle de losa maciza Prelosa $h=20$ cm.

Fuente: Análisis de la eficiencia del proceso constructivo e industrializados en la partida de estructuras del centro comercial Open Plaza (Heredia, 2017)

- Prelosa para losa aligerada

Estas tienen un espesor de 5 cm hasta 7 cm, este puede variar en función al requerimiento del cliente, con un casetón de poliestireno expandido que usualmente es de 10 cm. El concreto a vaciar en obra sobre la losa prefabricada es del espesor requerido, en la mayoría de los casos basta con 5 cm (ver figura 6). Esta puede fabricarse en uno o doble sentido dependiendo de la necesidad del proyecto.

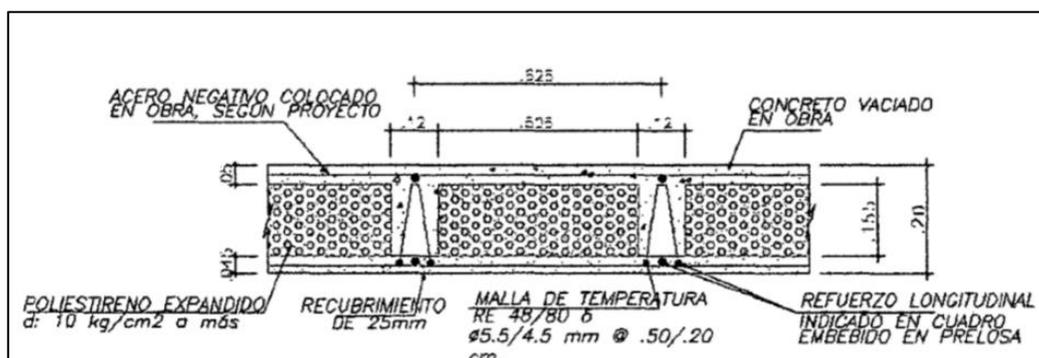


Figura 6. Ejemplo de detalle de losa aligerada prelosa $h=20$ cm.

Fuente: Elaboración propia.

Las prelosas reúnen las ventajas de la construcción prefabricada (uniformidad, reducción de tiempos y costos) con las ventajas de la construcción convencional en el sentido de obtener estructuras monolíticas. Estructuralmente el techo terminado es equivalente al convencional.

2.2.3. Proceso de fabricación de las prelosas. La producción de una losa prefabricada desde su diseño aprobado hasta su carga en el tráiler lista para ser enviada a obra abarca 09 pasos:

Se inicia con la habilitación de la superficie ⁽¹⁾ que consiste en eliminar todo tipo de partículas adheridas a la mesa de acero que sirve como molde. Con los planos aprobados por ambas partes se procede a hacer el trazo ⁽²⁾ demarcando la longitud, ancho y espesor de las futuras prelosas y verificados estos, se procede a encofrar ⁽²⁾ los bordes longitudinal y transversal a la vez que se ubican las salidas de IISS (instalaciones sanitarias), IIEE (instalaciones eléctricas) y gas dejando las cajas de pase o rellenos que correspondan.

A continuación, se habilita el refuerzo ⁽³⁾ de acuerdo a la especificación dada, este consiste del acero positivo, del acero de distribución y de base que dan rigidez al elemento y los tralichos que sirven para su izaje; se debe verificar que el acero no esté oxidado y sea corrugado de grado 60; tras una revisión se prosigue con colocar los separadores ⁽⁴⁾ para dar el recubrimiento adecuado y de esta manera ya se encuentra lista para el vaciado de concreto ⁽⁵⁾; previo a esto se debe aplicar un desmoldante en todo el molde y durante su vertido se debe vibrar para evitar la formación de cangrejas y/o segregaciones. Para asegurar el posterior enlace con el concreto se dará rugosidad a la superficie; una vez más el tipo de concreto a emplear dependerá del diseño.

Una vez se verifique la prelosa este fraguada, se procede con la ayuda de una viga de izaje y camión grúa a engancharla en puntos clave para su levantamiento y así desencofrarla ⁽⁶⁾, paso seguido se apilan ⁽⁷⁾ en la zona de almacenaje sobre tacos de madera para asegurar la horizontalidad, en el mismo almacén se hará el curado ⁽⁸⁾ el cual dura un estándar de 7 días pero puede ser reducido a un mínimo de 3 días con el uso de acelerantes de fragua, finalmente se procede a cargar ⁽⁹⁾ las losas prefabricadas en el tráiler guiándose de una ficha esquemática acordada por los involucrados que asegura en obra su descarga y colocación se lleva a cabo siguiendo un patrón uniforme del entrepiso (Aime, 2015).

2.2.4. Proceso constructivo de un entrepiso empleando prelosas. La elaboración de una losa de entrepiso mixta empleando prelosas para su elaboración consta de 07 procesos tanto para la aligerada como maciza y son:

- Apuntalamiento de prelosa

Consiste en la habilitación y montaje de los puntales telescópicos en unión a las vigas H 20 para formar el sostén provisional del futuro entrepiso.

- Colocación de prelosas

Con la ayuda de la torre grúa y un sistema de cadenas y cables de estrobo flexible se procede a enganchar el componente e izarlo desde el camión hasta su posición final.

- Colocación de refuerzos

Consiste en la habilitación y colocación de los aceros negativo, de temperatura y de traslape entre losas según diseño.

- Habilitación de especialidades

Abarca la revisión de la correcta ubicación de las cajas y pases embebidos y del tendido de tuberías para las instalaciones sanitarias, eléctricas y de gas.

- Vaciado de losa

Comprende el vertido de concreto, su esparcimiento y vibrado, así como el curado del mismo, en caso de tratarse de losa acabada incluye el frotachado de esta.

- Desencofrado de prelosa

Una vez el concreto haya alcanzado la resistencia requerida se puede proceder al retiro de las vigas y puntales para su reutilización o almacenaje.

- Sellado de juntas

Esta actividad no es consecutiva a las anteriores, se realiza en la etapa de albañilería y radica en darle un correcto acabado a la cara inferior en los encuentros entre prelosas.

3. Sistema de apuntalamiento para losas de entrepiso

Este sistema puede ser empleado como encofrado de pisos o forjados, el cual es de muy fácil adaptación al espacio gracias al movimiento telescópico de las vigas de entibado, este consiste en el uso de 2 elementos y sus accesorios, estos son las vigas H 20 y los puntales telescópicos, y es el mismo tanto para el encofrado de losas aligeradas como macizas (ver figura 7).



Figura 7. Sistema de apuntalamiento
Fuente: Viga H20 (Emaq, 2019)

3.1. Viga H 20

Hechas de madera de abeto, son particularmente útiles debido a su escaso peso (5 kg/m con medidas estándar), a sus propiedades estructurales y a un detallado y preciso método de fabricación. Unas cabezas protectoras dispuestas en los extremos redondeados impiden que la viga se deteriore prematuramente. Las alas se combinan con el alma de tres láminas de madera (norma europea EN 13353) compactándolas en un proceso de encolado de alta calidad, el cual sumado a un tratamiento con esmalte repelente al agua haciéndola completamente impermeable, garantizan de esta manera una gran vida útil.

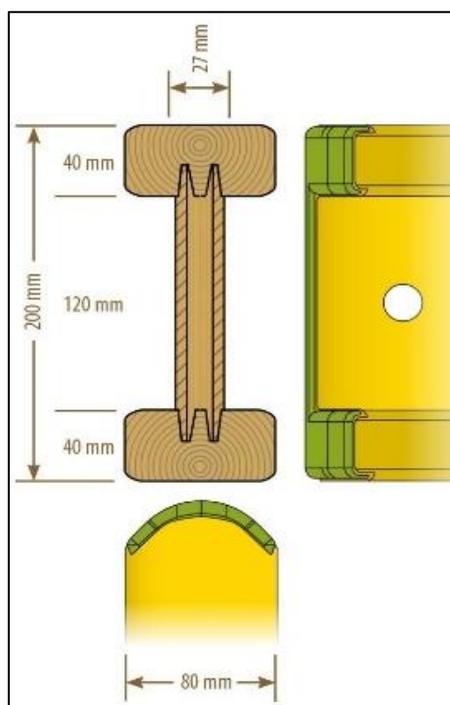


Figura 8. Detalle y medidas de viga H 20.
Fuente: Viga H20 (THECA, 2018)

Las vigas H 20 han sido aprobadas para los siguientes valores estáticos:

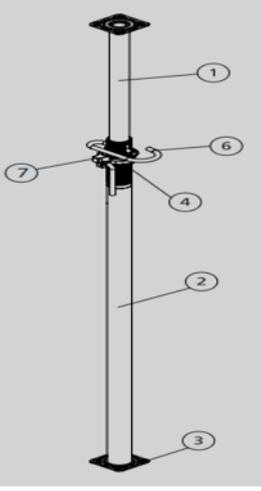
$$M_{Adm} = 5,00 \text{ kNm}$$

$$Q_{Adm} = 11,00 \text{ kN}$$

$$E \cdot I = 500 \text{ kNm}^2$$

3.2. Puntal telescópico SP. Está diseñado para el apuntalamiento de los sistemas de encofrado horizontal, así como para su utilización en las diferentes necesidades de apeo que puedan surgir en obra. Se caracteriza por su especial diseño de regulación y fijación en altura (ver tabla 2), lo que facilita un ajuste rápido del mismo. Las técnicas de recubrimiento con resinas epoxi le proporcionan una capa de protección eficaz contra la corrosión. Estos cuentan con un certificado norma UNE – EN 1065 (**Ulma_Construcción**).

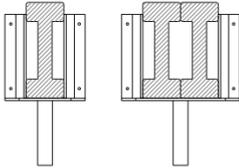
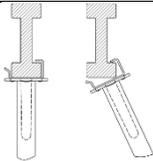
Tabla 2. Características y partes del puntal telescópico SP.

Características.		Partes
Ligero, resistente y de gran capacidad de carga.		1.Tubo Interior
Tubo interior imperdible respecto al exterior		2.Tubo Exterior
Sistema de descarga para facilitar el desencofrado		3.Placa Base
Tuerca de fundición <u>autolimpiante</u> y de avance rápido gracias a rosca de doble paso		4.Tuerca
		5.Regulador
<u>Antiatrapamanos</u> para seguridad del operario		6.Pasador
		7.Soporte desencofrado

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3 se muestran los accesorios del puntal telescópico SP para el montaje y desmontaje de vigas H20.

Tabla 3. Características y partes del puntal telescópico SP.

<u>Accesorios</u>	<u>Descripción.</u>	<u>Imagen.</u>
Copa o cabezal universal.	Se insertan en la parte superior de los puntales y soportan las vigas H20, tienen diseño de doble entrada, en un sentido se introduce una viga y en el perpendicular 2 para puntos de traslape.	
Trípode Universal	Facilita la fijación de los puntales durante el encofrado, esto mediante una abrazadera móvil. Su función es de ayuda de montaje, no reemplaza en absoluto la rigidez para la estructura de soporte.	
Barra de montaje	Facilita el montaje y retiro de vigas de encofrado H 20.	
Cabezal simple o de agarre	Se insertan en la parte superior de los puntales y soportan las vigas H20. El puntal es introducido con un giro bajo la viga H20, por tal motivo permite la fija de un puntal adicional una vez ya montado el sistema o desde un inicio siendo muy versátil.	

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 2

Sistema de entrepiso empleado en el proyecto Floresta VI

1. Información general del proyecto

1.1. Localización. Inmueble construido sobre la calle Mariel Mz 0-6 lote 02, Urbanización Chacarilla del Estanque, distrito de Santiago de Surco, provincia y departamento de Lima. Por el lado izquierdo delimita con la calle Mariel, por la derecha con una vivienda de dos pisos, por la parte posterior con un edificio de 4 pisos y por el frente con la Av. La Floresta (ver la figura 9).

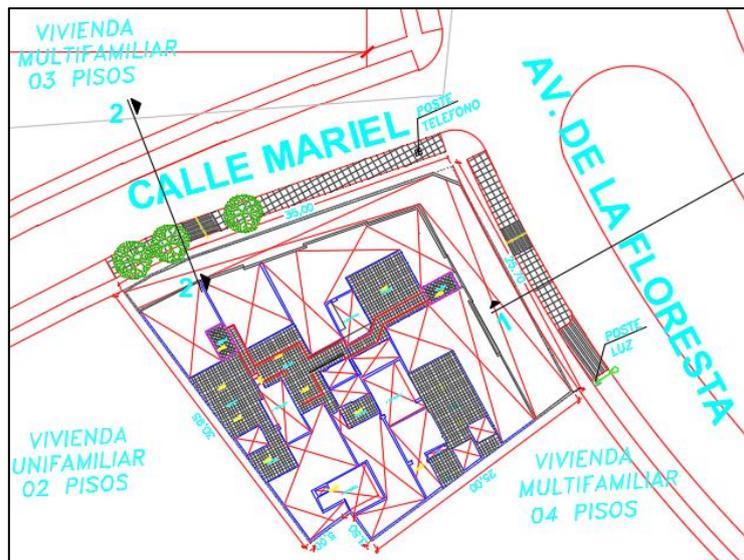


Figura 9. Ubicación en planta del Proyecto Floresta VI.

Fuente: Constructec Ingenieros y Arquitectos (Constructec, 2015)

1.2. Descripción. Floresta VI se ubica en una zonificación RDB (Zona de densidad baja), es un proyecto de vivienda multifamiliar con 05 pisos más azotea y 02 sótanos, el cual alberga 15 flats y 04 duplex de 03 dormitorios todos. En los dos niveles inferiores se encuentran los estacionamientos privados y de visita, depósitos y áreas de máquinas. La edificación cuenta con un total de 57 ambientes destinados para habitaciones para un aforo de 95 personas en total.

El edificio tiene un total de 44 estacionamientos privados siendo 40 simples y 04 dobles + 04 para visitantes, incluyendo 01 para discapacitados. Así mismo posee dos áreas destinadas para el estacionamiento de bicicletas para un total de 16 unidades.

Cuenta con 02 ascensores con ingreso directo a cada inmueble y 02 escaleras con acceso a la puerta falsa de los mismos, ambos poseen igual recorrido desde el sótano 02 hasta el 5to piso.

El inmueble mencionado cuenta con las siguientes medidas:

Área terreno total: 965.85 m², las dimensiones del mismo figuran en la tabla 4.

Tabla 4. Área y medidas del terreno del Proyecto Floresta VI.

35.00	30.95	25.70	25.00+3.50+5.00
Por el frente (ml)	Por la derecha (ml)	Por la izquierda (ml)	Por el fondo (ml)

Fuente: Elaboración propia.

El área techada total inscrita en registros públicos es de: 5,598.12 m², los detalles de la misma figuran en la tabla 5.

Tabla 5. Áreas de los departamentos y áreas comunes Proyecto Floresta VI.

NIVEL	Común (m ²)	Dptos 1 (m ²)	Dptos 2 (m ²)	Dptos 3 (m ²)	Dptos 4 (m ²)	Subtotal (m ²)
Sótano 02	959.27					959.27
Sótano 01	958.55					958.55
1er Piso	136.42	213	175	0	171	695.42
2do Piso	20.16	172	163	178	161	694.16
3er Piso	20.16	172	163	178	161	694.16
4to piso	20.16	172	163	178	161	694.16
5to Piso	19.16	169	166	179	161	694.16
Azotea	0.0	51	52	53	52	208.24
A tech. parc.						5,598.12
Área techada total (m²).						5,598.12

Fuente: Elaboración propia.

Las figuras 10 y 11 muestran la elevación de la edificación por la av. La Floresta y la cl. Mariel respectivamente.

**Figura 10.** Elevación lateral – Av. La Floresta.

Fuente Constructec Ingenieros y Arquitectos (Constructec, 2015)



Figura 11. Elevación Lateral – Calle Mariel.
Constructec Ingenieros y Arquitectos (Constructec, 2015)

En el primer piso, se diseñó los lobbys para el ingreso a ambas torres, así como un pequeño jardín de recepción previo a cada uno de estos, este proyecto no cuenta con mayores ambientes para el uso compartido de sus propietarios.

Los cuatro departamentos tipo duplex poseen terrazas independientes y se conectan al nivel de ingreso a través de una escalera interior.

1.3. Memoria descriptiva estructural. Para el diseño de la estructura se respetó las Normas E-20, E-30, E-50, E-60 y E-70 del reglamento de Nacional de Edificaciones del Perú y comentarios del A.C.I. 2006.

1.3.1. Cimentaciones. Está compuesta por zapatas corridas de concreto armado, zapatas aisladas de concreto armado y cimiento corrido de concreto ciclópeo para muros de tabiquería. Como elementos de sostenimiento temporales para el presente proyecto se empleó calzaduras solo en la parte derecha de la edificación.

1.3.2. Estructuración. Elaborada a base de muros y placas de concreto armado y pórticos del mismo material, predominando los muros de concreto armado; es decir, del tipo Sistema Estructural de Muros de Concreto Armado según la norma E-30 del Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú.

Las placas se han ubicado estratégicamente para absorber cargas de sismo y controlar los desplazamientos de la edificación en ambas direcciones.

1.3.3. Losas de Entrepiso. Son de prelosa aligerada y maciza prefabricada con un peralte $h=20$ cm tanto para sótanos como para pisos superiores.

2. Sistema empleado para la elaboración de entrepisos

El sistema escogido para la elaboración de las losas de entrepisos del proyecto es mixto, empleando prelosas macizas y aligeradas prefabricadas sumadas a procesos de obra para obtener estructuras monolíticas las cuales estructuralmente son equivalentes al convencional.

2.1. Requerimientos de equipos y herramientas para su montaje. El empleo de un nuevo sistema constructivo implica el uso de nuevos materiales, herramientas, equipos y proveedores, así como mano de obra especializada en los nuevos procesos que forman parte del sistema a migrar.

2.1.1. Torre grúa. El principal requisito para el uso de prelosas prefabricadas en una edificación es contar con un sistema de izaje, transporte y colocación de las mismas.

2.1.2. Prelosas prefabricadas. En el mercado nacional existe una limitada oferta de proveedores, siendo en total 03 las empresas dedicadas al rubro de dichos elementos prefabricados: B. D. S.A.C. (2015), Prefabricados de Lima S.A.C. (2011) y Entrepisos Lima S.A.C (2008) siendo esta última adquirida por Unión de Concreteras S.A. (Unicon S.A.) en el año 2010.

2.1.3. Puntales y accesorios. En la ciudad de Lima existen una gran cantidad de proveedores dedicados a la venta y/o alquiler de puntales y sus accesorios.

2.1.4. Vigas H 20. En la capital existen múltiples empresas dedicadas a la venta de sistemas de encofrado que las comercializan, tener presente que las vigas deben ser de fabricación europea certificada.

2.1.5. Grupo eléctrico. Su oferta a nivel nacional es bastante amplia.

2.2. Requerimientos para su elaboración y entrega. En este apartado se establecerán criterios para asegurar el óptimo y oportuno diseño y despacho de las prelosas durante la etapa de elaboración del casco.

2.2.1. Procedimiento. Todo comienza con la clara definición de los responsables de la función de diseño, aprobación y despacho de las mismas para poder tener una comunicación clara y directa entre todos los involucrados; los plazos indicados a continuación son estándares de la industria y compartidos por las empresas nacionales.

El primer cronograma tentativo se debe enviar con una anticipación de 7-8 semanas antes de la primera entrega, esto se debe a que el proveedor tiene una capacidad limitada de producción y este debe contar con una planificación macro para evitar sobrepasar su competencia real en planta o en todo caso poder tomar las medidas correctivas en su momento oportuno y no incurrir en incumplimiento de plazos.

El cliente debe enviar 03 semanas antes de la entrega del nivel los planos compatibilizados con las distintas especialidades y con un seccionamiento de este (ver la figura 12) en partes con áreas a lo sumo de 220 m² para su entrega, este límite se debe a la capacidad máxima de transporte del tráiler; si se programa comenzar a primera hora del día y se tiene disposición íntegra de la grúa se puede recepcionar y descargar hasta 3 unidades durante la jornada laboral.

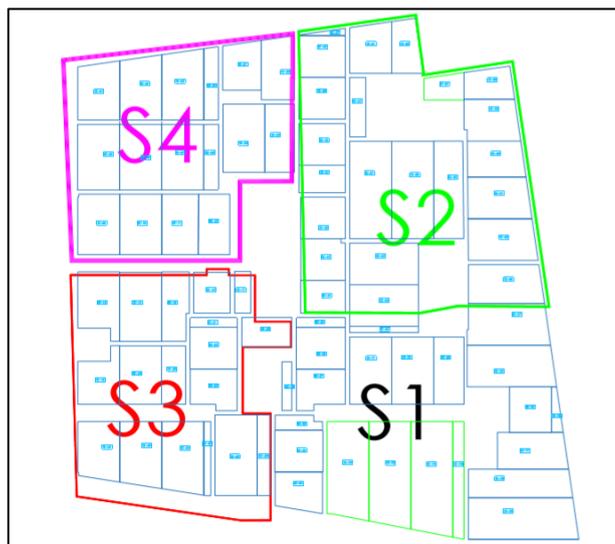


Figura 12. Ejemplo de secciones de un entresijo del proyecto Floresta VI
Fuente: Elaboración propia.

Con los planos ya aprobados y aceptados por ambas partes se envía una programación sincronizada máximo 10-12 días antes de la llegada de las prelasas prefabricadas. Este plazo permite realizar cambios en las dimensiones y salidas de las mismas (ver figura 13). Tener presente que las prelasas se entregan con un mínimo de 7 días de fabricadas por lo que existe un plazo de 3 a 5 días para el trazo, habilitación y elaboración de las mismas; en algunos casos se puede disminuir el tiempo de espera de la semana a 3 días empleando acelerantes de fragua y aditivos superplastificantes previa aprobación del diseñador estructural.



Figura 13. Ejemplo de detalle de prelosas aprobadas para su elaboración.
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente se confirma la entrega de los elementos prefabricados 02 días antes de la fecha deseada, esta confirmación se hace a través de una ficha (ver la figura 14) la cual indica la hora de llegada a obra, así como la cantidad de elementos a recepcionar con sus medidas y áreas, cada pieza tiene una codificación única la cual sirve a los encargados de la función de izaje y colocación a identificar fácilmente la ubicación y orientación del prefabricado en campo.

SOLICITUD DE PRELOSAS - PROYECTO FLORESTA VI									
RESPONSABLE:									
NIVEL:		FECHA DE ELABORACION:							
SECTOR:									
TOTAL DE PRELOSAS:		FECHA DE SOLICITUD:							
ALIGERADAS (A):		FECHA DE LLEGADA A OBRA:							
MACIZAS (M):		HORA DE LLEGADA A OBRA:							
CODIGO PRELOSA	ANCHO 1	ANCHO 2	ANCHO FIN	LARGO 1	LARGO 2	LARGO FIN	A DESCONTA	AREA (M ²)	TIPO
XX-YY									0
XX-YY									
XX-YY									
XX-YY									
XX-YY									
XX-YY									
XX-YY									
XX-YY									
XX-YY									
XX-YY									
XX-YY									0
XX-YY									
XX-YY									
								0	
PLACA DEL TRAILER:									
NOMBRE DEL CONDUCTOR:									
HORA DE SALIDA DE OBRA:									
OBSERVACIONES:									

Figura 14. Ficha para la coordinación de entrega de prelosas a obra.
Fuente: Elaboración propia.

2.3. Descripción de los procesos en obra. En este apartado se explica más a profundidad en que consiste cada proceso que compone este sistema de elaboración de entresijos el cual emplea elementos prefabricados para su elaboración.

2.3.1. Apuntalamiento con sistema de viga H20 y puntales. El sistema de vigas de madera y puntales de acero debe ser capaz de soportar las cargas que producen la prelosa, el concreto vaciado en obra, el personal y los equipos. Para el proyecto en cuestión, el diseño de la estructura demanda lo siguiente, las vigas de soporte deberán estar distanciadas a $L_s=1.30$ ml. y el espaciamiento entre los puntales en la dirección de las soleras será de $L=1.10$ ml. (esto se traduce en un factor de 0.7 unidades/m² de losa), respetando los cálculos propios del diseño estructural (ver figura 15).

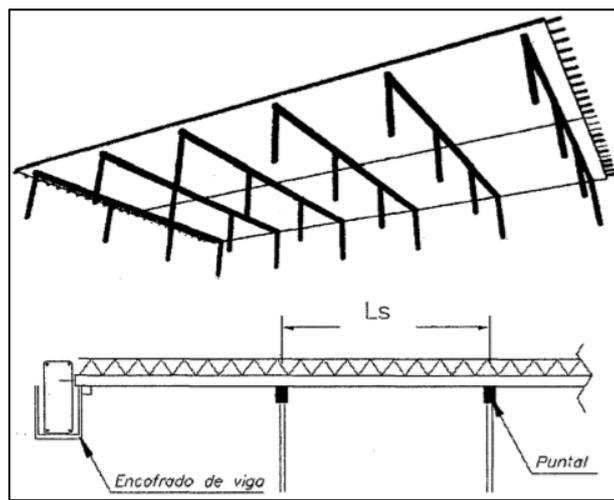


Figura 15. Sección típica de apuntalamiento de prelosa prefabricada.

Fuente: Entrepisos Lima S.A.C. (Construproductos, 2012).

El montaje del sistema se resume en 07 simples pasos (ver la figura 16): 1.- Colocar los cabezales de 4 vías en los puntales. 2.- Situar los trípodes en los vértices del forjado y en los cruces de vigas primarias, colocar los puntales en los trípodes y fijarlos con la palanca de apriete. 3.- Ajustar la altura del puntal. 4.- Colocar las vigas H20 en los cabezales con la ayuda de las barras de montaje. 5.- Nivelar las vigas a la altura de los forjados y fijar el seguro haciendo uso del martillo de goma. 6.- Colocar los cabezales simples en los puntales intermedios y finalmente, 7.- Colocar los puntales intermedios con el cabezal simple debajo de las vigas de soporte y fijar el seguro con el martillo de goma.

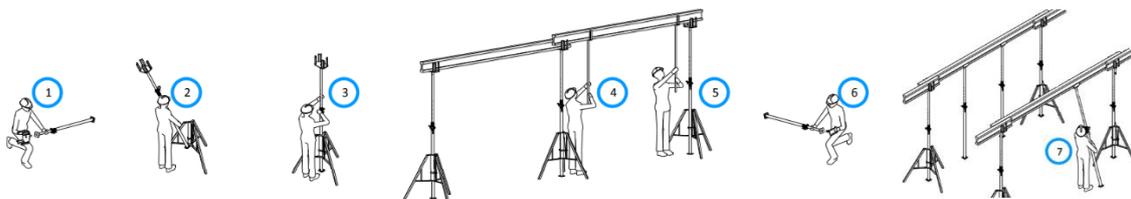


Figura 16. Montaje de sistema de apuntalamiento con vigas H20 y puntales paso a paso.

Fuente: Grúas Sáez S.L. (SÁEZ, 2019)

2.3.2. Colocación de prelosas incluye izaje. Como actividad previa al inicio del izaje y colocación de las prelosas es fundamental hacer una revisión de la condición de las mismas, básicamente los puntos a revisar son la presencia de cangrejas y/o de fisuras que no deben superar 1 mm de espesor, recubrimiento del refuerzo mayor o igual a 2cm, condición de los casetones y superficie inferior, así como la no presencia de óxido y por último deflexión de las mismas menor al 0.25%.

Una vez verificado el estado de las mismas se procede al acondicionamiento para su izaje, esto consiste en el retiro de rebabas o algún elemento que pueda desprenderse durante su traslado para evitar posibles accidentes y al doblado de las mechas con un tubo de 3/4" solo por un lado.

Luego se procede a realizar la colocación de los ganchos en los tralichos para su izaje, los puntos de anclaje dependerán de las dimensiones de la misma, varían entre 4 a 8 puntos. De igual manera se coloca una línea de viento en una esquina para facilitar su manipulación. En un primer movimiento se levanta el elemento hasta una primera posición a 0.5 ml. de altura y se verifica el enganche de la carga, paso seguido se procede a levantar la prelosa y a realizar su recorrido horizontal hasta su posición final, en esta etapa hay que tener cuidado de evitar la interferencia con armaduras verticales, así como tener despejado en obra la proyección del recorrido de todo frente de trabajo.

Finalmente haciendo uso de la ficha el personal a cargo verifica la correcta posición de la prelosa y procede cuidadosamente a descenderla dándole una inclinación de 15° apoyando primero el lado con las mechas rectas para su inserción en el refuerzo de las vigas (ver la figura 17).

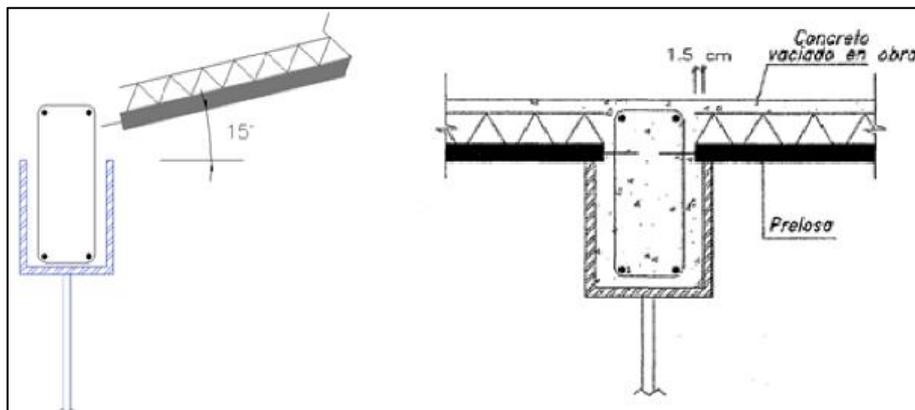


Figura 17. Apoyo de prelosa prefabricada sobre encofrado de fondo de viga.

Fuente: Aime (2015)

2.3.3. Colocación de refuerzos. De planta viene habilitado y colocado el acero positivo, de distribución y de base, así como los tralichos de acuerdo al diseño del proyecto, esto es símil para ambos tipos de prelasas prefabricadas.

En obra se realiza la habilitación y colocación del acero negativo para ambos tipos de elementos. Adicionalmente para las prelasas aligeradas se trabaja el acero de temperatura y para las macizas el acero transversal y de continuidad, este último es para dar continuidad al refuerzo positivo embebido en la prelosa (ver figura 18).

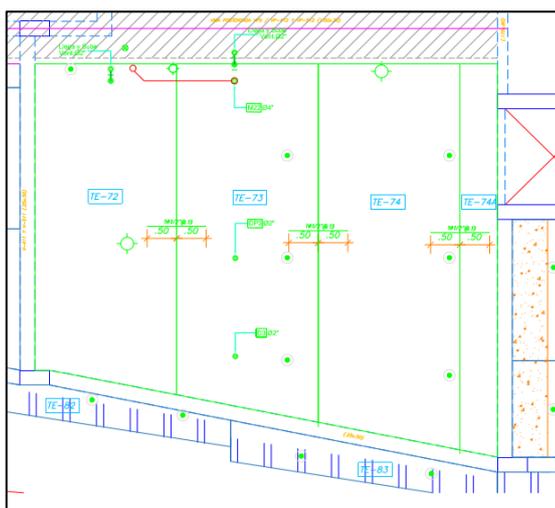


Figura 18. Ejemplo de acero de continuidad en prelasas macizas.

Fuente: Elaboración propia.

2.3.4. Habilitación de especialidades. El uso de prefabricados elimina el subproceso de trazo y colocación de cajas y salidas por lo que la duración de la partida se ve reducida quedando restante la colocación de tuberías y accesorios. Otra variante a tener presente es el cambio de ladrillo de techo por casetones de poliestireno, ahora en lugar de cortar el ladrillo para el paso de tuberías se debe moldear los casetones con quemadores.

2.3.5. Vaciado de losa. Es importante durante el vertido del mismo vibrar el concreto para evitar la formación de cangrejeras y segregaciones. Así mismo cuando se aprecie que el concreto ha comenzado su fraguado se debe rociar toda su superficie con curador para evitar la evaporación prematura de la humedad del concreto.

El cálculo del volumen de concreto a requerir se realiza de la misma manera que en un techo convencional empleando el método del factor, el cual consiste en multiplicar el área de cada tipo de prelosa por su respectivo coeficiente, este último varía en función si es aligerada o maciza. Finalmente se adicionan los volúmenes de vigas peraltas y chatas para un total.

2.3.6. Desencofrado de losa. Los puntales pueden ser retirados una vez que el concreto vaciado en obra haya alcanzado el 80% de su resistencia final, en término de días es a los 6-7 días de vertido. Para áreas de grandes luces como sala/comedor y cocinas, así como en zonas de losas macizas se recomienda dejar 03 días adicionales los puntales para evitar una deflexión de las mismas.

El desmontaje del sistema consiste en los siguientes pasos: Se inicia con el retiro de los puntales intermedios, en todos los puntales de acero tubular el pasador de descenso rápido libera la tensión con un simple golpe de martillo. Para el desmontaje de la viga H20 (ver figura la 19) se procede a liberar el seguro de los puntales sobre los cuales se apoya esta, paso seguido se coloca la barra de montaje en la parte inferior de la misma y se procede a levantarla desde sus extremos para removerla de los cabezales y con un movimiento lento y seguro se desciende la viga al suelo y se procede a repetir la operación en todas las secciones a desencofrar.

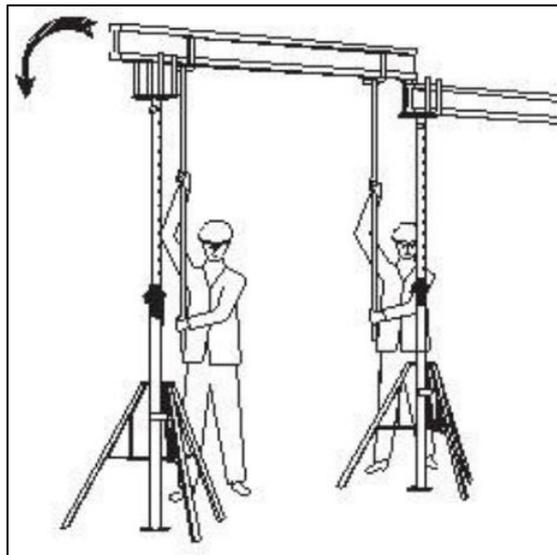


Figura 19. Desmontaje de vigas H20 y puntales telescópicos.

Fuente: Temuco S.R.L. (2012)

2.3.7. Sellado de juntas. Los prefabricados son elaborados en camas de acero por lo que su acabado en la parte inferior es liso y óptimo, como se mencionó en el apartado 2.2.1. del primer capítulo los bordes longitudinales se forman con un chaflán el cual permite darle un fino acabado al encuentro entre elementos. En los sótanos no se ejecuta acabado alguno dejando expuesto la prelosa y sus uniones como tal, el único tratamiento que requiere es la limpieza de rebabas que pueden surgir durante el vertido de concreto en obra.

Para zonas habitables (departamentos) y de uso común como el lobby si es necesario darle un tratamiento a las juntas entre prelosas de tal manera que sean imperceptibles a la vista del

usuario; este consiste en la aplicación de un mortero mezclado con pegamento para porcelanatos previa aplicación de un aditivo de liga como el Acryl Binder de la empresa Nox – crete, finalmente durante el empastado se recomienda colocar en la junta una malla para reducir aún más la posibilidad de agrietamiento, todo esto se debe realizar sobre un superficie libre de polvos y residuos.





Capítulo 3

Experiencia de lo observado

En el presente capítulo se describe las decisiones adoptadas, tareas ejecutadas e incidentes relacionados a la incorporación del sistema de prelosas en el Proyecto Floresta VI, desde la etapa de pre planificación hasta el cierre.

1. Pre planificación

1.1. Selección del equipo de trabajo y proveedores de servicio

1.1.1. Torre grúa. Para este proyecto se optó por trabajar con la empresa Agrumaq S.A.C. (Aragonesa Grúas y Maquinarias S.A.C.) para el alquiler y manejo de la torre grúa. La empresa es distribuidora oficial de la marca GT Liebherr y cuenta con el soporte técnico e ingenieril de la marca, tiene amplia experiencia en el mercado nacional superando los 11 años de presencia y los 130 proyectos realizados. El proveedor cuenta con operadores experimentados en el empleo de prelosas prefabricadas para la elaboración de entresijos. La experiencia y conocimiento fueron factores decisivos en la selección final para el ingeniero responsable del proyecto.

1.1.2. Prelosas prefabricadas. El staff de ingenieros y arquitectos de la compañía evaluó la conveniencia de trabajar con alguna de las 03 empresas mencionadas en el acápite 2.1.2. del capítulo 2. Tras el análisis el ingeniero residente de obra concluyó que la más propicia para los objetivos del proyecto es la empresa más nueva en el mercado, D.B. S.A.C. por los siguientes motivos:

A diferencia de las otras dos empresas, esta busca diferenciarse por abarcar/segmentar el mercado de multifamiliares y edificaciones con techos acabados/expuestos, mientras que las otras tienen como eje central de operación las edificaciones tipo industriales, comerciales y de oficinas.

Por las dimensiones del proyecto, el pedido a realizar es de volumen pequeño a medio, lo cual para grandes empresas no es muy atractivo y da poco poder de negociación ante ellas, mientras que para una empresa joven en crecimiento el metrado a requerir si es deseable.

En el capítulo 2 se describe el procedimiento estándar para la elaboración y entrega de las prelosas prefabricadas, el cual señala requisitos y plazos que debe cumplir el cliente. Los requerimientos exigidos por las otras dos empresas se consideraron excesivos en fechas y su flexibilidad ante cambios de diseño en prelosas próximas a ejecutar prácticamente nula, por lo que no se vieron conveniente como alternativa para el emprendimiento con el nuevo sistema.

1.1.3. Puntales telescópicos SP y accesorios. Por recomendación del proveedor de las prelosas prefabricadas se evaluó la opción de trabajar con la empresa Schilter Peru S.A.C. (2005) dedicada al rubro de alquiler de diversos equipos y maquinarias para la construcción. Dicha empresa posee en su inventario puntales fabricados por la empresa alemana Adria S.A. (1927) de modelo telescópico SP en sus distintas modulaciones, los cuales cuentan con un certificado norma UNE-EN 1065 que garantiza la calidad de los mismos.

Tras un análisis de costos y condiciones de logística se determinó como conveniente trabajar con la compañía recomendada para la provisión de los apoyos, así como de sus accesorios. En adición a lo mencionado líneas arriba uno de los factores determinantes en esta decisión fue la invitación para capacitación en sus instalaciones a la cuadrilla encargada del encofrado así como un recorrido guiado a otros proyectos que se encontraban trabajando con el mismo sistema para conocer más de este y poder despejar consultas de campo.

1.1.4. Vigas H20. En esta ocasión el ingeniero responsable optó por trabajar con la empresa Gestión maderera S.A.C. (1966) por ser la empresa líder en el mercado nacional dedicada a la venta de madera, triplay, paneles y similares. Otro motivo para la selección fue que se trataba de un socio estratégico del Grupo Chacarilla Sur S.A.C. con el cual se tenía una relación comercial de más de 15 años y finalmente el precio se encontraba dentro de los parámetros de la competencia.

Las vigas son importadas desde Eslovenia y elaboradas con abeto de alta calidad contando con el certificado SIST EN 13377.

1.1.5. Grupo eléctrico. La empresa seleccionada para el alquiler de la torre grúa (Agrumaq S.A.C.) tiene como aliado estratégico a la compañía Generadores Perú S.A.C. (2002) desde el año 2008, empresa dedicada al campo de soluciones y soportes de energías de grupos eléctricos. Tras una evaluación por parte del ingeniero de especialidades se vio oportuno trabajar con ellos; para el modelo de grúa se optó por alquilar un generador de 100 KW marca Stamford encapsulado de potencia stand by 220-440V/3/50-60Hz equipado con motor Cummins y un tanque de combustible de capacidad igual a 75 galones.

1.1.6. Contratistas de especialidades. Para la habilitación de especialidades se optó por trabajarla bajo la modalidad de contrata, solo se delegaría la mano de obra ya que los materiales e insumos son provistos por la constructora para garantizar la calidad de los mismos. Como parte del staff del Grupo Chacarilla Sur el ingeniero de especialidades se encargaría de apoyar al profesional responsable del proyecto en el control y supervisión de dichas actividades.

Los contratistas seleccionados para hacerse cargo de las instalaciones de la obra son socios estratégicos con los cuales se tiene una relación laboral que supera los 10 años y comparten la visión de trabajo de la empresa, son los siguientes:

- Instalaciones Eléctricas – Esemid E.I.R.L. con R.U.C. 20518546831
- Instalaciones Sanitarias - Gas R.M.F. Y Afines E.I.R.L. con R.U.C. 20517109836
- Instalación de Gas - Andiva Peru S.A.C. con R.U.C. 20565329601

Estas 03 empresas recibieron capacitación en el uso y manejo del calentador que se emplea para el moldeo de los casetones de poliestireno para la colocación de tuberías, así como charlas de seguridad por tratarse de un equipo que genera fuego directo.

1.1.7. Proveedor de concreto. Con la intención de asegurar la calidad del concreto a vaciar y optimizar recursos y espacios se optó por trabajar con concreto premezclado de la empresa Unicon S.A. (Unión de concreteras S.A.), la misma que estaría a cargo de proveer el servicio de bombeo haciendo uso de una bomba telescópica marca Putzmeister de alcance horizontal 36 ml.

Para el vibrado del concreto durante su vertido los operarios emplearían vibradores mecánicos marca Honda de 5.5 Hp con mangueras marca Enarco de 6 ml. y distintas medidas de cabezales. Para el curado de la losa y demás estructuras se emplearía una mezcla de curador Z membrana blanca de la marca Z aditivos mezclado con agua en una mochila dispensadora marca Jacto de 20L.

1.2. Viabilidad del proyecto. Tras una evaluación por parte del equipo de oficina se determinó factible realizar el cambio de un sistema a otro para la elaboración de entrepisos en el proyecto Floresta VI. El presupuesto comparativo preparado para asistir la decisión se presenta en la tabla 6.

Con el empleo de prelosas para la ejecución de losas de entrepisos se espera un ahorro del 10% en costos directos de esta partida y una reducción de dos semanas de trabajo manteniendo los estándares de seguridad y calidad propios de la empresa.

Tabla 6. Comparativo económico entre ambos sistemas de entrepisos.

Comparativo económico de los sistemas.				
Tipo de losa	Convencionales		Losas prefabricadas	
Partidas	Aligerada	Maciza	Aligerada	Maciza
Encofrado/apuntalamiento	42.52	42.32	20.59	20.59
Suministro e instal. Prelosa	x	x	65.80	56.42
Colocación ladrillos de techo	14.95	x	x	X
Acero $f_y=4200\text{kg/cm}^2$	18.82	39.36	8.13	19.68
Concreto $f'_c=210\text{ kg/cm}^2$	28.29	58.50	22.42	45.21
Desencofrado	11.03	11.03	6.55	6.55
Tarrajeo de cielo raso	32.62	32.62	x	x
Limpieza y sellado de juntas	x	x	5.2	5.2
Precio unitario (soles/m ²)	148.23	183.83	128.69	153.65

Fuente: Elaboración propia.

2. Planificación

En este apartado se presentan decisiones y acciones adoptadas por el ingeniero a cargo.

2.1. Condiciones generales. El ingeniero responsable identificó las siguientes particularidades propias del proyecto:

Cuenta con dos frentes de obra, por un lado tenemos la calle Mariel con 35 ml. y el segundo es en la avenida de La Floresta con un largo de 25.70 ml. (ver figura 9).

En el distrito de Santiago de Surco el horario para la ejecución de obras así como de la licencia de interferencia de vías es el siguiente: lunes a viernes (08:00 a.m. a 05:30 p.m. con una hora de refrigerio a mediodía) y el día sábado (08:00 a.m. a 01:30 p.m. sin refrigerio).

Dado que la construcción del casco se planifique termine en la quincena de enero, los siguientes feriados (ver tabla 7) fueron considerados como tal en la programación de los trabajos:

Tabla 7. Feriados declarados durante la construcción del casco.

Fecha	Motivo
Miércoles 01 de noviembre 2017.	Día de todos los Santos.
Viernes 08 de diciembre 2017.	Día de la Inmaculada Concepción.
Lunes 25 de diciembre 2017.	Navidad.
Lunes 01 de enero 2018.	Año nuevo.

Fuente. Elaboración propia

2.2. Organización de torre grúa. La torre grúa elegida para los trabajos de izaje de materiales fue el modelo 30 LC la cual tiene un radio máximo de 32 metros autoestables con una capacidad de carga máxima igual a 2500 kg y una capacidad de carga en punta equivalente a 1250 kg.

El ingeniero responsable fijó el ducto del ascensor N° 2 como la ubicación más apta para la torre grúa, ya que de esta manera no se tendría que dejar cavidad alguna en las losas de entrepiso y como consecuencia no se dejarían partidas incompletas. Así mismo el ingeniero vio como conveniente recortar la pluma de grúa a 27.5 ml. para invadir lo menos posible las propiedades limítrofes (ver figura 20) manteniendo el alcance a todas las ubicaciones del proyecto.



Figura 20. Radio de acción de la torre grúa.
Fuente: Elaboración propia.

2.3. Sectorización del proyecto

Para el proyecto Floresta VI el ingeniero responsable estableció 3 niveles típicos con su respectiva sectorización cada uno; el primero de ellos comprende los sótanos 02 y 01, el siguiente abarcó los pisos del 1^{er} al 5^{to} y el último fue para la azotea.

Los sótanos 02 y 01 fueron divididos en 03 sectores, con áreas en promedio para cada uno de 307.5m² (ver figura 21).

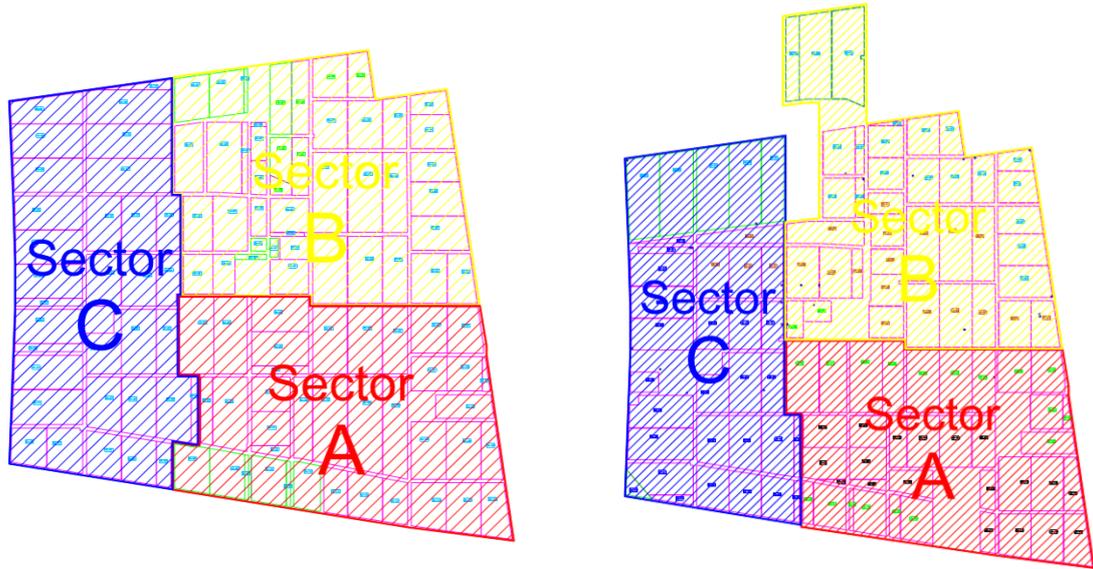


Figura 21. Sótano 02 y 01 sectorizado en 03 partes respectivamente.
Fuente: Elaboración propia.

Para los niveles superiores desde el 1^{ero} hasta el 5^{to} piso se dividió en 02 sectores, con área en promedio de 314.85 m² (ver la figura 22, 23 y 24).

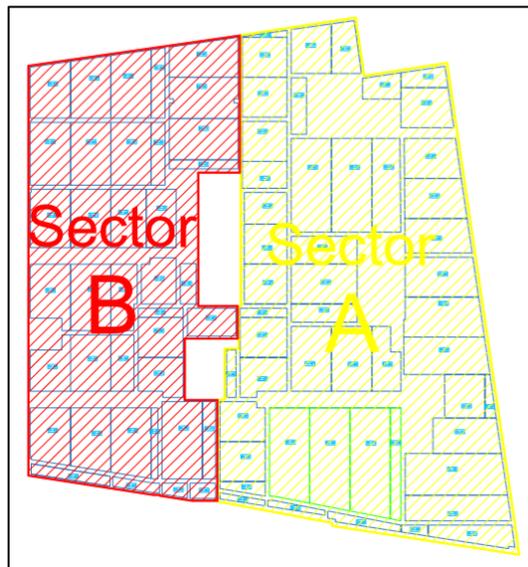


Figura 22. Piso 01 sectorizado en 02 partes.
Fuente: Elaboración propia.

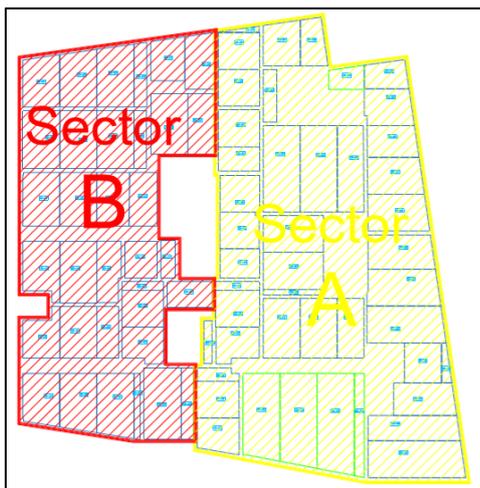


Figura 23. Piso 02, 03 y 04 sectorizado en 02 partes.
Fuente: Elaboración propia.

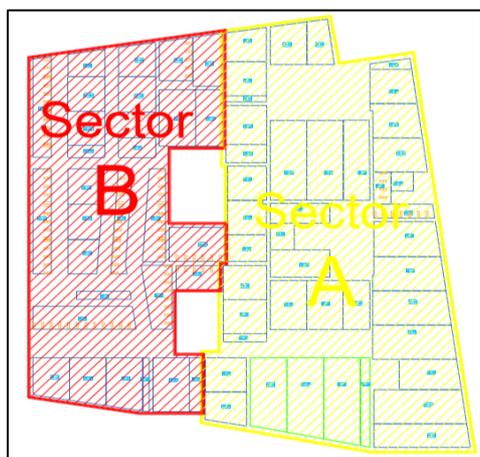


Figura 24. Piso 05 sectorizado en 02 partes.
Fuente: Elaboración propia.

Para la azotea se optó por trabajarla como un sector único, el cual tiene un área de aproximadamente 208.15 m² (ver figura 25).

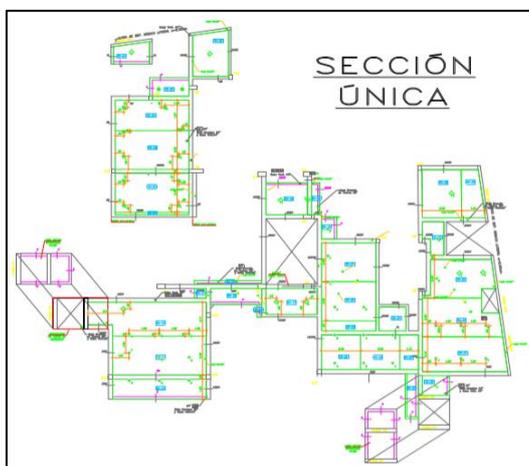


Figura 25. Nivel típico azotea con un único sector.
Fuente: Elaboración propia.

Con los sectores definidos, los metrados totales del proyecto y rendimientos base se procedió a comprobar que la sectorización era la adecuada para la programación de actividades al representar partes del total con similar magnitud de tareas (ver figura 26).

	Cuadrilla Fierros.			Cuadrilla Carpinteros.			Cuadrilla fierros	Cuadrilla carpinteros
	Total DH	Ciclo 3.5 días*	Cantidad personas.	Total DH	Ciclo 3.5 días*	Cantidad personas.		
SÓTANO 02 - SECTOR A	104.88	29.97	30	158.34	45.24	47	*Acero verticales	*Encofrado de verticales
SÓTANO 02 - SECTOR B	102.65	29.33		162.59	46.45		*Acero de fondo de vigas	*Vaciado de verticales
SÓTANO 02 - SECTOR C	105.13	30.04		174.84	49.95		*Acero horizontal	*Encofrado de fondo de viga
SÓTANO 01 - SECTOR A	102.68	29.34		166.36	47.53			*Apuntalamiento prelosas
SÓTANO 01 - SECTOR B	104.43	29.84		166.25	47.50			*Montaje de prelosas
SÓTANO 01 - SECTOR C	106.79	30.51		167.41	47.83			*Vaciado de losa
PISO 1 - SECTOR A	82.18	23.48	22	176.8	50.51			*Desencofrado de losa
PISO 1 - SECTOR B	79.09	22.60		164.64	47.04			
PISO 2 - SECTOR A	76.79	21.94		166.13	47.47			
PISO 2 - SECTOR B	77.29	22.08		156.74	44.78			
PISO 3 - SECTOR A	77.11	22.03		166.26	47.50			
PISO 3 - SECTOR B	76.47	21.85		158.08	45.17			
PISO 4 - SECTOR A	76.02	21.72		165.75	47.36			
PISO 4 - SECTOR B	75.05	21.44		158.32	45.23			
PISO 5 - SECTOR A	85.6	24.46		174.76	49.93			
PISO 5 - SECTOR B	84.82	24.23		166.43	47.55			
AZOTEA - SECTOR ÚNICO	81.14	16.23		203.17	40.63			

Figura 26. Cálculo de DH y cuadrillas en función a los sectores y plazos.

Fuente: Elaboración propia.

El resultado obtenido fue satisfactorio para el ingeniero responsable y decidió mantener la sectorización planteada para la elaboración de los entrepisos. Es importante mencionar 02 puntos:

La cuadrilla de fierros tendría una disminución de personal al terminar los sótanos.

Para la asignación de las cuadrillas se consideró un ciclo de duración de 3.5 días laborales para todos los sectores menos la azotea. Esto se debe a que si bien la azotea se planifica como un único sector esta se apoya sobre ambos sectores del nivel inferior y por restricción de procesos es necesario asignarle un día extra.

Nota: Para la sectorización de un nivel se considera los cortes a un tercio de su luz debido a que en esta zona el momento sobre las vigas es aproximadamente cero.

2.4. Programa maestro. El ingeniero elaboró el plan maestro representándolo en una programación Gantt general para la obra. En la figura 27 se presenta la ruta crítica para la construcción del casco colocando como objetivos las fechas de los vaciados de losas. El fin de la estructura del edificio se programó para la semana 20 de obra.

Nota: El ingeniero responsable no consideró los días sábados como días para el vaciado de losa, por lo que la actividad se posterga para el siguiente día laboral, esto generó un buffer en la planificación.

Puntos importantes	Demolición Vivienda 2 pisos.	Inicio de actividades de obra.	Instalación de torre grúa.	Feriado miércoles 01/11.					Feriado lunes 08/12			Feriado lunes 25/12	Feriado lunes 01/01			
Semana		0	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Inicio -> Lun	25/07/2012	28/08/2017	16/10/2017	30/10/2017	06/11/2017	13/11/2017	20/11/2017	27/11/2017	04/12/2017	11/12/2017	18/12/2017	25/12/2017	01/01/2018	08/01/2018	15/01/2018	22/01/2018
Fin -> Sabado		02/09/2017	21/10/2017	04/11/2017	11/11/2017	18/11/2017	25/11/2017	02/12/2017	09/12/2017	16/12/2017	23/12/2017	30/12/2017	06/01/2018	13/01/2018	20/01/2018	27/01/2018
Calzaduras / Cimientos		1er Anillo calzaduras	Cimentaciones.													
Elaboración del casco - Fechas de vaciado de losas.				SOTANO 02 - SECTOR A (02/11)	SÓTANO 02 SECTOR B (06/11) - SOTANO 02 SECTOR C (10/11)	SÓTANO 01 SECTOR A (14/11)	SÓTANO 01 SECTOR B (20/11) - SÓTANO 01 SECTOR C (23/11)	PISO 01 SECTOR A (28/11) - PISO 01 SECTOR B (01/12)	PISO 02 SECTOR A (06/12)	PISO 02 SECTOR B (11/12) - PISO 03 SECTOR A (15/12)	PISO 03 SECTOR B (19/12) - PISO 04 SECTOR B (29/12)	PISO 4 SECTOR A (26/12) - PISO 04 SECTOR B (29/12)	PISO 05 SECTOR A (04/01)	PISO 05 SECTOR B (08/01)	AZOTEA SECTOR ÚNICO (15/01)	
Cielo raso - sellado de juntas.												Ingreso	Sellado de juntas prelosas lobby y 1er	Sellado de juntas prelosas 2do piso /	Sellado de juntas prelosas 3er. Piso /	Sellado de juntas prelosas 4to piso /
Albañilería - Ladrillo, columnetas y												Enplantillado	Ini Niv 1	Fin Niv 01	Fin Niv 02	Fin Niv 03

Figura 27. Programa maestro para la elaboración del casco del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

2.5. Programación. El ingeniero elaboró un plan más detallado, en el que se integran las diferentes actividades específicas del proyecto. Estas actividades fueron ordenadas de manera sistemática, se les asignó una duración y una fecha de inicio y terminación. También se establecieron relaciones entre las diferentes actividades, y las posibles restricciones existentes entre unas y otras.

Para realizar la programación de las actividades asociadas a la construcción de los entresijos, el responsable de obra utilizó el Sistema Last Planner (Sistema del último planificador).

Dadas las características particulares del proyecto el cronograma se representó con un tren de actividades¹.

Para el proyecto en cuestión el ingeniero responsable planteó el siguiente tren de actividades para la elaboración de los entresijos (ver figuras 28 a la 35).

¹ Esta metodología consiste en dividir los volúmenes de trabajo en porciones pequeñas, más manejables. La programación de cada tarea se logra mediante el balance de la capacidad de las cuadrillas asignadas a cada actividad.

OBRA - FLORESTA VI															
SEMANA	8				9					10					
ACTIVIDAD	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
	25/10/2017	26/10/2017	27/10/2017	28/10/2017	30/10/2017	31/10/2017	01/11/2017	02/11/2017	03/11/2017	04/11/2017	06/11/2017	07/11/2017	08/11/2017	09/11/2017	10/11/2017
Acero verticales.	S2 - A			S2 - B					S2 - C			S1 - A			
Encofrado verticales.	S2 - A			S2 - B					S2 - C			S1 - A			
Vaciado de verticales.		S2 - A			S2 - B					S2 - C			S1 - A		
Encofrado de fondos de viga.			S2 - A			S2 - B					S2 - C			S1 - A	
Acero de fondos de viga.			S2 - A			S2 - B					S2 - C			S1 - A	
Apuntalamie nto prelosas.				S2 - A			S2 - B					S2 - C			S1 - A
Montaje de prelosas.					S2 - A			S2 - B					S2 - C		
Acero horizontal						S2 - A				S2 - B					S2 - C
Instalaciones						S2 - A				S2 - B					S2 - C
Vaciado de losa.							S2 - A				S2 - B				S2 - C
Desencofrado de losa.														S2 - A	
Sellado de juntas.															

Figura 28. Tren de actividades para ejecución del techo sótano 02.
Fuente: Elaboración propia.

OBRA - FLORESTA VI															
SEMANA	10				11					12					
ACTIVIDAD	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES
	07/11/2017	08/11/2017	09/11/2017	10/11/2017	11/11/2017	13/11/2017	14/11/2017	15/11/2017	16/11/2017	17/11/2017	18/11/2017	20/11/2017	21/11/2017	22/11/2017	23/11/2017
Acero verticales.	S1 - A				S1 - B			BUFFER	S1 - C				P1 - A		
Encofrado verticales.	S1 - A				S1 - B			BUFFER	S1 - C				P1 - A		
Vaciado de verticales.		S1 - A				S1 - B				S1 - C				P1 - A	
Encofrado de fondos de viga.			S1 - A				S1 - B				S1 - C				P1 - A
Acero de fondos de viga.			S1 - A				S1 - B				S1 - C				P1 - A
Apuntalamie nto prelosas.	S2 - C			S1 - A				S1 - B				S1 - C			
Montaje de prelosas.		S2 - C			S1 - A				S1 - B				S1 - C		
Acero horizontal			S2 - C			S1 - A				S1 - B				S1 - C	
Instalaciones			S2 - C			S1 - A				S1 - B				S1 - C	
Vaciado de losa.				S2 - C			S1 - A				BUFFER	S1 - B			S1 - C
Desencofrado de losa.			S2 - A				S2 - B							S1 - A	
Sellado de juntas.															

Figura 29. Tren de actividades para ejecución del techo sótano 01.
Fuente: Elaboración propia

OBRA - FLORESTA VI											
SEMANA	12					13					
ACTIVIDAD	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	
	21/11/2017	22/11/2017	23/11/2017	24/11/2017	25/11/2017	27/11/2017	28/11/2017	29/11/2017	30/11/2017	01/12/2017	
Acero verticales.	P1 - A			P1 - B					P2 - A		
Encofrado verticales.	P1 - A			P1 - B					P2 - A		
Vaciado de verticales.		P1 - A			P1 - B				P2 - A		
Encofrado de fondos de viga.			P1 - A			P1 - B				P2 - A	
Acero de fondos de viga.			P1 - A			P1 - B				P2 - A	
Apuntalamie nto prelosas.				P1 - A			P1 - B				
Montaje de prelosas.	S1 - C				P1 - A			P1 - B			
Acero horizontal		S1 - C				P1 - A			P1 - B		
Instalaciones		S1 - C				P1 - A			P1 - B		
Vaciado de losa.			S1 - C				P1 - A			P1 - B	
Desencofrado de losa.		S1 - A				S1 - B		S1 - C			
Sellado de juntas.											

Figura 30. Tren de actividades para ejecución de techo 1er piso.
Fuente: Elaboración propia.

OBRA - FLORESTA VI												
SEMANA	13					14						
ACTIVIDAD	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	LUNES	
	29/11/2017	30/11/2017	01/12/2017	02/12/2017	04/12/2017	05/12/2017	06/12/2017	07/12/2017	08/12/2017	09/12/2017	11/12/2017	
Acero verticales.	P2 - A			P2 - B				P3 - A				
Encofrado verticales.	P2 - A			P2 - B				P3 - A				
Vaciado de verticales.		P2 - A			P2 - B					P3 - A		
Encofrado de fondos de viga.			P2 - A			P2 - B					P3 - A	
Acero de fondos de viga.			P2 - A			P2 - B					P3 - A	
Apuntalamien to prelosas.				P2 - A			P2 - B					
Montaje de prelosas.	P1 - B				P2 - A			P2 - B				
Acero horizontal		P1 - B				P2 - A				P2 - B		
Instalaciones		P1 - B				P2 - A				P2 - B		
Vaciado de losa.			P1 - B				P2 - A				P2 - B	
Desencofrado de losa.		S1 - C				P1 - A				P1 - B		
Sellado de juntas.												

Figura 31. Tren de actividades para ejecución de techo 2do piso.

Fuente: Elaboración propia.

OBRA - FLORESTA VI												
SEMANA	14				15							
ACTIVIDAD	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	LUNES	MARTES	
	07/12/2017	08/12/2017	09/12/2017	11/12/2017	12/12/2017	13/12/2017	14/12/2017	15/12/2017	16/12/2017	18/12/2017	19/12/2017	
Acero verticales.	P3 - A					P3 - B			P4 - A			
Encofrado verticales.	P3 - A					P3 - B			P4 - A			
Vaciado de verticales.			P3 - A			P3 - B				P4 - A		
Encofrado de fondos de viga.				P3 - A			P3 - B				P4 - A	
Acero de fondos de viga.				P3 - A			P3 - B				P4 - A	
Apuntalamien to prelosas.					P3 - A			P3 - B				
Montaje de prelosas.	P2 - B					P3 - A			P3 - B			
Acero horizontal			P2 - B				P3 - A			P3 - B		
Instalaciones			P2 - B				P3 - A			P3 - B		
Vaciado de losa.				P2 - B				P3 - A			P3 - B	
Desencofrado de losa.			P1 - B				P2 - A			P2 - B		
Sellado de juntas.												

Figura 32. Tren de actividades para ejecución de techo 3er piso.

Fuente: Elaboración propia.

OBRA - FLORESTA VI												
SEMANA	16					17						
ACTIVIDAD	SÁBADO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES
	16/12/2017	18/12/2017	19/12/2017	20/12/2017	21/12/2017	22/12/2017	23/12/2017	25/12/2017	26/12/2017	27/12/2017	28/12/2017	29/12/2017
Acero verticales.	P4 - A			BUFFER	P4 - B					P5 - A		
Encofrado verticales.	P4 - A			BUFFER	P4 - B					P5 - A		
Vaciado de verticales.		P4 - A				P4 - B					P5 - A	
Encofrado de fondos de viga.			P4 - A				P4 - B					P5 - A
Acero de fondos de viga.			P4 - A				P4 - B					P5 - A
Apuntalamien to prelosas.				P4 - A				P4 - B				
Montaje de prelosas.	P3 - B				P4 - A				P4 - B			
Acero horizontal		P3 - B				P4 - A					P4 - B	
Instalaciones		P3 - B				P4 - A					P4 - B	
Vaciado de losa.			P3 - B				BUFFER		P4 - A			P4 - B
Desencofrado de losa.		P2 - B					P3 - A				P3 - B	
Sellado de juntas.									P1 - A&B			

Figura 33. Tren de actividades para ejecución de techo 4to piso.

Fuente: Elaboración propia.

OBRA - FLORESTA VI											
SEMANA	17				18						
ACTIVIDAD	MIÉRCOLES 27/12/2017	JUEVES 28/12/2017	VIERNES 29/12/2017	SÁBADO 30/12/2017	LUNES 01/01/2018	MARTES 02/01/2018	MIÉRCOLES 03/01/2018	JUEVES 04/01/2018	VIERNES 05/01/2018	SÁBADO 06/01/2018	LUNES 08/01/2018
Acero verticales.	P5 - A			P5 - B						Azotea - total	
Encofrado verticales.	P5 - A			P5 - B						Azotea - total	
Vaciado de verticales.		P5 - A				P5 - B				Azotea - total	
Encofrado de fondos de viga.			P5 - A				P5 - B				Azotea - total
Acero de fondos de viga.			P5 - A				P5 - B				Azotea - total
Apuntalamiento prelosas.				P5 - A				P5 - B			
Montaje de prelosas.	P4 - B					P5 - A			P5 - B		
Acero horizontal		P4 - B					P5 - A			P5 - B	
Instalaciones		P4 - B					P5 - A			P5 - B	
Vaciado de losa.			P4 - B					P5 - A			P5 - B
Desencofrado de losa.		P3 - B					P4 - A			P4 - B	
Sellado de juntas.						P2 - A&B					P3 - A&B

Figura 34. Tren de actividades para ejecución de techo 5to piso.

Fuente: Elaboración propia.

OBRA - FLORESTA VI											
SEMANA	18		19								
ACTIVIDAD	VIERNES 05/01/2018	SÁBADO 06/01/2018	LUNES 08/01/2018	MARTES 09/01/2018	MIÉRCOLES 10/01/2018	JUEVES 11/01/2018	VIERNES 12/01/2018	SÁBADO 13/01/2018	LUNES 15/01/2018		
Acero verticales.	Azotea - total			Azotea - total							
Encofrado verticales.	Azotea - total			Azotea - total							
Vaciado de verticales.		Azotea - total			Azotea - total						
Encofrado de fondos de viga.			Azotea - total			Azotea - total					
Acero de fondos de viga.			Azotea - total			Azotea - total					
Apuntalamiento prelosas.				Azotea - total		Azotea - total					
Montaje de prelosas.	P5 - B						Azotea - total				
Acero horizontal		P5 - B						Azotea - total			
Instalaciones		P5 - B						Azotea - total			
Vaciado de losa.			P5 - B						Azotea - total		
Desencofrado de losa.		P4 - B			P5 - A				P5 - B		
Sellado de juntas.			P3 - A&B						P4 - A&B		

Figura 35. Tren de actividades para ejecución de techo de azotea.

Fuente: Elaboración propia.

2.6. Análisis de restricciones – consideraciones. El responsable del proyecto a través del análisis de restricciones examinó todas las actividades del programa maestro e identificó los posibles obstáculos o limitaciones que pudieran afectar las actividades a ser programadas. Las siguientes restricciones previo al inicio de los trabajos fueron analizadas:

- Recepción y montaje de prelosas

Los días lunes a viernes tienen una duración de 8.5 horas de trabajo y el día sábado solo 5.5. El ingeniero del proyecto evaluó si era factible recepcionar un sector de prelosas los días sábados por lo que realizó el siguiente cálculo: Cada uno de estos elementos en promedio cubre

un área de 7.5 m^2 y su ciclo de izaje y colocación es de 6-7 minutos para proyectos de hasta 15 niveles. De acuerdo a lo mencionado en el apartado 2.3 del presente capítulo los sótanos y niveles superiores han sido divididos en sectores con áreas menores a 315 m^2 , lo que se traduce en 42 piezas como máximo, se asumió el escenario más crítico y se tomó como 7 minutos la colocación de cada elemento, resultando que la duración de la actividad fue de 4 horas y 54 minutos, esta duración es factible para cualquier día de la semana incluyendo días sábados por lo que no existe inconveniente en haberlo considerado como día de recepción de prelosas.

De acuerdo a lo descrito en el apartado 2.2.1. del capítulo 2 la capacidad de carga del tráiler es de 220 m^2 como máximo, por lo que cada uno de los sectores del rango de $300\text{-}315 \text{ m}^2$ fue dividido en 02 secciones o tráileres para su diseño y envío (ver figura 36). Para evitar la acumulación de camiones en el frente de obra el ingeniero coordinó que la llegada del primero sea a primera hora del día y el segundo para un par de horas después. Tener presente que las prelosas se colocan directamente en su posición final y no se destinó un área de acopio para las mismas.

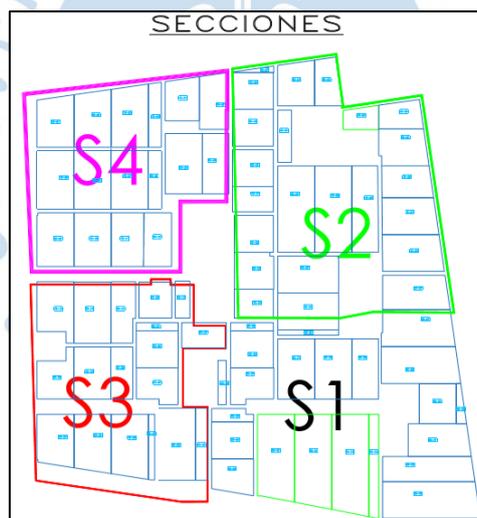


Figura 36. División de secciones para envío de prelosas del 2do piso
Fuente: Elaboración propia.

- Vaciado de elementos horizontales

El ingeniero decidió no considerar los días sábados para el vaciado de losa porque el proveedor de concreto posee menor confiabilidad dicho día, además el tiempo disponible (5.5 horas) limita la capacidad de producción a 45 m^3 , mientras que de lunes a viernes es factible el vertido de $75\text{-}80 \text{ m}^3$ de concreto. El pedido o modificación del mismo se realiza con una anticipación de 48 horas al proveedor y se programaba para primera hora del día, por precaución el pedido se realiza con un 5% extra al volumen calculado.

Como se aprecia en la tabla 08 ningún sector supera la capacidad de vaciado para un día de semana mientras que si superan la capacidad de la jornada del sábado.

Tabla 8. Volúmenes de concreto de elementos horizontales según sectores.

	Vigas (m3)	Escalera (m3)	Losa aligerada (m3)	Losa maciza (m3)	Volumen Total (m3)
SÓTANO 02 - SECTOR A	19.25	0	22.46	7.26	48.97
SÓTANO 02 - SECTOR B	20.45	1.2	25.61	0	47.26
SÓTANO 02 - SECTOR C	19.3	0	23.33	6	48.63
SÓTANO 01 - SECTOR A	19.88	0	21.11	7.49	48.48
SÓTANO 01 - SECTOR B	22.15	2.4	25.61	2.63	52.79
SÓTANO 01 - SECTOR C	20.23	0	21.91	7.73	49.87
PISO 1 - SECTOR A	21.4	1.7	20.33	10.58	54.01
PISO 1 - SECTOR B	25.6	1.5	24.04	4.54	55.68
PISO 2 - SECTOR A	22.2	1.72	22.98	5.78	52.68
PISO 2 - SECTOR B	26.4	1.58	25.21	2.82	56.01
PISO 3 - SECTOR A	22.5	1.75	22.46	6.02	52.73
PISO 3 - SECTOR B	26.1	1.55	25.72	2.58	55.95
PISO 4 - SECTOR A	22.4	1.75	22.46	6.02	52.63
PISO 4 - SECTOR B	26.2	1.55	25.72	2.58	56.05
PISO 5 - SECTOR A	27.1	3.1	18.36	9.03	57.59
PISO 5 - SECTOR B	29.6	4	20.88	6	60.48
AZOTEA - SECTOR ÚNICO	18.05	0	0	27.15	45.2

Fuente: Elaboración propia.

- **Requerimiento de puntales y combustible**

El ingeniero acordó con ambos proveedores un plazo de 24 horas para la atención de un pedido. Para el requerimiento de puntales se consideró un 5% adicional sobre el resultante del cálculo para cada sector, esto por motivos de contingencia y seguridad. Con respecto al combustible el responsable fijó los días sábado para el abastecimiento, de tener programado la recepción de prelosas para ese día se adelanta la carga de petróleo para el día viernes, en cada visita el tanque del grupo es llenado al 100% de su capacidad.

- **Mantenimiento a equipos**

Para la colocación de prelosas se vio la dependencia con la grúa torre, la solución propuesta consistió en realizar mantenimientos y chequeos periódicos a la misma así como al grupo electrógeno del cual depende reduciendo la posibilidad de falla de los equipos y pausa de las actividades.

3. Ejecución y principales dificultades presentadas.

Durante la ejecución de las losas de entrepiso se presentaron una serie de contratiempos; ya sean por responsabilidad de algún proveedor, de los diversos equipos de trabajo, o del contratista como cliente. En seguida se exponen los hechos asociados a estos problemas, así como las medidas adoptadas por el ingeniero responsable del proyecto:

3.1. Apuntalamiento de sistema sobre terreno no estable. Para el multifamiliar La Floresta VI la construcción de la losa del sótano 02 no es parte de la ruta crítica del proyecto. Así la construcción del primer entrepiso se planteó previo al de la losa de estacionamiento, esto conllevó a que el primer apuntalamiento se realice sobre terreno alterado siendo esta una condición no favorable para su ejecución (ver la figura 37); sin embargo, no es excluyente de la misma.



Figura 37. Apuntalamiento de prelosa prefabricada sobre terreno no estable de tierra.

Fuente: Soluciones constructivas para losas y entrepisos (*Optimiza*, 2019)

El día sábado 28 de octubre del 2017 la cuadrilla de carpintería tuvo dificultades con el apuntalamiento del sector A del sótano 02, la preocupación de trabajar sobre tierra movida fue transmitida al ingeniero.

Este tras analizar y consultar con el proveedor de prelosas indicó reducir la separación entre puntales para asegurar la estabilidad del sistema, esta acción conlleva a un mayor uso de insumos, así como una reducción del rendimiento para la actividad. En el caso de los puntales se estimó un incremento del 24% de unidades y para las vigas H 20 un aumento del 10%, esto debido a que se modificó el Ls de 1.30 ml a 1.15 ml y el L de 1.10 ml a 1.0 ml (ver la figura 15). El decremento en el rendimiento de la partida se estimó en un 20-25%, esto debido a la reducción de espaciamiento entre puntales sumado a dificultad para darle estabilidad a los soportes y a su nivelación.

El requerimiento de recursos fue manejado de la siguiente manera: Se hizo un pedido con carácter urgente al proveedor de puntales para el día lunes 30 del rango del 24% de los requeridos para el sector para la primera hora del día, (el pedido original se realizó con un +5% del calculado); con respecto a las vigas H20 no hubo mayor problema ya que la compra de estas para el proyecto considero el apuntalamiento de 03 sectores +50% debido a un descuento por volumen. Para afrontar el decremento en el rendimiento de la partida y la falta de puntales el

día sábado se emplearon las dos primeras horas del día lunes 30 para finalizar el apuntalamiento del sector, debido a esto se pospuso el inicio de la colocación de prelosas hasta las 10:00 a.m., lo que conllevó a solicitarle al operador de grúa que recorte su horario de refrigerio a la mitad para tener una mayor certeza de que se descargaría la totalidad del sector en la jornada laboral. Finalmente se cumplió lo planificado y se continuó con el programa de obra.

Nota: Para los 02 sectores restantes del sótano 02 se previó el requerimiento adicional de puntales y se emplearon horas extra para la actividad de apuntalamiento y de esta manera evitar comprometer la recepción de prelosas al día siguiente a primera hora.

3.2. Bloques de poliestireno expandido faltantes y de baja calidad. Con la llegada del primer tráiler a obra (lunes, 30 de octubre de 2017) se evidenció que muchos casetones de poliestireno de las prelosas aligeradas estaban faltando y la gran mayoría de los que habían llegado se encontraban incompletos y en mal estado (ver la figura 38); al ver la condición general del sector por indicación del ingeniero se procedió a realizar una inspección para formular un informe a la brevedad y enviárselo al proveedor, esto con miras de encontrar el origen de la falla y darle una solución al mismo y evitar que se repita en el próximo envío.



Figura 38. Prelosas aligeradas con casetones incompletos y de baja calidad.
Fuente: Elaboración propia.

Aproximadamente el 50% de las prelosas aligeradas llegó a obra sin los casetones de poliestireno, la mitad restante vino con un aligerante de mala calidad el cual se desintegraba fácilmente por el tránsito de personal, habilitación de especialidades y colocación de refuerzos generando desperdicios que terminaron en las propiedades vecinas generando malestar.

Al ser informado sobre la condición del envío el proveedor respondió positivamente indicando que haría llegar un envío de casetones para la tarde de ese día, horas después a medio

día se comunicó con el ingeniero para informar que le sería imposible cumplir con lo acordado. Comenzando la tarde del día lunes 30 el ingeniero dio el visto bueno para que se proceda con la habilitación de especialidades y colocación de refuerzos en aquellas prelosas aligeradas que habían llegado con casetones de baja calidad. En paralelo se le pidió al almacenero que identificara un proveedor de casetones de poliestireno en la zona industrial. Tomando en cuenta la distancia y habilitación, la compra y provisión de estos para la mitad faltante de prelosas aligeradas se programó para el día siguiente. Así sucedió y los casetones restantes llegaron a obra a las 9:45 a.m. y se procedió rápidamente a pegarlos en las prelosas haciendo uso del insumo sikaflex – 11 FC como adhesivo. Debido a que se trataba del techo del sótano 02 la cantidad de salidas eléctricas y sanitarias era bastante baja y no hubo mayor retraso con los contratistas. Situación distinta fue para la cuadrilla de fierro, la cual para poder proteger el vaciado a primera hora del día jueves tuvo que hacer horas extras el día martes, en adición se asignó como apoyo a dos operarios de la cuadrilla de encofrados que dominaban ambas especialidades, finalmente el vaciado de losa no se vio afectado y el programa de obra continuo sin retraso alguno. Con respecto al reclamo de los vecinos por los desperdicios se optó por contratar a una empresa de limpieza para evitar retirar personal de obra.

Nota: El problema con la falta de casetones y la pobre calidad de los mismos se ocasionó producto de que el proveedor de prefabricados estaba probando con un nuevo abastecedor, el cual representó un rotundo fracaso y volvieron a trabajar con el anterior, el problema no se presentó nuevamente.

3.3. Falta de concreto en el vaciado de losa. El día jueves 2 de noviembre de 2017 se programó el vaciado del sector A del sótano 02, el área de la losa a vaciar es de 310 m² aprox.; el cálculo del cubicaje requerido se halló haciendo uso del método del factor tal como se describe en el apartado 2.3.5 del capítulo 2 sumándole el volumen de vigas y escaleras para un total de 48.97 m³ (ver tabla 08).

Como paso previo se hizo el trazo de los límites de la sectorización haciendo cortes al tercio de la viga como indica el R.N.E. Tras el término de los 4 primeros mixers (32m³) se hizo notorio que lo restante (17m³) no sería suficiente para cubrir el área faltante programada. El pedido de concreto realizado para el vaciado resultó insuficiente, se revisó el cálculo del cubicaje y era correcto, finalmente el origen del problema se encontró en los casetones de baja calidad, estos no se encontraban correctamente alineados y se habían desintegrado más de lo esperado creando espacios que fueron rellenos por el concreto (ver figura 39).

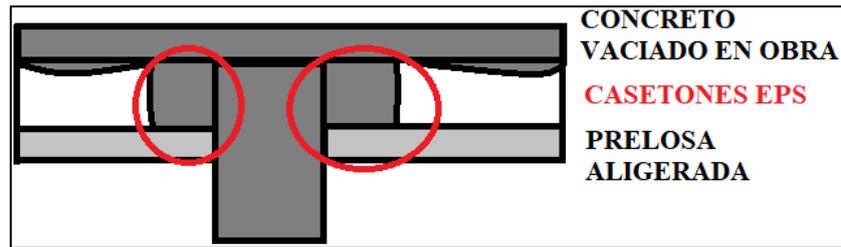


Figura 39. Detalle de encuentro de prelosa aligerada con casetones desalineados y viga.

Fuente: Elaboración propia.

El ingeniero procedió a indicarle al topógrafo que replanteara la sección retrocediendo en algunos puntos el trazo. El área que quedó pendiente se haría junto con el sector B del sótano 02 por lo que se procedió a adicionar cubicaje al pedido a realizar el día lunes 06 de noviembre.

3.4. Prelosas con medidas irregulares

Se programó la recepción de prelosas del sector B del sótano 01 para el día jueves 16 de noviembre del 2017, tras la colocación de las primeras prelosas se evidenció bastante dificultad para poder ubicarlas en su posición final, haciendo uso de la ficha esquemática se hizo una revisión de las medidas de los prefabricados y se encontró que muchas de estas no cumplían con lo acordado; en algunos casos estas medían de más ocasionando superposición entre ellas o con las vigas y en su contraparte algunas venían recortadas generando vacíos en la losa. (ver figura 40).



Figura 40. Encuentros de prelosas con vacíos entre ellas.

Fuente: Elaboración propia.

El ingeniero optó por recepcionar dichas prelosas y darle solución en campo, para el primer escenario indicó se seccionen las áreas superpuestas haciendo uso de una amoladora de concreto para su correcto ensamblaje, sobre el segundo escenario ordenó se encofrarán de manera convencional los vacíos que se formaban entre prelosas. Estos trabajos tomaron mayor tiempo de lo esperado y se tuvo que hacer uso de la mitad del día viernes 17 de noviembre para poder completar el montaje y acondicionamiento de las prelosas. Ante lo sucedido el ingeniero

coordinó con el proveedor para que de manera obligatoria revisen en la planta las medidas de cada elemento previo al montaje en el tráiler para evitar que dichas falencias tengan que ser resueltas en obra.

Nota: La coordinadora de la empresa de prefabricados asignada al proyecto salió por licencia dejando como reemplazo a un compañero el cual tuvo problemas para identificar y gestionar los requerimientos de la obra ya iniciada.

3.5. Omisión de pases y/o incorrectamente ubicados. Se programó la habilitación de especialidades del sector B del sótano 01 para el día viernes 17 de noviembre, esta actividad comenzó por la tarde ya que la mañana fue ocupada para finiquitar la adaptación y colocación de las prelosas del sector. Comenzada la tarde el coordinador de especialidades eléctricas se acercó a oficina para informar al ingeniero que había detectado prelosas con pases mal ubicados y/o faltantes de acuerdo al plano que se le había entregado, un ejemplo de esto fue la prelosa TB-93 (ver figura 41) la cual como se puede apreciar en la imagen tiene 03 dicroicos alineados en su parte baja, pero la que llegó a obra y se instaló solo tenía 02 salidas eléctricas.

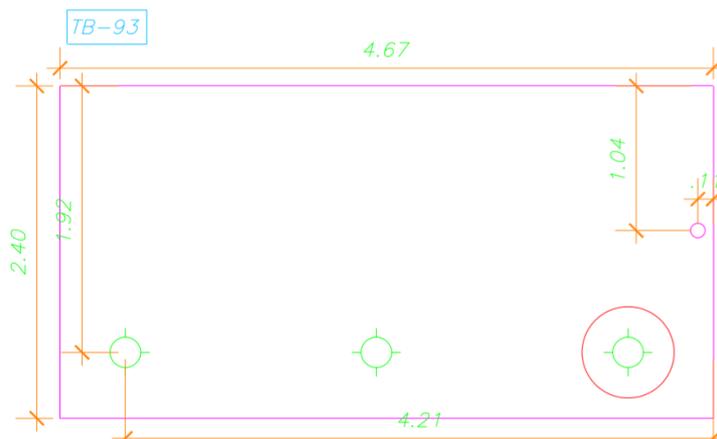


Figura 41. Prelosa TB-93 con detalles aprobados.
Fuente: Elaboración propia.

El ingeniero ante el aviso revisó los planos aprobados por ambas partes y pudo verificar que en efecto se había omitido la elaboración de una salida eléctrica. Luego indicó se elaborase el pase faltante haciendo uso de una perforadora de corona para concreto. De la misma manera se procedió a corregir 03 prelosas más que presentaban similar problema; en adición a esto existían prelosas con perforaciones para salidas no requeridas (en dos elementos). Estas últimas fueron tapadas encofrando el fondo de losas para luego ser rellenadas en el vaciado. Debido a que la actividad de habilitación de acero y especialidades comenzó con un retraso de medio día las horas restantes del viernes no fueron suficientes para trabajar todo el sector por lo que se hizo uso del día buffer (sábado 18 de noviembre) para finalizar las mismas de tal manera que el vaciado de losa programado para el día lunes se ejecutó sin retraso alguno.

Nota: Se procedió a comunicar de lo sucedido mediante un breve informe enviado por correo al proveedor de las prelosas. Debido a que se trataba del mismo sector mencionado en el apartado anterior (3.4.) no se tomaron medidas adicionales.

3.6. Llegada de sectores de prelosas incompletos y/o desordenados. Se programó la recepción de las prelosas del sector C del sótano 01 para el día martes 21 de noviembre, este sector está compuesto por dos secciones o tráileres y consta de 39 elementos prefabricados (19 la sección 01 y 20 la sección 02).

Durante la recepción y revisión de la guía de las prelosas se detectó que habían sido enviados 41 elementos a obra, de los cuales 37 pertenecían al sector programado y 04 pertenecían al sector A del nivel superior, área que aún no se encontraba habilitada para su montaje, asimismo la sección 01 y 02 no vinieron diferenciadas cada una en un tráiler, sino que se encontraban mezcladas.

Ante la situación lo primero que hizo el ingeniero fue comunicarse con el proveedor e informarle lo observado con el envío, se le consultó por las 02 prelosas faltantes y este respondió que se había producido una confusión en el carguío pero que sí se habían fabricado y estaban en planta listas para su envío, por lo que se acordó sean enviadas el día miércoles 22 a primera hora del día, lo cual generó la pérdida de la primera media hora de la mañana para las cuadrillas de colocación de fierro y habilitado de especialidades. Con respecto al desorden en el carguío de las prelosas en ambos tráileres este provocó que el rendimiento de la partida de izaje y colocación se vea afectado; el ingeniero al percatarse de lo sucedido solicitó al operador de la grúa recortar su refrigerio a la mitad del tiempo generando un pago adicional. Para el fin de la jornada laboral se logró colocar los 37 prefabricados en su posición final. Con respecto a las 04 prelosas no programadas el ingeniero optó por recibirlas en obra y se tuvo que habilitar un área sobre el techo del sótano 01 para ubicarlas y posteriormente sean colocadas en su posición final.

Frente a la situación descrita y los antecedentes presentados en los puntos 3.4. y 3.5. del presente capítulo, el ingeniero coordinó con el proveedor para que una persona del equipo de obra asista a la planta el día del carguío y verifique con la ficha esquemática el cumplimiento de lo acordado previo envío a obra.

Nota: Las 04 prelosas del sector no programado sufrieron daños debido a que no fueron almacenadas en obra de manera correcta y al poco cuidado que tuvieron con ellas las cuadrillas de trabajo durante sus actividades.

3.7. Carga excesiva y problemas para el izaje. El día sábado 25 de noviembre de 2017 se programó la recepción del sector A del piso 1, en uno de los tráileres llegó la prelosa de codificación TC-78 (ver la figura 42) la cual tiene un área de 14.75 m^2 , la cual multiplicada por su espesor de 0.05 m . representa un volumen de 0.74 m^3 , para conocer su peso lo multiplicamos por el peso específico del concreto armado (2300 kg/m^3) dando un valor final de $1,696.25 \text{ kg}$.

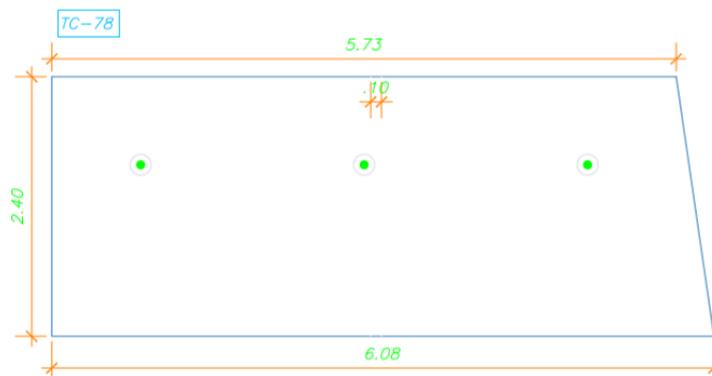


Figura 42. Medidas de prelosa TC-78 Piso No 1.
Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo a lo indicado en el apartado 2.2. del presente capítulo la torre grúa empleada tiene un radio máximo de 32 m y su capacidad de carga en punta es de 1250 kg . y la máxima 2500 kg . El centro de gravedad de la prelosa TC-78 se encuentra a una distancia de $25,85 \text{ m}$. (ver la figura 43), a esa distancia la capacidad de carga es de $1,500 \text{ kg}$. Si sumamos el peso de las cadenas al de la prelosa resulta en una sobrecarga de alrededor de 200 kg sobre la capacidad del equipo, motivo por el cual esta no era capaz de transportarla hasta su ubicación final deteniéndose unos metros antes.



Figura 43. Distancia del centro de gravedad prelosa TC-78 a la torre grúa.
Fuente: Elaboración propia.

El ingeniero procedió a revisar los planos de losas y encontró que en niveles inferiores no existían prelosas de tamaño similar o mayor ubicadas tan distanciadas del centro de la grúa. A continuación, se comunicó con el proveedor de prelosas y con el ingeniero a cargo de la grúa para buscar una solución en conjunto. Este último presentó una propuesta la cual consistía en

reducir el factor de seguridad interno del equipo y hacer una prueba para ver si de esta manera podía con la carga, se procedió a dar el visto bueno al técnico operador de la grúa para que modifique la configuración y hacer el intento de izarla. Al constatar que fue positivo el resultado, se dispuso el izaje, por medidas de seguridad se retiró al personal trabajando en los alrededores durante el tiempo que tomó la maniobra de colocación de la prelosa. Esto se repitió con dos elementos más los cuales pudieron ser colocados con el mismo procedimiento previamente descrito.

Con la experiencia de lo sucedido se coordinó con el proveedor de las prelosas en limitar las dimensiones de los prefabricados para los puntos más alejados en función a la capacidad de carga de la torre grúa, de esta manera se evitaría tener que volver a trabajar bajo condiciones extremas para el equipo y de seguridad.

3.8. Problemas con las pendientes en recorridos largos. Como se describe en el apartado 1.2.2.1. del capítulo 1, la prelosa es un elemento prefabricado de hormigón armado de 5 cm de espesor que trabaja como encofrado convencional de techo; esto significa que a través de los primeros 50 mm de entrepiso no puede recorrer ninguna tubería acortando la altura útil para las habilitaciones.

La habilitación de especialidades del Sector A del piso 1 se había programado para el día lunes 27 de noviembre. Ese día temprano por la mañana el contratista de instalaciones sanitarias se acercó a oficina para hablar con el ingeniero acerca de un problema constructivo presentado durante la colocación de tuberías de desagüe de 4" de diámetro. Este se fundaba en el hecho que la altura a ser vaciada en obra de losa es de 15 cm, descontando el recubrimiento mínimo en la parte superior queda finalmente un $h=14$ cm. Teniendo en cuenta la dimensión del diámetro del tubo de 4", solo se tiene 3.84 cm para darle pendiente al mismo. De acuerdo a la norma técnica IS 010 la pendiente mínima para desagües en edificaciones es de 2%, esto representa para el proyecto un recorrido horizontal máximo de 1.92 m. siendo esta distancia insuficiente en algunos ambientes de la obra para conectarse a la montante.

El ingeniero al ser comunicado del inconveniente procedió a identificar la cantidad de ambientes que presentaban dicho problema y a cuantificar el área de prelosas, esto en conjunto con el contratista y topógrafo. Se encontró que dicha condición se presentaba únicamente en los baños principales de ambos departamentos que conforman el sector, afectando únicamente a 02 prelosas (ver figura 44). En mira de cumplir con lo estipulado en el RNE y no tener problemas de funcionamiento en un futuro el ingeniero dispuso se retirasen ambas prelosas y se encofren de manera convencional dichas áreas. En esta ocasión el ingeniero resolvió en

ordenar a un grupo de carpinteros que pospongan su refrigerio hasta terminar el encofrado y de esta manera poder acabar la habilitación y colocación de refuerzos y especialidades el mismo día ya que el vaciado de losa estaba programado a primera hora del día siguiente, finalmente a las 05:20 p.m. se terminaron las actividades y no se generó ningún retraso en la programación.

Nota: A partir de dicha experiencia el ingeniero decidió que encofraría dichos ambientes de manera convencional en pisos superiores, así como en el sector B y que no sería necesario mandar a fabricar dichas prelosas.

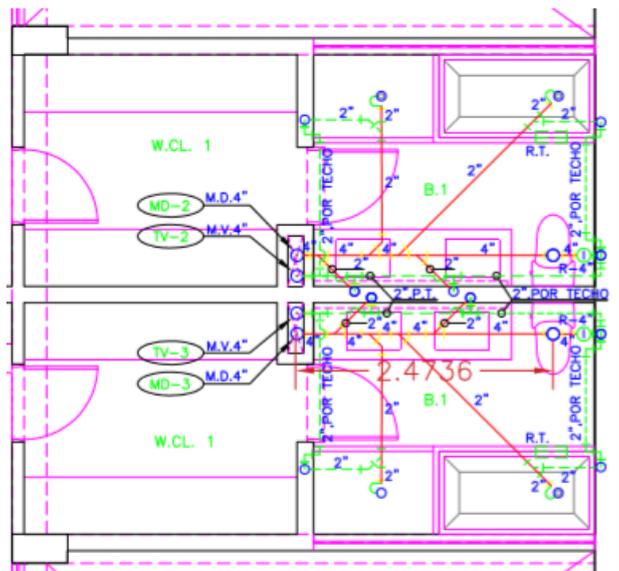


Figura 44. Instalaciones desagüe baños principales sector A Piso 1.

Fuente: Elaboración propia.

3.9. Asentamiento de prelosas. El día jueves 30 de noviembre de 2017 por la tarde se acercó a oficina el coordinador del contratista de instalaciones eléctricas para hablar con el ingeniero acerca de una prelosa del sector B del 1^{er} piso. Este informó al ingeniero que había encontrado una prelosa asentada la cual se apoyaba en parte sobre los encofrados de fondos de viga, esta área ya se encontraba con las especialidades y refuerzos colocados para el vaciado programado para el día siguiente.

Ante el aviso el ingeniero procedió a hacer una visita a campo para evaluar el estado de la prelosa encontrando que en efecto esta se había asentado apoyándose en parte sobre el encofrado de viga. En la inspección se encontró que el origen del problema recaía en que muchos de los puntales intermedios que son colocados en una segunda etapa no tenían los seguros bien fijados y habían cedido dejando de aportar rigidez al sistema. Fundado en el hecho que el asentamiento era del rango de 1.0 cm., a la condición de que el ambiente se trataba del área de servicio y finalmente que ya se encontraba habilitada para el vaciado del sector

programado para el día siguiente, el ingeniero resolvió colocar puntales adicionales en el encofrado de viga, así como volver a colocar los soportes intermedios esta vez bien asegurados en su ubicación original. En adición a esto se solicitó a los coordinadores de especialidades, así como a la cuadrilla de fierros que revisen que lo colocado en dicha prelosa se encontrará en buen estado. Al día siguiente durante el vaciado del sector no se presentó ningún inconveniente, pero cuando se desencofró el nivel se pudo evidenciar una deflexión en la viga sobre la cual descansaba, así como una leve inclinación del techo. Luego de una evaluación se descartó cualquier falla estructural. Finalmente se hizo un pequeño rebaje en el punto crítico de la deflexión y del área inclinada del techo con una moladora para concreto y se terminó de corregir durante los trabajos de derrames y pintura.

Nota: A partir de la experiencia el ingeniero asignó a un operario de la cuadrilla de carpinteros como responsable de verificar el correcto aseguramiento de los puntales. Así mismo se llevó a cabo una reunión con la totalidad de la cuadrilla para reforzar el procedimiento de apuntalamiento.

3.10. Obstaculización de frente de obra para izaje de prelosas. Se programó la recepción y montaje del sector A del piso 2 para el día lunes 04 de diciembre a primera hora (08:00 a.m.), compromiso que fue respetado por el proveedor. Para la misma hora también se coordinó el vaciado de elementos verticales del sector B del mismo nivel.

El lunes el ingeniero responsable del proyecto recibió una llamada a las 07:00 a.m. durante el cambio de guardián informándole que dos vehículos se encontraban estacionados en el frente de la obra de la calle Mariel haciendo imposible el próximo parqueo del tráiler de prelosas en un punto adecuado para la operación de izaje.

Por motivos de seguridad y salud el proyecto cuenta con cámaras de video tanto en interiores como en exteriores, las cuales fueron consultadas por el ingeniero y guardián para encontrar a los dueños de los vehículos, gracias a estas se halló que los propietarios estaban visitando a un familiar en un edificio de la calle Mariel en la acera de enfrente del proyecto; de manera cordial se les solicitó el retiro de estos a lo cual accedieron sin mayor problema, esto debido a que se les mostró la licencia de interferencia de vías vigente provista por la Municipalidad de Lima – Resolución N° 8264–2017–MML/GTU-SIT.

El obstáculo no tuvo mayores repercusiones ya que para las 9:30 a.m. la vía se encontraba despejada y se inició la descarga y colocación de prelosas. En esta ocasión el ingeniero no consideró necesario el recortar el refrigerio del operador de grúa para asegurar la actividad. A partir de dicha experiencia él decidió que se coordinaría con los guardianes los días anteriores

a la recepción de prelosas y vaciados de losas la colocación de conos y señalización que impidan el estacionamiento de vehículos en ambos frentes de la obra y de esta manera evitar que se repita lo sucedido.

3.11. Deflexión de prelosas. El día martes 05 de diciembre de 2017 se procedió según lo programado a retirar los puntales del techo del 1^{er} piso sector A, el cual había sido vaciado 7 días atrás. Al retirar los apoyos de la prelosa TC-77 (ver figura 45) los operarios se percataron de la aparición de una curvatura en la parte central de la misma, por lo que se acercaron a oficina a informar al ingeniero.

Ante la alerta el ingeniero realizó una visita al ambiente y pudo comprobar una leve deflexión en la prelosa, ante lo visto indicó pausar el retiro de puntales en el sector e hizo una revisión en los niveles inferiores para conocer si había sucedido antes, encontrando dos con la misma condición. Al evaluar las 3 encontró que todas tenía un largo mayor a los 6 ml., con este dato el ingeniero consultó al proveedor como evitar la formación de deflexiones el cual recomendó que para prelosas de grandes luces dejar los puntales 10 días en lugar de 7 y de esta manera minimizar la posibilidad de que suceda. Con respecto a esta prelosa puntual se procedió a reapuntalarla para evitar que la deflexión crezca y se dio la indicación a la cuadrilla de carpinteros de no retirar los puntales en aquellas prelosas de grandes luces hasta los 10 días de su vaciado, para el resto se mantenía igual y serían desencofradas a los 7 días.

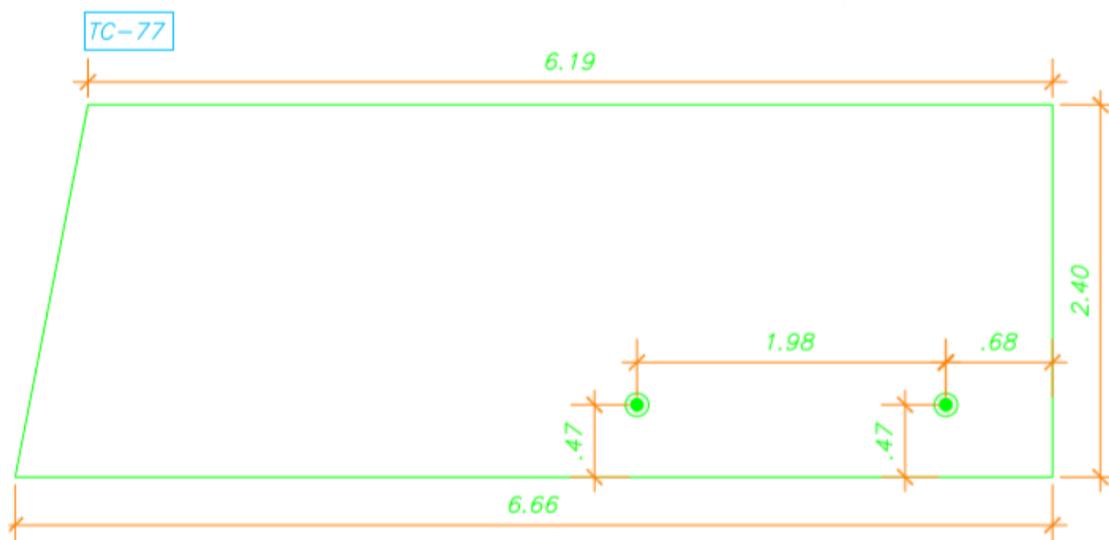


Figura 45. Deflexión en prelosa con longitud mayor a 6ml.
Fuente: Elaboración propia.

3.12. Falta de puntales. El día miércoles 06 de diciembre se programó la actividad de apuntalamiento del sector B del piso 2. Conforme al avance de la obra y de acuerdo a la programación inicial el ingeniero evidenció que siempre existían 03 sectores apuntalados en simultáneo y que nunca se daría el caso de converger 04 y así se mantuvo el pedido de puntales hasta la fecha.

El miércoles temprano por la mañana el coordinador de la cuadrilla de carpintería comunicó al ingeniero que la cantidad de puntales existentes en obra no era suficiente para cubrir el sector programado para ese día. El origen del problema recaía en lo visto en el apartado 3.11. del presente capítulo que indicaba dejar 10 días los apoyos en lugar de 7 en prelosas de grandes luces, lo cual no fue tomado en cuenta para el requerimiento de los puntales. En ese momento se encontraba apuntalado los sectores B del 1^{er} piso y A del 2^{do} piso al 100% y un 20% del sector A del 1^{er} piso, por lo que lo restante no cubría íntegramente el sector B del 2^{do} piso.

El ingeniero a diferencia del apartado 3.1. del presente capítulo no deseaba alargar la duración de la actividad y emplear las primeras horas del día jueves para terminar el apuntalamiento, por lo que procedió a comunicarse con los demás ingenieros de la empresa Grupo Chacarilla Sur para solicitarles el préstamo de puntales por un día. Finalmente consiguió el préstamo de los faltantes y se formalizó el pedido al proveedor de puntales para poder devolver los prestados al día siguiente. Debido al apoyo se completó el apuntalamiento del sector el día programado y el jueves a primera hora se dio inicio al montaje de prelosas. Para evitar que esto suceda nuevamente se decidió mantener en obra los puntales adicionales del último pedido.

3.13. Prelosas colocadas en sentido opuesto. El día miércoles 13 de diciembre del 2017 se recepcionaron y montaron las prelosas correspondientes al sector A del 3^{er} piso, entre ellas se encontraba la prelosa TE-45 (ver la figura 46); como se puede ver en la imagen esta tiene una forma rectangular y como salidas únicamente un punto de luz no muy alejado del punto central; sin inconveniente alguno esta fue colocada sobre sus apoyos.

Al día siguiente jueves 14 el coordinador de la contrata de instalaciones eléctricas se acercó a oficina a informar que la salida para el punto de luz de dicha prelosa no se encontraba conforme al plano aprobado, para ese momento no se había habilitado ni las especialidades ni refuerzos en dicha área.

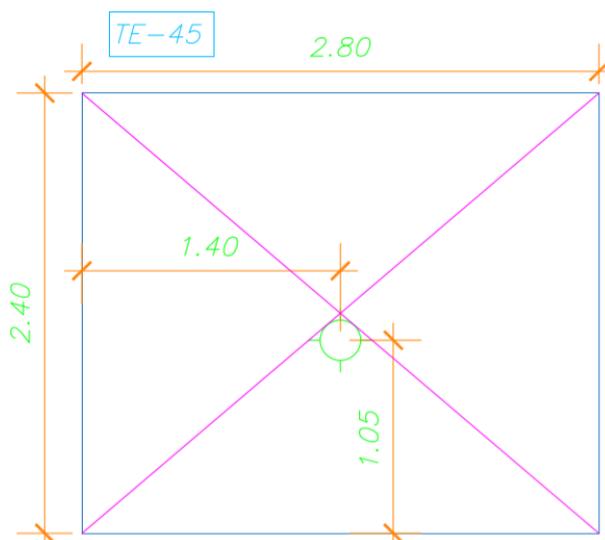


Figura 46. Medidas y salidas de prelosa TE-45 Nivel No 3 – Floresta VI.
Fuente: Elaboración propia.

Lo primero que hizo el ingeniero fue revisar los planos aprobados y compararlos con la prelosa colocada encontrando que estos no coincidían, tras un segundo análisis de la situación él encontró que el error no se debía a una mala fabricación sino a una mala colocación, la prelosa había sido invertida y esto se corroboró al encontrar que la codificación se encontraba en la esquina diagonal opuesta a la pactada por ambas partes. Identificado el origen del problema el ingeniero dio la indicación de izar y corregir el sentido de la prelosa para su colocación, esto se repitió con un segundo elemento. Desde su identificación hasta su corrección tomó alrededor de 15-20 minutos por lo que no representó mayor contratiempo para ninguno de los equipos de trabajo.

3.14. Recepción de prelosas en condiciones no óptimas. Se programó la recepción del sector A del 4^{to} piso para el día jueves 21 de diciembre de 2017, durante la inspección inicial se encontró que algunos de los elementos presentaban cangrejas en su superficie inferior y se procedió a informar al ingeniero (ver figura 47).

Este para poder hacer una mejor evaluación de la gravedad de las mismas indicó se icen un metro para poder inspeccionarlas desde la vereda, verificó cada uno de los prefabricados que presentaba alguna imperfección encontrando que en ningún caso el refuerzo se encontraba expuesto, finalmente concluyó que por la profundidad de las mismas no se trataba de una falla que comprometiese a la estructura sino más bien una de aspecto arquitectónico. Tras la evaluación decidió recepcionar el cargamento e indicó se emplee un mortero de alta resistencia como es Sikarep para resanar las cangrejas, esto previo al vaciado de losa. Finalmente, esto

no generó el atraso de ninguna actividad, únicamente el empleo adicional de insumos y horas hombre extra para su aplicación.

Nota: El ingeniero vio conveniente la elaboración de un informe fotográfico el cual fue enviado por correo electrónico al proveedor comunicando lo presentado con el sector.



Figura 47. Recepción de prelosas con presencia de cangrejeras.
Fuente: Elaboración propia.

3.15. Desprogramación en la recepción de materiales y uso de la torre grúa. Durante la elaboración de los primeros niveles del casco, la cantidad de partidas que se ejecutan en simultáneo son pocas, conforme se va llegando a los pisos superiores estas aumentan ya que los sótanos y primeros pisos ya se encuentran habilitados para la albañilería, más partidas significan mayor cantidad de materiales y es ahí cuando surgió un problema.

El día viernes 05 de enero de 2017 se coordinó la llegada del sector B del 5^{to} piso a primera hora, para ese mismo día por la mañana se programó la recepción de dos tráileres con un pedido de 6 millares de ladrillo tipo king kong, 500 sacos de embolsado para asentado de ladrillo y aprox. 5 toneladas de fierro corrugado entre otros.

Ante la situación el ingeniero decidió darle prioridad a la descarga de las prelosas e indicó que los tráileres se estacionaran en la calle Mariel para esperar el fin de la colocación de los prefabricados e iniciar la descarga de sus materiales con la torre grúa, esto sucedió alrededor de las 02:45 p.m. y el tiempo restante bastó para descargar los insumos de ambos tráileres. Debido a la espera prolongada de los vehículos se tuvo que pagar una penalización al proveedor. A partir del incidente el ingeniero decidió colocar un pizarrón en oficina en el cual se programaba el uso de la torre grúa, así como la recepción de materiales a obra y de esta manera evitar que nuevamente se superpongan.

Capítulo 4

Análisis de lo observado

Fundado en lo descrito y observado en el capítulo anterior se presenta un análisis de aquellos factores que tuvieron incidencias importantes en la incorporación del sistema de prelosas al proyecto.

1. Pre Planificación

1.1. Alcance del servicio. De acuerdo a lo descrito en el apartado 2.2.1. del capítulo 1, las prelosas prefabricadas están formadas por varios elementos siendo el principal la lámina de hormigón armado, adicional a este encontramos los casetones de poliestireno y las cajas de especialidades. En la etapa de pre planificación de proyectos que emplean prefabricados, si se centran los esfuerzos y atención en el elemento principal dejando de lado el resto de componentes se puede esperar incidentes que afecten el normal desarrollo de los trabajos.

En el proyecto se presentó un problema con la omisión y baja calidad de casetones de poliestireno en prelosas aligeradas durante el primer envío a obra, material sobre el cual se tenía poco o nulo conocimiento al momento del incidente.

1.2. Experiencia del proveedor. La experiencia se obtiene a través de la práctica prolongada de una actividad obteniendo habilidad en su ejecución.

Una restricción para el diseño y dimensionamiento de los prefabricados es la capacidad de carga de la grúa torre, la cual fue obviada por el nuevo coordinador al momento de asumir nuestro proyecto enviando a obra prelosas que no podían ser colocadas en su posición final por exceder el límite de carga. La solución a este problema vino por parte de la empresa Agrumaq S.A.C., la cual estuvo a cargo del alquiler y operación de la grúa torre y cuenta con experiencia en trabajar con el sistema de prelosas prefabricadas para la elaboración de entrepisos.

Existen casos donde la empresa más joven presenta una propuesta más flexible y de mejor/mayor adaptabilidad a lo requerido por el cliente en comparación a la competencia más veterana, esta situación debe ser evaluada detenidamente ya que en algunos casos es el reflejo de la falta de experiencia. En nuestro caso, el proveedor elegido de prelosas nos indicó plazos más cómodos para el diseño y fabricación de los elementos, los cuales cumplimos en su totalidad, sin embargo, por parte del fabricante se incurrió en errores durante la producción y envío, y en adición no siempre cumplió con la calidad esperada.

1.3. Capacidad de atención. La capacidad de gestión y producción son dos de las principales limitantes de una empresa, por ello ambas deben desarrollarse parejas para lograr una eficiencia como sistema. Para ello es conveniente una planificación anticipada, la cual proteja a la empresa en no sobrepasar las capacidades máximas con las que cuenta, ya que de suceder será inevitable la aparición de problemas en las operaciones de la compañía.

La empresa proveedora de las prelosas contaba con un equipo de trabajo de 3 personas para las gestiones de diseño y envío de los distintos proyectos en ejecución, por lo que la salida de nuestra coordinadora asignada por licencia generó una sobrecarga para sus dos compañeros de trabajo, en adición a esto ella era la persona más experimentada del grupo por lo que su salida tuvo un gran impacto. Este inconveniente refleja la poca experiencia del proveedor al haber aceptado una cantidad de proyectos que superaban su capacidad administrativa y de gestión, a pesar de que nosotros como clientes hayamos cumplido con todos los plazos y requerimientos exigidos como clientes, esta condición no fue vista como negativa durante la evaluación y selección de proveedores.

El primer error por parte del nuevo coordinador para nuestro proyecto se presentó con el envío a obra de prelosas que no respetaban las medidas acordadas durante la etapa de diseño; por un lado, existían prelosas sobredimensionadas que ocasionaban superposición de elementos y en su contraparte prelosas incompletas generando vacíos. De igual manera se presentaron envíos incompletos y/o desordenados, así como elementos con pases/salidas incorrectamente ubicadas y faltantes.

2. Planificación

2.1. Requerimiento completo para la implementación. Para la correcta implementación y puesta en marcha de un nuevo sistema constructivo se debe ejecutar previamente un trabajo de evaluación y coordinación entre las distintas partes involucradas, en él se busca identificar la totalidad de variables y restricciones para su estudio y solución con el apoyo del resto del equipo y sus experiencias vividas. Mientras más profundo y mayor sea el tiempo destinado a identificar los requisitos y requerimientos necesarios para la implementación, se reduce la posibilidad de cambios y de ineficiencias en los procesos a ejecutar.

2.1.1. Estudio y evaluación de actividades referidas al nuevo proceso. El proyecto fue planificado de tal manera que las prelosas eran colocadas en su posición final directamente desde los tráileres; es decir no existía una zona de apilado intermedia, por tal motivo no se vio necesaria la instrucción en el correcto apilamiento de los prefabricados en obra. Posteriormente,

durante la ejecución del proyecto se presentó un envío el cual contenía prelosas que correspondían a un próximo sector aun no habilitado, ante esta situación el ingeniero decidió recibir dichos elementos y almacenarlos en obra, tiempo durante el cual sufrieron daños por no haber sido apiladas de manera correcta por falta de conocimiento.

2.1.2. Participación de involucrados en el proceso. Otra situación se presentó por no considerar e invitar a los contratistas de especialidades (sanitarias, eléctricas y de gas) a las reuniones de evaluación y coordinación para la implementación del nuevo sistema. No se consideró necesaria su participación basado en el hecho que sus partidas casi no sufrirían variación alguna.

Durante la ejecución del proyecto se presentó un inconveniente con la colocación de tuberías de desagüe de 4", las cuales requieren de una pendiente para su funcionamiento, esto debido a que la migración al nuevo sistema significa una reducción de 2 centímetros en la altura efectiva de losa para las habilitaciones reduciendo el posible recorrido horizontal, condición que pudo ser observada por el especialista en una etapa previa durante la planificación y no en campo.

2.1.3. Sugerencias de involucrados. Durante la planificación del proyecto existieron reuniones con los distintos equipos de trabajo que participarían en la implementación del nuevo sistema constructivo, en las cuales se realizaron recomendaciones para asegurar la correcta ejecución de lo planificado, lamentablemente algunas de ellas fueron obviadas por el constructor.

Puede suceder que durante la incorporación de un nuevo sistema enfocamos nuestra atención y esfuerzo en ejecutar correctamente las actividades primarias y tengamos un menor cuidado en aquellas actividades secundarias o complementarias, como fue en este caso el desencofrado de las prelosas, el cual se realizó de forma prematura provocando la aparición de deflexiones en prelosas de luces mayores a 6 ml. Durante las reuniones iniciales el proveedor de los prefabricados hizo la recomendación de mantener unos días adicionales el apuntalamiento en prelosas de macizas y/o de grandes luces, pero en ese momento la sugerencia se vio opacada por otras variables y restricciones vistas en la junta.

2.2. Restricciones/Agentes externos. Una impecable programación puede verse afectada sino se toman las correctas medidas preventivas sobre las restricciones y agentes externos que pudiesen afectarla.

En el proyecto, la condición propia del frente de obra limitaba las operaciones de izaje y transporte de las prelosas a una ubicación particular del tráiler que abastecía estos elementos.

El estacionamiento de vehículos de terceros en esta área afectó la programación del proyecto demorando el inicio de las actividades.

2.3. Gestión y control de la calidad. La gestión de calidad reúne una serie de acciones y procedimientos que tienen como finalidad garantizar la calidad, no de los productos obtenidos en sí sino del proceso por el cual se obtienen estos productos. En resumen, define las directrices a seguir en materia de política de calidad de una empresa. Como parte de esta gestión encontramos el componente de control de la calidad, el cual consiste en el conjunto de mecanismos, acciones y herramientas elaboradas para detectar la presencia de fallas, es decir, asegura que los productos o servicios cumplan con los requisitos mínimos de calidad acordados.

La empresa proveedora de prelosas cuenta con un control de calidad propio, en la gran mayoría de casos este control por parte del fabricante se enfoca en la producción en planta, dejando de lado posibles eventualidades que puedan suceder posteriormente durante su almacenaje, izaje y transporte. Por ello la importancia de contar con un control de calidad interno como cliente el cual garantiza el cumplimiento de una calidad mínima y reduce la variabilidad al emplear un único criterio para su inspección y evaluación, para una posterior toma de decisiones.

En esta ocasión, durante un envío a obra se detectó la presencia de cangrejeras en algunas prelosas del sector, las cuales fueron detectadas por el personal y estudiadas por el ingeniero en el momento para determinar cómo proceder de acuerdo al manual de tolerancia definido; información que es compartida con el proveedor para la mejora continua de su actividad.

2.4. Programación

2.4.1. Sectorización. Trabajar bajo una sectorización determinada, hizo posible que el flujo de la producción sea eficiente ya que se trabajan volúmenes de obra similares en cada día programado, evitando así la generación de tiempos muertos o picos para las cuadrillas de trabajo. A través de esta se dividió los trabajos en partes más manejables y se pudo plantear un correcto tren de trabajo. Los principales criterios para su determinación fueron la capacidad de colocación de prelosas y el volumen de vaciado de elementos horizontales para un día.

2.4.2. Buffer en el cronograma y holguras en actividades. El uso de buffers en la programación es una estrategia complementaria para proteger de la variabilidad a los procesos de producción en los proyectos de construcción; tienen la finalidad de lograr un mejor grado de control sobre los procesos constructivos. De la misma manera existe una segunda estrategia para la protección de la planificación, se trata de la holgura libre de actividades de un proyecto, la cual hace referencia al tiempo máximo que se tiene para ejecutar una actividad sin que se

ocasiona retraso a la siguiente partida; es decir, es el margen que se tiene para llevar a cabo una tarea.

La llegada a obra de un sector con elementos con medidas irregulares y salidas de especialidades omitidas y/o mal ubicadas, representó un retraso sobre la programación. Estos inconvenientes conllevaron a que la habilitación y colocación de refuerzos y especialidades comience con casi un día de retraso, finalmente gracias al planteamiento de un día buffer en la programación se pudo recuperar el ritmo de las actividades en obra y el vaciado de losa no tuvo que ser reprogramado y todo continuó de acuerdo a lo planificado.

Otra situación que se presentó en obra fue la llegada de un envío de prelosas el cual no respetó el seccionamiento acordado para su carga en tráileres, llegando en desorden sin respetar una secuencia para su descarga y colocación. En esta ocasión la particularidad del desarrollo significó mayores desplazamientos para el equipo de colocación de prelosas y confusión para el operador de grúa requiriendo de mayor tiempo para su ejecución. Este contratiempo pudo ser superado sin ocasionar retraso a la siguiente partida debido a que se consideró un margen de tiempo para la actividad de colocación de prelosas, estrategia muy conveniente cuando se trata de la implementación de un nuevo sistema, el cual protege a la planificación ante la curva de aprendizaje del proceso y su variabilidad en campo.

2.4.3. Efecto de decisiones sobre ruta crítica. En la definición del programa de obra se toman decisiones sobre cómo es que se desea se ejecute el proyecto, las cuales deben contemplar/considerar las distintas variables que influyen sobre los distintos equipos de trabajo y sus partidas en cuanto a costo, duración y condiciones de ejecución. La omisión de factores puede conllevar a variabilidad en el desarrollo del proyecto planificado o incluso a una planificación incorrecta.

Para el proyecto de Floresta VI, el ingeniero tomó la elección de anteponer la elaboración del primer entrepiso (techo sótano 02) sobre la ejecución de la losa de estacionamiento del último nivel y de esta manera acortar la duración del proyecto, ya que esta última se ejecutaría en paralelo con la losa del 3^{er} piso. Al momento de tomar dicha decisión no se consideró que esto implicaba que el primer entrepiso se trabajaría sobre un terreno inestable, condición desfavorable para su ejecución. Finalmente, la particularidad del terreno significó el empleo de mayor cantidad de insumos, así como de días hombre adicionales para la ejecución de la actividad, los cuales no fueron previstos.

3. Ejecución

3.1. Capacitación. La capacitación es clave para la correcta ejecución de un proceso, ya que esta permite a los trabajadores tener un mejor desempeño en sus labores al ser instruidos a través de un conjunto de actividades didácticas. La capacitación tiene como punto de partida el estándar de una actividad, el cual debe ser comprendido por los trabajadores y replicado en obra. Los estándares son complementados por herramientas de consulta y control para la correcta ejecución de actividades.

La partida de apuntalamiento de prelosas se realiza en dos etapas, siendo la primera más compleja; sin embargo, estas deben ejecutarse con igual empeño y calidad ya que ambas son dependientes de la otra para un correcto funcionamiento del sistema. Para proyecto no se cumplió en obra el procedimiento indicado en el apartado 2.3.1. del capítulo 2 para el apuntalamiento provocando el asentamiento de un elemento, el cual pasó a apoyarse en parte sobre el encofrado de viga siendo esta una condición no deseada de acuerdo a los estándares de calidad internos.

Otro escenario que se presentó en obra, producto de la repetitividad de las actividades, fue la colocación de prelosas en sentido opuesto al correcto. Para la correcta ejecución de partidas se elaboran herramientas de apoyo y consulta como es en este caso la ficha esquemática (ver la figura 14), la cual contiene información dirigida a identificar y orientar en la rápida colocación de los prefabricados. Dichos instrumentos de asistencia son clave para el correcto desarrollo de una actividad y deben ser empleados y valorados por la totalidad del equipo. En el proyecto se erró al trabajar sobre supuestos y colocar una prelosa con centro de luz en la misma proyección que sus elementos adyacentes, accionar erróneo ya que se trataba de un ambiente distinto y su iluminación variaba, observación que no fue detectada por los demás compañeros de cuadrilla al asumir que el coordinador había hecho uso de la ficha esquemática y no hacer revisión de la propia, finalmente fue el contratista de especialidades quien detectó la equivocación.

Aunque, en ambos casos existió capacitación, esta no fue la más adecuada como para evitar percances.

3.2. Impacto de decisiones. La industria de la construcción es conocida por su variabilidad, la que ocasiona se tomen decisiones en el momento para poder superar una o varias condiciones desfavorables, toda decisión y cambio conlleva una serie de consecuencias para las partidas y equipos posteriores, las cuales pueden ser obviadas al momento de la evaluación impulsada por la celeridad en el actuar. Esto puede generar en el futuro nuevas condiciones adversas las cuales tendrán que ser evaluadas y corregidas en su momento.

En obra, por indicación del ingeniero, se habilitó y colocó los refuerzos y especialidades sobre prelosas con casetones de baja densidad provocando su desintegración parcial, como consecuencia de esto, dos días después durante el vaciado del sector se notó que el pedido realizado era insuficiente para el área a cubrir, esto debido a los nuevos espacios generados por la baja calidad del aligerante y que debían ser rellenados por el premezclado, repercusión que fue ignorada por el responsable de la decisión.

Otra situación similar se presentó producto de la decisión de mantener días adicionales los puntales de prelosas con grandes luces por parte del ingeniero, al momento de la elección no consideró que esto tendría repercusión sobre el volumen total de puntales requeridos en obra, resultando insuficientes los disponibles para el apuntalamiento del próximo sector.

3.3. Recursos compartidos. La grúa torre es un equipo crucial para la construcción de edificaciones de mediana-gran magnitud, esta disminuye notablemente la participación de personal obrero en trabajos contributarios como es el transporte de insumos y eliminación de material entre otros, de la misma manera juega un papel indispensable para la construcción de entresijos bajo el sistema de prelosas prefabricadas. Es un equipo muy solicitado dentro de obra, por ello la falta de una programación como recurso compartido puede dar lugar a requerimientos simultáneos que podrían afectar el normal desarrollo del proyecto.

En campo durante el penúltimo nivel de casco sucedió que se programó dos actividades en simultáneo que requerían el uso de la grúa torre, afortunadamente en este caso la postergación de una de las actividades no afectó la duración del proyecto debido a la holgura.

3.4. Multifuncionalidad. La polivalencia en el ámbito laboral de la construcción es considerada muy ventajosa debido a que se trabaja en entornos muy fluctuantes, haciendo de la flexibilidad una competencia muy deseable en los operarios y favorable para el correcto desarrollo de un proyecto.

En obra se presentaron situaciones como retrasos en partidas, las cuales fueron resueltas fácilmente con el refuerzo de una cuadrilla a partir de personal polivalente de otra y de esta manera se pudo continuar según lo planificado.



Conclusiones y recomendaciones

A partir de la experiencia de lo documentado en el capítulo 3 y del análisis efectuado en el capítulo 4 sobre aquellos factores que tuvieron gran influencia en el desarrollo del proyecto se presenta una serie de recomendaciones para la implementación del sistema y así continuar con la línea de aprendizaje y se sigan dando propuestas de mejora.

- **Pre planificación**

Para minimizar la posibilidad de fallas en la ejecución de un proyecto empleando prefabricados se debe evaluar y coordinar la totalidad de componentes y sus detalles que lo conforman, no enfocándose únicamente en el elemento principal.

Resulta muy conveniente laborar con compañías que posean experiencia y conozcan el sistema a migrar ya que estas aportan al correcto desarrollo del proyecto, funcionando como entes de consulta y de apoyo en adición a desempeñar sus funciones programadas.

Lo sugerido al momento de migrar hacia una nueva tecnología es trabajar con proveedores consolidados que posean una vasta experiencia en su industria y sean referentes, en un inicio se descartó trabajar con ellos debido a sus altas exigencias y baja flexibilidad a los cambios. Estos requisitos se fundan en la experiencia que tienen y en su afán de buscar en todo momento el cumplimiento de lo acordado tanto en producción como en calidad.

En su contraparte, cuando se opta por trabajar con un contratista o proveedor novel es conveniente tomar medidas preventivas y cautelares adicionales, esto debido a que la posibilidad de variación y cambios es mayor que en aquellas ya establecidas

- **Planificación**

Lo más conveniente es informarse y capacitarse en todas las actividades relacionadas con el nuevo proceso ya que pueden presentarse situaciones que ameriten su ejecución, a pesar de que la planificación considere lo contrario.

Ante cualquier posible cambio en el sistema constructivo es clave reunir e involucrar a todos los equipos de trabajo que participan de la actividad global, esto para con su ayuda identificar la mayor cantidad de variables que se generan y poder levantar las restricciones encontradas, con mayor razón si se trata de un contratista cuyos procesos no se tienen tan mapeados e identificados como aquellos que recaen directamente sobre personal propio.

Ante la migración hacia nuevos procesos lo más conveniente es acatar la totalidad de sugerencias dadas por los entendidos del tema, prestando la debida atención a la totalidad de actividades. Posteriormente con mayor experiencia y dominio del sistema se podrá evaluar si estas medidas adoptadas son realmente necesarias o si son excesivas.

Previo y durante la planificación es importante realizar visitas de campo para poder identificar in situ las restricciones y/o agentes externos que pudiesen afectarla como lo son la vegetación y cableado. El propósito es evitar planificar sobre condiciones hipotéticas que puedan llevar al desatino.

El control de calidad del proveedor tiene alcance limitado, por ello la importancia de contar con uno propio para la recepción de los prefabricados. Para una correcta gestión del mismo es clave una constante instrucción y formación para el responsable de la decisión, así como una comunicación fluida entre las partes involucradas.

El control de la calidad debe programarse y cerciorarse durante las múltiples etapas de una actividad y no debe ser empleada como una herramienta de evaluación/control al final de la misma, ya que de ser así una pequeña falencia que fácilmente puede ser resuelta se puede convertir en un gran problema, de igual manera se debe evaluar la situación de obra ya que en algunos casos si puede ser conveniente corregirla más adelante, algo no muy frecuente en el rubro.

La sectorización del proyecto es el punto de partida para la planificación del mismo, por lo que esta debe ser definida producto de un trabajo en conjunto entre los ingenieros de campo y proyectistas, siendo iterada las veces que sea necesaria hasta encontrar un equilibrio en la división y programación de actividades diarias.

Es conveniente considerar días buffer en la ejecución de un proyecto, así como programar holguras libres en las actividades clave debido a la gran variabilidad presente en la industria de la construcción, esto no contradice al concepto de planificación sino es una herramienta para proteger la misma, sobre todo si se trata de un proyecto en el cual se está implementando nueva tecnología.

Para una correcta toma de decisiones es imprescindible identificar todas las partes y partidas que se verán afectadas con la elección y cómo es que repercute en las mismas, por ello se debe evaluar con detenimiento, ya que de no ser así la evaluación realizada perderá objetividad y puede direccionarte hacia la alternativa errónea.

- **Ejecución**

Es clave respetar el procedimiento estandarizado para la ejecución de una actividad ya que esto asegura la obtención de resultados adecuados y homogéneos.

Para disminuir al máximo la posibilidad de falla en producción se recomienda que la capacitación sea constante, tanto para la ejecución de actividades de campo como para la lectura

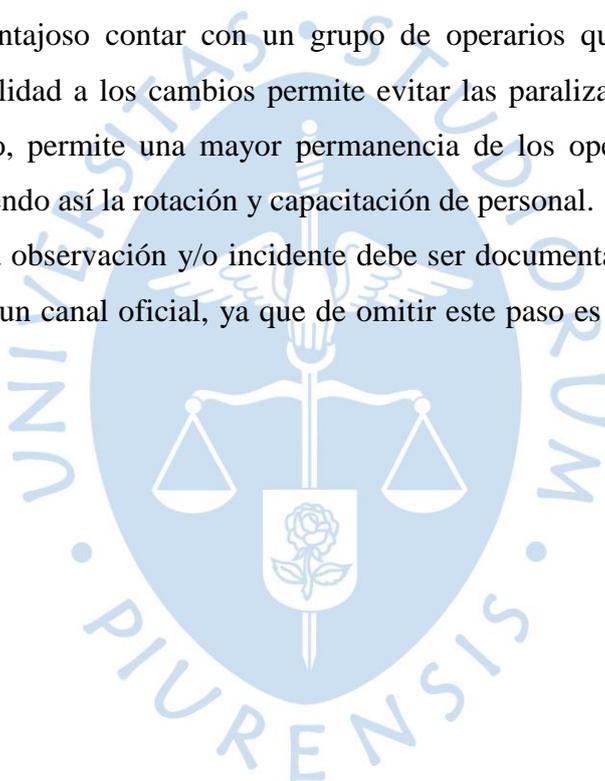
y entendimiento de herramientas de control y consulta, esto debido a que la construcción tiene unos de los índices más altos de rotación de personal.

Al migrar a un nuevo sistema de trabajo es conveniente tomar precauciones y medidas de seguridad adicionales. Ante cualquier situación de peligro y/o duda la seguridad debe primar sobre la producción.

Conforme al avance del proyecto la cantidad de partidas y frentes que se ejecutan en paralelo aumentan, por lo que ante ello se debe tener un mejor control de los recursos que se disponen empleando herramientas que apoyen al ingeniero en su gestión, en esta ocasión algo tan simple como un pizarrón donde se programe el uso de la grúa torre en oficina permitió optimizar su uso y no repetir el error.

Resulta muy ventajoso contar con un grupo de operarios que sean polivalentes, su capacidad de adaptabilidad a los cambios permite evitar las paralizaciones en el proceso de producción. Asimismo, permite una mayor permanencia de los operarios en las diferentes etapas de obra, reduciendo así la rotación y capacitación de personal.

Finalmente, toda observación y/o incidente debe ser documentado y compartido con el proveedor a través de un canal oficial, ya que de omitir este paso es probable que el error se presente nuevamente.





Referencias bibliográficas

- AA. (2019). *Aceros Arequipa*. Obtenido de <http://www.acerosarequipa.com/productos.html>
- Aime, L. (2015). *Evaluación de la rentabilidad de losas prefabricadas (prelosas) en edificaciones con la aplicación de lean construction comparada con losas convencionales*. Tesis de título de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil, Lima.
- Betondecken. (s.f.). *Manuel técnico de sistemas de prelosas*. Obtenido de https://www.betondecken.com/MANUAL_BETON_DECKEN_-_PRELOSAS.pdf
- Bloquescad. (2019). *Descarga de bloques CAD arquitectura*. Obtenido de <https://www.bloquesautocad.com/detalle-de-viga-y-losa-maciza-de-hormigon-armado/>
- CAPECO. (2019). *Instituto Cámara Peruana de Construcción*. Obtenido de <http://capeco.edu.pe/>
- Constructec. (2015). *Constructec Ingenieros y Arquitectos*. Obtenido de <http://www.construtecsac.com/>
- Construproductos. (2012). *Entrepisos SAC*. Obtenido de <https://construproductos.com/empresa.php?idprov=134>
- Emaq. (2019). *Vigas 20*. Obtenido de <https://emaq.mx/producto/vigas-h20/>
- Heredia, H. (2017). *Análisis de la eficiencia del proceso constructivo e industrializados en la partida de estructuras del centro comercial Open Plaza*. Obtenido de <https://docplayer.es/75940171-Creative-commons-atribucion-nocomercial-sinderivadas-2-5-peru.html>
- Optimiza. (2019). *Optimiza Contratistas*. Obtenido de Soluciones constructivas para losas y entrepisos : <http://optimizacontratistas.com/sistemas-que-maximizan-la-eficiencia-en-las-obras-1-2-2/>
- Ortega, J. (1988). *Diseño de estructuras de concreto armado I*. España: Macro Editorial.
- Romo, M. (2008). *Escuela Politécnica del Ejército*. Recuperado el 10 de Agosto de 2019, de Diseño de losas de hormigón armado: https://www.academia.edu/8660227/TEMAS_CAP%C3%8DTULO_VIII_DISE%C3%91O_DE_LOSAS_DE_
- SÁEZ. (2019). *Grúas Sáez*. Obtenido de <http://www.gruassaez.com/>
- Tauscher, J. (s.f.). *La Academia*. Recuperado el 14 de Setiembre de 2019, de Losas y Vigas: https://www.academia.edu/27605784/LOSAS_Y_VIGAS (Visto el 14-09-2019)
- Temuco. (2012). *Temucoi S.R.L.* Obtenido de <http://www.temucosrl.com/>

THECA. (2018). *Viga H20*. Obtenido de <https://thecamexico.mx/producto/viga-h20/>
Ulma_Construcción. (s.f.). *Catálogo Puntal*. España.

UNLP. (2014). *Cátedra de procesos*. Universidad Nacional de La Plata, La Plata.

Vásquez, G. (s.f.). *La Academia*. Obtenido de Funciones de los muros:
https://www.academia.edu/22989437/Funciones_de_los_Muros

