

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**REDUCCIÓN DE PLAZOS EN PROCESOS
CONSTRUCTIVOS UTILIZANDO EL SISTEMA DE
LOSAS POSTENSADA.**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

VILLIERS DEVIEUR SANCHEZ CASTRO

Lima- Perú

2015

	Pág
INDICE	1
RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	6
LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS	
INTRODUCCIÓN	8
CAPÍTULO I: ANTECEDENTES	10
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	12
2.1. ELEMENTOS POSTENSADOS EN LA CONSTRUCCIÓN	13
2.1.1. Concreto postensado	13
2.1.2. Componentes del concreto postensado	14
2.2. CAMPO DE APLICACIÓN	17
2.2.1. Losa postensada en edificaciones	17
CAPÍTULO III: SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA EL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOSA POSTENSADA	19
3.1. SECUENCIA DE ACTIVIDADES DE SISTEMA CONSTRUCCTIVO DE LOSAS POSTENSADA.	19
3.1.1. Programación de secuencia de actividades del sistema constructivo de losa postensada.	19
3.1.2. Procedimiento de ejecución de sistema de losa postensada	20
CAPÍTULO IV: RENDIMIENTOS POR PARTIDAS	40
4.1. SECTORIZACION Y DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS.	40
4.1.1. Sectorización de losas de postensadas	40
4.1.2. Dimensionamiento de cuadrillas	42
4.2. ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS POR ACTIVIDADES.	45

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOSA POSTENSADA PARA REDUCIR EL PLAZO DE EJECUCIÓN	52
5.1. ANÁLISIS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOSA POSTENSADA	52
5.2. ANÁLISIS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOSA TRADICIONAL	56
5.3. ANÁLISIS DEL COMPARATIVO ENTRE LOSA POSTENSADA Y LOSA TRADICIONAL	59
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
6.1. CONCLUSIONES	62
6.2. RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS	66

RESUMEN

- El presente informe de suficiencia nos ayudara a conocer el proceso constructivo del sistema de losa postensada, también se conocerá los procedimientos asociado a cada una de las partidas de trabajo, complementado con los controles de calidad y seguridad para su ejecución.
- Se conocerá la secuencialidad de actividades que conforman el sistema de losa postensada.
- Se recopilara los datos de rendimientos de para cada una de las partidas asociadas, identificando sus ventajas y desventajas.
- En el Perú los procedimientos constructivos para armar una estructura postensada aún no se generaliza y en el rubro de la construcción es un sistema novedoso que trae muchas ventajas en tiempo, costo y durabilidad de obra, lo cual es importante mencionar que por un diferente proceso constructivo implicará afectar los demás procesos precedentes y consecuentes como el habilitado y armado de acero, el encofrado, desencofrado y vaciado de concreto de la estructura, por tanto el objetivo principal de este presente informe conocer la ventajas en la reducción de plazos utilizando el sistema constructivo de losas postensada.

LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N°1.- Definiciones	12
Cuadro N°2.- Secuencia de actividades de losa postensada dividida en mañana y tarde.	19
Cuadro N°3.- Secuencia de actividades de losa postensada por día.	19
Cuadro N°4.- Sectorización de losas etapa de estructuras.	40
Cuadro N°5.- Dimensionamiento de cuadrilla de encofrado de techo.	42
Cuadro N°6.- Dimensionamiento de cuadrilla de acero de techo.	43
Cuadro N°7.- Dimensionamiento de cuadrilla de colocación de concreto en techo.	44
Cuadro N°8.- Grafico comparativo de productividad para la partida de encofrado de losa de techo.	45
Cuadro N°9.- Tabla de ratios obtenidos de encofrado de losa de techo	46
Cuadro N°10.- Grafico comparativo de productividad para la partida de acero de losa de techo.	47
Cuadro N°11.- Tabla de ratios obtenidos de acero de losa de techo.	48
Cuadro N°12.- Grafico comparativo de productividad para la partida de colocación de concreto en losa de techo	49
Cuadro N°13.- Tabla de ratios obtenidos de colocación de concreto en losa de techo.	50
Cuadro N°14.- Secuencia de actividades de losa postensada dividida en mañana y tarde.	51
Cuadro N°15.- Secuencia de actividades de losa postensada diaria.	52
Cuadro N°16.- Resumen de cronograma de sótanos.	
Cuadro N°17.- Secuencia de actividades de sistema de losa tradicional	56
Cuadro N°18.- Tabla de áreas techadas por niveles (PROYECTO SHAMROCK EL RANCHO- GYM)	57

Cuadro N°19.- Tabla de sectores por bloques (PROYECTO SHAMROCK EL RANCHO- GYM).	57
Cuadro N°20.- Comparativo entre sectores de losa postensada y losa tradicional.	59
Cuadro N°21.- Comparativo de cuadrillas necesarias para cada sistema.	60
Cuadro N°22.- Metrados por sectores en losa postensada.	60
Cuadro N°23.- Metrados por sectores en losa tradicional.	61

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura N°1.- Aplicación de fuerzas.	13
Figura N°2.- Elementos del cable postensado.	13
Figura N°3.- Sistema de cables adherentes y no adherentes.	14
Figura N°4.- Cables.	14
Figura N°5.- Cuantías mínimas.	15
Figura N°6.- Colocación de concreto en losa postensada.	15
Figura N°7.- Componentes del sistema de cables monocordón.	16
Figura N°8.- Sistema de cables monocordón.	16
Figura N°9.- Disposición de cables.	17
Figura N°10.- Geometrías utilizadas en losas postensadas.	17
Figura N°11.- Elevaciones en losas postensadas.	18
Figura N°12.- Losa tradicional Vs Losa postensada.	18
Figura N°13.- Losa postensada Proyecto Park Office-La Molina.	18
Figura N°14.- Montaje de sopandas primarias.	20
Figura N°15.- Soporte de fondo de losa	20
Figura N°16.- Montaje de paneles.	21
Figura N°17.- Encofrado de fondo de losa terminado.	21
Figura N°18.- Encofrado de fondo de losa ejecutado en el proyecto.	22
Figura N°19.- Encofrado de fondo de losa de techo proporcionado por Alsina.	23
Figura N°20.- Plano de planta de estructuras de losa postensada.	24
Figura N°21.- Planta estructuras de un sector.	25
Figura N°22.- Detalle de capitel.	25
Figura N°23.- Detalle de conexión muro con losa.	26
Figura N°24.- Detalle de refuerzo de anclaje pasivo en muro.	26

Figura N°25.- Detalle de junta de vaciado y tensado.	27
Figura N°26.- Colocación de acero de losa terminada.	27
Figura N°27.- Plano de planta de recorridos de cable postensado.	28
Figura N°28.- Plano de planta de recorridos de cable por sector.	29
Figura N°29.- Detalle de cambio de dirección en caso de interferencias.	29
Figura N°30.- Plano de planta de recorridos de cable por sector.	30
Figura N°31.- Distribución del grupo de anclajes pasivos horizontales.	30
Figura N°32.- Distribución del grupo de anclajes pasivos vertical.	31
Figura N°33.- Detalle de anclaje pasivo.	31
Figura N°34.- Recorte de la junta del cable.	32
Figura N°35.- Posicionamiento de horquillas.	33
Figura N°36.- Colocación de cable postensado terminado.	34
Figura N°37.- Vista de losa con cable postensado.	34
Figura N°38.- Colocación de concreto en losa postensada.	36
Figura N°39.- Vista de losa con acabado barrido.	36
Figura N°40.- Vista de cable postensado desencofrado.	37
Figura N°41.- Tabla para cables postensados.	39
Figura N°42.- Vista de sectorización de losas etapa de estructuras.	41
Figura N°43.- Vista de torre aplicando sistema de losa tradicional (PROYECTO PARK OFFICE – LA MOLINA).	55
Figura N°44.- Vista de sectorización de losas etapa de estructuras.	58

INTRODUCCIÓN

El aprendizaje continuo en nuevos sistemas de construcción en estos tiempos con el fin de mejorar en plazo y costos en las obras de ingeniería nos conlleva a analizar este nuevo sistema de construcción, la cual sugiere procesos constructivos especializados, con controles de calidad y de seguridad con alto estándares. En este informe se describirán la secuencia de partidas, con el fin de analizar las ventajas e inconvenientes de este nuevo sistema.

Las losas postensadas consisten en unas losas con armaduras activas, las cuales, se tesan una vez fraguado el concreto y alcanzada la resistencia mínima de 180kg/cm^2 , para resistir las tensiones inducidas. El tesado de la armadura activa induce unas tensiones en la losa generalmente de signo opuesto a las acciones gravitatorias aplicadas (peso propio, sobrecargas, etc.) con lo que se obtiene un mejor comportamiento de la estructura. Las cargas transmitidas por el tensado se resumen en fuerzas que comprimen la estructura en los anclajes y fuerzas de desviación inducidas por el trazado curvilíneo de los tendones. Las fuerzas inducidas en los anclajes (compresión) tienen como finalidad contrarrestar las tensiones, generalmente de tracción, que posteriormente se producirán en dichos puntos de la estructura [3].

Actualmente y cada vez más los espacios diáfanos van cobrando importancia en nuestras vidas intentando buscar la flexibilidad de usos, así como, diversidad de distribuciones interiores. Este tipo de estructura permite aumentar las luces entre pilares por lo que se reduce el número de éstos con las consiguientes ventajas que ello supone.

Una de las mayores restricciones, sino la mayor, de utilizar grandes luces son las alturas necesarias para las estructuras. Estos limitan en gran medida las edificaciones ya que entre un piso y el siguiente se deben albergar los suelos, las alturas libres de uso, las instalaciones. etc., por lo que cuanto menor sea el espesor de losa mayor aprovechamiento de edificabilidad tendremos, ya que para una misma altura podríamos llegar a construir una planta más quedando justificado económicamente el uso de estructuras postensadas.

Además del aspecto funcional y económico, como es evidente, debemos centrar la atención en el aspecto resistente. Uno de los defectos mayores del concreto es la escasa resistencia a tracción lo que hace que aparezcan grietas aun cuando el estado de carga es reducido, lo que afecta directamente tanto a la durabilidad, la resistencia y su deformabilidad, ya que dichas fisuras reducen la rigidez de los elementos que componen la estructura. Esto puede afectar de forma directa al resto del proceso constructivo ya que pueden dar lugar a daños en tabiques, solados, carpinterías, etc.

Esto pone de manifiesto las limitaciones de la utilización del concreto armado en la construcción de elementos que trabajan a flexión obligándonos a utilizar alturas de grandes dimensiones con el fin de poder aumentar las luces entre pilares, con la consiguiente pérdida de altura entre estructuras, además de la utilización de concretos de alta resistencia que sin embargo no evitarán la aparición de las temidas fisuras debido a la fluencia.

CAPÍTULO I: ANTECEDENTES

En Europa se tenía ya experiencia en el uso del postensado en puentes y otras tipologías constructivas, en edificación fue EEUU el pionero en la utilización del postensado como sistema constructivo. El primer ejemplo de utilización de losas postensadas en edificios data de 1955, en edificios construidos mediante el sistema “lift-slab” que consiste en vaciar las losas en planta baja sirviendo unas de encofrado de las otras y posteriormente izarlas hasta su posición definitiva. En estos primeros ejemplos el postensado surgió de la necesidad de aligerar el peso reduciendo las flechas y la fisuración del concreto armado. A principios de los 60, se introdujo la técnica del “Load Balancing” o compensación de cargas lo que permitió visualizar el postensado como un sistema de cargas que actuaban en el concreto en el sentido opuesto a las cargas externas de uso. En los países europeos existió resistencia al uso de este tipo de estructuras debido a la ausencia de Instrucciones para el diseño de las estructuras, ausencia de comparativos económicos de este tipo de estructuras frente a otras utilizadas hasta entonces, el carácter conservador de proyectistas y constructores así como la especialización que necesita este tipo de estructuras. No fue hasta los 70 cuando se empezaron a poner a punto normativas y recomendaciones que facilitaban el proyecto de las losas postensadas [4].

La mayoría de las edificaciones altas en el Perú son de 20 a 24 pisos. Algunas se proyectan en la década de los 60, estando ubicadas en el Centro Histórico de Lima, en las intersecciones de las avenidas Nicolás de Piérola y Tacna.

En la década de los 70, se proyectó y construyó la torre del Centro Cívico, en el centro de Lima, con una altura de aproximadamente 102 m y 36 pisos.

En la década de los 90 se proyectó y construyó la torre del intercambiador de calor de Cementos Lima, en Atocongo, con 9 niveles de alturas especiales y 110 m de altura aproximada, que se convirtió en el edificio más alto del Perú.

En varios casos se ha deseado construir edificios de más altura, pero hay reglamentaciones municipales que lo impiden.

A fines del 2000 se iba a construir un conjunto de edificios de vivienda, en El Golf de San Isidro, con 40 pisos, pero se tuvo problemas municipales y financieros. En otras ciudades de América Latina, como Buenos Aires y Santiago de Chile, sí se tienen varios edificios de más de 40 pisos.

Dentro de estos lineamientos municipales en San Isidro, se optó por mejorar el proceso y sistema de construcción. Como la restricción es la altura se debería pensar en una construcción que tenga una altura útil de servicio mayor que la convencional de losas aligeradas y macizas y por ello se pensó en hacer edificios con losas postensadas aumentando la altura útil de servicio lo cual posibilita tener un mayor número de pisos.

Actualmente en Lima, se vienen desarrollando proyectos, utilizando el sistema de losa postensada como es el caso de:

Torre Orquídeas: Compuesto por 10 sótanos y 30 pisos, que consta de un área en planta de 2800 m².

Century: Compuesto por 4 sótanos y 7 pisos, que consta de un área en planta de 1200 m².

Barlovento: Compuesto por 8 sótanos y 30 pisos, que consta de un área en planta de 1300 m².

Pardo y Aliaga: Compuesto por 12 sótanos y 17 pisos, que consta de un área de 6000m².

Park Office – La Molina: Compuesto por 8 sótanos y 12 pisos, que consta de área de 2700m².

Y otros proyectos como Mega-plaza, Torre Belaunde, Petti Thouar, Lima Central Tower [5].

La alta difusión de este sistema en la actualidad, se debe a sus ventajas tanto en plazo como en costo, la manera en que incide en el plazo es acortando las secuencia de partidas debido a que la colocación del cable postensado reemplaza a las vigas estructurales.

CAPÍTULO II: MARCO TEORICO

Las definiciones que se utilizaran en el presente informe son:

Cuadro N°1: Definiciones

TERMINOS	DEFINICIONES
Sistema No Adherido	Sistema de postensado en que el cable está permanentemente libre de movimiento relativo respecto al concreto al cual este le va a aplicar las cargas de postensado, debido a la grasa y funda que posee.
Sistema Adherido	Sistema de postensado en el cual el cable se postensa y cuyo ducto es inyectado con lechada de inyección, permaneciendo adherido completamente a la masa de concreto que conforma el elemento
Acero para postensado	Cable de alta resistencia usado para concreto pretensado. Consta de 7 hebras conforme a la norma ASTM A-416, salvo indicación contraria en el proyecto.
Anclaje	Dispositivo usado para anclar el acero de postensado a los elementos de concreto.
Ducto-Funda	Cubierta en la cual el acero de postensado es colocado para prevenir la adherencia durante la colocación del concreto y, en el caso de cables que permanecen no adheridos, proteger la grasa que inhibe la corrosión y provee la aislación del cable a la humedad en ambiente
Lechada de inyección	Pasta cementicia utilizada para lograr el monolitismo entre concreto y cable, inyectada a través de los puntos superiores del ducto. Esta lechada, está compuesta principalmente de Agua, cemento, expansor y en algunos casos, un aditivo fluidificante. Se utiliza sólo para el sistema adherido.
Grasa	Material usado para proteger el cable de la corrosión y/o lubricar el acero de postensado. Se utiliza sólo para el sistema adherido.

TÉRMINOS	DEFINICIONES
Cono	Dispositivo plástico temporal usado en conjunto con el anclaje durante el vaciado del elemento con el objeto de dejar la abertura necesaria en el concreto donde se introducirá el equipo necesario.
Gato	Gato hidráulico usado para tensar cables.
Copla	Dispositivos para unir extremos de acero para postensado.

Fuente: VSL, Peru SAC. "Manual de instalación para losas postensadas", Lima, Febrero 2014.

2.1. ELEMENTOS POSTENSADOS EN LA CONSTRUCCIÓN

2.1.1. CONCRETO POSTENSADO

En estos elementos la transferencia de esfuerzo entre el cable y el concreto es mediante los anclajes en los extremos principalmente cuando el concreto haya adquirido la resistencia requerida.

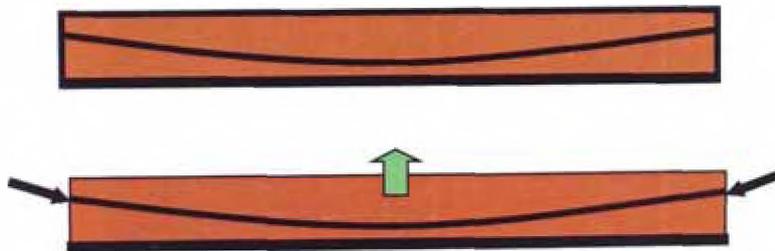


Figura N°1: Aplicación de fuerzas

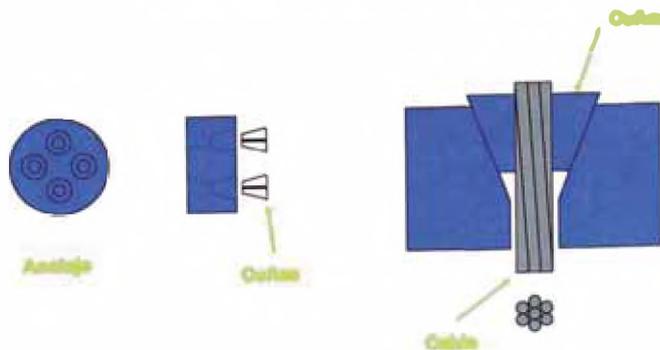


Figura N°2: Elementos del cable postensado



Figura N°3: Sistema de cables adherentes y no adherentes

2.1.2. COMPONENTES DEL CONCRETO POSTENSADO

CABLES

- Diámetro Nominal: 0,5 y 0,6 pulgadas.
- Resistencia a la Tensión: 1.860 MPa
- Carga Mínima de Ruptura: 183,7 y 260,7 KN
- Acero de baja relajación: 270 Ksi
- Cumple ASTM A416 y ASTM A421



Figura N°4: Cables.

ARMADURA PASIVA

Se utilizan barras de refuerzo de acero GRADO 60 corrugadas, según N.T.E. E.060

- Fluencia: 42 MPa.

- Módulo de Elasticidad: 2.000.000 Kg/cm²

Se usan cuantías mínimas de acero pasivo.

ϕ (mm)	A (cm ²)
8	0.50
10	0.79
12	1.13
16	2.01
18	2.54
22	3.80
25	4.91
28	6.16
32	8.04
36	10.18

Figura N°5: Cuantías mínimas

CONCRETO

El concreto utilizado en obras de postensado es determinado por el tipo de obra. Por lo general, el concreto utilizado en losas postensadas es de $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

Para el caso de vigas postensadas de puentes o pasarelas, el concreto debe ser a lo menos de $f'c = 350 \text{ kg/cm}^2$.n cualquier caso y estructura, la calidad del concreto mínimo para postesar se recomienda de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$.



Figura N°6: Colocación de concreto en losa postensada.

SISTEMA DE CABLE MONOCORDON



Figura N°7: Componentes del sistema de cables monocordón

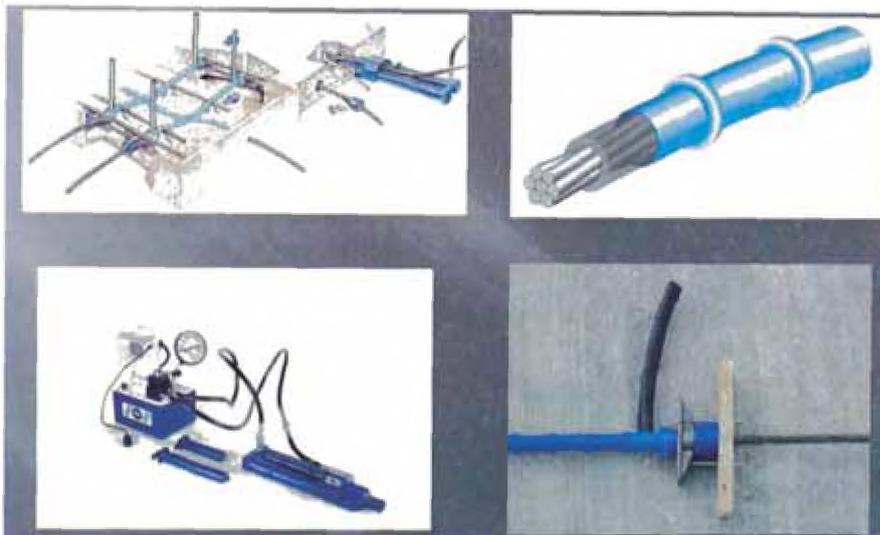


Figura N°8: Sistema de cables monocordón

DISPOSICION DE CABLES

- (a) Distribución Bandas – Uniformes
- (b) Bandas en las dos direcciones.
- (c) Distribuidos en ambas direcciones.
- (d) Distribución mixta

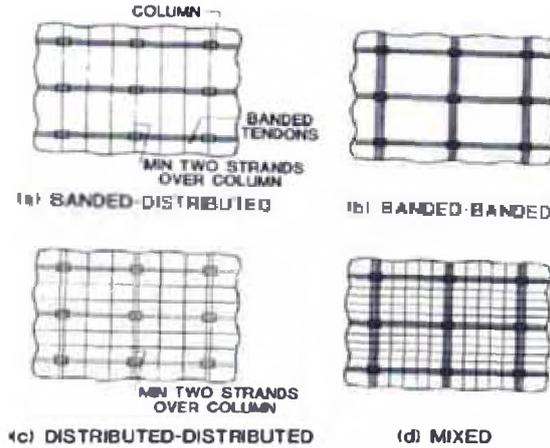


Figura N°9: Disposición de cables

2.2. CAMPO DE APLICACIÓN

2.2.1. LOSA POSTENSADA EN EDIFICACIONES

a) SISTEMA MONOCORDON CON ADHERENCIA.

El cable de postensado, inserto en un ducto plástico, se inyecta con una lechada de inyección, permaneciendo adherido completamente a la masa de concreto que conforma el elemento.

b) SISTEMA MONOCORDON CON ADHERENCIA.

El cable de postensado, engrasado plastificado, esta permanentemente libre de movimientos relativos respecto al concreto, debido a la grasa y funda que posee (sin adherencia entre acero y concreto).

ALGUNAS GEOMETRIAS COMUNES EN LOSAS POSTENSADAS

	<p>Losa plana Luz máxima 8 metros Criterio limitante: Corte con punzonamiento</p>
	<p>Losa plana con capitel Luz máxima 12,2 metros Criterio limitante: Deflexión</p>
	<p>Losa unidireccional Luz máxima 13,4 metros Criterio limitante: Deflexión</p>
	<p>Viga postensada y losa unidireccional Luz de las vigas 16 -20 metros Luz de las losas: 5,5 - 6 metros Espesor de la losa: 125 - 150 mm Altura de la viga: 750 - 900 mm Ancho de las vigas: 400 -460 mm</p>
<p>Información utilizada para la comparación Concreto 28 N/mm² Espesor de la losa 200 mm Columnas 500 x 500 mm, altura 3,00 metros Sobrecarga 380 kN/m²</p>	

Figura N°10: Geometrías utilizadas en losas postensadas

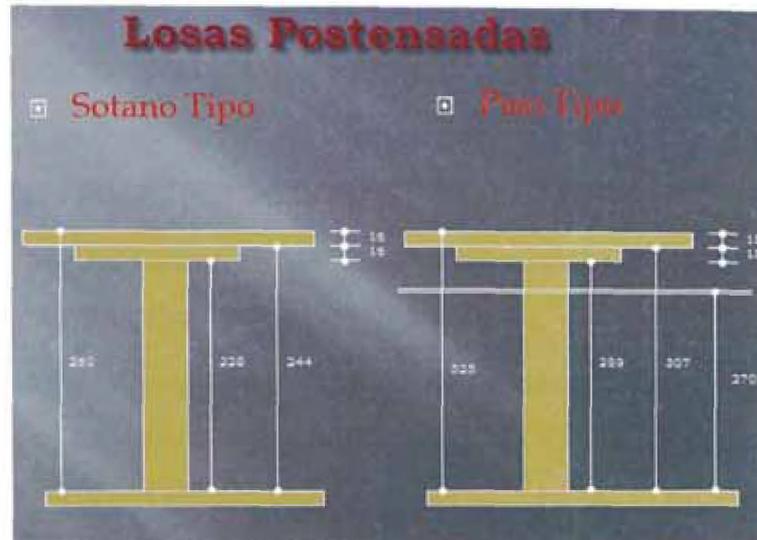


Figura N°11: Elevaciones en losas postensadas

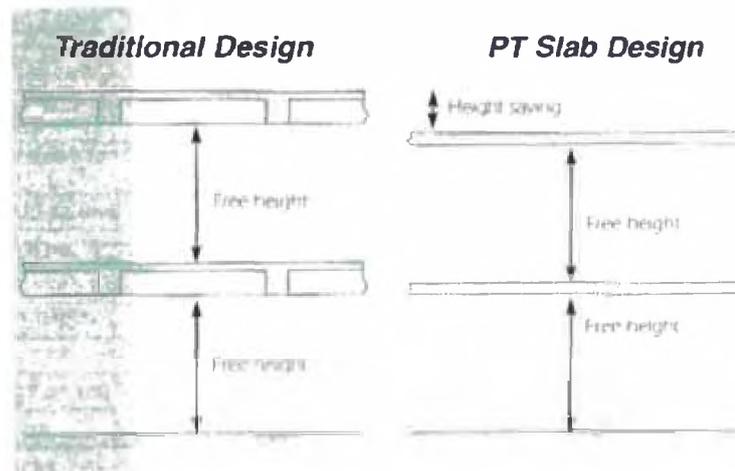


Figura N°12: Losa tradicional Vs Losa postensada



Figura N°13: Losa postensada Proyecto Park Office-
La Molina

CAPÍTULO III: SECUENCIA DE ACTIVIDADES PARA EL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOSAS POSTENSADAS.

3.1. SECUENCIA DE ACTIVIDADES DE SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOSAS POSTENSADA.

3.1.1. Programación de secuencia de actividades del sistema constructivo de losa postensada.

Se realizara la programación de secuencia de actividades dividiendo en rangos de tiempo, para poder analizar cada partida y optimizar tiempos de ejecución.

Cuadro N°2: Secuencia de actividades de losa postensada dividida en mañana y tarde.

TREN LOSA POSTENSADA	DIA -7		DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6	
	am	Pm	Am	pm	am	pm	am	pm	am	pm	am	Pm	am	pm
LOSA POSTENSADA														
Encofrado de capiteles y fondo de losa			S1	S1										
Colocación de acero de losa					S1	S1								
Colocación de cable postensado						S1	S1							
Colocación de 2da malla y juntas							S1							
Colocación de IIEE y IISS								S1						
Colocación									S1					
Tensado de losa a $F_c = 180 \text{ Kg/cm}^2$														S1
				1		2		3		4				6

Realizado el análisis de tiempos de duración por partidas se ejecutara la programación de secuencia de actividades por día.

Cuadro N°3: Secuencia de actividades de losa postensada por día.

TREN LOSA POSTENSADA	D-7	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
LOSA POSTENSADA											
Encofrado de capiteles y fondo de losa		S1									
Acero de 1ra malla			S1								
Colocación de cable postensado			S1								
Acero de 2da malla				S1							
Colocación de IIEE y IISS				S1							
Vaciado de losa					S1						
Tensado de losa a $F_c = 180 \text{ Kg/cm}^2$							S1				
		1	2	3	4	5	6	7	8		

Se describirá el proceso de ejecución del sistema de losa postensadas de cada una de las partidas asociadas y se apreciara su desarrollo en el tiempo.

3.1.2. Procedimiento de ejecución de sistema de losa postensada.

Actividad 1: Encofrado de fondo de losa postensada.

Duración: día 1- 7:30 a.m. a 5:00 p.m.

Se procederá a encofrar el soporte de fondo de losa, del sector asignado de acuerdo a los planos del proyecto (Anexo: Plano LTP 07; PLANTA DE TECHO SOTANO 8° AL 4°). El procedimiento de ejecución constara de las siguientes partes:

- Colocación de portasopandas, la primera línea se sujeta a las columnas, Se colocan puntales al menos en los bordes extremos de las portasopandas. Se recomienda la utilización de trípodes espacialmente en el arranque de la planta, para dar mayor estabilidad.

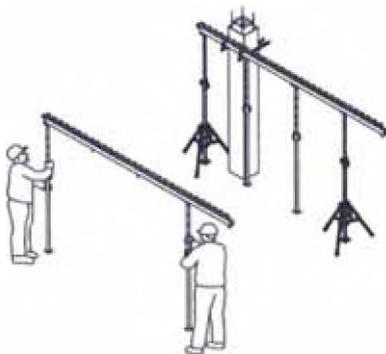


Figura N°14: Montaje de sopandas primarias

- Se realiza el montaje de las sopandas y portasopandas.

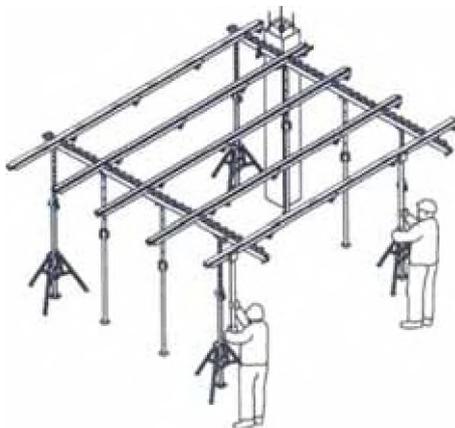


Figura N°15: Soporte de fondo de losa

- Terminado de colocar montar la estructura, procederemos a la colocación de los paneles fenólicos. Estos se deben clavar en las sopandas con madera. Los paneles se montan desde arriba considerando los sistemas de protección colectiva necesarios para realizar la actividad.

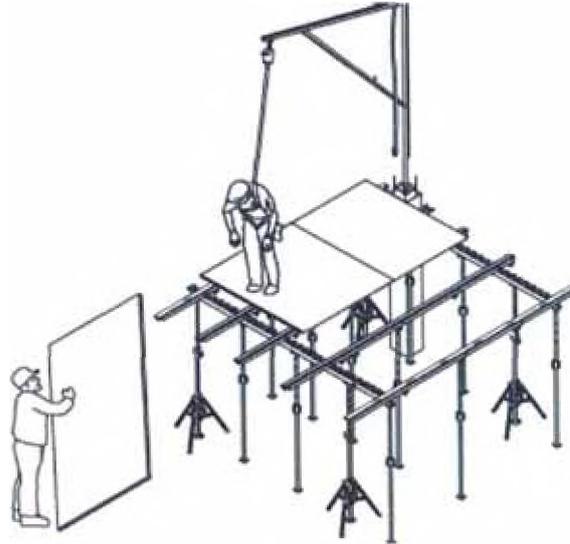


Figura N°16: Montaje de paneles

- Se colocan el sistema de protección colectiva perimetral. Se nivelara toda la superficie y finalmente se ajustan todos los puntales para que asi recibir a la siguiente actividad.

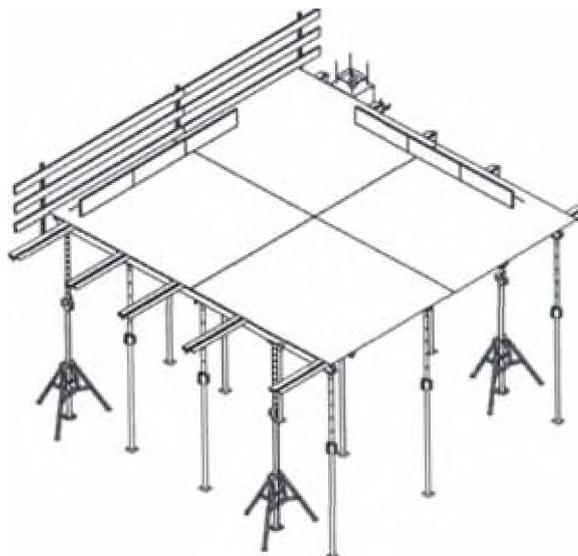


Figura N°17: Encofrado de fondo de losa terminado

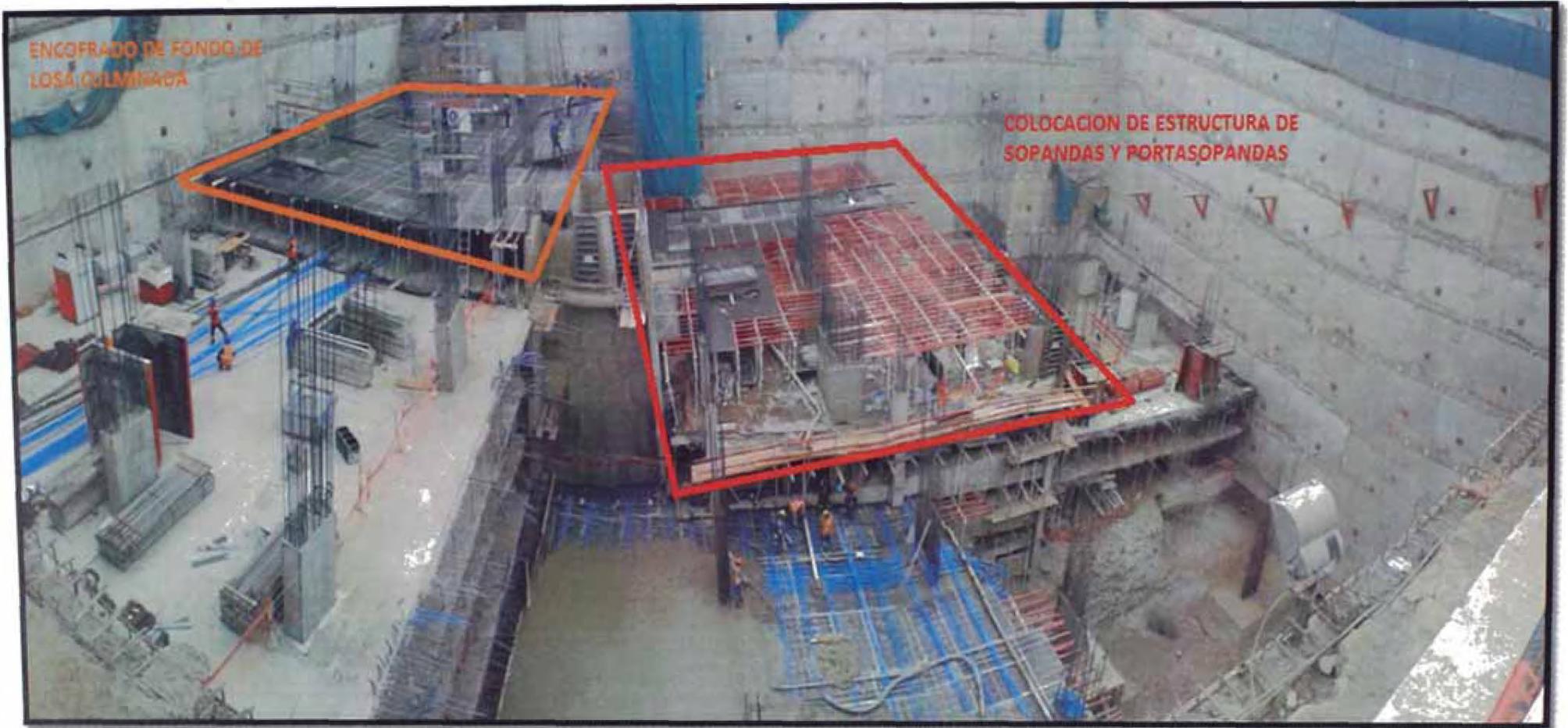


Figura N°18: Encofrado de fondo de losa ejecutado en el proyecto.

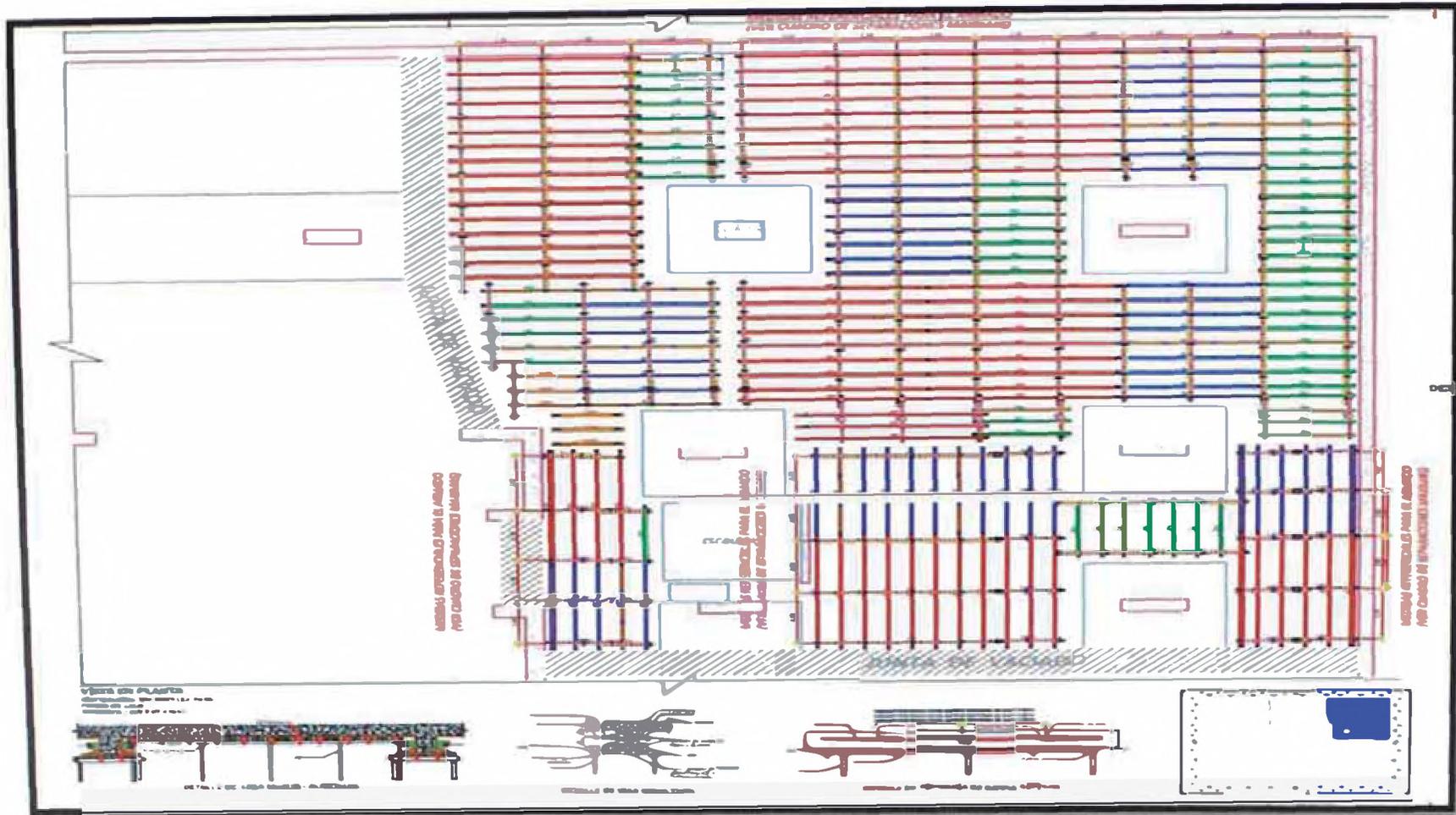


Figura N°19: Encofrado de fondo de losa de techo proporcionado por Alsina.

Luego de realizarse el 50% del encofrado de losa se procederá a iniciar la colocación de la malla de acero.

Actividad 2: Colocación de malla de acero.

Duración: día 1 – 12:00 p.m. a día 2- 12:00 p.m.

Se procederá a ejecutar la colocación de mallas de acero con la cantidad de recursos previamente dimensionados y de acuerdo a los planos de estructuras de la losa postensada (Anexo: Plano LTP 07; PLANTA DE TECHO SOTANO 8° AL 4°).

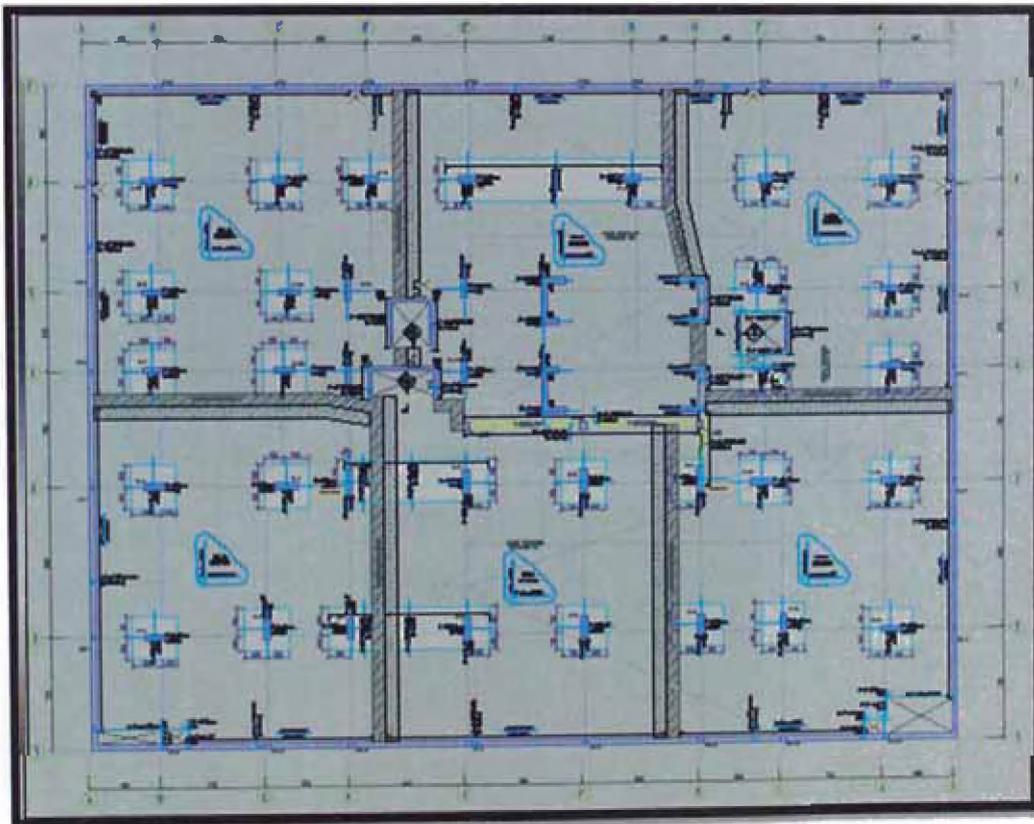


Figura N°20 : Planta de plano de estructuras de losa de postensada.

El procedimiento de ejecución se describirá a continuación:

- Se iniciara la actividad con el armado de las mallas de acero de los capiteles de acuerdo a los planos de estructuras. Los capiteles son diseñados por punzonamiento y en caso del proyecto el espesor del capitel es el doble del espesor de la losa.

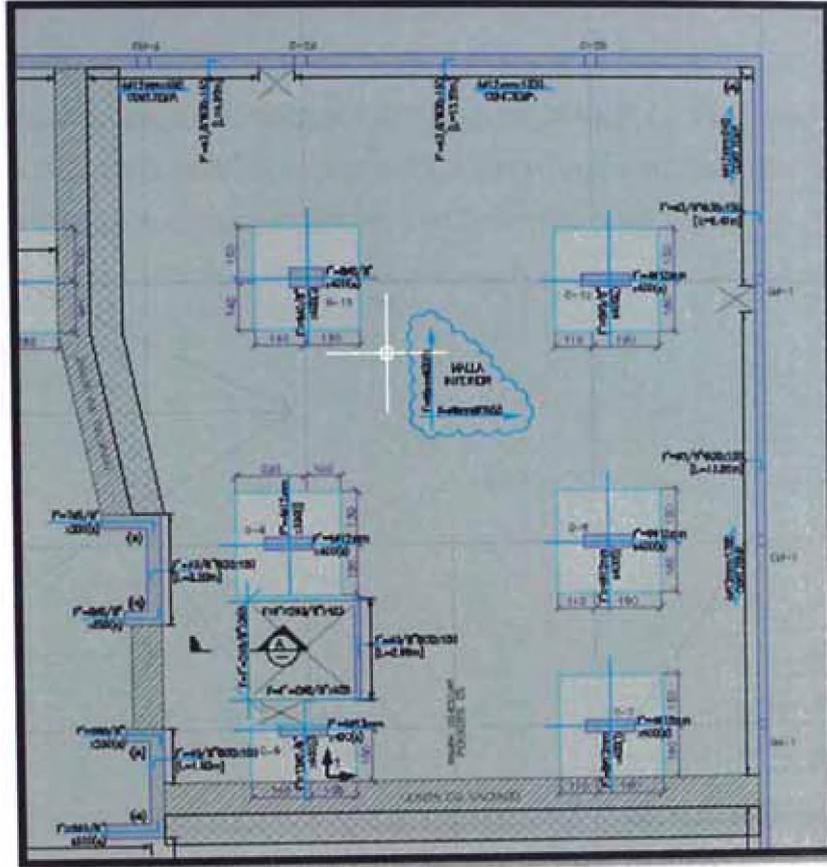


Figura N°21: Planta de estructuras de un sector.



Figura N°22: Detalle de capitei

- Se realizara el armado de primera malla de acero a partir de los muros anclados perimetrales en los cuales se colocan el refuerzo para los anclajes pasivos de la losa postensada. Se procederá a colocar la primera malla del acero hasta llegar a las juntas de vaciado y tensado, que delimitan cada sector.

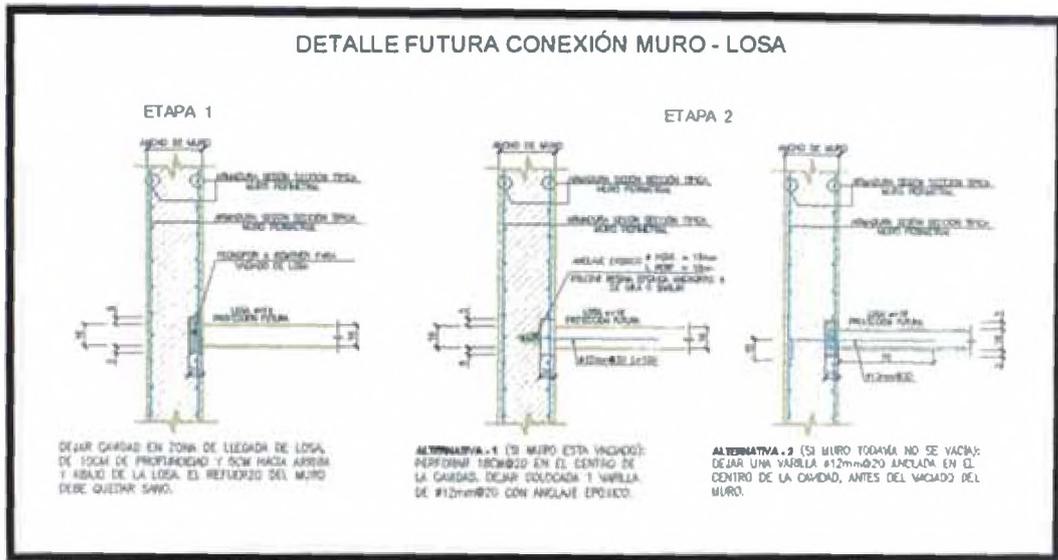


Figura N°23: Detalle de conexión muro con losa.

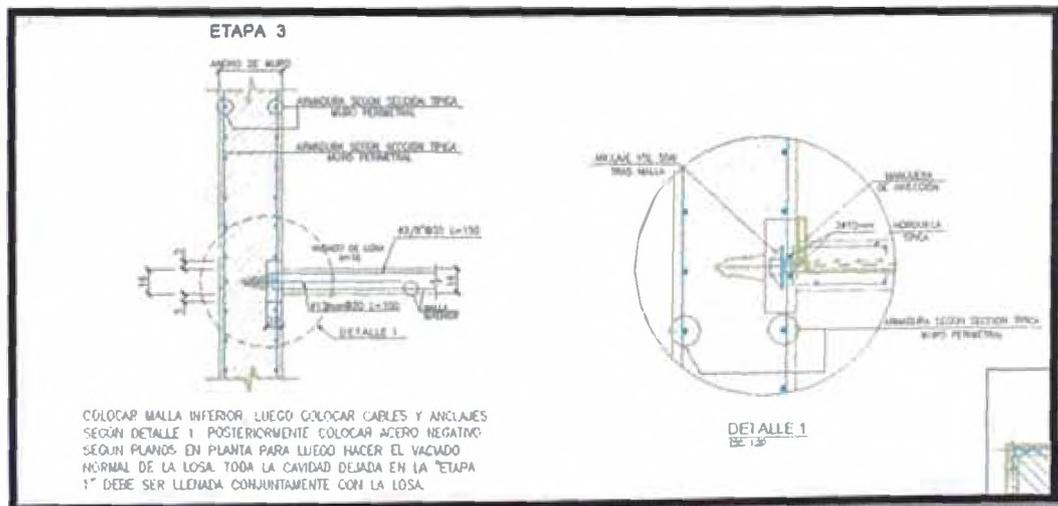


Figura N°24: Detalle de refuerzo de anclaje pasivo en muro.

- En cada borde de sector se colocara el refuerzo de las juntas de vaciado el cual se debe a las contracciones originadas en 2 sectores diferentes (Anexo: Plano LTP 08).

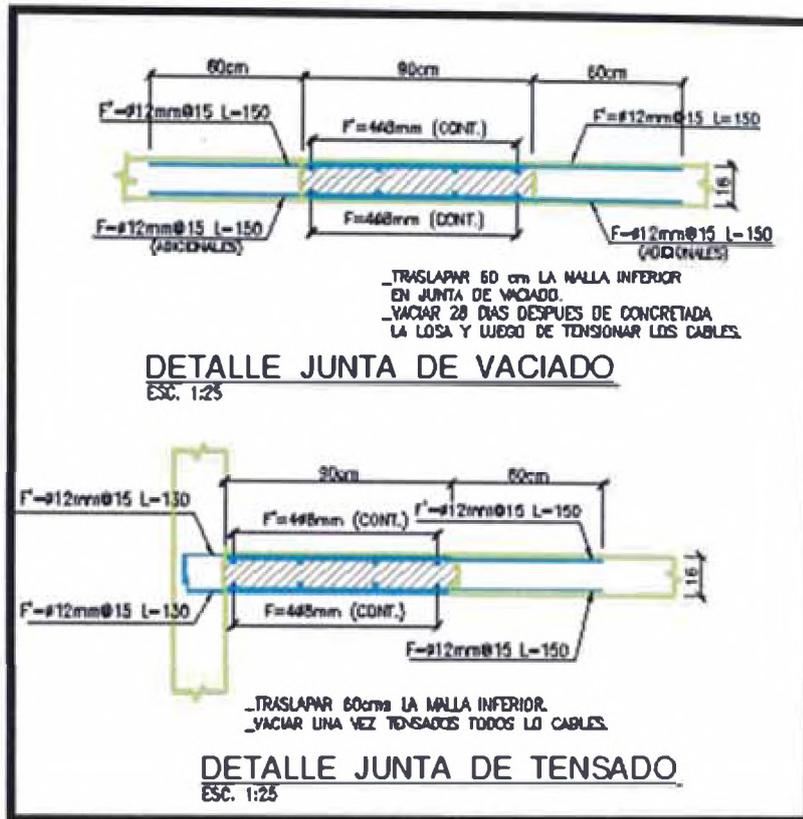


Figura N°25: Detalle de junta de vaciado y tensado.



Figura N°26: Colocación de acero de losa termina.

Luego de la colocación de acero de losa se procederá a realizar la colocación del cable postensado.

Actividad 3: Colocación de cable postensado

Duración: día 2- 12:00 p.m. a día 3-12:00 p.m.

Para la instalación de los cables postensados se deberá tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Se recomienda instalar el postensado antes que los conductos eléctricos y el comienzo de los trabajos mecánicos. La ubicación de los cables y su perfil deben mantenerse preferentemente a otras especialidades o materiales que deban ser incorporadas.
- Las desviaciones del perfil vertical o altura de soportes del cable se deben mantener con una tolerancia de 3 mm para losas con espesores bajo los 20 cm, +/- 8 mm para losas con espesores entre 20 cm y 60 cm y +/- 10 mm para losas con dimensiones mayores a 60 cm. El comportamiento de la losa es relativamente insensible a la ubicación horizontal del cable, sin embargo, es muy importante evitar que se produzcan desviaciones excesivas en el cable.

La colocación del cable postensado se ejecutara de la siguiente manera:

- Se iniciará marcando en el encofrado de borde, el centro de cada cable de acuerdo a los planos aprobados (Anexo: LTP 09). El encofrado de borde también ha de mostrar el tamaño del cono en aquellos lugares que puedan presentar conflicto.

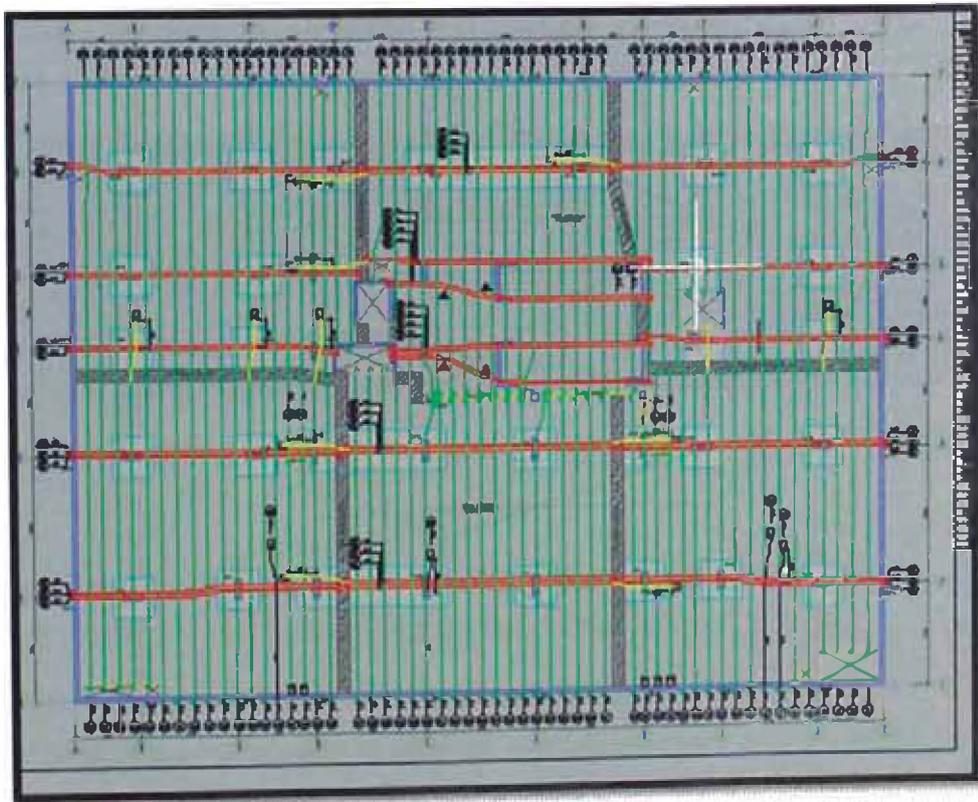


Figura N°27: Plano de planta de recorridos de cable postensado.

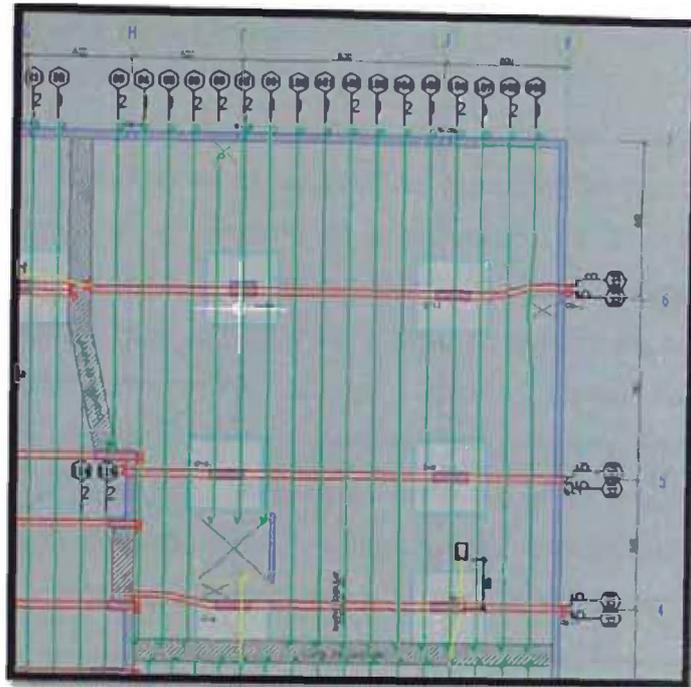


Figura N°28: Plano de planta de recorridos por sector

- En caso de existir conflictos y los anclajes no puedan ser colocados de acuerdo a planos, se deberán hacer los replanteos necesarios de la estructura sin modificar su capacidad portante (Anexo: LPT 01)

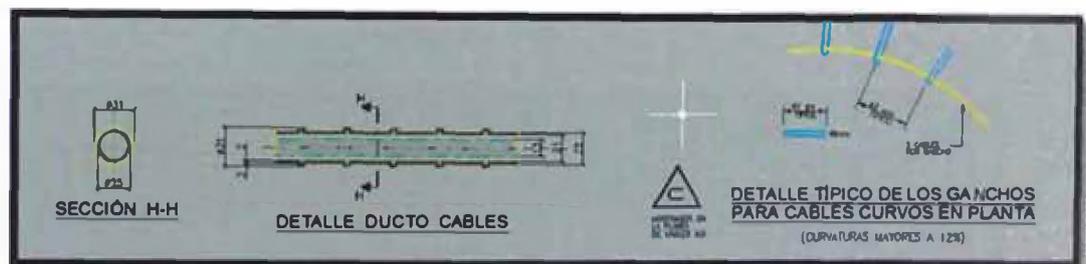


Figura N°29: Detalle de cambio de dirección en caso de interferencias.

- Perforar el encofrado de borde donde los anclajes activos han de ser colocados como se muestra en los planos correspondientes.
- Engrasar la punta del cono plástico que ha de ser introducido en el anclaje una el cono con el anclaje y posteriormente introduzca el conjunto en la perforación previamente realizada, clavando fuertemente este conjunto al eje del borde indicado. Deberá tenerse cuidado de fijarlo bien para evitar que se introduzca lechada en la

cavidad a ser usada por las cuñas. Es importante que el anclaje quede totalmente perpendicular al encofrado como se muestra en la Figura N° 30. Si se presentan obstrucciones, mover estas o desplazar suavemente el anclaje de su posición para evitarlas. Observar que en el proyecto de postensado, las dimensiones del equipo son conocidas (el gato tensor mide aproximadamente 55 cm), si vemos que el tensado no va a poder ser realizado, será necesario reubicar los anclajes según como se discutió anteriormente. En losas bandeadas, la ubicación horizontal de cables y anclajes normalmente no es crítica y se pueden realizar movimientos en este plano. Sin embargo, el perfil vertical es crítico y deberá mantenerse dentro de las tolerancias indicadas.

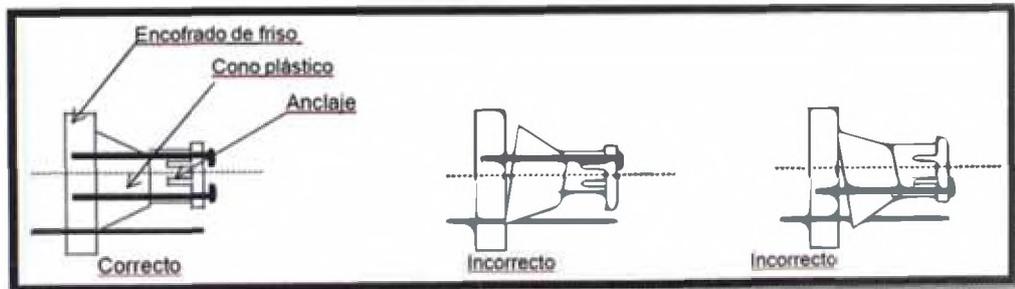


Figura N°30: Anclaje y Cono deberán colocarse perpendiculares a anclaje de piso.

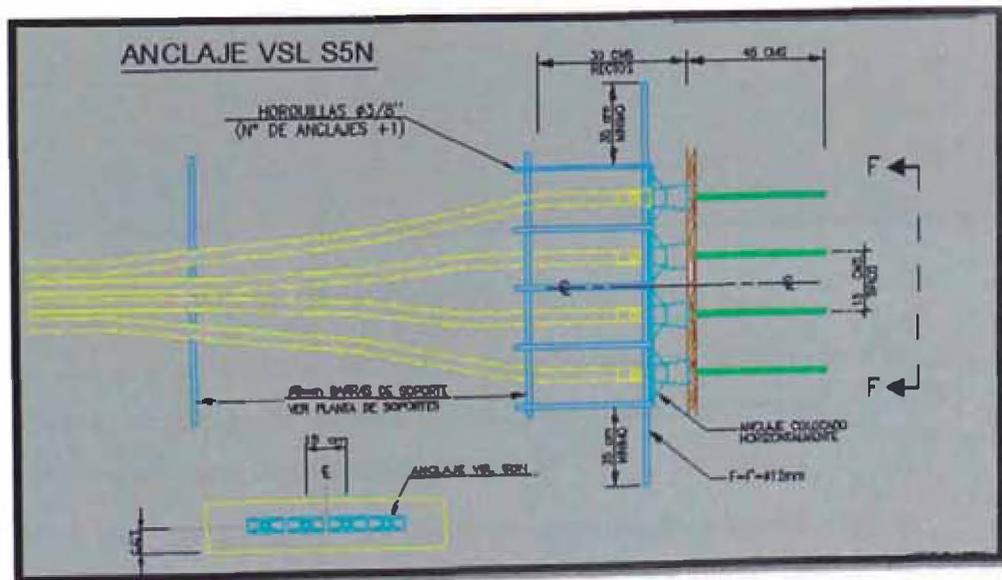


Figura N°31: Distribución del grupo de anclajes activos horizontal

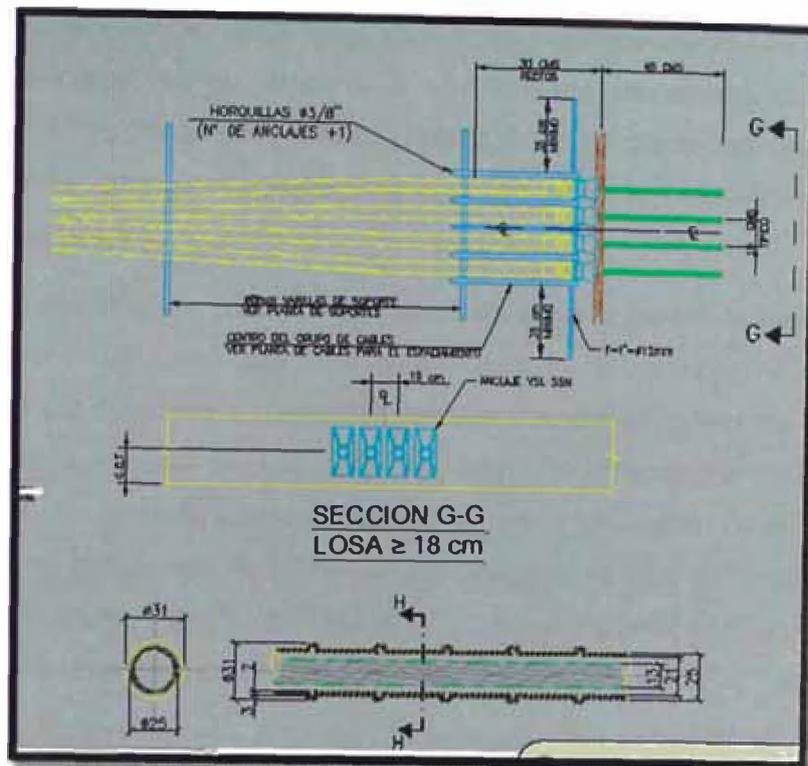


Figura N°32: Distribución del grupo de anclajes activos vertical.

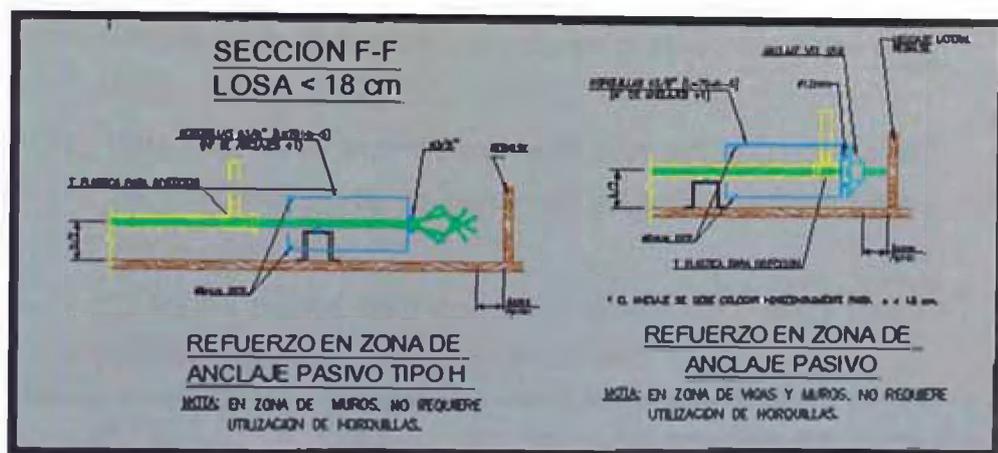


Figura N°33: Detalle del anclaje pasivo.

- Se deberá seleccionar el cable para el sector de trabajo de acuerdo al código de colores indicado en el plano correspondiente o en el despacho de bodega (Anexo: LTP 09)
- En losas con capiteles, se inicia la colocación partiendo de los cables uniformes sobre cada una de las columnas; luego se procede a colocar los cables de banda (cables de capitel) y finalizamos con los uniformes. Desenrolle los cables en su posición

desde el extremo del anclaje muerto (si existiese) hacia el extremo a tensionar. Si el cable va a ser tensado de ambos extremo, cuando se desenrolle, este se deberá dejar suficiente extremo libre a cada lado para poder proceder al tensado (45 cm mínimo especificado).

- Después que los cables estén colocados, se remueve la funda del extremo del cable que será tensionado, lo necesario y requerido para ser colocado a través del anclaje y encofrado de bode lateral correspondientes (Anexo: LTP 01), según lo mostrado en la Figura N°34. Se removerá solo el pedazo de funda necesario, de tal forma que no exista más de 3 cm de cable desnudo dentro del concreto a ser vaciado. Para ambientes muy corrosivos puede ser necesario colocar una protección plástica entre la funda y el anclaje.
- En general cuando se posicionan tanto los cables de banda como los uniformes hay que tener presente lo siguiente:
 - Para losas de espesor igual o mayor a 18 cm, los anclajes colocados en forma vertical no podrán tener una separación menor 10 cm.
 - Para losas cuyo espesor es menor a 18 cm, los anclajes han de colocarse en forma horizontal y su separación no debe ser inferior a 15 cm
 - Si en los planos del proyecto se indica algo distinto estos prevalecen sobre los puntos anteriores.

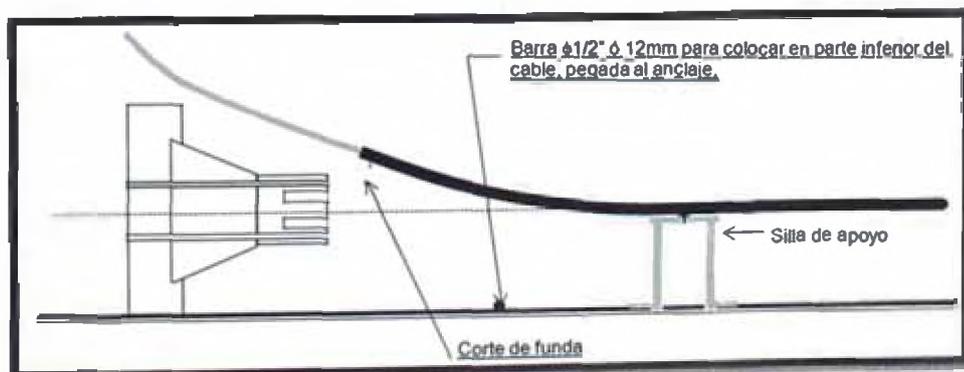


Figura N°34: Recortar la funda de cable hasta no más de 3 cm de la cara del anclaje.

- En caso que el extremo de los anclajes, ya sea pasivo o activo, no existía armadura vertical, se deberá proveer de horquillas de $\varnothing 8$ mm según Figura N°35 entre cada anclaje y por fuera de los anclajes extremos. Para un grupo de N anclajes se colocarán N+1 horquillas.

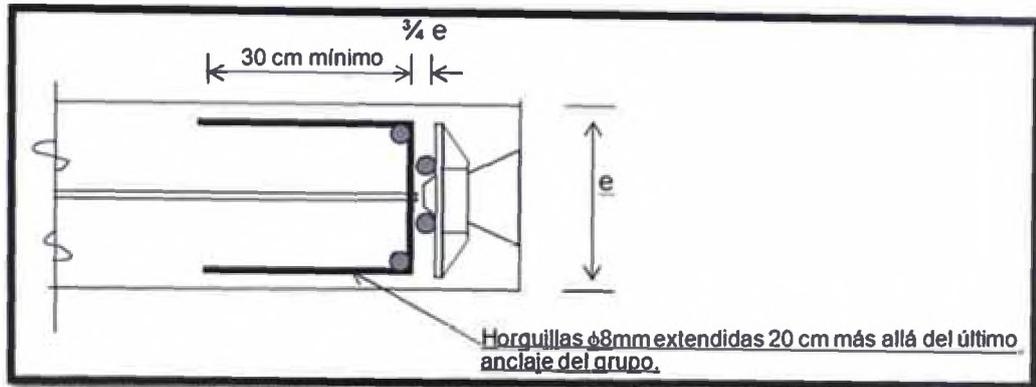


Figura N°35.- Posicionamiento de horquillas $\varnothing 8$ mm

- Para el caso de losas no adherentes, los cables que deban ser colocados en grupos (usualmente en las bandas) no deberán exceder de 5 cables cuando se trate de cables $\varnothing 0.5''$ ó 3 cables cuando se trate de cables de $\varnothing 0.6''$. En cables adherentes, se deberá generar grupos de máximo 2 cables cuya separación entre grupos será de al menos 3 cm, con el fin de permitir que el concreto fluya fácilmente por debajo de los mismos. Debe tenerse el cuidado de verificar que los cables no se encuentren cruzados a través de la losa. Se deberá mantener los cables lo más rectos que sea posible de acuerdo los planos de diseño, las curvas (ondas) en el tendido de los cables pueden originar fricciones mayores a las normales las cuales pueden verse reflejadas en elongaciones bajas al momento de tensar.
- El extremo de anclaje muerto debe ser asegurado en su posición utilizando para ello el refuerzo ($2 \varnothing 12$ mm ó $2 \varnothing \frac{1}{2}''$) y las sillas de apoyo indicados para los anclajes. Nunca clave este anclaje al encofrado perimetral, salvo indicación contraria del proyecto.
- Inspeccionar el perfil del cable y repare cualquier daño; ya sea al ducto, con el objeto de prevenir obstrucciones que impedirían su

posterior inyección; o a la funda, evitando el contacto del cable con el concreto que afectaría el libre tránsito del cable en este último.



Figura N°36.- Colocación de cable postensado terminado.



Figura N°37.- Vista de losa con cable postensado.

Actividad 4: Colocación de instalaciones eléctricas y sanitarias.

Duración: día 3 - 12:00 p.m. a 5:00 p.m.

Luego de culminar con la colocación de cable postensado, se proseguirá con la colocación de las instalaciones eléctricas y sanitarias según los planos del proyecto, en caso de existir interferencias con los cables postensados se modificara el recorrido, consultando al supervisor encargado de VSL, para hacer dicha modificación; sin alterar los puntos eléctricos y sanitarios que indican en los planos del proyecto.

Terminado la ejecución de todas las partidas anteriormente mencionas se procederá a realizar las liberaciones correspondientes a cada actividad, con los ingenieros y/o capataces encargados, conjuntamente con el área de calidad del proyecto. En caso existiera alguna observación en el proceso será levantada en el momento. Terminada las liberaciones de todas las actividades con calidad de obra, se procederá realizar la entrega a supervisión del proyecto.

Luego de que la supervisión de conformidad a las liberaciones se procederá a realizar la actividad de colocación de concreto.

Actividad 5: Colocación de concreto en losa postensada.

Duración: día 4 - 9:00 a.m. a 3:00 p.m.

La colocación del concreto se realizara con los recursos previamente dimensionados; la resistencia mínima del concreto a utilizar es $F'c=280\text{kg/cm}^2$ de acuerdo a las especificaciones técnicas de proyecto.

Se recomendará el siguiente procedimiento durante la colocación del concreto.

- El vaciado no debe iniciar a menos que los cables soportes y refuerzos tradicionales se encuentran de acuerdo a lo especificado en los planos aprobados.
- El concreto deberá ser colocado de tal manera que asegure la posición de los cables del postensado y no altere la posición del refuerzo tradicional. Si los cables se desplazan de su posición original se deberán regresar a su ubicación inicial, antes de seguir con el vaciado.

- El vibrado del concreto en la zona de anclajes es crítico para prevenir y eliminar cangrejeras y segregación. Debe tomarse las precauciones para el concreto vibrado por debajo de los anclajes y/o cables. Esto último es muy importante en el caso que se presenten paquetes de varios cables en la losa.

El vaciado de concreto se realizará mediante el uso de un camión bomba pluma estacionaria que será abastecido de concreto mediante camiones mixer, el personal del proveedor de concreto realizara el montaje y desmontajes de tuberías y manguera hasta el punto de vaciado. La cuadrilla de vaciado realizara el trabajo de colocación de concreto, vibrando sobre todo el área de la losa y especialmente en las zonas donde se encuentren los anclajes pasivos y activos para evitar problemas de segregación y cangrejeras, se realizara el vaciado controlando los niveles de la losa de acuerdo a las dimensiones especificadas en el proyecto. Finalmente se dará el acabado del piso en este caso barrido.



Figura N°38.- Colocación de concreto en losa postensada.



Figura N°39.- Vista de losa con acabado barrido.

Actividad 6: Tensado de losa. ($F'c$ mínimo = 180kg/cm²)

Duración: día 5 - 12:00 p.m. a 5:00 p.m.

La operación de tensado no puede comenzar mientras los cilindros de concreto curados bajo las condiciones de trabajo no hayan sido ensayados y su resistencia mínima sea 180kg/cm², la cual está indicada en las especificaciones del proyecto (Anexo: LPT 01: PLANO DE NOTAS GENERALES)

Antes de realizar el tensado se tendrá que verificar:

- El encofrado de borde de la losa deberá ser removido lo más pronto posible para así facilitar la extracción del cono plástico y la posterior limpieza de la cavidad. La actividad se facilita mientras menos edad tenga el concreto. El resto de los encofrados permanecerá en su lugar hasta después del tensado.
- Remueva el cono plástico.



Figura N°40.- Vista de cable postensado desencofrado.

- Verifique la integridad del concreto a ambos lados del cono y en toda la superficie expuesta. Si existieran: grietas, segregación cangrejas o cualquier otra anomalía NO TENSE se deberán hacer las reparaciones correspondientes.
- Remueva el exceso de grasa y cualquier polvo arena o pasta de concreto que se encuentre en la cola del cable. No es necesario lavar la cola de cable; solo se requiere remover el exceso de materiales de su superficie.

- Instale en forma definitiva el par de cuñas correspondientes. Asegúrese que la orientación de las cuñas sea tal que la nariz del gato pueda apoyarse completamente en ambas mitades de la cuña (normalmente esto se consigue uniendo verticalmente las dos cuñas).
- Usar un dispositivo para establecer una dimensión de referencia constante desde la cara del borde concreto. Use pintura en aerosol (spray) para establecer el punto de referencia de las medidas de la elongación (Anexo: LPT 01). Si existiera tensado en los dos extremos del cable, es importante marcarlos antes de iniciar el proceso de tensado. No sobrepinte, pues no se obtendrá una marca muy precisa.
- Encienda la bomba y realice la operación de sacar y meter el pistón para verificar que la bomba no tenga perdidas y que la nariz acuñadora entes funcionando correctamente (evite sacar el pistón hasta el fondo).

Luego de verificar lo mencionado, realizar el procedimiento de tensado de losa.

- El cable no debe ser tensado hasta que el concreto posea la resistencia especificada.
- Tensar lo cables según lo indicado en el proyecto, medir la elongación obtenida, comparar la elongación teórica versus la elongación obtenida y registrar los valores en el registro, si existiesen variaciones entre las elongaciones teóricas y las obtenidas por sobre las tolerancias permitidas, el tensado debe cesar hasta determinar las causas que la originan.
- El indebido cuidado y uso del equipo tensado, puede resultar en daño total o parcial al equipo y/o daño al personal que lo opera y/o personas que se encuentren en la cercanía de la zona de trabajo. Solo el personal calificado y consciente del manejo y de las precauciones debidas para realizar esta operación deberán encontrarse en el área de trabajo durante el tensado. El personal que tensa deberá permanecer fuera de la línea del cable que está

siendo tensado. Nunca se deberá permitir que alguien se pare en la vecindad del gato o entre el gato y la bomba mientras se tensa.

IDENTIFICACION GRUPO	CANT. CABLE	TIPO	TIPO DE CABLE	LARGO A TENSAR (m)			LONGITUD CABLE	ELONGACION (mm)			CODIGO DE COLORES
				TENS 1	TENS 2	TENS 3		TENS 1	TENS 2	TENS 3	
1-4	10	U	1	20.70			21.34 m	134			NEGRO
5	3	U	1	22.30			23.16 m	143			NEGRO-CORONDO
6-14	23	U	1	23.40			24.08 m	149			ALUMINIO
15-16	6	U	1	18.40			17.07 m	107			ROJAO
17	4	U	1	18.20			18.90 m	118			BLANCO-ROJO
18-32	38	U	1	22.20			22.86 m	143			NEGRO-ALUMINIO
33	2	U	1	21.80			22.23 m	138			BLANCO
34	2	U	1	22.90			23.77 m	147			ROJO
35-57	9	U	1	24.00			24.69 m	155			CELESTE
58	2	U	1	23.30			23.77 m	147			ROJO
39	2	U	2	23.20	4.70		25.80 m	148	23		VERDE-CORONDO
40-41	6	U	1	18.40			17.07 m	107			ROJAO
42-43	4	U	1	23.40			24.08 m	149			ALUMINIO
44	2	U	2	23.40	4.40		28.65 m	149	23		VERDE-CORONDO
45-50	14	U	1	23.40			24.08 m	149			ALUMINIO
61	2	U	1	22.20			22.86 m	143			NEGRO-ALUMINIO
62	2	U	2	22.20	4.40		27.43 m	143	23		NEGRO-ROJO
53-55	9	U	1	22.20			22.86 m	143			NEGRO-ALUMINIO
56-71	23	U	1	21.00			21.64 m	136			NEGRO-CELESTE
72	3	U	1	21.20			21.95 m	137			VERDE-ROJO
73	2	U	1	20.20			21.03 m	131			ALUMINIO-ROJO
74-75	3	U	1	19.60			20.12 m	127			VERDE-AMARILLO
76	2	U	1	14.80			15.54 m	97			BLANCO-MARANJA
77	2	U	1	19.60			20.42 m	127			BLANCO-AZUL
78	1	U	1	21.50			22.25 m	139			BLANCO
79	2	U	1	23.50			24.38 m	150			VERDE
80-86	10	U	1	23.40			24.08 m	149			ALUMINIO

Figura N°41.- Tabla para cables postensados.

- El gato y la bomba deberán amarrarse a algún elemento fijo, para prevenir que el equipo sea expulsado fuera de la construcción en caso fallase un cable durante el tensado. Esto se debe cumplir cuando se trabaja sobre andamios y/o en el perímetro exterior de los edificios.
- Si la elongación del cable es mayor que la carrera del pistón, se deberán llevar a cabo estiramientos adicionales. Deberá tenerse el cuidado de no abrir completamente el gato en el primer estiramiento. Cuando usamos un gato de 20 cm de carrera, tratar de dejar aproximadamente 15 cm para la última estirada (Anexo: LTP 09).
- Después de retirar el gato del cable, coloque el dispositivo de marca apoyado en la superficie de concreto, mida la distancia entre el borde del dispositivo y la marca de referencia lo más preciso posible y anótelo en el registro de tensado, esta distancia será la elongación real obtenida del cable. Esta elongación deberá ser comparada con el valor teórico indicado en los planos.

CAPÍTULO IV: RENDIMIENTOS POR PARTIDAS.

Se analizara los rendimientos a partir de la sectorización y dimensionamiento de cuadrillas para cada actividad.

4.1. SECTORIZACION Y DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS.

4.1.1. SECTORIZACIÓN DE LOSAS DE POSTENSADAS

Se deberá sectorizar de tal manera que la cantidad de volumen de trabajo y grado de complejidad de las actividades asociadas estén distribuidas equitativamente.

Según la secuencia de actividades las cuadrillas a analizar serian la de acero, encofrado y concreto ; las cuales forman parte de las partidas críticas en etapa de estructuras tanto en mano de obra como equipos y materiales.

Cuadro N°4: Sectorización de losas etapa de estructuras

ENCOFRADO DE LOSAS		
SECTOR	METRADO	UNIDAD
Sector 1	449.18	m2
Sector 2	434.18	m2
Sector 3	420.14	m2
Sector 4	430.30	m2
Sector 5	390.61	m2
Sector 6	451.57	m2
TOTAL	2,575.98	m2

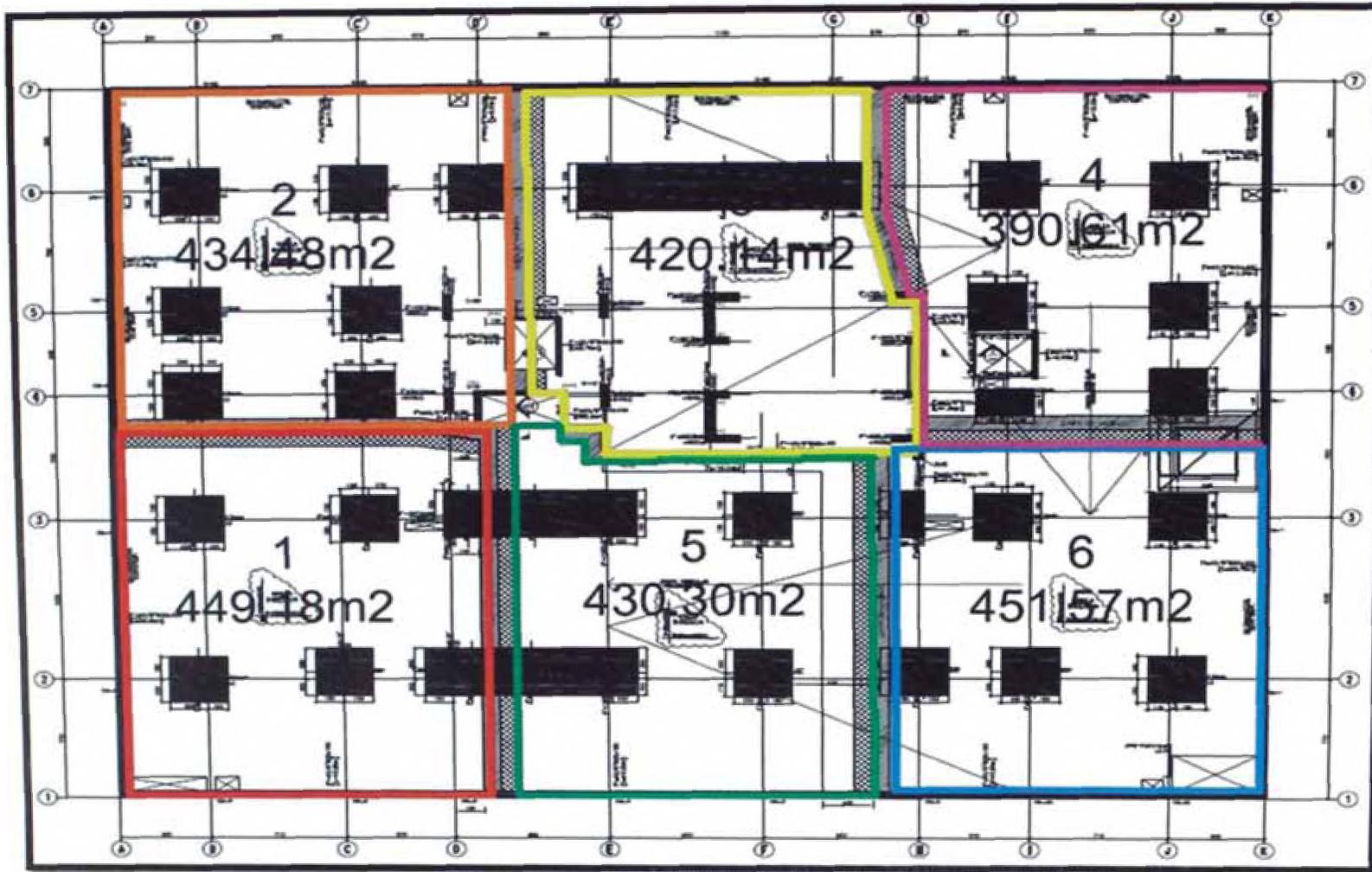


Figura N°42.- Vista de sectorización de losas etapa de estructuras.

4.1.2. DIMENSIONAMIENTO DE CUADRILLAS.

➤ Cuadrilla de encofrado de losa:

El dimensionamiento se realizara a partir de la sectorización escogida con los ratios metas pactadas. La cuadrilla de encofrado de losa es que inicia la ejecución del sistema de losa postensada.

Estará a cargo del capataz carpintero y estará conformado por carpinteros cuyas categorías serán operarios, oficiales y ayudantes. Es cuadrilla la cual marca el ritmo de producción y el horizonte de programación.

Cuadro N°5: Dimensionamiento de cuadrilla de encofrado de losas

1 ENCOFRADO DE LOSAS										RATIO META	0.55	HH/M2
SECTOR	METRADO	UNIDAD	n° sectores	HORAS/OB	RATIO META	CANT. DE HORAS	NRO. DE OBREROS	N.RO DE PAREJAS		RATIO CONTRACTUAL	0.40	HH/M2
Sector 1	449.18	m2	1.00	10.50	0.55	247.05	24	12				
Sector 2	434.18	m2	1.00	10.50	0.55	238.80	23	11				
Sector 3	420.14	m2	1.00	10.50	0.55	231.08	22	11		N° de personas = 22		
Sector 4	430.30	m2	1.00	10.50	0.55	236.67	23	11		N° de parejas = 11		
Sector 5	390.61	m2	1.00	10.50	0.55	214.84	20	10				
Sector 6	451.57	m2	1.00	10.50	0.55	248.36	24	12				
TOTAL	2,575.98	m2		PROMEDIO =	429.33 m2							

➤ **Cuadrilla de colocación de acero de losa:**

El dimensionamiento de la cuadrilla de acero estará en función a la sectorización escogida. La cuadrilla estará direccionada por el capataz de acero y la cuadrilla contará con categorías de operarios, oficiales y ayudantes.

El cálculo del dimensionamiento estará en función a los ratios metas pactadas, que será menor a los ratios del presupuesto contractual.

Cuadro N°6: Dimensionamiento de cuadrilla de colocación de acero en losa

4 ACERO EN LOSAS POSTENSADA										RATIO META:	0.030	HH/KG
SECTOR	METRADO	UNIDAD	n° sectores	HORAS/OB	RATIO	CANT. DE HORAS	NRO. DE OBREROS	N.RO DE PAREJAS		RATIO CONTRACTUAL:	0.033	HH/KG
Sector 1	2,142.59	KG	1.00	10.50	0.030	64.28	6	3				
Sector 2	2,071.04	KG	1.00	10.50	0.030	62.13	6	3				
Sector 3	2,004.07	KG	1.00	10.50	0.030	60.12	6	3		N° de personas =	6	
Sector 4	2,052.53	KG	1.00	10.50	0.030	61.58	6	3		N° de parejas =	3	
Sector 5	1,863.21	KG	1.00	10.50	0.030	55.90	5	3				
Sector 6	2,153.99	KG	1.00	10.50	0.030	64.62	6	3				
TOTAL	12,287.42	KG			PROMEDIO =	2,047.90 kg						

➤ **Cuadrilla de colocación de concreto en losa postensada:**

El dimensionamiento de la cuadrilla de concreto estará en función a la sectorización escogida. La cuadrilla estará direccionada por el capataz de concreto y la cuadrilla contara con categorías de operarios, oficiales y ayudantes.

El cálculo del dimensionamiento estará en función a los ratios metas pactadas, que será menor a los ratios del presupuesto contractual. El grado de dificultad del ratio también se considera que el concreto de los capiteles son de una resistencia diferente $F'c = 480 \text{ kg/cm}^2$ el cual es diferente a la losa $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.

Cuadro N°7: Dimensionamiento de cuadrilla de colocación de concreto en losa.

CONCRETO EN LOSAS POSTENSADA										RATIO META:	1.40 HH/M3
SECTOR	METRADO	UNIDAD	n° sectores	HORAS/OB	RATIO	CANT. DE HORAS	NRO. DE OBREROS	N.RO DE PAREJAS		RATIO CONTRACTUAL:	1.56 HH/M3
Sector 1	80.85	m3	1.00	10.50	1.40	113.19	11	5			
Sector 2	78.15	m3	1.00	10.50	1.40	109.41	10	5			
Sector 3	75.63	m3	1.00	10.50	1.40	105.88	10	5		N° de personas =	10
Sector 4	77.45	m3	1.00	10.50	1.40	108.44	10	5		N° de parejas =	5
Sector 5	70.31	m3	1.00	10.50	1.40	98.43	9	5			
Sector 6	81.28	m3	1.00	10.50	1.40	113.80	11	5			
TOTAL	463.68	m3		PROMEDIO =	77.28 m3						

4.2. ANÁLISIS DE RENDIMIENTOS POR ACTIVIDADES.

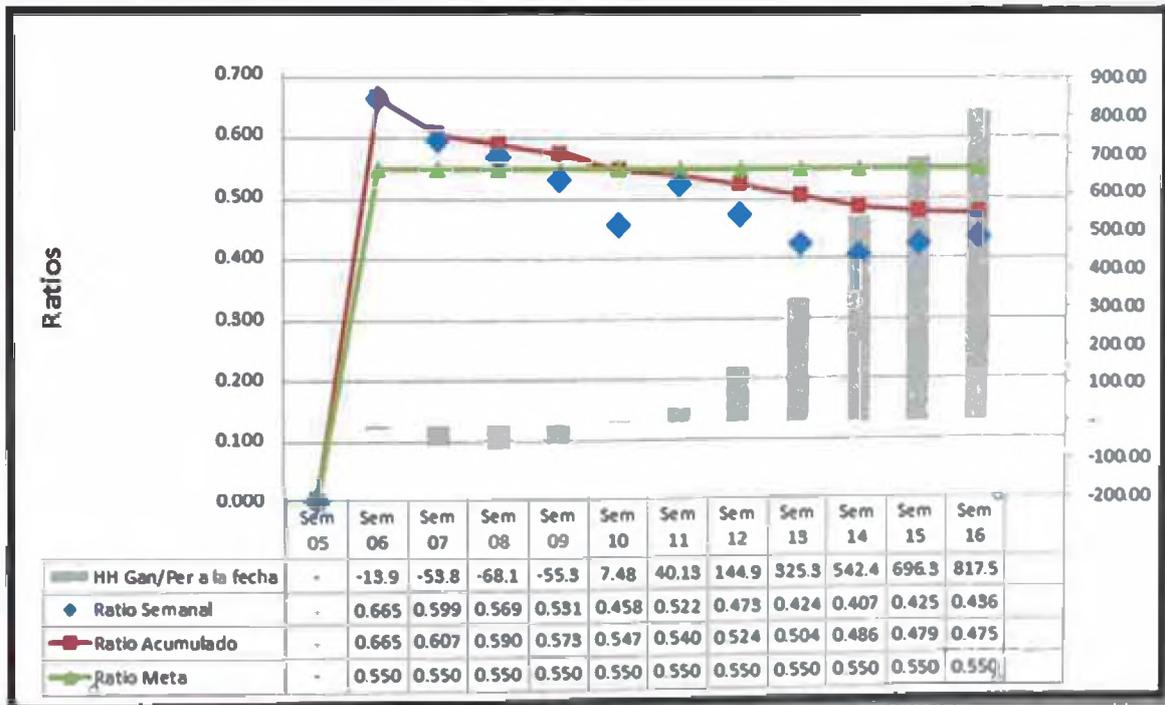
Se analizará los rendimientos de las actividades más incidentes en costo y plazo; las cuales son las partidas de encofrado, acero y concreto.

a. Grafico comparativo de productividad de la cuadrilla de encofrado de losa de techo.

Se analizará el los ratios obtenidos semanalmente para poder identificar si se tiene una ganancia o perdida en la partida analizada, en caso se tenga perdida se analizaran las posibles causas de ratios elevados (causas de incumplimiento o restricciones).

Se analizar el ratio acumulado ya que este indica como se ha ido mejorando o empeorando la gestión de productividad. También este indicador nos dará a conocer cuál es la tendencia del ratio al finalizar la etapa de estructuras de la actividad analizada.

Cuadro N°8: Grafico comparativo de productividad para partida de encofrado de losa de techo.



Cuadro N°9: Tabla de ratios obtenidos de encofrado de losa de techo.

➤ La

Ratio de encofrado de losa			
Item	Semana	Ratio semanal	Ratio acumulado
1	Sem 06	0.67	0.67
2	Sem 07	0.60	0.61
3	sem 08	0.57	0.59
4	Sem 09	0.53	0.57
5	Sem 10	0.46	0.57
6	Sem 11	0.52	0.54
7	Sem 12	0.47	0.52
8	Sem 13	0.42	0.50
9	Sem 14	0.41	0.49
10	Sem 15	0.43	0.48
11	Sem 16	0.44	0.48
12	Sem 17	0.44	0.47
13	Sem 18	0.45	0.47
14	Sem 19	0.40	0.47
15	Sem 20	0.31	0.46

Ratio acumulado 0.46 HH/m²

curva de ratios obtenidos se observara que en un inicio el ratio estaba por encima del meta, esto debido a se necesita un tiempo para que la cuadrilla se familiarizase con el sistema de encofrado para losa postensada.

- La curva de tendencia para la actividad muestra cómo se va mejorando el ratio y al cierre de la etapa de estructuras estará por debajo del meta.
- El ratio acumulado obtenido hasta el momento representa 12% por debajo del ratio meta de 0.55 hh/m².
- En caso de un sistema de losa convencional para el mismo proyecto el ratio meta es 0.95 hh/m² (estructura de torre), que representa 52% por debajo de este valor.

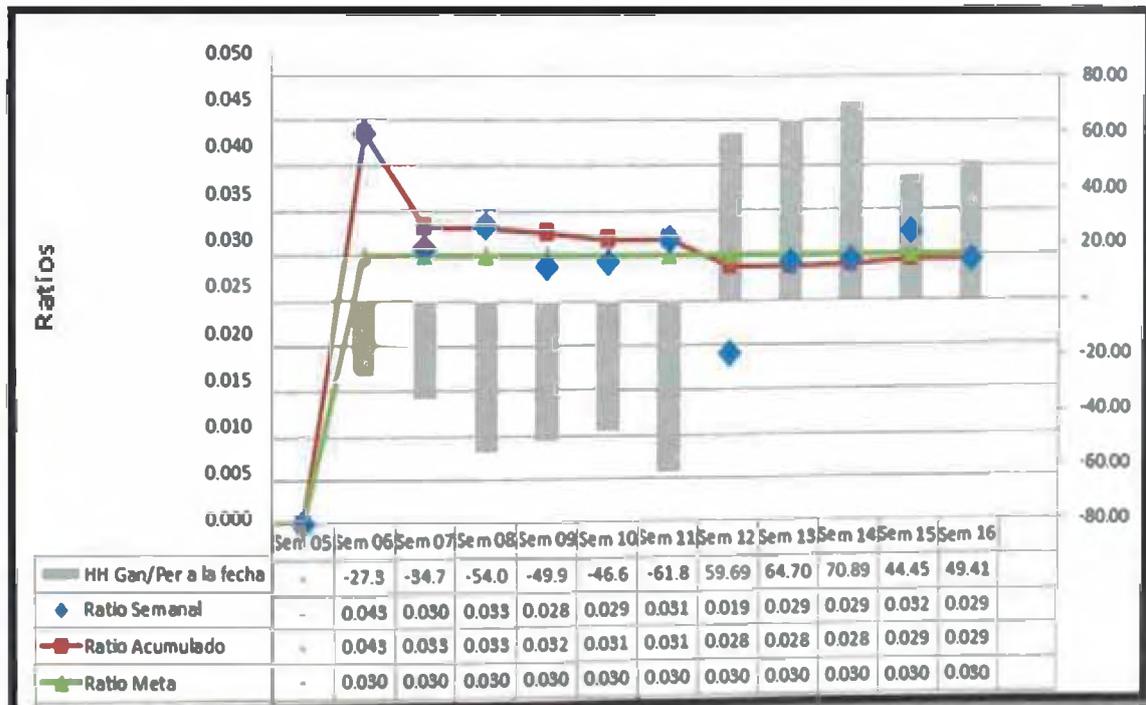
- En la etapa de estructuras el encofrado de losa es considerada como el “cuello de botella”, con el uso de este sistema se apreciará como esta partida se podrá desarrollar en menos tiempo.

b. Grafico comparativo de productividad de la cuadrilla de colocación de acero de losa.

Se deberán analizar los ratios obtenidos semanalmente para poder identificar si se tiene una ganancia o pérdida en la partida analizada, en caso se tenga perdida se analizaran las posibles causas de ratios elevados (causas de incumplimiento o restricciones).

Se analizar el ratio acumulado ya que este indica como se ha ido mejorando o empeorando la gestión de productividad. También este indicador nos dará a conocer cuál es la tendencia del ratio al finalizar la etapa de estructuras de la actividad analizada.

Cuadro N°10: Grafico comparativo de productividad para partida de colocación de acero en losa de techo.



Cuadro N°11: Tabla de ratios obtenidos de colocación de acero en losa de techo.

Ratio de colocación de acero en losa			
Item	Semana	Ratio semanal	Ratio acumulado
1	Sem 06	0.044	0.043
2	Sem 07	0.031	0.033
3	sem 08	0.033	0.033
4	Sem 09	0.029	0.032
5	Sem 10	0.029	0.031
6	Sem 11	0.032	0.031
7	Sem 12	0.019	0.028
8	Sem 13	0.029	0.028
9	Sem 14	0.030	0.028
10	Sem 15	0.033	0.029
11	Sem 16	0.030	0.029
12	Sem 17	0.030	0.030
13	Sem 18	0.030	0.030
14	Sem 19	0.030	0.030
15	Sem 20	0.032	0.030

Ratio acumulado	0.030 HH/Kg
------------------------	--------------------

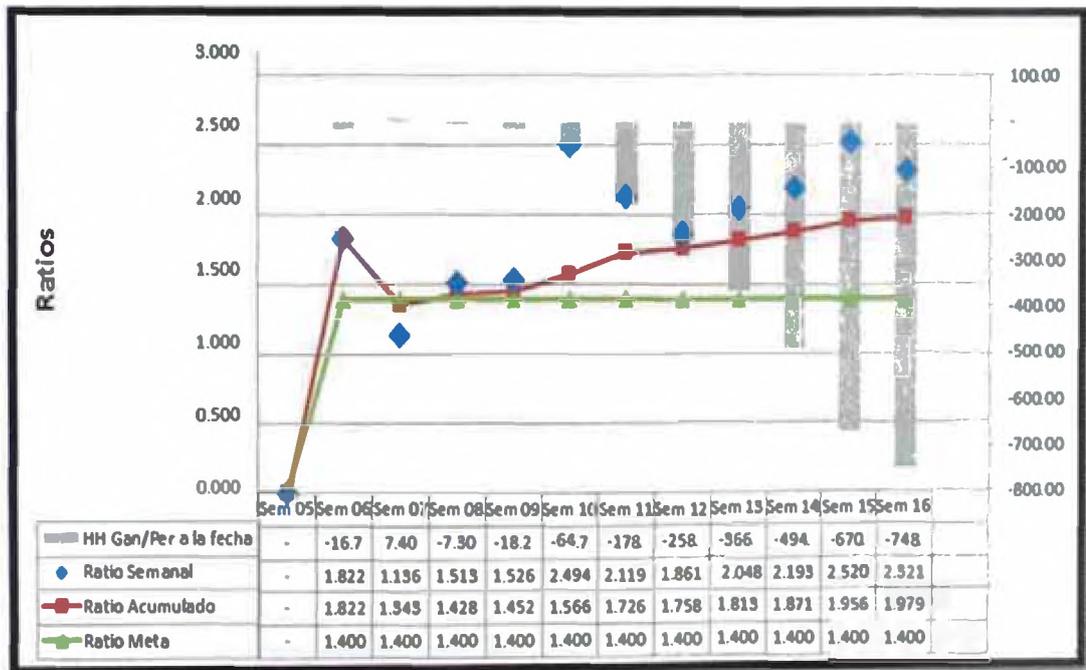
- La curva de ratios obtenidos se observara que en un inicio el ratio estaba por encima del meta, esto debido a se necesita un tiempo para que la cuadrilla se familiarizase con el sistema de losa postensada.
- La actividad de colocación de acero no varía mucho de las losas convencionales, ya el trabajo es similar a la colocación de una losa maciza de una sola malla en 2 direcciones.
- La curva de tendencia para la actividad muestra cómo se va mejorando el ratio y al cierre de la etapa de estructuras estará por debajo del meta.
- El ratio acumulado obtenido hasta el momento, representa 9% por debajo del ratio meta de 0.033 hh/kg.
- El ratio de acero colocado por m² en el sistema de losa postensada para este proyecto es 4.77Kg/m² (estructura de sótanos) y el ratio de sistema de losa convencional 19,84

Kg/m². (estructura de torre). Se podrá decir que la cantidad de acero de losa postensada representa el 24% de acero con sistema de losa convencional.

c. Grafico comparativo de productividad de la cuadrilla de colocación de concreto en losa.

Se deberán analizar los ratios obtenidos semanalmente para poder identificar si se tiene una ganancia o pérdida en la partida analizada, en caso se tenga perdida se analizaran las posibles causas de ratios elevados (causas de incumplimiento o restricciones).

Cuadro N°12: Grafico comparativo de productividad para partida de colocación de concreto en losa de techo.



- En la curva se observa como el ratio se va elevando según cómo pasan las semanas, esto se debe al momento de presupuestar el ratio del presupuesto no se tomó en cuenta los picados perimetrales para descubrir los refuerzos de la losa postensada, este actividad extra obligo a aumentar la cuadrilla de concreto en 80%, lo cual conlleva en aumentar el ratio.

Cuadro N°13: Tabla de ratios obtenidos de colocación de concreto en losa de techo.

Ratio de concreto de losa			
Item	Semana	Ratio semanal	Ratio acumulado
1	Sem 06	1.82	1.82
2	Sem 07	1.14	1.34
3	sem 08	1.51	1.43
4	Sem 09	1.53	1.45
5	Sem 10	2.49	1.57
6	Sem 11	2.12	1.73
7	Sem 12	1.86	1.76
8	Sem 13	2.05	1.81
9	Sem 14	2.19	1.87
10	Sem 15	2.52	1.96
11	Sem 16	2.31	1.98
12	Sem 17	2.10	2.02
13	Sem 18	2.14	2.07
14	Sem 19	2.33	2.05
15	Sem 20	2.32	2.08

Ratio acumulado 2.08 HH/m³

- El ratio acumulado está por encima del ratio meta. Primero por aumentar la cuadrilla en 80% y segundo porque los tipos de concretos de losa ($F'c=280 \text{ kg/cm}^2$.) y los capiteles ($F'c= 480 \text{ Kg/cm}^2$.) eran diferentes, esto ocasiona que al momento de ejecutar los trabajos uno se realizaba con bomba estacionaria y el segundo con grúa torre.
- Se deberá iniciar los vaciados de losa de techo por las mañanas, debido a que los volúmenes son altos y evitar la variabilidad en la llegada de mixer de concreto, ya que la espera de unidades originan tiempos improductivos en la cuadrilla que ejecuta el trabajo.)
- A este ratio no se le está considerando el acabado que se le tiene que dar a piso, esto será realizado por una sub-contrata.

- Los equipos que se van utilizar para la colocación de concreto influyen en el ratio final, debido a que es más eficiente ejecutar la actividad con bomba estacionara, cuyo rendimiento es 20m³/hm a utilizar un torre grúa cuyo rendimiento es 5 m³/ hm (rendimientos obtenidos en el proyecto Park Office – La Molina).

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOSA POSTENSADA PARA REDUCIR EL PLAZO DE EJECUCIÓN.

5.1. ANÁLISIS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOSA POSTENSADA

Se analizara a partir de la composición de la secuencia de actividades para poder identificar duración de cada una de las actividades que lo conforman, para que posteriormente analizar la duración del sistema en conjunto.

Cuadro N°14: Secuencia de actividades de losa postensada dividida en mañana y tarde.

TREN LOSA POSTENSADA	DIA -7		DIA 1		DIA 2		DIA 3		DIA 4		DIA 5		DIA 6	
	am	pm	am	pm	am	pm	am	pm	Am	pm	am	Pm	am	pm
LOSA POSTENSADA														
Encofrado de fondo de losa			S1	S1										
Colocación de acero de losa					S1	S1								
Colocación de cable postensado						S1	S1							
Acero de 2da malla de refuerzo en junta de vaciado							S1							
Colocación de IIEE y IISS								S1						
Colocación de concreto en losa									S1					
Tensado de losa a $F_c = 180 \text{ Kg/cm}^2$													S1	
Tiempo de duración del ciclo				1		2		3		4		5		6

Se deberá plantear la secuencia de actividades en espacios de tiempo, dividiendo el día en mañana y tarde; esto para poder optimizar los tiempos de ejecución.

De acuerdo a lo planteado se observa que el ciclo de la secuencia de actividades son 4 días, sin contar la actividad de desencofrado esta actividad se podrá obviar de la secuencia alquilando 1 sector más de encofrado. En caso se quisiera optimizar y anular la espera tecnológica se podría tensar al día siguiente de realizado la actividad de colocación de concreto, cambiando la resistencia del concreto de $F_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ a $F_c = 500 \text{ Kg/cm}^2$; pero esto incurriría en un sobre costo a la partida de concreto por el cambio de resistencia.

Cuadro N°15: Secuencia de actividades de losa postensada por día.

TREN LOSA POSTENSADA	D-7	D1	D2	D3	D4	D5	D6
LOSA POSTENSADA							
Encofrado de capiteles y fondo de losa		S1					
Colocación de acero de losa			S1				
Colocación de cable postensado			S1				
Acero de 2da malla				S1			
Colocación de IIEE y IISS				S1			
Colocación de concreto en losa					S1		
Tensado de losa a $F_c = 180 \text{ Kg/cm}^2$							S1
Tiempo de duración del ciclo		1	2	3	4	5	6

Realizado el análisis de la secuencia de actividades dividiendo el día en 2 partes se procederá a realizar la secuencia consolidada por día. A partir de esta secuencia planteada se procederá a aplicarlo en el proyecto y realizar el cronograma de sótanos planteando un hito de finalización.

En el proyecto se aplicó la secuencia de actividades planteada. En un inicio se sectorizaron 12 sectores similar al sistema de losa convencional (losa aligerada y maciza), con sectores en promedio de 215 m². Al culminar el sótano 6 debido a la rapidez de ejecución en todas las actividades asociadas, se replanteo la sectorización en 6 sectores con áreas promedio de 430 m², con este replanteo en la sectorización se plateará como hito de finalización de sótanos el 26/06/14.

En el cuadro se aprecia las últimas 3 semanas de ejecución de la losa postensada, en la cual la fecha de finalización de estructura de sótanos es 27/06/14.



Figura N°43.-Vista último vaciado de losa.

En la fotografía se muestra el último vaciado de losa de sótano 25/06/14, lo cual indica que se finalizó la estructura de sótanos 1 día antes de hito propuesto.

Esto demuestra la rapidez del sistema de losa postensada acortando los tiempos de ejecución en etapa de estructuras.

5.2. ANÁLISIS DEL SISTEMA CONSTRUCTIVO DE LOSA TRADICIONAL

El sistema de losa convencional está conformado por vigas y losas aligeradas o macizas según como indiquen los planos del proyecto. La secuencia de actividades de este sistema se describirá a continuación:

Cuadro N°17: Secuencia de actividades de sistema de losa tradicional (PROYECTO-SHAMROCK EL RANCHO- GyM).

LOSA ALIGERADA	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8
VIGAS									
Encofrado fondo de viga + 01 costado				S1					
Acero viga					S1				
LOSA									
Apuntalamiento de losa; asentado de ladrillos de techo					S1				
Acero losa + IIEE IISS						S1			
Concreto losa							S1		
Desenfofrado y re-apuntalamiento de losa									S1
Tiempo de duración del ciclo				1	2	3	4	5	6

Se aprecia que en comparación del sistema de losa postensada se adicional las actividades de:

- Encofrado de fondo de losa y costado.
- Acero de vigas.

Actividades que se tendrán que ejecutar con mayor cantidad de recursos de mano de obra equipos y materiales. También en la ejecución de la losa se tendrán que realizar la actividad de:

- Asentado de ladrillos de techo.

Actividad que contara con sus recursos de mano de obra, materiales y equipos para su ejecución.

Las áreas promedio con la cual se ejecuta el sistema de losa tradicional son de 180m² a 220 m². Debido a que ejecutar sectores más grandes aumenta la variabilidad y reducen el cumplimiento del plan diario y semanal.

Se mostrara el análisis de áreas de sectorización para el proyecto SHAMROCK- EL RANCHO- GyM.

Cuadro N°18: Tabla de áreas techadas por niveles (PROYECTO-SHAMROCK EL RANCHO- GyM).

CUADRO DE AREAS Y SECTORES ESTRUCTURAS	he (m)	NPT	AT (m²)	BI	BII	BIII	BV	BVI
Techos		18.70	-					
Techos	3.00	15.70	908.42	-	-	407	502	-
Azotea	3.00	12.70	3,943.08	320	517	1,036	1,322	749
Piso 4	3.00	9.70	6,321.59	804	1,292	1,065	1,369	1,792
Piso 3	3.00	6.70	6,535.97	828	1,315	1,117	1,432	1,845
Piso 2	3.00	3.70	6,652.24	828	1,384	1,108	1,424	1,909
Piso 1	3.00	0.70	7,570.58	860	1,376	1,469	1,941	1,924
Sótano 1	3.00	-2.30	8,236.29	844	1,804	1,280	2,019	2,291
Sótano 2	3.00	-5.30	4,514.94	907	1,528	-	-	2,080
AREA TOTAL (m²)			44,683	5,391	9,216	7,481	10,007	12,588

Cuadro N°19: Tabla de sectores por bloques. (PROYECTO-SHAMROCK EL RANCHO- GyM).

BLOQUE I		BLOQUE II		BLOQUE III		BLOQUE V		BLOQUE VI	
SECT	Ar/Sec	SECT	Ar/Sec	SECT	Ar/Sec	SECT	Ar/Sec	SECT	Ar/Sec
0	-	0	-	3	136	3	167	0	-
2	160	3	172	6	173	8	165	9	83
4	201	7	185	6	177	8	171	9	199
4	207	7	188	6	186	8	179	9	205
4	207	7	198	6	185	8	178	9	212
4	215	7	197	8	184	11	176	9	214
5	169	9	200	7	183	11	184	12	191
5	181	8	191	0	-	0	-	12	173
28	190	48	188	42	181	57	176	69	186

De los datos obtenidos las áreas de cada sector están en el rango de 180m² a 200m².



Figura N°44.-Vista de torre aplicando sistema de losa tradicional. (PROYECTO PARK OFFICE – LA MOLINA)

Se observa como en el sistema tradicional está conformado por elementos estructurales de vigas, losas aligeradas y macizas. También se observan las actividades de:

- Encofrado de fondo de viga y costados.
- Colocación de acero de vigas y losa.
- Encofrado de fondo de losa.
- Colocación de ladrillos de techo.

5.3. ANÁLISIS DEL COMPARATIVO ENTRE LOSA POSTENSADA Y LOSA TRADICIONAL

La comparación se analizara a partir del punto de vista del plazo, ya que ejecutar sectores de mayor área y poca cantidad de recursos, repercute en tener menos sectores por nivel y como consecuencia ejecutar cada piso en menos tiempo.

➤ **Comparativo de sectorización entre losa postensada y tradicional.**

Se realizara la comparación entre sectores de un sistema de losa postensada y losa tradicional, para poder apreciar las áreas a ejecutar por sistema.

Cuadro N°20: Comparativo entre sectores de losa postensada y losa convencional.

SECTORIZACIÓN DE LOSA POSTENSADA		
Sector	Metrado	Unidad
Sector 1	449.18	m2
Sector 2	434.18	m2
Sector 3	420.14	m2
Sector 4	430.3	m2
Sector 5	390.61	m2
Sector 6	451.57	m2
TOTAL	2,575.98	m2

Sector promedio	429.33	m2
------------------------	---------------	-----------

SECTORIZACIÓN DE LOSA TRADICIONAL		
N° de Sectores	Metrado	unidad
0	-	
2	160.21	m2
4	201.05	m2
4	206.88	m2
4	206.97	m2
4	215.07	m2
5	168.78	m2
5	181.36	m2
28	189.53	m2

Sector promedio	192.53	m2
------------------------	---------------	-----------

Fuente: Proyecto-Park Office

Fuente: Proyecto-Shamrock

Se puede apreciar que con la secuencia de actividades planteada se pueden ejecutar sectores 122% más grandes que un sistema tradicional y en consecuencia ejecutar cada nivel en la mitad de tiempo.

El problema de ejecutar sectores de mayor área es que aumenta la cantidad de recursos invertidos, aumentando la variabilidad y disminuyendo el porcentaje de cumplimiento diario y semanal.

➤ **Comparativo de cuadrillas entre losa postensada y tradicional.**

Se compara la cantidad de recursos en mano de obra utilizado para ambos sistemas.

Cuadro N°21: Comparativo de cuadrillas necesarias para cada sistema.

DIMENSIONAMIENTO DE LOSA POSTENSADA		DIMENSIONAMIENTO DE LOSA TRADICIONAL	
Descripción	N° de personas	Descripción	N° de personas
Encofrado	22	Encofrado	22
Acero	6	Acero	12
Albañiles	10	Albañiles	10
Total	38	Total	44

Fuente: Proyecto-Park Office

Fuente: Proyecto-Shamrock

Se puede apreciar que para cumplir con un sector de losa postensada de 429 m² se necesitan 38 personas. En caso del sistema tradicional para poder ejecutar 192 m² se necesitan 44 personas.

Se aprecia que la cantidad de recursos en mano de obra de una losa postensada representa el 86.36% del sistema tradicional.

➤ **Comparativo de materiales empleados por sector para la losa postensada y tradicional.**

Se compara la cantidad de metrado por actividad empleada en cada sector tanto para la losa postensada como la tradicional.

Cuadro N°22: Metrado por sectores en losa postensada

METRADOS POR SECTORES DE LOSA POSTENSADA		
Descripción	Metrado	unidades
Encofrado de fondo de losa postensada	429.33	m²
Acero de losa postensada	2047.9	Kg
Concreto de losa postensada	77.85	m³

Se analizará los metrados de las actividades críticas, para la ejecución de la losa postensada.

Cuadro N°23: Metrado por sectores en losa tradicional.

METRADOS POR SECTORES DE LOSA TRADICIONAL		
Descripción	Metrado	unidades
Encofrado de fondo de losa tradicional	192.53	m2
Acero de losa tradicional	3935.5	Kg
Concreto de losa tradicional	44.28	m3
Colocación de ladrillos de techo	752	Unid

Se puede apreciar lo siguiente:

- El metrado ejecutable para la actividad de encofrado de fondo de losa para la losa postensada representa el 222% de la losa tradicional.
- En caso de la colocación de acero en losa postensada representa el 52% de la losa tradicional.
- La cantidad de concreto utilizado en la losa postensada representa el 175% de la losa tradicional.
- En el sistema de losa tradicional se adicionara la actividad de colocación de ladrillos, aumentando de esta manera los recursos empleados para su ejecución.

Según los puntos vistos se podrá decir:

- El sistema de losa postensada se pueden ejecutar áreas dos veces mayores al sistema tradicional esto implicara que el tiempo de ejecución de etapa de estructuras se reduzca a la aproximadamente a la mitad.
- En caso de la actividad de acero, la cantidad de metrado utilizado para losa postensada aun siendo el área de la losa el doble de la tradicional representa solo 52%, esto incurrirá en un gran ahorro en recursos al momento de su ejecución.
- La cantidad del metrado para la actividad de colocación de concreto representa el 175% de sistema tradicional, para lo cual se necesitaran aumentar la cantidad de equipos necesarios para su ejecución; en caso de la mano de obra la representa la misma cantidad del sistema tradicional.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Para concluir con este informe, este capítulo se dedicara a mostrar las conclusiones y recomendaciones obtenidas a lo largo del desarrollo informe se suficiencia.

6.1. CONCLUSIONES

1. Aplicando el sistema de losa postensada en nuestro proyecto se logró reducir el plazo de ejecución de la estructura del sótano en 4 semanas. Esto debido a que el área por sector de la losa postensada en caso del proyecto analizado es 429 m² que representa 222% de una losa tradicional, por tal razón el plazo de ejecución de sótanos se redujo.
2. El ciclo de la secuencia de actividades planteada para la losa postensada es de 6 días, conformado por 6 actividades; en caso de la losa convencional es de 6 días, conformado por 8 actividades. Mientras más actividades contenga, mayor será la cantidad de recursos empleados y por lo tanto aumenta la variabilidad para el cumplimiento de cada actividad. Esto repercutirá para el cumplimiento del plazo.
3. Los ratios obtenidos de las partidas de:
 - Encofrado de fondo de losa representa el 88% del ratio contractual y el 52% del ratio de losa tradicional.
 - Colocacion de acero de losa representa el 91% de ratio contractual.

En ambos caso se obtiene una ganancia en mano de obra. También se debe resaltar que el ratio de material en acero es 4.77Kg/m² que representa el 24% del ratio de losa tradicional.

4. La cantidad de recursos empleados en mano de obra de la losa postensada es 38 personas para ejecutar un área de 429m², esto representa el 86.36% de mano de obra del sistema tradicional.
5. La cantidad del metrado para la actividad de colocación de concreto representa el 175% de sistema tradicional, para lo cual se necesitaran aumentar la cantidad de equipos necesarios para su ejecución; en caso de la mano de obra la representa la misma cantidad del sistema tradicional.

6. Debido a que la altura de entrepiso en los sótanos es 2.60 m, se recomienda utilizar el sistema de losa postensada a partir de 7 sótanos, ya que en la misma profundidad de excavación que se puede ejecutar un sótano más.

6.2. RECOMENDACIONES

1. Al realizar el planeamiento aplicando el sistema de losa postensada, realizar la sectorización de arranque con 200 m² y después de 2 niveles terminados plantear la sectorización con áreas de 400m², para que de esta manera el personal del proyecto se familiarice con el sistema.
2. Al momento de realizar la colocación de concreto en la losa verificar que se realice un correcto vibrado en la zona de los anclaje activos, para así evitar la generación de segregación y cangrejeras en las zonas de tensado, en caso se encuentre cangrejeras se tendrán que reparar con grout y se perderá un día de trabajo.
3. Se deberá dejar apuntado las juntas de vaciado y tensado; ya que debido a la especificación del sistema dichas zonas quedaran apuntaladas 28 días, esto para evitar defecciones y fisuraciones en dichas zonas.
4. En caso se necesita realizar un pase en la losa coordinar con la sub-contrata encargada, ya que cualquier picado en la losa sin realizarse el inyectado; podría ocasionar accidentes personal y materiales.

BIBLIOGRAFIA

1. Diario Gestión. Artículo: "En cuatro años se triplicará el stock de oficinas prime en Lima". Lima, Junio 2014.
2. Grupo Caral. "Cronograma de proyecto de oficinas Park Office". Lima, Mayo 2013.
3. VSL, Peru SAC. "Manual de instalación para losas postensadas", Lima, Febrero 2014.