



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería
Escuela de Construcción Civil.

“ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LOSA TRADICIONAL DE
HORMIGÓN ARMADO Y LOSA POSTENSADA CON
ADHERENCIA”

Tesis para optar al título de:
Ingeniero Constructor.

Profesor Guía:
Sr. Eduardo Peldoza Andrade
Ingeniero Civil.

MARÍA JOSÉ GÁTICA BERTIN
VALDIVIA - CHILE
2009

INDICE

RESUMEN

ABSTRAC

INTRODUCCION

OBJETIVOS

CAPITULO I: SISTEMA DE LOSA POSTENSADA

1.1 Definición de losa.....	1
1.2 Sistema de pretensado	1
1.2.1 Pretensar para mejorar el comportamiento elástico del hormigón.....	3
1.2.2 Pretensar para aumentar la resistencia última del elemento controlando la deformación y la fisuración.....	5
1.3 Sistema postensado.....	6
1.3.1 Sistema postensado sin adherencia.....	9
1.3.1.1 Instalación de losa postensada sin adherencia.....	10
1.3.2 Sistema postensado con adherencia.....	21
1.3.2.1 Composición de losa postensada con adherencia.....	23

CAPITULO II: MONTAJE DE LOSA POSTENSADA CON ADHERENCIA

2.1 Montaje de losa postensada con adherencia.....	33
2.1.1 Interpretación de planos.....	34
2.2 Transporte y acopio de materiales.....	37
2.3 Colocación de alzaprimas y moldajes.....	37
2.4 Instalación.....	39
2.4.1 Procedimiento de instalación.....	41
2.5 Hormigonado.....	44
2.5.1 Procedimiento durante el Hormigonado.....	45
2.5.2 Cuidados durante el Hormigonado.....	46
2.6 Tensado de cables.....	47
2.6.1 Preparación de losa.....	47

2.6.2 Tensado.....	48
2.7 Inyección de ductos.....	52
2.7.1 Componentes de la lechada.....	52
2.7.2 Proceso de inyección.....	53

CAPITULO III: CONTROL DE CALIDAD EN EJECUCION DEL SISTEMA POSTENSADO

3.1 Plan de calidad.....	54
3.2 Procesos críticos, plan de inspección y ensayo, plan de inspección de Materiales.....	60
3.2.1 Procesos críticos.....	60
3.2.2 Plan de inspección y ensayos.....	63
3.2.3 Plan de inspección de materiales.....	68
3.3 Procedimiento operativo y de seguridad.....	70
3.4 Listas de chequeo.....	75
3.5 No conformidades.....	76
3.5.1 Acciones correctivas.....	76
3.5.2 Acciones Preventivas.....	78
3.6 Problemas que puedan surgir en obra en ejecución de losas postensadas con adherencia.....	79

CAPITULO IV: ESTUDIO COMPARATIVO

4.1 Estudio comparativo.....	89
4.1.1 Moldaje.....	90
4.1.2 Alzaprimado.....	90
4.1.3 Enfierradura.....	92
4.1.4 Colocación e inyección de cables.....	94
4.1.5 Hormigón.....	94
4.1.6 Mano de obra.....	95
4.1.7 Tiempo.....	98
4.2 Evaluación de costos losa de hormigón armado.....	106
4.3 Evaluación de costos losa postensada con adherencia.....	112
4.4 Análisis de resultados.....	117

CONCLUSIONES.....	121
BIBLIOGRAFIA.....	123
ANEXOS	
Anexo A.....	156
Anexo B.....	126
Anexo C.....	131
Anexo D.....	132
Anexo E.....	141
Anexo F.....	143
Anexo G.....	149

RESUMEN

Este trabajo consiste en demostrar las ventajas del sistema constructivo de Losas Postensadas como se indica a continuación:

- Acortamiento significativo de plazos de ejecución de la obra gruesa gracias a la utilización de hormigón con resistencias altas a temprana edad, lo que permite descimbrados mucho mas prematuros.
- Reducción de espesores, cantidad de armadura pasiva y, en general, de peso propio respecto del hormigón armado, lo cual permite el aumento de luces a cubrir.
- Integridad estructural superior proporcionada por la continuidad de la losa y cables, con un buen desempeño sísmico.
- Esbeltas estructuras que permiten disminuir la altura del edificio, reducir las cargas de fundación y aumentar las luces.
- Uniones sencillas y eficientes entre losas, vigas, muros y columnas, que eliminan problemas de juntas entre dichos elementos.
- Soluciones estructurales con bajos requerimientos de mantención.

Además ver el funcionamiento del sistema constructivo de Losas Postensadas con Adherencia involucrando el montaje de esta y demostrar el aumento de velocidad en ejecución de esta.

Por lo tanto, se concluye mediante el estudio de un análisis de costos que el método constructivo de losa postensada con adherencia resulta mas económico que el sistema tradicional de losa de hormigón armado y además la ventaja mas importante en estos resultados es la optimización de tiempo en ejecución del sistema de postensado.

ABSTRACT

This work is for demonstrate the advantages of constructive Slabs post as follows:

- Significant shortening of time taken to implement the structural works through the use of concrete with high resistance at an early age, this allows premature withdrawal during molding.
- Thickness reduction, the amount of passive armor, and generally with respect to the weight of reinforced concrete, allowing light to increase the cover.
- Superior structural integrity provided by the continuity of the slab and cables, with good seismic performance.
- Slender structures that make it possible to reduce the height of the building, reduce the burdens of the foundation and raise the lights.
- Simple and efficient union between slabs, beams, walls and columns, which eliminates problems of joints between these elements.
- Structural solutions with low maintenance requirements.

Besides seeing how the system Slabs constructive post with involving assembly and demonstrate that the increased speed of execution.

We conclude a budget that the constructive method of slab to post bond is more economical than traditional reinforced concrete slab, and the most important advantage of these results is the optimization of time post-performance system.

INTRODUCCIÓN

Sabemos que el hormigón es un material que se ha utilizado desde tiempos inmemorables.

Este funciona muy bien cuando está sometido a compresión, pero muy mal cuando está sometido a tensión, de aquí la necesidad de la armadura que se dispone en el hormigón armado tradicional.

Si a esta misma sección le aplicamos una carga de compresión, ponemos al hormigón en una situación de trabajo ideal.

En términos generales, el postensado logra aprovechar los materiales en su mejor forma, el hormigón a compresión, y el cable postensado a tracción. El resultado de esta unión es la optimización de un sistema.

Desde 1966, las losas postensadas han permitido a arquitectos, ingenieros y constructores de todo el mundo, realizar sus proyectos obteniendo diseños seguros, económicos y estéticamente agradables.

Es importante destacar que con este sistema pueden eliminarse las vigas tradicionales estáticas, lográndose así una mayor altura útil de piso a piso, y dejando mayor espacio para la instalación de ductos y servicios, de esta forma permite resolver problemas de rasante, agregando pisos adicionales sin modificar la altura total del edificio.

Con esto podemos decir que las losas postensadas son una alternativa constructiva al actual sistema tradicional.

Debemos tener presente que la información con la cual se realiza el estudio comparativo de ambos sistemas constructivos, se obtuvo de la obra Tienda Ancla Mall Valdivia, cuya superficie construida es de 17.170 m², donde se extrajo la superficie del tercer piso correspondiente a losa postensada con adherencia y la planta del quinto piso correspondiente a losa de hormigón armado tradicional con envigado.

OBJETIVOS

Realizar un estudio comparativo entre Losa Tradicional de Hormigón Armado y Losa Postensada con Adherencia, utilizando como variables comparativas el hormigón, enfierradura, moldaje, alzaprimado, mano de obra y tiempo, ya que estas van a afectar directamente el costo de la actividad a ejecutar.

Objetivos específicos:

- Describir técnica y procedimiento para la construcción de un sistema de Losa Postensada con Adherencia, el cual se deben tener en cuenta al momento de estudiar un sistema constructivo.
- Descripción de montaje y las disposiciones constructivas de la Losa Postensada con Adherencia.
- Realizar un estudio comparativo, utilizando una serie de variables constructivas para determinar las ventajas económicas que posee el sistema de Losa Postensada con Adherencia frente al sistema constructivo tradicional de losa de hormigón Armado.

CAPÍTULO I: SISTEMA DE LOSA POSTENSADA

1.1 DEFINICIÓN DE LOSA

Las losas de hormigón armado tradicional son elementos estructurales planos que trabajan principalmente a la flexión, como todo elemento sometido a flexión simple, se pueden sectorizar en dos zonas definidas a partir de un eje neutro, una zona superior sometida a la compresión y otra inferior sometida a la tracción.

El hormigón armado está compuesto principalmente por dos tipos de materiales; el hormigón y el acero. El hormigón posee una resistencia a la compresión (σ_{ba}) mucho mayor que la resistencia a la tracción (σ_{ta}).

En una viga pretensada cualquiera (simplemente apoyada) hay fibras que están sometidas a tracción y otras a compresión. Las fibras comprimidas se comportan adecuadamente y, en cambio, las fibras traccionadas lo hacen en forma relativamente ineficiente. En el hormigón armado, esta deficiencia se elimina colocando una armadura de acero ordinario en la zona traccionada a fin de absorber las tensiones de tracción.

1.2 SISTEMA DE PRETENSADO (1)

Pretensar, como concepto general, consiste en introducirle a un elemento fuerzas artificialmente creadas, cuyas acciones generan en este mismo elemento, estados tensionales que, superpuestos a los estados tensionales provocados por las sobrecargas externas, le permiten resistir su peso propio y el de las sobrecargas que actúan.

Para producir el hormigón pretensado existen dos procedimientos muy bien determinados de introducir las fuerzas; antes de que fragüe el hormigón; lo que da lugar al hormigón pretensado (traccionar antes de fraguar el hormigón), y después de que fragua el hormigón; lo que da lugar al hormigón postensado (traccionar después de fraguado el hormigón), pero en este caso se está hablando de procedimientos y no de conceptos. Los cables se anclan en un extremo fijo, y se tensan desde el otro extremo hasta que se alcance el valor de la fuerza de pretensado calculada y luego se ancla en el otro macizo mediante un anclaje ajustable, en la cual se mantenga en el cable el esfuerzo introducido.

Con posterioridad se procede al hormigonado de la viga en el molde colocado a tal efecto. Una vez fraguado y endurecido el hormigón se cortan los cables, en los extremos de la viga, el hormigón funciona como anclajes, ya que, la fuerza del tensado se transmite al hormigón mediante la adherencia.

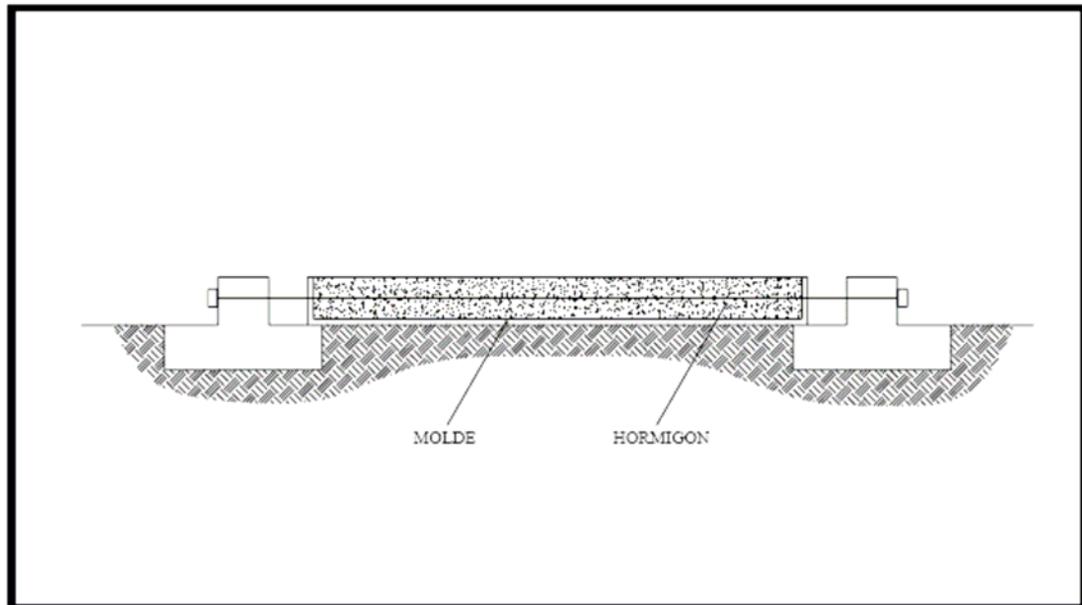


Figura N°1 Esquema del proceso de pretensado.

El método de pretensado (2) es el que se realiza el tensado antes del fraguado y endurecido del hormigón.

Las características del pretensado:

- Viga Prefabricada.
- El pretensado se aplica antes que las cargas.
- El anclaje se da por adherencia.
- La acción del pretensado es interna.
- El acero tiene trayectorias rectas.
- Las vigas son generalmente simplemente apoyadas (elemento estático).

Existen dos causas diferentes para explicar y analizar el comportamiento básico del hormigón pretensado: pretensar para mejorar el comportamiento elástico del hormigón y pretensar para aumentar la resistencia última del elemento controlando la deformación y la fisuración.

1.2.1 Pretensar para mejorar el comportamiento elástico del hormigón.

El hormigón pretensado (3) se procura crear un estado de tensiones iniciales tal que, combinado con el estado tensional originado por las cargas, se obtenga como resultado un nivel de tensiones de tracción y compresión que le permita resistir las cargas actuantes.

De esta forma el hormigón está siendo sometido a dos sistemas de fuerzas:

- Uno originado por las fuerzas internas provocadas por el cable
- Otro provocado por las cargas externas,

Mientras que la suma de ambas acciones no supere la resistencia a tracción del hormigón no existe fisuración y por tanto, los esfuerzos, deformaciones y deflexiones debidas a los dos sistemas de fuerzas pueden ser considerados por separado y superpuestos si es necesario.

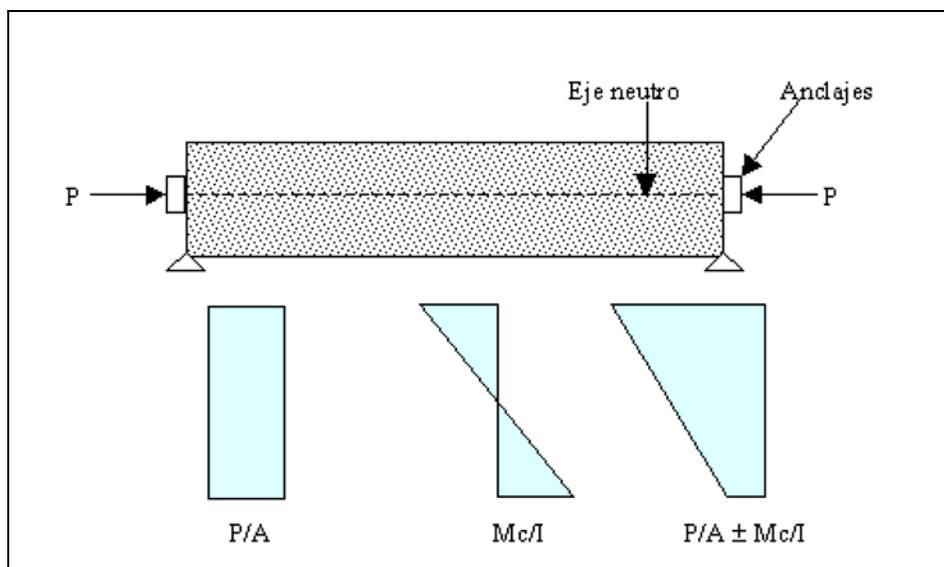


Figura N°2 Viga compuesta por varios bloques, uno al lado del otro, de sección rectangular, amarrados por un tensor y apoyados en sus extremos estos bloques se mantienen unidos solamente gracias a la acción del tensor, éste se someterá a un estado de cargas, las tensiones normales en una sección transversal de esta viga, se componen de las tensiones σ_{br} (P/A) debidas al efecto del tensor, y las σ_{bc} (M/I) originadas por las cargas.

Distribución de esfuerzos a través de una sección rectangular de hormigón pretensado concéntricamente debido a una fuerza P.

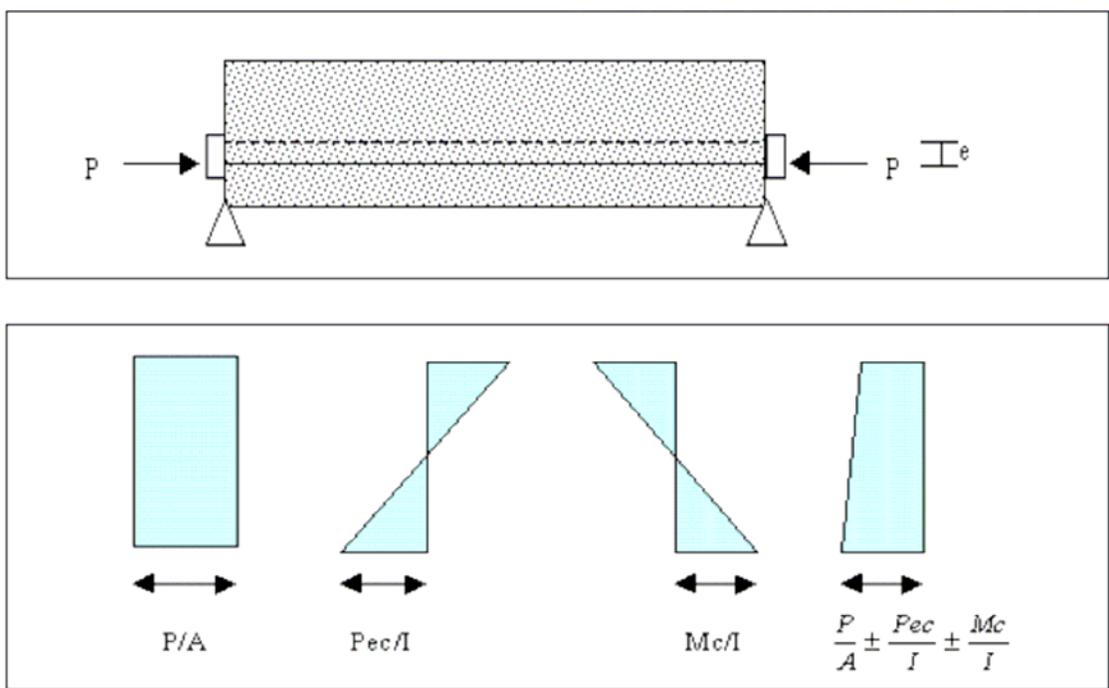


Figura N°3 En las caras de los bloques en contacto existe un coeficiente de fricción, por lo que el pretensado crea la resistencia al corte en la viga. Esta resistencia al corte es la que impide el desplazamiento de un bloque respecto del otro en la dirección de la carga aplicada, en ese sentido el pretensado además de limitar las tensiones de tracción del elemento crea además una resistencia adicional al corte. La acción del pretensado es más eficiente cuando el cable es colocado excéntricamente con respecto al centroide de la sección, en este caso la excentricidad “e”, es la distancia del centroide al punto de colocación del cable.

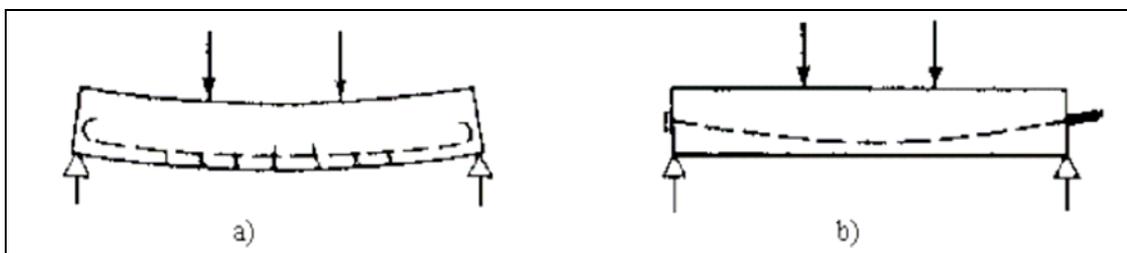
1.2.2 Pretensar para aumentar la resistencia última del elemento controlando la deformación y la fisuración.

Este concepto es el concepto básico del Código ACI 318 2002 y se conoce con el nombre de Concepto Unificado o Método Unificado de Diseño.

La base de este concepto (4) parte del análisis en estado límite último en el cual han actuado las cargas mayores y en el caso del hormigón armado tradicional, la fisuración ha comenzado casi desde el mismo instante que han comenzado a actuar las cargas.

En el hormigón pretensado, en cambio, el momento de pretensado originado por la excentricidad del cable respecto al centroide, ha mantenido la viga sin fisurar hasta un determinado nivel de cargas previamente determinado.

Una vez superado ese nivel de cargas, ambos aceros contenidos en la sección, comienzan a actuar del mismo modo que lo hace el acero ordinario en los elementos de hormigón armado.



**Figura N°4 a) Viga de hormigón armado tradicional, el acero ordinario actúa tan pronto se carga la viga generándose grandes deformaciones y fisuraciones.
b) Viga pretensada, el momento de pretensado controla la fisuración hasta un determinado nivel de cargas previamente establecido.**

1.3 SISTEMA DE POSTENSADO

En la arquitectura moderna (5), la cual va ligada a un estilo práctico, plantea la necesidad contar con espacios diáfanos que permitan flexibilidad en el uso y la distribución interna. Como es el caso de aumentar las luces entre pilares, lo que permite que disminuya el número de estos y poder crear espacios libres sin interferencias de pilares.

Este caso se puede apreciar en edificios dedicados a estacionamientos o destinados a otros usos, en donde la disminución del número de soportes ofrece mayor comodidad para los usuarios.

En el postensado se emplea un cable o un conjunto de cables de acero, que se introducen en una vaina o conducto que permite el deslizamiento del cable en su interior.

La vaina se coloca en posición dentro del encofrado de la viga a construir. Luego es hormigonada la viga y, una vez fraguado y endurecido el hormigón, se efectúa el tensado del cable desde el extremo del anclaje ajustable, que después se fija a la viga. La transferencia de fuerza del cable a la viga se realiza a través de los anclajes.

El método de postensado es el que se realiza el tensado después de haber fraguado y endurecido el hormigón.

Realizando una comparación entre el hormigón Pretensado y el Postensado, obtenemos lo siguiente (6):

- En el pretensado la adherencia es la encargada de transmitir las fuerzas del cable al hormigón, en el postensado se transmite mediante los anclajes.
- En el postensado pueden obtenerse trayectorias parabólicas que permiten que la carga equivalente de pretensado compense la acción del momento de flexión actuante exterior, manteniendo la totalidad de las secciones en el rango de tensiones admisibles. En el pretensado la trayectoria del cable es siempre recta, lo que limita su uso en determinados rangos de luces, debido a las elevadas tensiones que se generan en las zonas cercanas a los apoyos.
- En el pretensado la inversión inicial es más elevada, se requiere una cancha de pretensado, incluyendo macizos y anclajes. Los elementos postensados no requieren este tipo de inversión.

- Los elementos postensados llevan en su interior; vainas y anclajes, estos últimos de un costo, en ocasiones, elevado. Los pretensados no requieren de estos dispositivos y los anclajes que se fijan a los macizos pueden ser reutilizados en múltiples ocasiones.
- Los elementos pretensados requieren altas resistencias iniciales, por cuanto deberán tensarse con celeridad para desocupar la cancha de pretensar a la brevedad. Los postensados no tienen este problema, incluso pueden tensarse en serie, cuando existe una cantidad considerable de ellos.

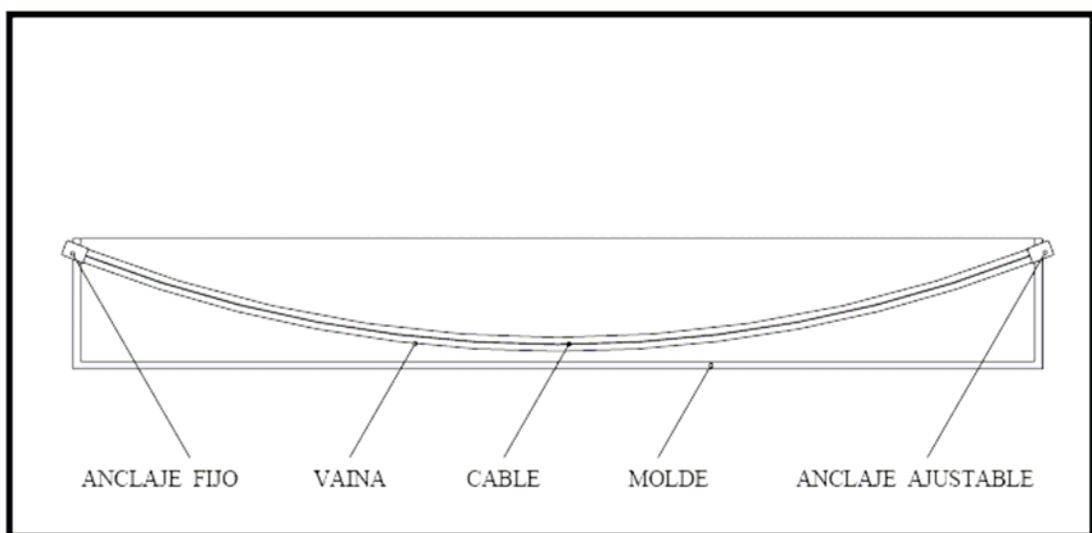


Figura N°5 Diagrama de postensado.

El tensado es ejecutado externamente contra el hormigón endurecido y los tendones se anclan contra el hormigón inmediatamente después del tensado.

Los tendones pueden ser alambres paralelos atados, cables torcidos en torones, o varillas de acero. El ducto se amarra con alambres al refuerzo auxiliar de la viga (estribos sin reforzar) para prevenir su desplazamiento accidental, y luego se vacía el hormigón. Una vez que el hormigón haya adquirido la resistencia solicitada por las especificaciones técnicas del proyecto, se proporciona la reacción de tensado con el gato.

La tensión que se ejecuta sobre los tendones, se evalúa midiendo tanto la presión del gato como la elongación del acero, los tendones se tensan normalmente todos a la vez o bien utilizando el gato monotorón.

Al tratarse del sistema con adherencia, los ductos de los tendones se rellenan de mortero o lechada, después que éstos han sido esforzados. Se inyecta el mortero al interior del ducto en uno de los extremos, a alta presión, y se continúa el bombeo hasta que la pasta aparece en el otro extremo del tubo. Cuando se endurece, la pasta une el tendón con la pared interior del ducto.

El uso de acero de alta resistencia utilizado en este sistema (tensado) es necesario por razones físicas básicas las cuales serán explicadas en el próximo punto (Item1.3.2.1).

Las varillas de refuerzo mas comúnmente utilizadas en estructuras no tensadas, también son utilizadas en la construcción del pre y post tensado, son usadas como armadura de refuerzo longitudinal suplementario y para otros fines.

En cuanto al hormigón que se emplea en este sistema (7), es de resistencia y calidad más alta que el de estructuras no tensadas. Las diferencias en el módulo de elasticidad, capacidad de deformación y resistencia deberán tomarse en cuenta en el diseño y las características de deterioro asumen una importancia crucial en el diseño.

Las características del postensado:

- Vigas prefabricadas o coladas en sitio.
- Se realiza el pretensado después del colado.
- El anclaje requiere de dispositivos mecánicos.
- La acción del pretensado es externa.
- La trayectoria de los cables puede ser recta o curva.
- La viga permite continuidad en los apoyos (elemento hiperestático).

En general el plazo de ejecución de este tipo de losas es mas reducido que en hormigón armado debido a la posibilidad de tensar los cables 3 ó 4 días después de Hormigonado, quedando la estructura autoportante y pudiendo continuar con el proceso constructivo en plantas superiores.

A efectos de plazo y continuidad de equipos es importante contar con varias zonas de trabajo simultáneo.

1.3.1 SISTEMA DE POSTENSADO SIN ADHERENCIA

Este sistema (8) está constituido por tendones no adherentes, engrasados y embutidos en una vaina de polietileno de alta densidad y de reducido espesor que presenta una perfecta protección del acero ante la corrosión. El acero de postensado esta permanentemente libre de movimientos relativos respecto al hormigón al cual éste le va a aplicar las fuerzas de postensado.

La construcción de este sistema de postensado se realiza "in situ" en su totalidad, aunque en ocasiones se combinan con elementos prefabricados que cumplan la función de encofrados de fondo, sobre los cuales se vierten hormigón "in situ" al cual se conectan armaduras pasivas transversales. El sistema de Losa Postensada sin Adherencia, consiste en una placa maciza de hormigón empotrada en los pilares de la estructura, cuyo proceso constructivo en grandes rasgos es el siguiente: colocación de moldaje previo al hormigonado, una vez realizado el trazado para la armadura pasiva y los tendones se disponen en su colocación correspondiente, de acuerdo al funcionamiento estructural que se desee realizar. En los extremos de los tendones se disponen las plantas de anclaje en moldajes con el fin de hormigonarlas posteriormente para protegerlas.

En cuanto a los materiales utilizados, son de la misma calidad que se emplean al trabajar un pretensado, o sea, acero para pretensado con tensión de rotura alrededor de los 1900 MPa, hormigón de resistencia igual o superior a los 30 MPa, por lo general se utilizan hormigones con resistencias a los 33 MPa, y armaduras pasivas compuestas por barras de acero corrugadas A63 – 42H. Con respecto al moldaje, el encofrado inferior, en caso de losas macizas, puede consistir en un fondo continuo simplemente y moldajes de borde. La utilización de mesas móviles como cimbra o alzaprimado de soporte del encofrado de fondo es útil dada la velocidad de construcción que se puede obtener. La armadura pasiva que se utiliza para este sistema es bastante reducida, ya que el postensado, además de impedir la figuración, puede ayudar a resistir el esfuerzo cortante sobre apoyos gracias a la fuerza de desviación que se producen en la contra curva del cable. A pesar de que la armadura activa no está adherida al hormigón, aumenta su tensión bajo incrementos de carga, por lo que contribuye parcialmente a la resistencia a flexión en estado límite último. Siempre es recomendable colocar malla de armadura fina en la parte superior e inferior de toda la losa, para efectos térmicos y retracción como también para evitar cambios del mecanismo resistente de la losa bajo sobrecargas imprevistas.

Instalada ya la armadura activa y la pasiva se procede a hormigonar la losa, una vez que el hormigón ha adquirido una resistencia de aproximadamente el 70% de su resistencia característica de proyecto se tensan y anclan los tendones. El anclaje se obtiene en la mayoría de los casos mediante cuñas de acero, la cual gracias a su disposición entre el cordón y la culata de anclaje, impide al clavarse, el retroceso del cable tensado. Esta actividad se puede realizar a partir de los dos o tres días de haber hormigonado, si se utiliza cementos de alta resistencia inicial, relaciones A/C bajas y plastificantes. Una vez que la losa obtiene la resistencia solicitada por el proyecto para realizar el descimbrado, se procede a retirar moldajes.

La operación del tensado es relativamente rápida y no es necesario de grandes equipos, ya que por lo general se utiliza un gato unificar de muy fácil manejo, el cual ejerce una fuerza sobre los tendones que es según lo solicitado por cálculo.

Los tipos de losas postensadas más utilizadas son similares a los construidos con hormigón armado: unidireccionales y bidireccionales, losas macizas, nervadas o aligeradas en una o dos direcciones.

1.3.1.1 Instalación de Losa Postensada sin Adherencia

La ejecución de instalación del postensado (9) consta por lo general de las siguientes operaciones:

- Acopio de materiales y operaciones previas.
- Colocación de cimbras (alzaprimas) y encofrados (moldajes).
- Instalación de mallas o armadura pasiva inferior.
- Colocación de anclajes activos.
- Colocación de separadores o soportes (sillas) de acero para los tendones.
- Colocación de los tendones.
- Colocación de armadura pasiva superior y en anclajes.
- Protección de anclajes y acopladores frente a entrada de hormigón.
- Vertido y compactación del hormigón.
- Curado del hormigón.
- Tensado. Clavado de cuñas.
- Clareado de puntales. Reapriete de la cimbra (alzaprimas).
- Corte de los excesos de la armadura activa.
- Hormigonado de los anclajes para protección.

a) Acopio de materiales y operaciones previas, una vez que los materiales se han recibido y almacenado en obra, se llevan a cabo una serie de operaciones previas, como son, entre otras, corte de los cables con esmeril angular (nunca con sierra porque el cable es acerado) a la longitud adecuada; agrupamiento de cables en tipos identificados por colores, para así facilitar la colocación de éstos; colocación de anclajes pasivos, si los hay, en uno de los extremos y preclavado de la cuñas en los mismos, preparación e identificación de las sillas de apoyo de la armadura activa según altura o el número de tendones a soportar.

b) Colocación de cimbras (alzaprimas) y encofrado (moldajes):

- **Encofrado o moldajes,** se puede utilizar cualquier tipo de encofrado, siempre que sea lo suficientemente rígido, pues sus deformaciones pueden alterar la cota de los tendones. Los encofrados mas usuales son los de madera y machihembrados, los casetones recuperables, los bloques de poliestireno expandido u otro material aligerante que quedan embebidos y las prelosas de hormigón.

- **Cimbrado o Alzaprimado,** la densidad de los puntos de sustentación será parecida al hormigón armado. Al colocar los puntales deberán preverse las necesidades de circulación por la planta, para facilitar el paso y situación de los carros que transportan y sustentan los gatos de tensado. Esto es especialmente delicado en zonas de anclajes.

c) Instalación de mallas o armadura pasiva inferior, se colocará primero la armadura pasiva inferior, que generalmente consta de una malla electro soldada. A continuación se colocan los caballetes de soporte de la armadura activa y de los de armadura pasiva superior. Se dispondrá la armadura de refuerzo en zonas de anclajes así como la armadura de borde en zunchos, zonas próximas a vanos, etc. Luego se coloca la armadura activa y finalmente la armadura pasiva superior.

d) Colocación de anclajes activos,

- **Acopio y manipulación:** Los cables deben acopiarse en obra sobre superficies regulares, separados del suelo para protegerlos de la humedad, resguardados de focos de calor intenso, de ambientes agresivos y de zonas de paso y manipulación de otros elementos de obra.

En el proceso de manipulación del cable, a veces se producen desgarros en vainas que envuelven el acero. Una vez inspeccionado que no se ha dañado la sección resistente del cable puede repararse con cinta adhesiva.

Los cables que tengan en uno de sus extremos un anclaje pasivo, lo traerán acoplado al mismo. Conviene que se efectúe en taller el preclavado de cuñas, con gato. Ocasionalmente este se puede ejecutar en obra, ayudado de una maza y un tubo del diámetro del cable, para clavar las cuñas de manera simultánea. Los cables se agrupan por familias, que se distinguen por señales de colores realizadas en los anclajes o en las vainas para facilitar su colocación. Para poder efectuar el tensado es necesario efectuar el recorte de las vainas con cuchillas dentadas en el extremo del cable, en una longitud mínima que depende del tipo de gato utilizado para tensar. Generalmente es suficiente dejar sobresaliendo unos 0.5m de la vaina.

- **Colocación de los anclajes:** los anclajes deben ir rígidamente sujetos a la tabla del encofrado lateral (moldajes de borde o rebalse). Lo que se consigue mediante un sistema de atornillado que lo proporciona el suministrador. Esto es importante para que no se desplace el anclaje y varíe el ángulo de incidencia de la fuerza de tensado.

Los moldajes de borde deben estar perforados a las cotas y separaciones adecuadas para mantener la distancia entre anclajes definidas por el estado de tensiones. Las zonas de anclajes coinciden muchas veces con alineaciones de pilares. Dada la gran densidad de armadura pasiva de estas zonas es posible que haya que desplazar un anclaje respecto de su posición teórica para que el tendón no sea interceptado por alguna barra de espera. Será necesario entonces, añadir algún agujero más a los rebalses, si estos se han perforado in situ. Existe un manguito rígido a la salida del anclaje activo, que quedará embebido en el hormigón, cuya misión es evitar que el cable sufra un cambio brusco de dirección junto al anclaje. El cordón deberá salir ortogonal a la placa de anclaje, pues de lo contrario se crearían puntos de presión localizada que podrían generar la rotura de éste o del hormigón.



Fotografía N°1 Anclaje activo.

Una de las causas principales de inutilización de cables es la entrada de lechada con algo de árido que impide un correcto tensado del cable e incluso puede provocar la rotura de éste. Para evitarlo se sella el final del manguito rígido con cinta adhesiva incluida la vaina. Los anclajes van situados en unos cajones realizados con poliestireno expandido de alta densidad. Es importante colocar la armadura pasiva de reparto en cabezas de anclajes antes de enhebrar el cable en el anclaje, pues de lo contrario se dificultaría mucho su posterior colocación. Si el anclaje debiera tener un cierto ángulo respecto al plano vertical es conveniente definirlo mediante cotas del anclaje y de varios puntos cercanos, distante menos de 1m.

e) Colocación de separadores o soportes para tendones, antes de colocar la armadura pasiva, debe realizarse un replanteo sobre el encofrado de la posición de los caballetes, alineando con lienza con tizador, para situarlos encima. En esta línea debe indicarse con su valor o con un código la altura del caballete, que deberá ir sobre ella. De esta manera se facilitan revisiones posteriores.

Los tendones van apoyados sobre unos caballetes o elementos que permiten conseguir la cota deseada de los cables. Los caballetes deben situarse necesariamente en los puntos singulares de la curva del cable (máxima cota, mínima, punto de inflexión). Además, como máximo, su separación será de 1m, con lo cual se evitará el efecto guirnalda y se consigue adaptar el tensado en obra al del proyecto.

En planta se admiten errores de colocación de los caballetes de 1cm. Deben estudiarse los empujes al vacío generados por curvas en planta en zonas próximas a huecos.

La tolerancia en el trazado del cable debe ser al menos de $h/40$ ó 5mm, ya que de lo contrario puede implicar un efecto activo del tensado no deseable.

Los caballetes deben ser rígidos. El correcto replanteo en alzado del trazado dependerá de la rigidez de los caballetes y de la uniformidad del encofrado. La experiencia demuestra que, algún tipo de caballetes, como los formados por barras acero corrugado de 8 a 12mm de diámetro, llegan a errores de ± 10 mm debido a que suelen deformarse con facilidad cuando son pisados o a errores en el doblado de las patas. Ello conlleva a un intenso control de obra que puede producir retrasos en la ejecución y riegos innecesarios. La colocación de los caballetes debe hacerse después de colocar la armadura pasiva inferior.

f) Colocación de los tendones, al ir entrelazados entre sí, es necesario estudiar el orden de colocación de los tendones. Esto se refleja en los planos, los que indican el orden en un conjunto de fases.

Según el orden de ejecución previsto para la colocación de los cables, en primer lugar se sitúan los cables agrupados en la zona de pilares y después los que van repartidos. Para la colocación de los primeros se sitúan las sillas múltiples. Apoyándose en ellas, se van desarrollando y extendiendo los cables, situándose primeramente el anclaje pasivo. Los cables se amarran a las sillas mediante alambres para evitar su desplazamiento en las restantes fases del proceso constructivo. Los cables pueden agruparse de dos en dos en horizontal, en grupos de tres formando un triángulo o en grupo de cuatro. La separación entre cables o entre armaduras pasivas debe ser superior a 5cm para permitir el paso de vibradores, recomendándose 10cm. Al colocar los cables conviene estirar manualmente del conjunto cordón/vaina para evitar efectos guirnalda, ya que los cables llegan a obra con longitudes superiores a las requeridas.

La intersección de dos familias de cables ortogonales da lugar a replanteos complejos. Conseguir el trazado teórico puede ser imposible debido a la anchura de la banda de cables. Para mantener el punto de inflexión cerca del apoyo y aprovechar así efecto beneficioso frente a punzonamiento que produce la inclinación de los cables, a veces es preferible que pasar un cable por debajo de otro perpendicular para mantenerlo encima.

La existencia de armadura pasiva inferior, en dos direcciones, ayuda a la alineación de los cables ya que, de no haber referencia, éstos se desalinearían fácilmente generando curvas en planta que podrían originar tracciones no deseadas.

g) Colocación de armadura pasiva superior, la armadura pasiva superior estará sustentada por soportes suficientemente rígidos que impidan que aquella descienda al pisada en obra. Los soportes de esta armadura deberán ser independientes de los de la armadura activa. Al colocar esta armadura deberá tenerse especial cuidado en no perjudicar los trabajos ya realizados en la armadura activa.

Se recomienda que los mismos operarios que colocan la armadura pasiva coloquen los cables, pero la experiencia de organización de obra y el sistema de subcontratos hace que esto no se realice a menudo, por lo que se debe repasar los cables después de colocar el acero pasivo y previo al Hormigonado.

Ni la armadura pasiva superior ni su sistema de sustentación deben nunca apoyarse sobre los cables. El peso transmitido podría en algunos casos pinzar el cable e introducir un rozamiento adicional e incluso desgarrar la protección de polietileno.

Cuando en una zona deban colocarse armaduras pasivas y activas en dos direcciones, es preciso estudiar cuál es la dirección que dado el momento flector de esta familia de cables con la armadura pasiva ortogonal. Deberá por tanto, sacrificarse brazo mecánico y flecha de cable en una de las dos familias, aunque puede compensarse esta pérdida aumentando la cuantía de armadura activa. En cualquier caso es recomendable, comprobar que los dos elementos, estén en un sitio antes de hormigonar, verificando cotas, estanqueidad, etc.

h) Hormigonado, el hormigón debe ser fluido para que pueda extenderse y compactarse con facilidad y ha de alcanzar alta resistencia inicial. Lo más común es hormigonar con bomba. Es importante disponer de juntas de Hormigonado para dividir el forjado en segmentos de tamaño adecuado para que sea posible hormigonarlos en un día. Se debe prever de antemano la posición de estas juntas y tenerlas bien encofradas. Se puede disponer de elementos conectores, si bien los tendones pueden atravesar la junta sin ellos. Cuando existan muros o columnas muy rígidas que cortan la libre deformación axial de la losa, conviene disponer de una junta o banda de cierre sin hormigonar durante cierto tiempo, dividiendo la losa en segmentos independientes. Se puede evitar así la generación de importantes fisuras por retracción y que el pretensado se transmita a los muros en lugar de a la losa. Conviene armar esta junta adecuadamente e incluso postensarla para dar la continuidad requerida.



Fotografía N°2 Juntas de dilatación en uniones de coladas.

Deberá evitarse que durante la colocación del hormigón se muevan o se desalineen los tendones y armadura pasivas. El vibrado en las zonas de anclajes debe ser especialmente cuidadoso, para evitar la formación de nidos o insuficiente resistencia. En estos puntos tal tipo de defectos puede ser origen de hundimiento del anclaje por rotura del hormigón, si se observa la aparición de nidos de piedra en la zona de anclaje, estas deberán ser reparadas antes del tensado de los cables.

Se debe examinar y limpiar el interior de las piezas de anclajes de todo resto de hormigón que se haya introducido lo más rápido posible después de hormigonar antes de que se produzca el fraguado y por lo tanto comience a endurecer. Para la compactación se pueden utilizar reglas vibrantes, vibradores de aguja, o ambos. La regla vibradora, tiene la ventaja de se reduce el pisado de las armaduras por parte de los operarios, aunque la presencia de armadura de espera de pilares dificulta su uso.



Fotografía N°3 Regla vibradora.

Debe evitarse, durante el proceso de Hormigonado, que el tiempo que transcurra durante la colocación de dos camionadas adyacentes sea superior a una hora, de forma que a través de un vibrado adecuado no se generen juntas. El acabado deberá ser reglado y maestreado.

Los vibradores que se utilizan son de 3 a 5cm de diámetro.



Fotografía N°4 Equipo vibrador, utilizado durante el hormigonado de losa.

i) Curado del hormigón, hay que tener en cuenta de que se trata de elementos superficiales en los que la evaporación y el intercambio hidráulico entre hormigón y medio ambiente será muy alto. En consecuencia, el curado debe ser cuidado. Se recomienda regar a partir del instante en que el hormigón empieza a fraguar (3 ó 4 horas después de Hormigonado) y mantener el riego interrumidamente durante el día siguiente, conservando la humedad al menos durante 7 días y siempre dependiendo de las condiciones climatológicas locales (temperatura, humedad, viento, etc.). la utilización de plásticos es también un buen método de curado, aunque más tedioso en obra. También resulta adecuado el empleo de capas de geotextil humedecidas periódicamente. No se utilizarán líquidos o aceleradores de fraguado que contengan cloruro cálcico.

Si las necesidades del plazo obligan a que los encofrados inicien el día siguiente el acopio de material, es recomendable que éste se realice en la zona que se hormigonó, primero permitiendo, a su vez, que se siga regando sobre la superficie. Además, siempre deben realizarse los acopios sobre zonas macizas de la estructura y no sobre losas aligeradas.

j) Tensado de los tendones, la operación de tensado puede realizarse cuando, según los resultados de los ensayos sobre probetas curadas en condiciones de obra, se haya alcanzado la resistencia exigida, la cual oscila entre el 60 y el 80% de la resistencia de los 28 días. Este porcentaje depende del sistema de pretensado, de la separación entre anclajes y del refuerzo posterior de éstos.

También es posible utilizar, como complemento a la rotura de probetas, métodos de ensayo no destructivos para verificar con cierta aproximación la resistencia del hormigón in situ (madurez del hormigón, ultrasonidos, etc.) curado en condiciones reales. Antes de la puesta de tensión se procede a desencofrar las zonas de anclaje, sacar el molde de poliestireno o el tapón plástico (pocket former), colocar las cuñas en los anclajes activos y pintar los cables. Esto último permitirá medir el alargamiento sufrido por los cables durante el tensado. Hay que cuidar que el trazo de la marca no sea demasiado grueso para no dar lugar a imprecisiones excesivas. Para realizar el tensado de una losa por razones de maniobrabilidad y seguridad, un corredor de 1m de ancho de encofrado que sobresalga del forjado en la zona de anclajes.

El tensado de los tendones debe hacerse en un orden preestablecido. Hay que tensar primero aquellas familias de cables que transmiten su carga directamente a los pilares y posteriormente las que lo hacen a las familias previamente tensadas. Así en una losa rectangular con tendones concentrados en una banda de pilares en una dirección y tendones uniformemente repartidos en la dirección normal, hay que tensar los concentrados antes. En los casos no tan claros es conveniente tensar procurando repartir en el conjunto del forjado las cargas ascensionales proporcionadas por el postensado, equilibrando así las cargas del peso propio. Tensar de forma muy asimétrica en relación a las cargas de peso propio puede dar lugar a tensiones no deseadas. Si una familia de tendones tiene ambos anclajes y tensa sólo uno de ellos, conviene hacerlo alternativamente para repartir las pérdidas.

Control del tensado:

1° La presión del manómetro de la bomba debe traducirse en fuerza del tendón, lo cual generalmente viene proporcionado por una tabla de conversión automática.

2° Se debe medir el alargamiento del tendón y contrastarlo con el calculado teóricamente. Se acepta una diferencia de más o menos 7% entre el alargamiento calculado y el alargamiento medido. Si existen diferencias superiores deben estudiarse las causas, que suelen estar en el coeficiente de rozamiento adoptado, en el módulo elástico del acero del tendón, o en los cálculos realizados. De no ser estas las causas, las diferencias pueden deberse a la rotura de una vaina en un punto intermedio del tendón, debiendo entonces tomarse las medidas oportunas.



Fotografía N°5 Gato hidráulico de tensado.

Las operaciones de tensado deben quedar reflejadas en una tabla de tensado en la se indique: el orden del tensado, la fuerza a introducir y el alargamiento obtenido en cada tendón.

Los equipos de tensado de tendones incorporan coeficientes de seguridad razonables. Defectos no detectados en los materiales o el uso inadecuado de los equipos pueden dar lugar a roturas o accidentes, por lo que deben tomarse siempre precauciones extremas. Se estima una probabilidad de rotura de un cable por cada 3000 anclajes activos.

Medidas de seguridad para el tensado, el personal deberá cumplir en todo momento, con las medidas de seguridad indicadas en las charlas diarias, entregadas por el Capataz, Supervisor y/o Jefe de terreno. En base, a las indicaciones entregadas por el encargado de las actividades críticas como la de tensado, se establecerán los riesgos involucrados en la operación. Como conocimiento de la actividad de tensado se deberá respetar los siguientes patrones mínimos de seguridad:

- En la actividad de tensado no se podrá acercarse ninguna persona que no sea personal capacitado de CSP.
- Al momento del tensado no se podrá encontrar ninguna persona en la zona de la trayectoria del cable, en la zona trasera del gato hidráulico.

- Se tendrá cuidado en chequear las conexiones eléctricas desde el tablero eléctrico hasta la bomba hidráulica, y se revisará que el cable no se encuentre en zonas con agua.
- Se chequeará que las mangueras hidráulicas de la bomba estén en buen estado y sus conexiones se encuentren bien hechas.
- Se deberá prestar especial atención a la posición de las mangueras de presión, que no se encuentren comprometiendo extremidades de los operadores.

k) Desencofrado y descimbrado, las cimbras o puntales deben permanecer en obra hasta que se complete la operación de tensado. Los encofrados laterales de losas y vigas podrán retirarse antes de la puesta en tensión.

Las cimbras pueden retirarse en su totalidad inmediatamente después del tensado, a menos que el forjado vaya a recibir cargas adicionales procedentes de la construcción de plantas superiores. En tal caso puede proceder a un clareado (retirado el 50% de los puntales).

El descimbrado del resto de los puntales puede hacerse cuando el hormigón haya alcanzado la resistencia para resistir las cargas de construcción. Generalmente ella ocurre entre los 7 y 14 días.

l) Corte de los excesos de la armadura activa, cuando estén los 30cm sobresalientes necesarios para el tensado de los cables, aunque el forjado esté hormigonado, habrá que prohibir los equipos antes citados en esas zonas.

m) Protección de los anclajes, la parte sobresaliente de los tendones (requeridos para el tensado), una vez anclados, se cortarán con sierra radial a tope de la culata del anclaje. Se colocará grasa u hormigón y se roscará una tapa. Nunca se efectuará el corte con soldadura. Los cajones de anclaje se hormigonarán para que queden protegidos los anclajes.

1.3.2 SISTEMA DE POSTENSADO CON ADHERENCIA

Este sistema (10) está basado en el sistema clásico de postensado de monotorón e incorpora la adherencia con todas las ventajas asociadas a ello.

Las ventajas del sistema postensado con adherencia son las siguientes:

- Reducción de las armaduras pasivas.
- Redundancia estructural por adherencia y anclaje.
- Facilidad de realizar modificaciones de la losa terminada.
- Bajas pérdidas por fricción.
- Excelente protección frente a la corrosión.
- Aprovechamiento completo de la capacidad de acero de alta resistencia.
- Mejora del comportamiento frente a la producción de fisuras por la activación de la fuerza de adherencia.
- Sistema delgado, ligero y flexible que permite máxima excentricidad en losas relativamente delgadas.
- Aplicabilidad en obras civiles viales.
- Buen comportamiento frente a fatiga en estructuras sometidas a cargas variables.

Los sistemas existentes adherentes hasta la fecha son multitorón, los que son adecuados para grandes luces y cargas, pero que se adaptan mal a las losas porque concentran grandes fuerzas del postensado. El sistema con adherencia es el más requerido, gracias a su gran versatilidad al manejar el material sobretodo en losas postensadas ya que se aprovecha al máximo el acero de alta resistencia lo que minimiza los costos. En el sistema con adherencia, todos los componentes son ligeros, de muy fácil instalación. Su colocación se efectúa en forma manual debido a que las piezas encajan con una ligera presión, el alambre que se utiliza para amarrar los anclajes es del tipo convencional y los equipos para el tensado es el estándar.

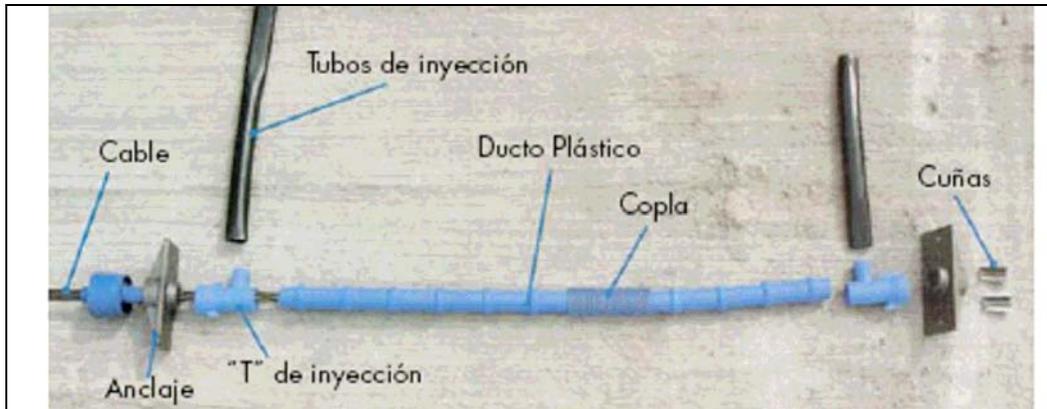


Figura N°6 En el sistema de losa postensada con adherencia, sus componentes son ligeros y fáciles de instalar en obra en forma manual, donde las piezas se encajan con una ligera presión.

Descripción de los componentes del sistema con adherencia, este sistema utiliza un ducto o vaina plástica corrugada con el fin de ofrecer una excelente protección para el cable contra la corrosión y a la vez de no alterar las propiedades del hormigón. Además como la vaina presenta resaltes (superficie corrugada) da una continuidad entre la lechada y el hormigón, "T" de inyección plástica de la misma calidad del ducto en donde va inserto el tubo de inyección para la lechada, anclajes pasivos y activos, cuñas, cono. El acero de postensado no está libre de movimientos relativos respecto al hormigón al cual éste le va a aplicar las fuerzas del postensado, ya que se inyecta lechada de cemento después del tensado, lo que hace que el acero y el hormigón sean uniformes.

Las estructuras forjadas de hormigón con armaduras pasivas convencionales y armaduras activas constituidas por cordones de acero de alto límite elástico, de 0.5" (12.7mm) ó 0.6" (15mm) de diámetro engrasadas las cuales se embuten en una vaina o ducto plástico de alta densidad para luego inyectarle lechada.

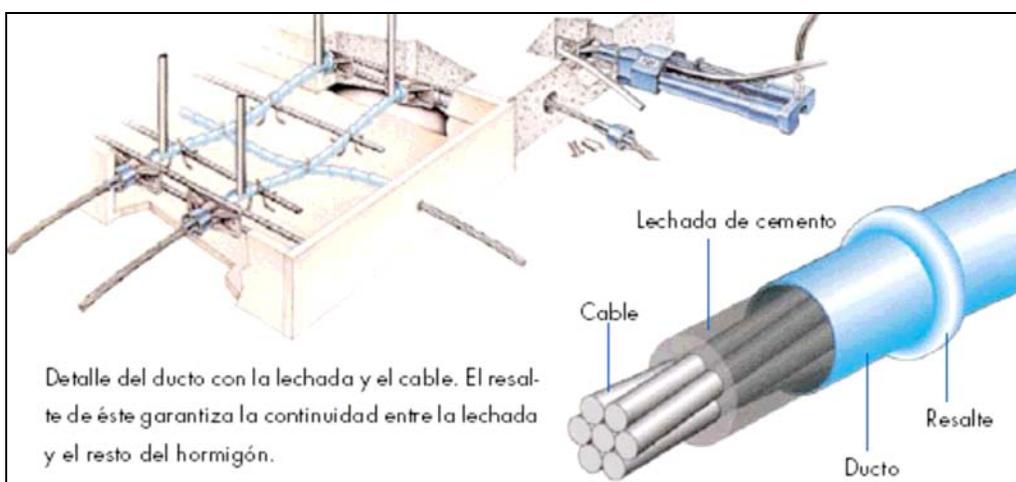


Figura N°7 Componentes del sistema con adherencia.

1.3.2.1 COMPOSICIÓN DE LOSA POSTENSADA CON ADHERENCIA

a) **Acero para tensado** (11), se utiliza acero de alta resistencia para hormigones pretensados, para cables no adheridos se utiliza cable de siete hebras de acuerdo a lo estipulado en la norma ASTM A-416.

- **Tipos de acero para el tensado**, los alambres redondos que se usan en la construcción de estructuras postensadas y ocasionalmente en obras pretensadas se fabrican en forma tal que cumplan con los requisitos de las especificaciones ASTM A -421, "Alambres sin revestimiento, relevados de esfuerzo, para hormigón presforzado". Los alambres individuales se fabrican laminando en caliente lingotes de acero hasta obtener varillas redondas. Después del enfriamiento, las varillas se pasan a través de troqueles para reducir su diámetro hasta el tamaño requerido. En el proceso de esta operación de estirado, se ejecuta trabajo en frío sobre el acero, lo cual modifica grandemente sus propiedades mecánicas e incrementa su resistencia. Los alambres se consiguen en cuatro diámetros tal como se muestra en la tabla N°1 (12):

Mínima Resistencia de Tensión (N/mm ²)			Mínimo Esfuerzo para una Elongación de 1% (N/mm ²)	
Diámetro Nominal (mm)	Tipo BA	Tipo WA	Tipo BA	Tipo WA
4,88		1725		1380
4,98	1655	1725	1325	1380
6,35	1655	1655	1325	1325
7,01		1622		1295

Tabla N°1 Dimensiones de diámetros de alambres a utilizar en tensados.

Los tendones están compuestos normalmente por grupos de alambres, dependiendo del número de alambres de cada grupo del sistema particular usado y de la magnitud de la fuerza pretensora requerida. Los tendones para prefabricados postensados típicos pueden consistir de 8 a 52 alambres individuales. El cable trenzado se usa casi siempre en miembros pretensados, y a menudo se usa también en construcción postensada. El cable trenzado se fabrica de acuerdo con la especificación ASTM A-416, "Cable Trenzado, sin revestimiento, de siete alambres, relevado de esfuerzos, para hormigón pretensado". Es fabricado con siete alambres firmemente torcidos alrededor de un séptimo de diámetro ligeramente mayor.

El paso de la espiral del torcido es de 12 a 16 veces el diámetro nominal del cable. Los cables pueden obtenerse entre un rango de tamaño que va desde 6.35mm hasta 15.24mm de diámetro, se fabrican en dos grados: el grado 250 y 270 los cuales tienen una resistencia última mínima de 1720 y 1860 N/mm² respectivamente, estando estas basadas en el área nominal del cable. A continuación se muestran en la tabla N°2 (13):

Grado	Diámetro Nominal (mm)	Resistencia a la Ruptura (KN)	Área Nominal del Cable (mm ²)	Carga Mínima para una Elongación de 1% (KN)
Grado 250	6,35	40,0	23,22	34,0
	7,94	64,5	37,42	54,7
	9,53	89,0	51,61	75,6
	11,11	120,1	69,68	102,3
	12,70	160,1	92,90	136,2
	15,24	240,2	139,35	204,2
Grado 270	9,53	102,3	54,84	87,0
	11,11	137,9	74,19	117,2
	12,70	183,7	98,71	156,1
	15,24	260,7	140,00	221,5

Tabla N°2 propiedades del cable de siete alambres sin revestimiento que se deben cumplir

En el caso de varillas de aleación de acero, la alta resistencia que se necesita se obtiene mediante la introducción de ciertos elementos de ligazón, principalmente manganeso, silicón y cromo durante la fabricación del acero. Las varillas se fabrican de manera que cumplan con los requisitos de la Especificación ASTM A-277, "Varillas de acero de alta resistencia, sin revestimientos, para hormigón pretensado".

Las varillas de acero de aleación se consiguen en diámetros que varían de 12.7mm hasta 34.93mm de diámetro y en dos grados, el grado 45 y el 160, teniendo resistencias ultimas mínimas de 1000 y 1100 N/mm², respectivamente, tal como se muestra en la tabla N°3 y tabla N°4 (14):

Grado	Diámetro Nominal (mm)	Área Nominal de la Varilla (mm ²)	Resistencia a la Ruptura (KN)	Mínima Carga para una Elongación de 0,7% (KN)
Grado 145	12,70	127	125	111
	15,88	198	200	178
	19,05	285	285	258
	22,23	388	387	347
	25,40	507	507	454
	28,58	642	641	574
	31,75	792	792	712
	34,93	958	957	859

Tabla N°3 Resistencias mínimas.

Grado	Diámetro Nominal (mm)	Área Nominal de la Varilla (mm ²)	Resistencia a la Ruptura (KN)	Mínima Carga para una Elongación de 0,7% (KN)
Grado 160	12,70	127	138	120
	15,88	198	218	191
	19,05	285	316	276
	22,23	388	427	374
	25,40	507	561	490
	28,58	642	708	619
	31,75	792	872	765
	34,93	958	1059	926

Tabla N°4 Resistencias mínimas.

- **Acero para armadura activa**, el acero empleado como armadura activa en losas postensadas deberá satisfacer los requerimientos de la normativa vigente, particularmente en su aplicación específica a cordones. Esta hace referencia a la norma ASTM A-416 que fija las características mínimas de los materiales a emplear, sus designaciones y métodos de ensayo.

b) Acopladores, son los elementos destinados a dar continuidad a un tendón entre dos partes de la estructura separadas por una junta de construcción. Conviene situarlos en puntos de reducidos esfuerzos de flexión (generalmente en secciones próximas a $1/4 - 1/5$ de la luz). Deberán evitarse en zonas con fuertes curvaturas en los tendones, y sólo se colocarán donde lo apruebe el director de obra. Los acopladores deben situarse en cajones suficientemente amplios como para permitir el movimiento de los mismos y deben estar debidamente protegidos frente a la corrosión antes de ser vaciado el hormigón. Los acopladores deben satisfacer los mismos ensayos de fatiga exigidos a los anclajes. Los acopladores se utilizan cuando se quiere evitar la manipulación de bobinas muy pesadas. Es posible entonces alargar un tendón ya anclado utilizando un acoplador que transmitirá la totalidad de la tensión. Los tendones no adherentes deberán acoplarse únicamente en puntos específicamente indicados en proyecto o bien mediante aprobación del proyectista.

c) Anclajes, son los elementos a través de los cuales se transmite al hormigón la fuerza de pretensado concentrada en el extremo del tendón. Los anclajes suelen consistir en placas metálicas, cuñas y elementos de protección frente a la corrosión. Existen dos tipos de anclajes: activos y pasivos. Los anclajes activos, son aquellos desde los que tensa, mientras que los pasivos son los que reciben la carga a través del tendón pero no directamente del gato de tensado.

El efecto de los cordones se consigue en la mayoría de los casos en cuñas de acero que se disponen entre el cordón y el orificio de la placa de anclaje. Una vez que el tendón se ha tensado se colocan las cuñas, clavándolas ligeramente; cuando el gato de tensado suelta el cordón, éste intenta retroceder, clavando más las cuñas que impiden su movimiento. Algunos anclajes pasivos consisten en dejar la armadura activa embebida en el hormigón con diversas formas geométricas y dispositivos, de forma que consiguen el anclaje sumando el efecto mecánico al de adherencia. Otros son muy similares a los activos, esto es que disponen de una placa metálica con cuñas para conseguir el efecto de anclaje. El tamaño de los anclajes es variable, según sirvan para anclar uno o varios cordones. El anclaje simple suele tener forma rectangular de 13x6cm aproximadamente y generalmente se disponen en forma horizontal dado lo estricto del canto en los forjados. El conjunto tendón-anclaje debe ser capaz de resistir ensayos estáticos y de fatiga. Esto último consiste en someterlo a 500000 ciclos de carga con tensiones oscilantes entre el 60 y 66% de la carga de rotura y a un número menor (50 ciclos) con tensiones del 0 al 80% de la tensión de rotura. Algunos anclajes vienen protegidos frente a la corrosión por una capa de polietileno de alta densidad adherido al acero. Los tendones se anclarán mediante anclajes mecánicos individuales. Éstos deberán ser capaces de desarrollar al menos un 96% de la carga de rotura mínima exigida para los tendones sin que se llegue a rotura ni a deslizamiento de cuña. La máxima penetración de cuña de anclajes será de 5mm para tendones tensados al 75% de su carga máxima. El conjunto tendón-anclaje debe ser capaz de resistir ensayos estáticos y de fatiga.

- **Anclajes Activos**, reciben el gato en el momento de la puesta en tensión del tendón.



Fotografía N°6 Anclaje activo.

- **Anclajes Pasivos**, situados en el otro extremo del tendón, en ellos no está previsto dar tensión por lo que quedan embebidos en el hormigón.



Fotografía N°7 Anclaje pasivo (anclaje araña) en sistema con adherencia.

- **Anclajes intermedios**, utilizados cuando sólo un tramo del tendón se pone en tensión. Aseguran un anclaje temporal antes de la nueva puesta en tensión del tendón en toda su longitud.

d) Armadura Activas, consisten en cordones de siete alambres, por lo general de diámetro 0.5" (12.7mm) ó 0.6" (15mm), engrasados y enfundados en una vaina de polietileno de alta densidad o de otro material plástico no corrosivo. La grasa situada en el espacio existente entre cordón y vaina tiene carácter protector frente a la corrosión, debe garantizarse un espesor sobre el acero de 0.5 décimas de milímetro. El espesor de la vaina esta entre 1.1mm + - 15%. El incremento de diámetro del tendón debido a la vaina es de 3mm + - 10%. El incremento de peso del tendón oscila alrededor del 10%. El cordón que se utiliza con mayor frecuencia es de 0.6" (15mm) de diámetro nominal, sección nominal 140 mm², carga de rotura 260.7 KN (tensión de rotura nominal de 1860 N/mm²), módulo de elasticidad 195 KN/mm², peso del acero desnudo 1.102 Kg/m, peso incluyendo vaina y protección de 1.19 Kg/m. El alargamiento mínimo total, medido sobre una base 610mm es superior al 3.5%. Las pérdidas por relajación a las 1000 horas varían (aceros de baja relajación) entre 1.5 y 2.5%, mientras que a los 50 años se sitúan entre el 3 y 4%.



Fotografía N°8 Cordón engrasado y entubado.

e) Armadura Pasiva, son las mismas que se utilizan en la construcción convencional con hormigón tradicional. De esta forma se instalan barras de acero de refuerzo en las zonas apropiadas, así cumpliendo con tal requerimiento, obteniéndose un elemento capaz de resistir esfuerzos o tensiones combinadas.

f) Cable Adherido, cable en el cual el acero de postensado, luego de tensar e inyectar lechada, permanece adherido completamente a la masa del hormigón que conforma el elemento.



Fotografía N°9 Cables con sistema de adherencia (despiches).

h) Cono, dispositivo plástico temporal usado en conjunto con el anclaje durante el hormigonado del elemento con el objeto de dejar la abertura necesaria en el hormigón, en el cual se introducirá el equipo de tensado, tales como las cuñas y mordazas.



Fotografía N°10 Cono, el cual está en forma temporal para dejar lugar a las cuñas luego de haber fraguado el hormigón, para así proceder con el tensado.

i) Copla, dispositivo para unir extremos de acero para postensado.



Fotografía N°11 En este caso se utiliza como unión de tendones huincha de plástico, por falta de longitud del cable.

j) Ducto – Funda, cubierta en la cual el acero del postensado es colocado para prevenir la adherencia durante la colocación del hormigón. En el caso de cables no adheridos se debe proteger la grasa que inhibe la corrosión y provee de aislación al cable ante la humedad en ambientes corrosivos.



Fotografía N°12 Ducto que se utiliza para sistema con adherencia.

k) Gato, el método más común para pre esforzar o tensar los cables es el uso del gato hidráulico. Debido a su gran capacidad y a la relativa poca fuerza necesaria para aplicar presión, además de su fácil manejo.



Fotografía N°13 Tipo de equipo utilizado para tensar cables (gato hidráulico).

l) Grasa, material usado para proteger el cable de la corrosión y/o lubricar el acero de postensado.

m) Hormigón (15), el hormigón no presenta diferencias sustanciales con el utilizado en cualquier obra pretensada. Se trata de conseguir un hormigón de alta resistencia, esta debe ser superior a los 25 MPa, con una alta resistencia a temprana edad, para poder tensar los tendones rápidamente, con buena trabajabilidad (es recomendable trabajar con consistencia blanda o fluida) y con reducida retracción y fluencia, con el fin de evitar fisuras y pérdidas excesivas de fuerza de pretensado.

La alta resistencia inicial se debe conseguir mediante la utilización de cementos tipo I y II, dosificación con una proporción no inferior a 350 Kg./m³ (por lo general 400 Kg./m³) y con relación A/C entre 0.40 y 0.50. En estas condiciones, conseguir la trabajabilidad deseada sólo es posible utilizando un plastificante y en ocasiones muy especiales un superfluidificante en las proporciones adecuadas. Por lo general las adiciones de estos aditivos oscilan entre el 3 y el 4% del peso del cemento. El conseguir un hormigón muy fluido es esencial ya que en la mayoría de los casos se coloca con bomba y además permite un mejor vibrado, llegando en ocasiones a ser un material casi autonivelante.

Dado que con determinadas soluciones se puede ir a elementos delgados, por ejemplo placas nervadas con espesor de losa de 15cm, conviene en ellos reducir el tamaño máximo del árido con respecto a la construcción convencional a 12mm.

Así, para evitar problemas de punzonamiento dadas las grandes luces que pueden alcanzarse, se requieren generalmente grandes hormigones. Se recomienda utilizar hormigones de 35 MPa de resistencias a los 28 días. Estas resistencias requieren valores reducidos de la relación A/C, contenido en cemento superior a 350 Kg./m³ y una granulometría bien estudiada. También es conveniente reducir la retracción del hormigón para evitar pérdidas diferidas muy altas.

Para poder tensar al poco tiempo del hormigonado se recomienda utilizar cemento de alta resistencia inicial, de forma que se alcance el 60 a 70% de la resistencia especificada a los 28 días en un plazo de 3 días aproximadamente después del hormigonado, se podrá realizar el tensado de los cables.

- **Tipos de Hormigón que se utilizan**, generalmente se requiere un hormigón de mayor resistencia para el trabajo de postensado que para las losas de hormigón armado. La práctica actual en losas pide una resistencia en probeta cúbica de 28 días de 280 a 350 Kg./cm² para el hormigón pretensado, mientras que el valor correspondiente para el hormigón postensado es de 170 Kg./cm² aproximadamente. Un factor por el que es determinante la necesidad de hormigones más resistentes, es que el hormigón de alta resistencia está menos expuesto a las grietas por contracción que aparecen frecuentemente en el hormigón de baja resistencia antes de la aplicación de pretensado.

Es importante seguir todas las recomendaciones y especificaciones de cada proyecto a fin de cumplir con las solicitudes requeridas.

Por lo general para obtener una resistencia de 350 Kg./cm², es necesario usar una relación de agua/cemento no mucho mayor que 0,45. Con el objeto de facilitar el colado, se necesitará un revestimiento de 5 a 10cm.

Para obtener un revestimiento de 7,5 cm con una relación A/C de 0,45 se requerirían alrededor de 10 sacos de cemento por metro cúbico de hormigón.

Si es posible un vibrado cuidadoso, se puede emplear hormigón con un revestimiento de 1,2cm o cero, y serían suficientes poco menos de 9 sacos por metro cúbico de hormigón. Puesto que con una cantidad excesiva de cemento se tiende a aumentar la contracción, es deseable siempre un factor bajo de cemento. Con este fin, se recomienda un buen vibrado siempre que sea posible, y para aumentar la maniobrabilidad pueden emplearse ventajosamente aditivos apropiados.

n) Lechada de Inyección, es la pasta utilizada para lograr el monolitismo entre el hormigón y el cable, inyectada a través de los puntos superiores del ducto. Este mortero, está compuesto principalmente de agua, cemento, aditivo expansor y en algunas ocasiones se utiliza un aditivo fluidificante.

ñ) Separadores y Soportes, teniendo presente que las barras de las armaduras deben ser soportadas, ancladas, amarradas e inspeccionadas antes de iniciar la faena de hormigonado, por lo que es de mucha importancia que los separadores sean capaces de sostener firmemente las barras, que sean lo suficientemente sólidos como para resistir el vaciado del hormigón y eviten la posibilidad que las barras tiendan a moverse, se desplacen o curven. Para soportar las barras superiores de las losas se usan sillas continuas o individuales, instaladas a distancias aproximadas de 1,5cm.

o) Tendón - Cables, se refiere a todo el conjunto, o sea, el paquete completo que está constituido por los anclajes y el acero de pretensado con funda cuando corresponda. El cable es el que transmite las fuerzas del postensado al hormigón.

CAPÍTULO II: MONTAJE DE LOSA POSTENSADA CON ADHERENCIA

2.1 Montaje de Losa Postensada con Adherencia:

En cuanto a la ejecución de esta actividad es muy similar a las actividades que se realiza en el sistema sin adherencia y consta de los siguientes pasos:

- Acopio de materiales
- Colocación de alzaprimas y moldajes
- Colocación de Mallas (armadura)
- Instalación de anclajes
- Colocación de separadores (soportes para los tendones)
- Colocación de los tendones
- Colocación de anclajes y conos (pocket formed)
- Vertido del hormigón
- Curado del hormigón
- Tensado y clareado de cuñas
- Reapriete de cimbras (alzaprimas)
- Corte de cable sobrante y hormigonado nichos de anclaje
- Inyección en ductos (sistema grouting)

2.1.1 Interpretación de Planos

Los planos que se adjuntan en el anexo A, pertenecen al Edificio Tienda Ancla Mall Valdivia, estos documentos constan de:

- a) Plano de Forma
- b) Plano de Armadura Pasiva
- c) Plano de Cables
- d) Plano de Soporte Cables en X
- e) Plano de Soporte Cables en Y

En estos planos se puede apreciar los detalles de este sistema, partiendo por las especificaciones técnicas de este sistema de losas, luego notas generales en donde se observan las características del proyecto, la convención de cables que se va a utilizar según localización y cuanta carga van a soportar y los distintos tipos de diseño de armaduras pasivas a instalar.

La simbología que se utiliza en los cables es la siguiente:

	CABLE DE 1 TORON
○	CABLE DE 2 TORONES
◁	CABLE DE 3 TORONES
□	CABLE DE 4 TORONES
→	ANCLAJE(S) ACTIVO(S)
⊥	ANCLAJE(S) PASIVO(S)
⊠	CAJÓN DE TENSADO RECTO
⊠	CAJÓN DE TENSADO INCLINADO

Figura N°8 Simbología de cables.

a) Plano de Forma (P1073_MPLR_P2-00-0): en este plano se explica la modulación que se debe realizar a la losa con respecto a los espesores que se deben dejar tanto para capiteles, consola y losa, además el tipo de alzaprímado que se debe efectuar dependiendo del tensado que se haya realizado en cada losa e indica los tiempos en los cuales se debe realizar el descimbre.

b) Plano de Armadura Pasiva (P1073_MPLR_P2-02-0): aquí se detallan los tipos de refuerzo que lleva la losa además de las mallas inferior y superior, como en los siguientes casos:

- Refuerzos en los cajones de tensado inclinados que se encuentran en partes perimetrales de la losa.
- Detalles de juntas abiertas.
- Indicaciones de cruce de cables bandeados sobre repartidos.
- Detalles en los refuerzos de anclajes activos y refuerzos pasivos.
- Detalle de losa donde no lleva apoyo de consola.
- Detalles de enfierradura en juntas que hay entre coladas.
- Detalle de losa con apoyo de consola de dilatación.
- Detalles de armaduras de refuerzos.
- Detalle de malla en base de capiteles.
- Detalle de remate de malla en vigas y muros.

Además cuadro con indicación de las dimensiones y desarrollo de los tipos de armaduras a utilizar, con el tipo de recubrimiento y a utilizar acero A63-42H.

c) Plano de Cables (P1073_MPLR_P2-01-0): en este plano podemos apreciar las especificaciones técnicas del proyecto, donde nos especifica las características de los materiales a utilizar, las cargas de diseño, los cables ha inyectar y la lechada para inyección de dichos cables.

Se indica el orden de colocación de los cables, los detalles de anclajes pasivo, detalle de forma del cajón de tensado inclinado, detalles de aperturas de cables y junto con esto la simbología indicada al principio, en la figura 2.1.

d) Plano de Soportes Cables en X (P10XX_MPLR_P2-03-0): se detalla la posición en la cual debe ir ubicada la silla de soporte, además indica la altura que deben tener los soportes para un buen tensado, como se señala en el siguiente cuadro 2.1.1:

CUADRO DE SOPORTES CAPITEL e= 36 cm			
Marca	hs	hog	Observaciones
X	240	270	
X	270	300	
X	295	325	ó Atar a Cables Repartidos

CUADRO DE SOPORTES BANDA e= 36 cm			
Marca	hs	hog	Observaciones
*		40	Atar a Malla Inferior
*	150	180	
*	270	300	
*	295	325	ó Atar a Cables Repartidos

CUADRO DE SOPORTES LOSA e= 18 cm			
Marca	hs	hog	Observaciones
o		50	Atar a Malla Inferior
o		60	Barra Ø 22 L= 35 mm.
o	60	90	
o	90	120	
o	115	145	ó Atar a Cables Repartidos
NOTA:	hog = Distancia eje de cable a fondo de Moldaje en mm hs = Altura soporte en mm		

Tabla N°5 Cuadro con alturas de soportes para cables en X, cuyas medidas son en milímetros.

e) Plano de Soportes Cables en Y (P10XX_MPLR_P2-04-0): muestra al igual que el plano anterior la ubicación de las sillas de soporte, indicando la altura correspondientes de estos, además detalle típico de soportes según las medidas que tengan, detalle de soporte con barras y detalle del cable atado a soporte. A continuación cuadro con las alturas de los soportes en Figura 2.1.1.1:

CUADRO DE SOPORTES CAPITEL e= 36 cm			
Marca	hs	hog	Observaciones
X	240	270	
X	295	325	ó Atar a Cables Repartidos

CUADRO DE SOPORTES BANDA e= 36 cm			
Marca	hs	hog	Observaciones
*		40	Atar a Malla Inferior
*	150	180	
*	295	325	ó Atar a Cables Repartidos

CUADRO DE SOPORTES LOSA e= 18 cm			
Marca	hs	hog	Observaciones
o		40	Atar a Malla Inferior
o		60	Barra Ø 12 L= 35 mm
o	60	90	
o	115	145	ó Atar a Cables Repartidos
NOTA:	hog = Distancia eje de cable a fondo de Moldaje en mm hs = Altura soporte en mm		

Tabla N°6 Cuadro con alturas de soportes para cables en Y, medidas en mm.

2.2 Transporte y Acopio de Materiales

Esta actividad es muy similar al que se tiene con el sistema de postensado sin adherencia. Durante el proceso de descargarse debe procurar tener cuidado en no dañar la funda plástica, por lo que se debe utilizar eslingas de nylon para este proceso. En donde las cuerdas nunca deben estrangular el cable, por lo que siempre se tiene que enganchar los rollos pasando la cuerda por el centro de éstos. Se engancha cada ojo de la cuerda al equipo de izaje, en este caso grúa. En ningún caso se puede utilizar cadenas o garfios para la descarga de los cables ya que pueden causar grandes daños a éstos.

La descarga debe ser lo más próxima al área de almacenaje, con el fin de evitar movimientos excesivos en los materiales ya que con estos se aumentan la probabilidades de daño en la funda o en los otros componentes del sistema.

El almacenaje de los cables se realiza en áreas en donde se encuentren seguros y no estén en contacto con la intemperie. Con la salvedad de los cables que se encuentren de paso por la obra, con un máximo de dos días si esta desnudo.

Lo mismo ocurre con las cuñas y los anclajes, los cuales deben estar almacenados en lugares totalmente libres de humedad y limpios.

El equipo de tensado se almacena en un lugar limpio y seco, en donde se tenga un control estricto de quien entra y sale, por lo que sólo personal calificado puede manipular este equipo. En la recepción del equipo de tensado se debe asegurar que tanto el gato como la bomba no se encuentren separados, pues éstos se calibran como una misma unidad, además se tiene que verificar que el gato posee el registro de calibración correspondiente a la instrucción de calibración.

2.3 Colocación de Alzaprimas y Moldajes

- **Moldajes**

Con respecto al encofrado, pueden existir problemas cuando los Moldajes son de madera no muy curada expuestos al sol, ya que estos Moldajes se flectan del orden de 1 a 2 cm en tableros de 1m de longitud. Este problema se soluciona humedeciendo el encofrado mediante riego con agua.

El problema de las prelosas de hormigón es que reducen el brazo mecánico, pues los tendones no pueden disponerse con la excentricidad deseada en los puntos de trazado mas bajo.

Resulta esencial sellar las juntas entre prelosas para lograr estanqueidad y evitar así pérdidas de lechada, esperables dado que, por una parte, el vibrado es intenso y por otra el hormigón muy fluido ya que puede ser colocado con bomba.

La posibilidad de recuperar los elementos de encofrado a los pocos días permite rentabilizar enormemente su uso. Se debe garantizar la planeidad del encofrado y el paralelismo entre las caras superior e inferior de la losa, para evitar sobre espesores, reducciones de sección y variaciones de excentricidad con los cables respecto a lo planteado en el proyecto. El sistema de control de niveles, durante el proceso de encofrado, debe ser del mismo orden de precisión que el proceso de hormigonado (es frecuente observar que los encofrados trabajen con niveles de manguera, mientras que los operarios que hormigonar pueden hacerlo con niveles automáticos basados en el láser). Conviene dejar puntos de referencia, toques, medidos desde el fondo del encofrado, para mantener el canto de proyecto. Asimismo, para el control topográfico conviene dejar puntos de referencia constantes, para referirse a ellos a lo largo del proceso de construcción, esto es: al hormigonar, después de tensar, al cargar el peso del hormigón fresco de las plantas superiores y después colocar las cargas permanentes. Al replantear los Moldajes son admisibles las mismas tolerancias, tanto como en planta como en alzado, que en el hormigón armado.

Si se utilizan encofrados con mesas, éstos pueden llevar marcada la posición de las sillas de apoyo de los tendones. En tal caso es importante que, al reutilizarlas, se coloque cada mesa con idéntica posición que en el ciclo anterior. El sellado de la unión entre mesas se puede realizar mediante cinta adhesiva de empacar.



Fotografía N°14 Placas fenólicas utilizadas como Moldajes para losa y capitel.

- **Alzaprimado**

Las cimbras y encofrados deben permitir el libre movimiento de la estructura al tensar; en caso contrario se pueden originar transferencias de cargas no deseadas. El control de los movimientos de la losa y la constatación del correspondiente despegue respecto de la cimbra de indicarán si el tensado a funcionado según lo previsto, un método bastante adecuado es realizar nivelación con aparatos topográficos.

Es importante efectuar el reapriete de la cimbra antes de proceder al Hormigonado de la planta superior.



Fotografía N°15 Alzaprimado metálico.

2.4 Instalación

Con respecto a las actividades de colocación de Moldaje, colocación de armadura de malla inferior, colocación de cables X – Y, refuerzos de anclajes y colocación de armadura de malla superior, tienen la misma ejecución que el montaje de losa postensada sin adherencia.

En la instalación se recomienda que el equipo de tensado sean quienes estarán a cargo de la instalación del proyecto completo.

Por lo general es recomendable instalar el postensado antes que los conductos eléctricos y el comienzo de los trabajos mecánicos, o bien trabajar en forma paralela, ya que en ciertas circunstancias el cable queda por sobre los conductos eléctricos, según el proyecto y los cálculos de la altura que deben tener los soportes.

En todo caso la ubicación de los cables y sus perfiles deben mantenerse de preferencia ante otros materiales que deban ser incorporados, como es el caso de las armaduras tradicionales.



Fotografía N°16 Caja eléctrica instalada sobre malla inferior de losa postensada (trabajo en paralelo de actividades de enfierradura y electricidad).

Las desviaciones del perfil o la altura de los soportes del cable se deben mantener con una tolerancia de:

- 3mm para losas con espesores bajo los 20cm.
- 8mm para espesores entre los 20 – 60cm.
- 10mm para losas con espesores superiores a los 60cm.

El comportamiento de la losa es relativamente insensible a la ubicación horizontal del cable, por lo que se tiene que evitar desviaciones excesivas en el cable. Si la razón de desvío horizontal supera los 10cm por metro, hay que proveer de ganchos de diámetro 10mm cada 60cm en cada cable durante el desarrollo del desvío, éstos son indicados cuando se producen en los planos de tendones y su ubicación.

2.4.1 Procedimiento de Instalación

- Marcar en el rebalse, el centro de cada cable de acuerdo a los planos. El rebalse muestra a la vez el tamaño del cono en aquellos lugares que puedan presentar conflicto.
- Si existen conflictos y los anclajes no pueden ser colocados de acuerdo a los planos, se debe consultar al responsable del diseño para ver una solución adecuada y que no interfiera con el resto de las armaduras que le siguen.
- La perforación en el rebalse se realiza en donde se localicen los anclajes activos.
- Se engrasa la punta del cono plástica que ha de ser introducida en el anclaje, en donde se une el cono con el anclaje, que posteriormente se transforman en un conjunto, el cual se introduce en la perforación previamente realizada, clavando fuertemente el conjunto del eje del rebalse. Hay que tener mucho cuidado de fijar bien el conjunto para evitar que entre lechada en la cavidad que van a ir ubicadas las cuñas. Es muy importante que el rebalse quede perpendicular al Moldaje.
- Marcar sobre el Moldaje o encofrado la ubicación de los soportes a ser utilizados, también es recomendable marcar cada cierto tramo la ubicación de los cables para facilitar su instalación.
- Se divide por sectores en donde se selecciona el cable por colores según el largo que éstos posean.
- Al haber losas bandeadas se inicia la colocación partiendo por los cables uniformes sobre cada una de las columnas. Luego se procede a colocar los cables de banda para finalizar con los uniformes; se desenrollan los cables en su posición desde el extremo del anclaje muerto (pasivo) hacia el extremo a tensionar. Si el cable a de ser tensionado por ambos extremos, cuando se desenrollen este deberá dejar suficiente extremo libre a cada lado para poder ser tensionado a lo menos 45cm.

- Si el cable presenta un tensado intermedio, deberá ser desenrollado sólo hasta un poco más allá de la junta de construcción, el resto del cable deberá permanecer enrollado y protegido hasta que el próximo vaciado este listo para el hormigonado.
- Después que los cables estén colocados, se debe remover la vaina del extremo del cable que será tensionada lo necesario y requerido para ser colocado a través del anclaje y rebalse lateral correspondiente, se removerá sólo la vaina necesaria de tal forma que no exista mas de 3cm de cable desnudo dentro del hormigón a ser vaciado. Para ambientes muy agresivos puede ser necesario colocar una protección plástica entre la vaina y el anclaje.

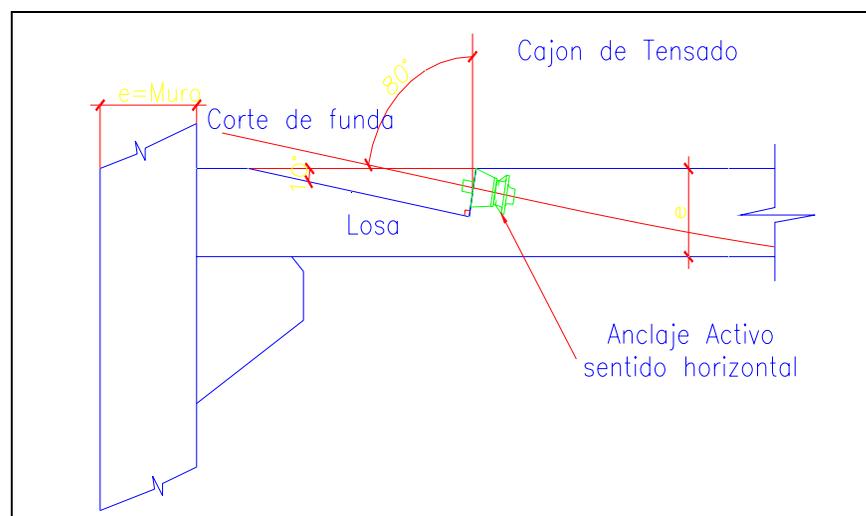


Figura N°9 Corte de vaina para ser tensionada, debe quedar no mas de 3cm de cable desnudo en el Moldaje para su posterior hormigonado.

- En general, cuando se posicionan los cables tanto los de banda como los uniformes hay que tener presente lo siguiente:
 - Para losas de espesor mayor a los 18cm los anclajes colocados en forma vertical no podrán tener una separación menor a 9cm.
 - Para losas cuyo espesor es menos al indicado, los anclajes han de colocarse en forma horizontal y su separación no debe ser inferior a los 16cm.

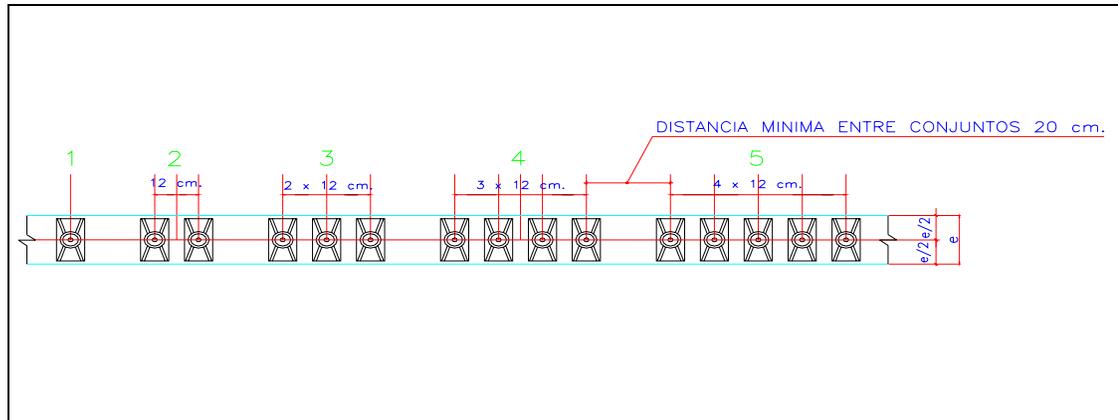


Figura N°10 Colocación típica de anclajes, con una distancia mínima de 20cm entre cada conjunto (bandas).

- En caso por condiciones de terreno sea imposible darle la separación indicada anteriormente a los cables, o bien la cantidad de cables a tensar en el extremo de la losa sea mayor a las 10 unidades, se debe colocar una horquilla de diámetro 8.
- Los cables principalmente para bandas que deban ser colocadas en grupos. Se deberá separar cada cable al menos un diámetro de ducto, para permitir que el hormigón fluya fácilmente por debajo de los cables. Debe tenerse el cuidado de verificar que los cables no se encuentren cruzados a través de la losa. Mantener los cables lo más rectos posible de acuerdo a los planos de diseño. Las ondas (curvas) en el tendido de los cables pueden originar fricciones mayores a las normales, la cuales pueden verse reflejadas en elongaciones bajas, al momento de tensar.
- Disponer los cables de acuerdo al plano de soportes correspondiente. Las amarras del cable al sistema de soporte no deben causar ninguna deformación visible en la vaina o al ducto. Deben los cables quedar bien fijos con el objeto de prevenir cualquier desplazamiento durante el vaciado del hormigón.



Fotografía N°17 Refuerzo típico para soporte de cables.

- El extremo del anclaje pasivo, debe ser asegurado en su posición utilizando para ello las sillas indicadas y el refuerzo indicado para los anclajes, nunca se debe clavar este anclaje al rebalse perimetral.
- Se debe inspeccionar el perfil del cable y reparar cualquier daño, al ducto con el objeto de prevenir obstrucciones que impedirían su posterior inyección. En este caso se reparan con cinta de embalaje, esto ocurre previo al hormigonado ya que un supervisor debe estar atento ante cualquier fisura que se produzca para repararla de forma inmediata, así como también de fijarse que los soportes no se corran ya que si esto ocurre puede causar daños al momento del tensado.

2.5 Hormigonado

Según las especificaciones técnicas del sistema de losa que se realizará para postensado, tiene las siguientes características:

- Hormigón H35, con un 90% de nivel de confiabilidad y con una resistencia de 35 MPa característica a los 28 días, ensayo con probeta cúbica.
- Tamaño máximo del árido de 4cm.
- Las cargas del diseño deben ser para una sobrecarga muerta de 200 Kg./m² y sobrecarga viva de 600 Kg./m²

Previo al hormigonado se debe realizar una inspección exhaustiva de la losa para dar el visto bueno y proceder al hormigonado, lo cual se analizará con mayor profundidad en el Capítulo III.

Los puntos que deben ser revisados son los siguientes:

- El perfil del cable debe ser suave y en forma correcta (sin curvas reversas) entre puntos de referencia.
- No deben existir desviaciones excesivas del cable en la horizontal, respetando las indicaciones dadas por proyecto o que sean solicitadas particularmente por la ITO.
- Que el ducto o vaina no estén dañados, realizando una prueba de agua en a través de la vaina, si así fuese, este debe ser reparada de forma inmediata.
- Verificar que los soportes se encuentren alineados y de acuerdo al plano.
- Los anclajes activos deben estar completamente unidos a los conos y éste conjunto este fijamente clavado y perpendicular al rebalse.
- Que las dos barras de diámetro 12mm se encuentren fijas y amarradas a los anclajes.
- Revisar el método apropiado para el hormigonado con el objeto de prevenir de antemano posibles alteraciones en la estabilidad de los cables.
- Se debe revisar la armadura tradicional ya que afecta directamente a la losa.

2.5.1 Procedimiento durante el hormigonado

- No debe hormigonarse a menos que los cables, soportes y refuerzo tradicional se encuentren de acuerdo a los planos aprobados.
- El hormigón debe ser vaciado de tal manera que se asegure la posición de los cables del postensado y no altere además la posición del refuerzo tradicional. Si los cables se desplazan de su posición original, ellos deberán retomar su posición inicial antes de seguir con el hormigonado.
- El vibrado del hormigón en la zona de anclajes es crítico para prevenir y eliminar nidos y oquedades. Debe tomarse la precaución de vibrar bien 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.

2.5.2 Cuidados durante el hormigonado

- a) *Vaciado por medio de camiones***, se debe evitar el descarguio de demasiado hormigón en un mismo punto de la losa. Por otra parte hay que procurar al hacer escurrir el hormigón que esta operación de trabajo no desplace los cables.
- b) *Vaciado por medio de grúa***, el hormigón deberá dejarse hacer del capacho a una altura tal que no se produzca desplazamiento de los cables, al igual que en el caso anterior.
- c) *Vibrado***, no se debe apoyar los vibradores sobre los cables, tanto como sea posible hay que evitar el contacto entre la zona vibradora y los cables durante la colocación y compactación del hormigón.
- d) *Vaciado por bomba***, las tuberías de la bomba deben ser soportadas por sobre los cables, de ninguna manera descansando sobre ellos. Por ningún motivo el cebo de la bomba debe ser descargado sobre la losa. Por último la manguera de descarga debe ser mantenida en una posición tal que no cause desplazamiento del sistema de postensado.
- El operador de la bomba debe usar de preferencia el control remoto.



Fotografía N°18 Proceso de hormigonado a través de bomba estacionaria, se observa uso de platacho y vibrado a medida que se está hormigonando.

2.6 Tensado de Cables

La operación de tensado (16) no puede comenzar, mientras las probetas cilíndricas de hormigón, curadas bajo las condiciones de trabajo no hayan sido ensayadas y su resistencia este por bajo de la resistencia requerida para esta operación, las cuales están especificadas en el proyecto que analizaremos, el cual tiene una Resistencia mínima para tensado 215 Kg./cm² probeta cúbica. Los cables inyectados que se utilizarán son cables Dywidag (Monocordones 0.6" 270 Ksi) con coeficiente de fricción equivalente a 0.16 (1/rad), coeficiente de Wobble equivalente a 0.001 (1/m), tensión inicial de 0.80 Trg y Slip cuñas de 6mm (bloqueo hidráulico).

2.6.1 Preparación de Losa

- El Moldaje de borde o rebalse debe ser removido lo más temprano posible, para así facilitar la salida del cono plástico y la posterior limpieza de la cavidad mientras el hormigón posea poca edad, el resto de los moldajes permanecerá en su lugar hasta después del tensado.
- Remover el cono plástico.
- Se debe limpiar en el anclaje la cavidad para introducir la cuña, removiendo para este efecto cualquier resto de lechada o pasta de hormigón existente, la cual impediría una sólida unión entre la cuña y el anclaje.
- Verificar la integridad del hormigón, a ambos lados del cono y en toda la superficie expuesta.
- Verificar que el cable se encuentra perpendicular al anclaje y que el anclaje este paralelo a la cara del hormigón. Si cualquiera de estos elementos esta desalineado se tiene que informar a la brevedad al profesional de la obra para instrucciones.
- Se debe despejar el área en donde se encuentran los cajones de tensado, picando el hormigón y descubriendo los cables hasta despejar el cono plástico, el cual será removido para realizar el tensado.



Fotografía N°19 Despeje de cables.

- Remover el exceso de grasa y cualquier polvo, arena o pasta de hormigón que se encuentre en el extremo del cable. No es necesario lavar el extremo del cable, sólo se requiere remover el exceso de materiales de la superficie.
- Instalar en forma definitiva el par de cuñas correspondiente en el anclaje. Asegurar que la orientación de las cuñas sea tal que la nariz del gato se apoye completamente en ambas mitades de la cuña (esto se consigue uniendo verticalmente las dos cuñas).
- Asentar las cuñas en la cavidad firmemente con un acuñador.
- Usar un dispositivo para establecer una dimensión de referencia constante desde la cara del borde del hormigón, usar pintura spray para establecer el punto de referencia de las medidas de la elongación. Si existiera tensado en los dos extremos, es importante marcarlos ambos antes de iniciar el proceso de tensado. No se debe sobre pintar, ya que así no se logrará una marca muy precisa.

2.6.2 Tensado

- El cable no debe ser tensado hasta que el hormigón posea la resistencia especificada, pero se realizará una vez alcanzada la resistencia indicada.
- Deberá encontrarse limpia el área de trabajo, o los andamios en donde los operadores realizarán el tensado.

- La medición de las elongaciones, se realiza a continuación del tensado.
- Si se utiliza el equipo de tensado en forma indebida, puede resultar perjudicial tanto para el equipo, el operador y trabajadores que se encuentren en las cercanías de la zona de trabajo. Por lo tanto, sólo personal calificado y conciente del equipo que está operando lo puede manejar. Además de conocer las precauciones que se tienen que tomar en esta operación, ene especial que no hayan trabajadores en la línea de tensado.
- El personal que tensa deberá permanecer fuera de la línea del cable que esta siendo tensado. No se debe permitir que alguien se pare cerca del gato o entre el gato y la bomba mientras se tensa.

Se debe chequear el equipo de tensado, en donde se tiene que tener especial cuidado en:

- a) Verificar limpieza del equipo, especialmente en las áreas donde van las cuñas y la nariz del gato.
- b) El cable eléctrico deberá ser de tres hechas y no tiene que tener más de 30cm de longitud.

Se deben conectar todas las mangueras entre la bomba y el gato e instalar el manómetro. Se debe encender la bomba para realizar la operación de sacar y meter el pistón para verificar que no posea pérdidas la bomba, y que la nariz acuñadora este funcionando (hay que evitar sacar el pistón hasta el fondo). Realizar verificación de la calibración del equipo de tensado para darle la presión adecuada al cable.



Fotografía N°20 Preparación de equipo de tensado.

- El gato y la bomba, deberán amarrarse a algún elemento fijo, para prevenir que el equipo sea expulsado fuera de la obra si llegase a fallar un cable durante el tensado, esto se debe cumplir cuando se está trabajando sobre andamios y en el perímetro exterior de los edificios.
- Asegurar que la nariz de acuñamiento esta retraída.
- Abrir las cuñas del gato hacia atrás de la porta mordazas.
- Posicionar el gato sobre el cable tensado y empujarlo hasta que la nariz del gato descansa sobre los anclajes. Nunca se debe intentar arreglar la posición del gato, ya sea golpeando con martillo o empujándolo una vez que le a impreso una carga con el equipo. Para esto hay que remover el gato y reposicionar, verificando que:
 - a) Las mordazas se hayan empujado hacia delante para enganchar el cable, asegurándose que las mordazas están paralelas.
 - b) Que el cable esta en la posición correcta de acuerdo a las mordazas.
- Si la elongación del cable es mayor que la carrera del pistón, se deberán llevar estiramientos adicionales. Debiendo tener el cuidado de no abrir completamente el gato en el primer estiramiento. Cuando se usa un gato de 20cm de carrera, tratar de dejar aproximadamente 15cm para la última estirada.
- Después de retirar el gato del cable, se coloca el dispositivo apoyado en la marca de la superficie de la losa, midiendo la distancia entre el borde del dispositivo a la marca de referencia lo más preciso posible para luego anotarlo en el registro de tensado. Esta distancia será la “**elongación real obtenida del cable**”. Esta elongación se comparará con el valor teórico indicado en los planos.



Fotografía N°21 Marcación del estiramiento del cable una vez tensado.

- Verificar las elongaciones. En el tensado en ambos extremos, se suman las elongaciones de ambos extremos para obtener la elongación total.
- Las elongaciones deberán estar dentro del 7% de los valores mostrados en los planos. La medición de la elongación deberá ser lo mas precisa, con variaciones que no sean mayores a los 2mm. Si los resultados excedan la tolerancia indicada, no se pueden tensar más cables hasta que se identifique el problema y sea corregido. Se tiene que llevar el registro de todo el proceso de tensado, el cual se conservará junto a toda la documentación relevante de la obra. El corte de los excesos de cables se realiza una vez entregada toda la información al mandante o al profesional de obra para su aprobación, una vez aceptada se cortan cuanto antes. Comparación de la medición del cable entre la longitud real y la longitud teórica en Anexo B.
- La relación que debe existir entre la calibración de la presión del gato de tensado con la fuerza de tensado, es la siguiente:

$$\text{Área Pistón Gato} = 51.3 \text{ cm}^2.$$

$$\text{Presión Manómetro} = 3480 \text{ psi.}$$

Donde $3480 \text{ psi} = 244.725 \text{ Kg/cm}^2 \Rightarrow (244.725 * 51.3) = 12554 \text{ Kg}$, que es la fuerza del tensado de cada cable. Como son dos en cada paquete, la fuerza máxima de cada tensado es 25.000 Kg.

2.7 Inyección de Ductos

Los principales objetivos de la inyección son:

- Prevenir la corrosión del acero de pretensado llenando completamente todas cavidades con lechada de cemento.
- Lograr una adherencia efectiva entre el acero para pretensado y el hormigón.

La inyección no puede ser llevada a cabo sin haber sellado completamente el ducto, anclajes y los accesorios de inyección. La preparación previa de la mezcla de grout, las operaciones de grouting, la resistencia de la lechada, los límites de temperatura, los requerimientos de bombeo, las propiedades de la mezcla y algunas indicaciones para el proceso de inyectado. Las características de lechada en su estado fresco o endurecido no difieren fundamentalmente de la tecnología del hormigón o mortero. La lechada esta compuesta por: cemento, agua y aditivos.

2.7.1 Componentes de la Lechada

La lechada está compuesta por cemento, agua y aditivos, que analizaremos a continuación.

a) Cemento:

- Cemento tipo I, II y III.
- La edad del cemento debe estar entre una y cuatro semanas.
- El cemento debe ser guardado hasta su uso protegido de la humedad en un recinto cerrado y ventilado.

b) Agua: El agua siempre y cuando sea posible deber ser obtenida de la red pública. Debe estar limpia de impurezas que influyan en el fraguado de la lechada y no debe contener ninguna sustancia que ataque el acero para pretensado. Si se observan dudas sobre la calidad del agua es aconsejable hacer un análisis químico.

Para el proyecto que analizaremos se requerirá una razón agua cemento de 0.42 a 0.45.

c) Aditivo: Se usará aditivo expansor intraplast al 1%, eventualmente aditivo superplastificante tipo Daracem 101 o similar a 250cc por cada saco de cemento.

2.7.2 Proceso de Inyección

Después de haber obtenido la mezcla mas adecuada, el proceso de inyección puede ser iniciado.

El equipo debe ser ubicado lo más cerca posible de las conexiones de manera de suprimir pérdidas innecesarias en las tuberías. Grandes diferencias de nivel entre la mezcladora (betonera) y la conexión deben ser evitadas.

El cemento y el aditivo deben ser colocados en la inmediata vecindad del equipo de inyección y deben estar protegidos de la humedad, además de las salpicaduras de la mezcladora, lluvia, etc. El suministro de agua debe estar asegurado, si es necesario por medio de un estanque de agua. Revisar y lavar el equipo de inyección, ya que éste debe estar libre de incrustaciones de cemento y tiene que ser lavado cuidadosamente, también se debe revisar el sellado de las conexiones. Cuando la lechada sale por el extremo éste no debe cerrarse hasta que la lechada que salga no tenga la misma viscosidad que la que esta en la mezcladora. Inmediatamente antes de la inyección los cables pueden ser soplados con aire comprimido (si hay disponible en obra) de modo de expulsar el agua presente. Basado en los resultados de los ensayos preliminares, la lechada debe ser mezclada con la razón Agua / Cemento apropiada y la secuencia de agregado de componentes.

Tan luego como el depósito se ha llenado con la primera mezcla, puede empezarse el bombeo.

La lechada debe ser continua sin interrupciones de modo que ésta fluya continuamente en la misma dirección desde la entrada del cable hacia la salida. Cerradas las conexiones o ventilaciones, las tuberías de poliestireno se doblan y se amarran con alambre corriente.

Las inyecciones deben ser controladas diariamente con el fin de obtener la siguiente información:

- Identificación de los cables inyectados.
- Consumo de material (tipo y cantidad).
- Referencias de las muestras sacadas, si corresponde.
- Interrupciones.

La inyección del cable debe ser llevado a cabo sin interrupciones. Si se produce una interrupción de más de 30 minutos, durante el inyectado de un cable, el sistema completo se debe vaciar y lavar.

CAPÍTULO III: CONTROL DE CALIDAD ADAPTADO A LOSA POSTENSADA CON ADHERENCIA Y LOSA DE HORMIGÓN ARMADO TRADICIONAL

3.1 Plan de Calidad (17)

Este método tiene como objetivo describir el sistema de calidad que se implementará en la obra o proyecto en el cual se trabajará, el cual se basa en el sistema de gestión calidad que propone la norma ISO 9001, basándose en esta pauta se realiza este plan de calidad.

Durante la realización del edificio Tienda Ancla Mall Valdivia (del cual se extrajo la información de ambas losas en las cuales se va a realizar el análisis comparativo que estudiaremos en el próximo capítulo) realizado por la empresa Constructora Tecsa, la cual se encuentra certificada por la ISO 9001, se llevo a cabo este método de trabajo, el cual se implementó por el grupo de trabajo que estuvo a cargo de dicho proyecto, tanto por parte del administrador de obra, jefe de terreno, jefe de oficina técnica, jefe de bodega, jefe de aseguramiento de calidad, supervisores, topógrafo y mano de obra acataron dicho sistema de trabajo, tomando conciencia del autocontrol que se obtiene en las diversas actividades que se realizan durante el proceso de ejecución del proyecto.

Este plan va a consistir en una serie de puntos, los cuales se deben realizar a medida que se van desarrollando las distintas etapas del proyecto, los puntos principales consisten en los siguientes:

a) Sistema de Gestión de Calidad, el cual consiste en implementar en la obra un sistema de calidad según norma ISO 9001: 2000. El compromiso con la calidad va a nacer dependiendo del encargado de dicho proyecto, el cual va a trabajar con una empresa que esté certificada, por lo tanto se adaptará a los criterios de dicho sistema.

- **Control de Documentos:** El Jefe Aseguramiento de Calidad administrará la documentación interna y preparada en obra (procedimientos, plan de calidad, planes de inspección, formularios), la cual estará a disposición de las jefaturas de la obra.

El Jefe Oficina Técnica y su equipo administrarán la documentación externa del proyecto: planos, especificaciones técnicas, fichas de modificación y solicitud de aclaraciones, las cuales se controlarán con el fin de resguardar la propiedad intelectual del mandante. Las irregularidades en la documentación contractual entregada por el mandante, se harán saber a éste. El Jefe Oficina Técnica canalizará la actualización de documentos técnicos en general. La distribución de documentos será controlada. La documentación obsoleta será localizada, identificada y retirada, anulada o destruida.

- **Control de Registros:** Las personas encargadas de emitir los registros relacionados con los procesos operativos críticos están indicadas en cada uno de los planes de inspección y ensayo asociados.

Registros: los informe de inspección, listas de chequeo, informes de topografía, no conformidades, entre otros.

Certificados: inspecciones, ensayos, calificación de personal especializado, calibración de equipos de medición y de materiales. Los Planes de Inspección y Ensayo indicarán los registros operativos. El Jefe Aseguramiento de Calidad archivará y revisará los registros de calidad de la obra, ver Anexo C.

b) Responsabilidad de la Dirección, El Ingeniero Administrador, facilitará la implementación del sistema de calidad en la obra, siendo asistido por el Jefe Aseguramiento de Calidad y Jefe Departamento de Gestión de Calidad de la empresa.

Para cumplir la política de calidad se establecen objetivos para la obra; cada uno tiene fijado una meta y un indicador y se les realiza seguimiento a estos.

- **Planificación:** El Jefe Aseguramiento de Calidad distribuirá en forma controlada el plan de calidad, a todos los que tienen alguna responsabilidad asignada en él y los cambios serán coordinados por él.

- **Responsabilidad, Autoridad y Comunicación:**

Gerente de Proyecto: Velar por la implementación del sistema de calidad en la obra.

Ingeniero Administrador: Implementar el sistema de calidad en la obra.

Jefe Aseguramiento de Calidad: Administrar el sistema de calidad implementado en obra y velar por el control de calidad en las etapas de construcción.

Jefe de Terreno: Coordinar los trabajos del proyecto y velar por la calidad de éstos.

Jefe de Área: Velar tanto por la ejecución de los trabajos de su área de acuerdo a los documentos del proyecto como por la emisión de los formularios asociados.

Supervisores o Capataces: Ejecutar los trabajos según lo indicado en procedimientos, especificaciones y planos y emitir los formularios asociados.

Jefe de Administración: Velar por la competencia, formación y evaluación del personal.

Jefe Oficina Técnica: Programar las actividades de la obra, hacerles un seguimiento y administrar la documentación externa del proyecto (planos, especificaciones, etc.).

Jefe de Bodega: Administrar los insumos recepcionados, almacenarlos y abastecerlos.

- **Revisión por la Dirección:** El Jefe Departamento de Gestión de Calidad, en nombre del Representante de la Dirección en la administración de la calidad a nivel empresa, asesorará y verificará la implementación del sistema en la obra, mediante visitas realizadas por los ingenieros del Departamento de Gestión de Calidad.

El Jefe Aseguramiento de Calidad emitirá por mes un informe de calidad al Departamento de Calidad Central en que se indique los certificados recibidos, documentos de calidad emitidos, no conformidades y las acciones preventivas y/o correctivas adoptadas, equipos calibrados y otra información relacionada con el sistema de calidad, el cual estará aprobado por el Ingeniero Administrador, quien hará una apreciación del estado del sistema de calidad en la obra.

- **Comunicación Interna:** Se informará al Ingeniero Administrador en las reuniones de calidad o coordinación acerca de las actividades de calidad realizadas en su área tales como: No conformidades, acciones correctivas y/o preventivas, resultados y mejoras de procesos, reclamos y capacitaciones, entre otros.

Analizada la información por parte del Ingeniero Administrador, con el apoyo del Jefe Aseguramiento de Calidad tomará acciones para mejorar la eficacia del sistema.

c) *Gestión de los Recursos*, El Ingeniero Administrador dispondrá de recursos para la obra, a objeto de cumplir con los requisitos del cliente. Los recursos mínimos de la obra serán los indicados en la oferta. Se revisará en obra aquellas actividades consideradas críticas durante el desarrollo de la misma.

- **Competencia, Toma de Conciencia y Formación**: Durante el desarrollo del proyecto, el Prevencionista de Obra dará al personal (propio y subcontratistas) charlas de seguridad y ambiente orientadas a la prevención de riesgos en Seguridad, salud y ambiente. Asimismo se impartirá charlas de calidad durante la ejecución de la obra. Esto último considerará control de calidad en terreno, uso y aplicación de los procedimientos, registros operativos y de gestión, no conformidades, acciones correctivas y preventivas, proyectos de mejora, aspectos generales del sistema de calidad y política, entre otros. El Jefe Administrativo mantendrá registros de la capacitación externa y el Jefe Aseguramiento de Calidad de la interna, a excepción de los de seguridad y ambiente los que estarán en poder del Prevencionista de la obra.

d) *Realización del Producto*, Con el plan de calidad, el Ingeniero Administrador y el Jefe Aseguramiento de Calidad, establecerán las actividades para implementar el sistema de calidad en la obra.

Entre el Jefe Aseguramiento de Calidad y/o Jefe de Terreno y/o el Jefe Oficina Técnica, establecerán Planes de Inspección y Ensayos (PIE) en función de los procesos críticos definidos por ellos. Los PIE definidos son la base para realizar el autocontrol propio de la obra e indicarán qué actividad controlar, sus responsables, la frecuencia del control, los documentos bases, registros y criterios de aceptación. Se usará la documentación que dispone la empresa como base para elaborar procedimientos en la obra.

- **Procesos Relacionados con el Cliente**: A través de listas de chequeo, protocolos, certificados de materiales, de ensayos y de equipos de medición, se controlará los procesos.

Los requisitos del producto indicados en las especificaciones técnicas serán considerados en los criterios de aceptación de los planes de inspección y ensayo, como asimismo en los registros para el autocontrol que se utilicen.

- **Producción y Prestación de Servicios:** Debe existir una validación de los procesos de la producción y de la prestación de servicios, esto se realizará a través del control de equipos que se utilizarán (inspeccionando y registrando las actividades), contar con personal calificado (certificados vigentes de la mano de obra especializada), etc.

Se debe hacer un seguimiento a la preservación del producto, como es el caso de los materiales, donde el jefe de bodega se encargará de:

Identificación: Podrá ser indicando descripción, identificación (código, marca, modelo, etc.) y/o lugar de uso.

Manipulación: Para evitar daños que puedan afectar su uso.

Embalaje: Mantener embalados hasta su utilización o aquellos susceptibles a dañarse.

Almacenamiento: Según el tipo de material, agentes climatológicos, evitando daños.

- **Control de los Dispositivos de Seguimiento y Medición:** Los equipos de medición ocupados en obra estarán calibrados (ya sean propios o de subcontratistas) conforme a un programa de calibraciones y verificaciones. En base al certificado de calibración, el Jefe Aseguramiento de Calidad controlará las recalibraciones y verificaciones internas, a las cuales hará seguimiento, ver Anexo D.

e) ***Medición, Análisis y Mejora,*** El Ingeniero Administrador junto al Jefe Aseguramiento de Calidad se preocuparán por el seguimiento del funcionamiento del sistema de calidad en la obra.

- **Seguimiento y Medición:** Los reclamos del cliente serán tratados como no conformidades, de acuerdo al formulario de no conformidades. Para el caso de procesos críticos se aplicará un procedimiento (método o instructivo) y se registrará los controles realizados en el formulario asociado. Para el resto, la supervisión de la obra dirigirá los procesos, sin necesidad de tener procedimientos para ellos.

Se harán las correcciones correspondientes y se tomarán las acciones correctivas necesarias para mejorar los procesos cuando presenten desviaciones. Los criterios para establecer los procesos críticos serán: Alto costo, gran volumen, alta duración, con materiales difíciles de adquirir y aquellos exigidos contractualmente u otro que la obra estime. Se realizará seguimiento a las actividades de control indicadas en el plan de inspección respecto de su cumplimiento.

- **Control del Producto No Conforme:** Las no conformidades que no cumplan requisitos del plan de calidad, documentos contractuales y/o procedimientos, se mantendrán bajo control y serán analizadas por el Jefe Aseguramiento de Calidad junto al encargado del área afectada. Se hará seguimiento hasta el cierre de éstas, ver Anexo E.

El análisis preliminar de las no conformidades operativas será realizado entre el Jefe Aseguramiento de Calidad e involucrado del área afectada. En esta instancia, se definirá si la no conformidad amerita evaluación económica y acciones correctivas. Para el material no conforme, el Jefe de Bodega lo identificará para prevenir su uso.

- **Análisis de Datos:** Se analizará el resultado de objetivos, no conformidades, inspecciones, observaciones de las listas de chequeo y otros datos que en obra se definan como útiles.
- **Mejora:** Se realizará en base a resultados de auditorías internas de calidad, no conformidades, reclamos de cliente, bajos rendimientos, acciones correctivas y preventivas eficaces y aquellos procesos donde exista oportunidades de mejoras, ver Anexo F.

Acción Correctiva: Se tomará acciones correctivas sobre la causa que genera una no conformidad y así evitar que se repita, de acuerdo a los siguientes criterios: recurrencia (cada tres no conformidades repetitivas) e incidencia (impacto en costos, en plazos e imagen empresa, además cuando exista no conformidades del cliente e incumplimientos en los objetivos).

Acción Preventiva: Se propondrá acciones preventivas para evitar no conformidades potenciales. Las jefaturas canalizarán con el Jefe Aseguramiento de Calidad las acciones preventivas propuestas, a las cuales se les realizará seguimiento.

3.2 Procesos Críticos, Plan de Inspección y Ensayos (PIE) y Plan de Inspección de Materiales (PIM)

3.2.1 Procesos Críticos

Se adapta las actividades tanto de ejecución de losa postensada con adherencia como la de losa de hormigón armado tradicional con envidado de piso a los procesos que estiman críticos en estas actividades a realizar.

Los procesos críticos son los siguientes:

- Proceso de Losa Hormigón Armado
- Proceso de Losa Postensada

Se deberán establecer los procesos operativos críticos de la obra de acuerdo a los siguientes criterios: impacto en costos, gran volumen, impacto en plazos, complejidad en la ejecución, materiales difíciles de adquirir, aquellos exigidos contractualmente u otro que la obra estime, aquellos que al quedar mal ejecutados impacten los costos, los plazos y la imagen de la empresa.

Impacto en Costos: tiene un elevado valor en cuanto a la ejecución del proceso, ya sea por motivos de materiales, mano de obra o equipos.

Impacto en Plazo: se refiere al tiempo de entrega que se le solicita al proyecto terminado.

Gran Volumen: se refiere a una actividad que consiste en una gran superficie a realizar.

Materiales Difíciles de Adquirir: dificultad en cuanto a la adquisición de materiales con los cuales se va a trabajar en dicho proceso de ejecución.

Exigido Contractualmente: actividad solicitada a través de contrato, donde se estipula fecha de término.

Complejidad de Ejecución: sucede cuando la actividad que se va a ejecutar tiene cierto grado de complejidad, ya sea por falta de conocimiento, ejecución riesgosa u otro motivo.

Tomando en cuenta que para cada proceso crítico se planificará su control (PIE y PIM), se documentará la metodología (Procedimiento) y se controlará (Listas de Chequeo).

PROCESO	ACTIVIDADES CRÍTICAS A CONTROLAR	CRITERIO DE CRITICIDAD	RESPONSABLE
Hormigón armado (Plan de Inspección y Ensayo PIE-01)	<ul style="list-style-type: none"> - Verificación de trazado - Inspección enfierradura en la recepción - Instalación de enfierradura - Inspección moldaje en la recepción (partes y piezas) - Instalación de moldaje - Control de recepción de hormigón (Tipo de hormigón, cono) - Curado y protección 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Impacto en costos <input checked="" type="checkbox"/> Gran volumen <input checked="" type="checkbox"/> Impacto en plazos <input type="checkbox"/> Materiales difíciles de adquirir <input type="checkbox"/> Exigido contractualmente <input type="checkbox"/> Complejidad de ejecución <input type="checkbox"/> Otro ____ 	Jefe de Área Obras Civiles
Losa Postensada (Plan de Inspección y Ensayo PIE-02)	<ul style="list-style-type: none"> - Verificación de trazado - Inspección enfierradura en la recepción - Instalación de enfierradura - Inspección de cables en la recepción - Instalación de cables - Inspección moldaje en la recepción (partes y piezas) - Instalación de moldaje - Control de recepción de hormigón (Tipo de hormigón, cono) - Control de Tensado de cables e inyección de cables 	<ul style="list-style-type: none"> <input checked="" type="checkbox"/> Impacto en costos <input checked="" type="checkbox"/> Gran volumen <input checked="" type="checkbox"/> Impacto en plazos <input type="checkbox"/> Materiales difíciles de adquirir <input type="checkbox"/> Exigido contractualmente <input checked="" type="checkbox"/> Complejidad de ejecución <input type="checkbox"/> Otro ____ 	Jefe de Área Obras Civiles

Formulario N°1 Procesos críticos de proyecto Tienda Ancla Mall Valdivia, Losa Postensadas y Losa Hormigón Armado.

AREAS CRITICAS		
PERSONAL CALIFICADO	REQUISITOS	RESPONSABLE
<ul style="list-style-type: none"> - Choferes - Operadores ensayos no destructivos - Laboratorista - Eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> - Licencia clase B (transporte menor a 3.500 Kg), Licencia clase A (transporte mayor a 3.500 Kg) - Licencia de operador - Licencia Laboratorista Vial Clase B (o C) - Certificado del SEC 	<ul style="list-style-type: none"> Prevencionista de Obra Jefe Aseg. de Calidad Jefe Aseg. de Calidad Jefe Aseg. de Calidad

CONTROL DE MÁQUINAS Y EQUIPOS	REQUISITOS	RESPONSABLE
<ul style="list-style-type: none"> - Grupo Elec., Rodillo Compac., - Andamios - Equipo Plasma y Oxicorte. - Soldadores, Esmeriles, Vibradores 	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar equipos menores 	<ul style="list-style-type: none"> Encargado de Mantenión

CONTROL DE EQUIPOS DE MEDICIÓN	REQUISITOS	RESPONSABLE
<ul style="list-style-type: none"> - Equipos topográficos - Equipos de tensado 	<ul style="list-style-type: none"> - Certificado de calibración y/o verificación 	<ul style="list-style-type: none"> Encargado de Bodega

CONTROL MATERIALES CRÍTICOS	REQUISITOS	RESPONSABLE
<ul style="list-style-type: none"> - Hormigón H15, H20, H25 y H 30 - Fierro de construcción A63-42H - Malla galvanizada - Cables para tensado 	<ul style="list-style-type: none"> - Certificados de ensayos - Identificación - Certificados de materiales - Identificación - Certificados de materiales - Identificación - Certificados de materiales - Control en cantidad y estado 	<ul style="list-style-type: none"> Jefe de Área Obras Civiles Jefe de Área Obras Civiles Encargado de Bodega

ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ	Observaciones
Jefe Aseg. de Calidad	Jefe de Terreno	Ingeniero Administrador	

Formulario N°2 Areas Críticas de proyecto Tienda Ancla Mall Valdivia, Losa Postensadas y Losa Hormigón Armado.

3.2.2 Plan de Inspección y Ensayo (PIE)

Una vez seleccionado los procesos críticos, según el grado de criticidad que tenga cada uno, se realiza el plan de inspección y ensayo el cual permite planificar el control de los Procesos Operativos Críticos.

Cada PIE indica:

Actividad: que actividad del proceso operativo se controlará.

Documento Asociado: que documentación tiene asociada (normas, planos, procedimientos, especificaciones, códigos de construcción, instructivos, etc.)

Método de Inspección: es el tipo de inspección que se va a realizar como se demuestra en la siguiente tabla N°7.

Método de inspección
V = Visual
CA = Cono Abrams
D = Dimensional
R = Resistencia

Tabla N°7 Métodos de inspección.

Responsable: los responsables de realizar estas inspecciones son los encargados profesionales de la obra, como es el caso del jefe de terreno, jefe de oficina técnica, jefe de bodega, jefe de administración, jefe de aseguramiento de calidad, topógrafo, supervisor, etc.

Registro: se refiere al registro físico que se realice para tener constancia de la inspección, en este caso se utilizarán listas de chequeo o verificación.

Criterios de aceptación: se rige bajo los parámetros de especificaciones técnicas, normas, etc.

Frecuencia de Control: la frecuencia es de acuerdo a lo solicitado por el creador del proyecto (arquitecto, calculista, etc.).

ELEMENTO:		LOSA DE HORMIGÓN ARMADO				Nº PIE-001		
ACT. Nº	ACTIVIDAD A VERIFICAR	DOCUMENTO ASOCIADO	MÉTODO DE INSPECCIÓN	RESPONSABLE	REGISTRO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	FRECUENCIA DE CONTROL	OBSERVACIONES
1	Verificación equipos topográficos	Certificado de Calibración	V-D	Topógrafo	FO-01 FO-02	Est. Total y Nivel Top. Según certificados de calibración.	Según PG-DGC-06	
2	Trazado	Planos	V-D	Topógrafo	FO-03	Cotas y coordenadas según planos.	Cada vez que se ejecute	
3	Instalación enfierradura	Planos Especificaciones Técnicas	V-D	Supervisor	FO-04	Calidad del Acero A63-42H, cuantías, diámetros, firmeza de amarres, recubrimiento, suples y traslapes mínimos de 60 diámetros.	Cada vez que se ejecute	
4	Instalación moldaje	Planos	V-D	Supervisor	FO-04	Deberán encontrarse libres de partículas, para ello los moldajes deberán ser barridos y limpiados, para luego ser tratado con desmoldante. Se verificará estanqueidad, aplome y geometría del elemento a hormigonar.	Cada vez que se ejecute	
5	Instalación insertos, pernos de anclaje, cañerías, embutidos eléctricos, etc.	Planos	V	Capataz	FO-04	Insertos según plano	Cada vez que se ejecute	
6	Solicitud del hormigón	Especificaciones Técnicas	V	Jefe de Terreno	Planilla Solicitud	Se deberá solicitar un tipo de hormigón adecuado para los distintos elementos a hormigonar. Esta solicitud debe ser realizada con antelación para evitar demoras. Se deberá realizar una correcta cubicación para evitar inconvenientes de suministro durante el hormigonado.	Cada vez que se ejecute	
7	Control previo al hormigonado	Planos	V-D	Capataz Topógrafo	FO-04	Se debe re-verificar la instalación de los moldajes, según punto 4. Se revizará la limpieza y preparación de juntas de hormigonado. Verificar disposición de las armaduras y la instalación de calugas de separación fe-Moldaje.	Cada vez que se ejecute	

8	Hormigonado	Especificaciones Técnicas	V-CA	Capataz	FO-04	Se deberán hormigonar los elementos de acuerdo a una secuencia ordenada pre-programada y respetando los tiempos de hormigonado que requiere el tipo de hormigón utilizado. El método de hormigonado a utilizar se ajustará a las características específicas del elemento hormigonado.	Cada vez que se ejecute		
9	Curado y protección	Especificaciones Técnicas	V	Capataz	FO-04	Luego de la colocación del hormigón se deberá evitar que este pierda la humedad durante el fraguado. Se podrá utilizar cualquier método que pueda cumplir esta función (Membrana de curado, lámina de polietileno, riego pulverizado de agua, etc.)	Cada vez que se ejecute		
10	Ensayo de hormigón	NCh 171 NCh 1017	R	JAC	Certificado Externo	Toma de muestras y certificados de ensayos.	Cada 50 m3 o cada evento		
MÉTODO DE INSPECCIÓN							PREPARÓ	REVISÓ	APROBÓ
V=Visual CA = Cono Abrams D = Dimensional R = Resistencia									
							Jefe Aseguram. de Calidad	Jefe de Area	Ingeniero Administrador

Formulario N°3 Plan de Inspección y Ensayo para Losa de Hormigón Armado del proyecto Tienda Ancla Mall Valdivia.

ELEMENTO:		LOSA POSTENSADA				Nº PIE-002		
ACT. Nº	ACTIVIDAD A VERIFICAR	DOCUMENTO ASOCIADO	MÉTODO DE INSPECCIÓN	RESPONSABLE	REGISTRO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	FRECUENCIA DE CONTROL	OBSERVACIONES
1	Verificación equipos topográficos	Certificado de Calibración	V-D	Topógrafo	FO-01 FO-02	Est. Total y Nivel Top. Según certificados de calibración.	Según PG-DGC-06	
2	Trazado	Planos	V-D	Topógrafo	FO-03	Cotas y coordenadas según planos.	Cada vez que se ejecute	
3	Instalación enfierradura	Planos	V-D	Supervisor	FO-05	Calidad del Acero A63-42H, inspección de detalles perimetrales, malla inferior, refuerzos, malla superior.	Cada vez que se ejecute	
4	Instalación cables	Planos	V-D	Supervisor	FO-06	Revisar de acuerdo a planos de soporte cables en X y soporte cables en Y.	Cada vez que se ejecute	
5	Instalación moldaje	Planos	V-D	Supervisor	FO-05	Deberán encontrarse libres de partículas, para ello los moldajes deberán ser barridos y limpiados, para luego ser tratado con desmoldante. Se verificará estanqueidad, aplome y geometría de losa a hormigonar.	Cada vez que se ejecute	
6	Instalación insertos, pernos de anclaje, cañerías, embutidos eléctricos, etc.	Planos	V	Capataz	FO-06	Insertos según plano.	Cada vez que se ejecute	
7	Solicitud del hormigón	Especificaciones Técnicas	V	Jefe de Terreno	Planilla Solicitud	Se deberá solicitar hormigón de acuerdo a lo indicado en plano de losas postensadas. Esta solicitud debe ser realizada con antelación para evitar demoras. Se deberá realizar una correcta cubicación para evitar inconvenientes de suministro durante el hormigonado.	Cada vez que se ejecute	

8	Control previo al hormigonado	Planos	V-D	Capataz Topógrafo	FO-04	Se debe re-verificar la instalación de los moldajes, según punto 5. Se revizará la limpieza y preparación de juntas de hormigonado. Verificar disposición de las armaduras y la instalación de calugas de separación fe-Moldaje.	Cada vez que se ejecute	
9	Curado y protección	Especificaciones Técnicas	V	Capataz	FO-05	Luego de la colocación del hormigón se deberá evitar que este pierda la humedad durante el fraguado. Se podrá utilizar cualquier método que pueda cumplir esta función (Membrana de curado, lámina de polietileno, riego pulverizado agua, etc.)	Cada vez que se ejecute	
10	Ensayo de hormigón	NCh 171 NCh 1017	R	JAC	Certificado Externo	Toma de muestras y certificado de ensayos.	Cada 50 m3 o cada evento	
11	Tensado de cables	Planos Especificaciones Técnicas	R	Supervisor	Certificado	Tensar cuando el hormigón alcance una resistencia mín. de 215 Kg/cm2. Elongación del cable según especificaciones técnicas.	Cada vez que se ejecute	
MÉTODO DE INSPECCIÓN								
						PREPARÓ	REVISÓ	APROBÓ
V = Visual CA=ConoAbrams D = Dimensional R = Resistencia								
						Jefe Aseguram. Calidad	Jefe de Area	Ingeniero Administrador

Formulario N°4 Plan de Inspección y Ensayo para Losa Postensada del proyecto Tienda Ancla Mall Valdivia.

3.2.3 Plan de Inspección de Materiales (PIM)

Se debe tener un Plan de inspección de materiales para los insumos críticos y para los provenientes del cliente. Este formulario consiste en saber identificar los tipos de materiales que se establecen críticos, ya sea por alto costo, tiempo de duración en la obra, altamente específicos, provenientes del extranjero, gran volumen, etc. Una vez seleccionados los materiales se analiza las características a controlar para cada uno.

Material a Verificar: materiales que resultan críticos para el proyecto a efectuar.

Características a Contralar: según los criterios de aceptación que se estimen para cada material.

Tipo de Inspección: es el método de inspección que se va a realizar, como se demuestra en la siguiente tabla N°8.

Método de Inspección
V : Visual
D : Dimensional
CD : Control de Documentos
CA : Cono Abrams

Tabla N°8 Métodos de inspección.

Documento Asociado: corresponde al documento en el cual se debe basar los parámetros de inspección correspondiente.

Responsable: los responsables de realizar estas inspecciones son los encargados profesionales de la obra, como es el caso del Jefe de terreno, jefe de oficina técnica, jefe de bodega, jefe de administración, jefe de aseguramiento de calidad, topógrafo, supervisor, etc.

ELEMENTO:		MATERIALES CRÍTICOS			Nº PIM-01	
ACT. Nº	MATERIAL A VERIFICAR	CARACTERÍSTICAS A CONTROLAR CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	TIPO DE INSPECCIÓN	DOCUMENTO ASOCIADO	RESPONSABLE	OBSERVACIONES
1	Hormigón	Certificado - Cono = 20 H30 (90), resistencia mínima 26,5 Mpa Certificado - Cono = 20 H35 (90), resistencia mínima 31,5 Mpa	CD-CA	Norma NCh 170	Jefe de Area	
2	Barras de acero	Certificado - Diámetro = A63 - 42H 63 Kg/mm ² : Resistencia mínima a la tracción 42 Kg/mm ² : Límite de fluencia mínimo	CD-V-D	Especificaciones	Encargado Bodega	
3	Grouting	Certificados - Identificación	CD - V	Especificaciones	Encargado Bodega	
4	Cables de tensado	Certificado - Diámetro = Monocordones 0,6" (270 Ksi)	V-D	Especificaciones	Supervisor	
TIPOS DE INSPECCIÓN				PREPARÓ	REVISÓ	APROBÓ
V = Visual D = Dimensional CD = Control de Documentos CA = Cono Abrams				Jefe Asegur. de Calidad	Jefe de Area	Ing. Administrador

Formulario N°5 Plan de Inspección de Materiales, proyecto Tienda Ancla Mall Valdivia.

3.3 Procedimientos Operativos y de Seguridad

Se debe confeccionar un programa de elaboración de la documentación, el cual debe considerar las fechas de las partidas que se indican en el programa de la obra que mantiene la oficina técnica. De esta forma se tendrá a tiempo la documentación necesaria para la ejecución de los procesos críticos, antes de que estos inicien su ejecución. En el programa se debe identificar: el tipo de documento, estado y otra información que se requiera.

Se realizarán procedimientos cuya formato se realizará sencillo a modo de diagrama de flujo o bien descritos con poca letra, pero identificando los requisitos de las especificaciones para orientar a quien lo utiliza, además se debe indicar en la secuencia, las acciones de control operacional para ambiente, seguridad y salud, esto último proporcionado por el prevencionista.

Aquellos procesos que no los consideremos críticos, se ha definido en el plan de calidad que la supervisión de la obra dirigirá los procesos, sin necesidad de tener procedimientos para ellos.

Un procedimiento (o instructivo) es la metodología para realizar el proceso y si al procedimiento le incorporamos los requisitos de las especificaciones, las acciones de control operacional y lo difundimos a quienes participan en el proceso, tendremos menores fallas y menos incidentes.

Se deben distribuir en forma controlada, para esto utilizamos un formulario de "Control de Documentos". Los procedimientos operativos (Ej.: losa postensada, reparación de elementos de hormigón, corte de cables de losa postensada, etc.) deben estar en los puntos de uso. El documento debe estar ubicado en el lugar de utilización para consulta del involucrado.

En caso de que un subcontrato tiene procesos operativos, el JAC debe revisarlos, verificando que se encuentren incorporados los requisitos (criterios de aceptación) indicados en las ET, propias del proyecto. Algunos subcontratistas presentan procedimientos generales que no se ajustan a lo requerido por el proyecto, por lo tanto deben completarlos.

Todos los procedimientos operativos utilizados en la obra, deberán ser transferidos a quienes lo utilicen en terreno. Esta difusión, constituye un proceso de formación que debe ser liderado por el Jefe de Terreno (JT), quien en conjunto con el Jefe de Aseguramiento de Calidad (JAC) realizarán esta capacitación, la cual obviamente se debe registrar como acción de capacitación interna. La participación del JT es relevante en este hecho, pues constituye un apoyo a la gestión del JAC y por lo demás muestra sus capacidades y experiencia en los procesos de terreno.

PROCEDIMIENTO		
EJECUCIÓN LOSAS POSTENSADAS CON ADHERENCIA		
PO-01		
DIAGRAMA DE FLUJO	REQUERIMIENTO	RESPONSABLE
1. Colocación de Moldaje	1. Se utilizará modulación moldaje EFCO: torreta, vigas primarias, vigas secundarias y placas fenólicas, según detalle de láminas Alzaprimado de losa y Capitel.	Capataz
2. Armadura Malla Inferior	2. Instalación de malla inferior de losa postensada, según posición de armadura (fi, fs).	Capataz
3. Colocación Cables Postensados	3. Se procederá realizar el trazado de la posición de los cables y alturas de soporte. Se colocarán los soportes según planos con dirección X,Y. Luego se instalarán los cables.	Capataz
4. Refuerzo de Anclajes	4. Colocación de refuerzos en anclajes pasivos y activos, según planos de armadura postensada.	Supervisor
5. Armadura Malla Superior	5. Instalación de malla superior de losa postensada, según posición de armadura (fi, fs).	Capataz
6. Hormigonar Losa	6. Se procederá al hormigonado de la colada, procurando no dejar nidos en la zona de anclajes.	Capataz
7. Tensado de Cables	7. Una vez alcanzada una resistencia cúbica de 215 Kg/cm ² , aproximadamente tercer día, se comenzará con la etapa de tensado. Antes del tensado se colocará cuñas tripartitas en el anclaje y se marcará el cable para medir su elongación después del tensado. Luego se procederá a realizar el tensado de cables con gato hidráulico de tensado.	Supervisor
8. Retiro de Moldajes	8. Una vez tensado los cables de la losa y con autorización del Supervisor de CSP se podrán retirar placas de apoyo y de losa. Se deberá dejar alzaprimado según las indicaciones de plano de postensado de armadura pasiva (especificación de armadura).	Supervisor
9. Inyección Ductos	9. Se utilizará mezcla de cemento con aditivo expansor y super plastificante para el proceso de inyección de ductos, esta mezcla es a razón : 850 grs de Intraplast y 250 a 150 cc de Daracem 101 para un saco de cemento (42,5 Kg). Finalmente se llena con mortero las cabezas de anclajes activos para darles protección.	Supervisor
10. Limpieza y Corte de Cable Sobrante	10. Una vez inyectado los cables, podrá ser cortado el cable sobrante de la losa y llenar con mortero (Sika Grout 212, preparación según indicaciones del fabricante) las cabezas de anclajes activos para darles protección. Para anclajes ubicados en el exterior, que estén en contacto con el relleno perimetral, utilizar además impermeabilizante.	Supervisor

Formulario N°6 Procedimiento de Ejecución Losas Postensadas con Adherencia, proyecto Tienda Ancla Mall Valdivia.

ANÁLISIS SEGURO DE TRABAJO N° 01 (AST – 01)				
EJECUCIÓN LOSAS POSTENSADAS CON ADHERENCIA				
N°	ACTIVIDAD	RIESGOS POTENCIALES	MEDIDAS PREVENTIVAS	RESPONSABLES
1	Colocación de Moldaje	<ul style="list-style-type: none"> * Caídas distinto nivel * Golpes por apisonamientos * Exposición a ruido * Proyección de partículas 	<ul style="list-style-type: none"> * Instalación de cuerdas de vida y uso de arnés de seguridad * Coordinación de trabajos y uso de Epp * Uso de Epp * Uso de Epp 	Supervisión
2	Colocación Malla Inferior	<ul style="list-style-type: none"> * Postura de trabajo * Proyección de partículas * Superficies de trabajo y/o tránsito irregulares * Golpes * Golpe eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> * Realizar pausas programadas de descanso * Uso Epp * Delimitar zona de tránsito pareja y libre de obstáculos * Coordinación de Movimientos de Fierro y Uso de Epp * Revisión periódica de Extensiones eléctricas y herramientas, no trabajar herramientas eléctricas expuestas al agua ni extensiones eléctricas aéreas. 	Supervisión
3	Colocación Cables Postensados	<ul style="list-style-type: none"> * Caídas mismo nivel * Golpes 	<ul style="list-style-type: none"> * Tránsito por vías designadas y habilitadas * Coordinación de trabajos y Uso de Epp 	Supervisión
4	Refuerzos de Anclajes	<ul style="list-style-type: none"> * Postura de trabajo * Proyección de partículas * Superficies de trabajo y/o tránsito irregulares * Golpes * Golpe eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> * Realizar pausas programadas de descanso * Uso Epp * Delimitar zona de tránsito pareja y libre de obstáculos * Coordinación de Movimientos de Fierro y Uso de Epp * Revisión periódica de Extensiones eléctricas y herramientas, no trabajar herramientas eléctricas expuestas al agua ni extensiones eléctricas aéreas. 	Supervisión
5	Colocación de Malla Superior	<ul style="list-style-type: none"> * Postura de trabajo * Proyección de partículas * Superficies de trabajo y/o tránsito irregulares * Golpes * Golpe eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> * Realizar pausas programadas de descanso * Uso Epp * Delimitar zona de tránsito pareja y libre de obstáculos * Coordinación de Movimientos de Fierro y Uso de Epp * Revisión periódica de Extensiones eléctricas y herramientas, no trabajar herramientas eléctricas expuestas al agua ni extensiones eléctricas aéreas. 	Supervisión

6	Hormigonar losa	<ul style="list-style-type: none"> * Proyección de partículas * Reacción alérgica * Golpeado por tuberías * Caída mismo Distinto Nivel 	<ul style="list-style-type: none"> * Uso Epp * Uso Ropa Protectora * Coordinación de trabajos * Cerrar Vanos existentes en losa con baranda dura y uso de arnés de seguridad en caso de trabajos en altura con riesgos de caídas 	Supervisión
7	Tensado de cables	<ul style="list-style-type: none"> * Golpes * Caídas distinto nivel * Atrapamiento 	<ul style="list-style-type: none"> * No deberán permanecer en zonas de trabajo personal ajena a la empresa encargada del postensado, se debe delimitar zona de trabajo y Uso de Epp * Uso de arnés de seguridad para trabajos en altura. * Coordinación de trabajos con Gato Hidráulico y operación de este por personal capacitado por CSP 	Supervisión CSP
8	Retiro de moldaje	<ul style="list-style-type: none"> * Caídas distinto nivel * Aprisionamientos * Exposición a ruido * Golpes * Exposición a elementos corto punzantes 	<ul style="list-style-type: none"> * Uso de arnés de seguridad para trabajos en altura. * Coordinación de trabajos y uso de Epp * Uso de Epp * Delimitar zonas de descimbre, coordinación de trabajos y Uso de Epp * Eliminar todo clavo y/o Elemento corto punzante del despunte generado por el descimbre de losas 	Supervisión
9	Inyección de ductos	<ul style="list-style-type: none"> * Proyección de partículas * Reacción alérgica 	<ul style="list-style-type: none"> * Uso Epp * Uso Epp 	Supervisión
10	Limpieza y corte cable sobrante	<ul style="list-style-type: none"> * Proyección de partículas * Golpe eléctrico 	<ul style="list-style-type: none"> * Uso de doble protección visual (Antiparras - Careta Facial) * Chequeo diario de extensión y herramientas eléctricas, no realizar trabajos con condiciones climáticas adversas (Lluvia) 	Supervisión

Formulario N°7 Análisis Seguro de Trabajo de Ejecución Losas Postensadas con Adherencia, proyecto Tienda Ancla Mall Valdivia

3.4 Listas de Chequeo

Las listas de chequeo son elementos para el autocontrol operativo de un proceso, ver Anexo F, las cuales deben ser utilizadas durante el desarrollo de los procesos operativos.

Se debe establecer desde un inicio una planificación de los controles a realizar en terreno (para los procesos críticos definidos), es decir, establecer como se controlará cada elemento, para ello se debe considerar lo siguiente:

- Cantidad de listas de chequeo para cada elemento a controlar.
- Definir estructura de las listas de chequeo, es decir, si agrupará varios procesos o actividades.
- Certificados asociados al proceso (material, equipos de medición, ensayos, calificación de personal y de procesos).

Es necesario se determine la cantidad de registros operativos a emitir en terreno, lo que permitirá al JAC mantener un control de elemento terminado versus elemento chequeado en terreno. Estas listas las utilizan capataces o supervisores, según sea la exigencia de la obra, se determina la participación del Jefe de Terreno o Jefe de Área, quienes visarían los trabajos a través de su firma, no obstante es difícil que estos últimos puedan aprobar todos los registros emitidos, por cuanto muy útil resulta que ellos puedan apoyar en forma aleatoria el sistema de autocontrol y no se endosa una responsabilidad al jefe de Terreno (Área) que ellos no puedan cumplir.

Las listas de chequeo, sirven para:

- Dejar evidencia del trabajo realizado.
- Permiten guiar el control.
- Permiten detectar no conformidades (fallas en el proceso)

Si se está revisando un proceso con una lista de chequeo y se tiene un incumplimiento de algún ítem de verificación, se debe marcar con un **NO**. Ahora bien, para liberar la lista de chequeo de ese incumplimiento y poder archivarla, basta indicar que la partida está **OK**, en la parte de observaciones de la lista chequeo y listo. Es necesario que se identifique en las listas de chequeo, el equipo de medición que se utilizó, siempre que esté alguno de ellos involucrado.

Se debe relacionar las observaciones indicadas en la lista de chequeo con la No Conformidad emitida para dicho efecto. Eso si, cuando la observación constituya una No Conformidad.

3.5 No Conformidades

Las No Conformidades se producen cuando no se cumple un requisito (escrito o no escrito). Las no conformidades son desviaciones o fallas, las cuales se deben registrar en el formulario de no conformidades.

3.5.1 Acciones Correctivas

Todas las no conformidades producidas se deben corregir o arreglar, es decir, se debe tomar acción inmediata sobre ellas (reparación), a excepción de aquellas que cuenten con la autorización formal de la contraparte (cliente, ITO o mandante). Si registramos las no conformidades, se puede buscar las causas que la genera, es decir, su origen. Si conocemos su causa, podemos tomar acciones sobre dicha causa para evitar que se repita, a estas acciones se les denomina acciones correctivas. El hecho de evitar que se repita la causa, ayuda a evitar que se presente de nuevo la no conformidad, por lo tanto se ahorra dinero. Por otro lado, si eliminamos la causa con la acción tomada, esa acción se transforma en una acción de mejoramiento.

Las acciones correctivas apuntan a la causa de la no conformidad, pero:

- No todas las acciones correctivas logran eliminar la causa que genera dicha no conformidad.
- No todas las no conformidades ameritan que nos desgastemos buscando causas.

La búsqueda de causas es parte del análisis causal. En los análisis para buscar las causas y establecer acciones correctivas, debe participar algún involucrado en el proceso, este análisis inicial determina si la no conformidad amerita evaluación económica o y/o si amerita acciones correctivas.

Tanto la corrección como (de ameritar) la identificación de causas y establecimiento de acciones correctivas, debe realizarlo quien recibe la no conformidad.

Una acción es eficaz si cumple el objetivo para el cual fue tomada, que es eliminar la causa que genera una no conformidad, por lo tanto la AC es eficaz mientras no aparezca la no conformidad nuevamente.

Si tenemos una clara identificación de causas, podremos establecer claras acciones (correctivas o preventivas).

Para verificar si se cumple la eficacia de una acción correctiva, se les debe hacer un seguimiento a estas, siguiendo los siguientes pasos:

1. Verificar si la acción correctiva se estaba aplicando totalmente, si la respuesta es Si, entonces, se concluye que la acción correctiva no es eficaz y por tanto hay que volver a realizar el análisis causal y establecer nueva AC.
2. Si la respuesta es No, se debe iniciar la aplicación total de la misma AC y hacer el seguimiento a las dos semanas de aplicación.
3. no se comete ningún error, si una vez que haya aparecido la no conformidad, se vuelve a realizar el análisis causal desde un inicio, estableciendo nuevas AC.

Independiente que la acción correctiva sea de aplicación permanente o fija en el tiempo, el interés de realizar seguimiento a la eficacia de ellas, es obtener acciones que se consoliden como “acciones formales de mejora en obra” y así se puedan difundir al interior de la empresa.

3.5.2 Acciones Preventivas

Se aplican para prevenir que ocurra una no conformidad (o falla), para este caso se usan frecuentemente las llamadas No conformidades Potenciales y a estas se les identifica las causas, sobre estas causas se establecen las acciones (acciones preventivas). Las acciones preventivas al igual que las acciones correctivas actúan sobre la causa que origina la falla (o posible falla).

Si la acción preventiva elimina la causa, es decir no aparece la no conformidad potencial, entonces dicha acción es una Acción de Mejoramiento, esto se puede establecer una vez que se realice inspecciones, posteriores a la aplicación de la acción preventiva.

Se pueden generar proyectos de mejora a partir de no conformidades potenciales.

Hay que realizar seguimiento a las acciones para ver si sirven o no, de esta forma se verificará la eficacia de ellas y las podremos difundir como mejoras o como buenas prácticas, ya demostradas por ustedes.

La aplicación y seguimiento de las Acciones Preventivas es idéntica a las Acciones Correctivas.

3.6 Problemas que Puedan Surgir en Obra en Ejecución de Losas Postensadas con Adherencia

En la ejecución de las distintas actividades que se realizan para la construcción de losa postensada, cabe la posibilidad que exista una serie de incumplimientos de las actividades que se ejecutan, las cuales deben ser corregidas o solucionadas.

A continuación analizaremos los problemas más frecuentes que suelen ocurrir y algunas sugerencias para solucionar dichos incumplimientos.

Para el caso de ejecución del proceso de hormigonado, si no se realiza un chequeo antes de hormigonar, y si no se sigue una pauta operacional, pueden ocurrir una serie de percances, los cuales deben ser solucionados a tiempo. A continuación analizaremos las fallas más comunes:

- **Nidos**

Bolsas de piedras, arenas u oquedades las cuales deberán ser reparadas antes de proceder al tensado y se realizará de la siguiente forma:

- Reparar usando hormigón de alta resistencia, con un epóxido de unión, el mortero u hormigón deberá poseer una resistencia igual o superior a la especificada.
- Iniciar el tensado cuando el parche haya alcanzado la resistencia apropiada.
- La reparación de nidos en la zona de anclaje es vital para evitar reventones.

- **Reventones**

Un reventón es la falla del hormigón durante el proceso de tensado, este puede ser de carácter explosivo.

La presencia de nidos es la causa más común de reventones, seguido por carencia de refuerzo en la zona de anclajes y curvaturas invertidas de los cables. Sin embargo, estos reventones pueden ser causados por otros factores, incluyendo hormigones de baja resistencia (especialmente en tiempo frío).

Dependiendo de la ubicación y la gravedad del reventón, deberán destensar los cables adyacentes antes de iniciar la remoción del hormigón. Después de destensar se procede a retirar el hormigón dañado en una superficie tal que muestre cualquier daño a los cables y permita la relocalización de los anclajes involucrados.

En algunos casos, puede ser necesario utilizar coplas en la reparación, para incrementar el largo de los cables debido al daño que pudiesen haber sufrido.

Es importante que la cara de la abertura sea perpendicular a los cables de modo que el parche no deslice durante la posterior faena de tensado.

Asegurarse de reemplazar todo el refuerzo de la zona de los anclajes y llenar la abertura con una mezcla de hormigón de alta resistencia incorporándose en lo posible un expansor.

Retensionar el o los cables una vez que el parche a alcanzado la resistencia necesaria.

- ***Deslizamiento de cuña y/o gato atrapado***

La causa mas frecuente es la existencia de lechada en la cavidad para la cuña, esto detiene la penetración de la cuña en el anclaje y se traduce en el deslizamiento del cable. Si el tensado requiere de más de una salida de pistón, esto causará sin lugar a dudas el atrapamiento del gato.

Varias formas se pueden usar para destensar el cable y así liberar el gato, dependiendo de las condiciones propias del lugar. Nunca usar un segundo gato detrás del que esta atrapado.

La operación de destensado es un procedimiento peligroso y deberán tomarse las precauciones necesarias. Sólo personal calificado y con experiencia deberá realizar el tensado de los cables.

- ***Corte de cables durante el tensado***

El corte de algún cable puede ocurrir debido a desalineamiento de las cuñas sobre tensado de éste y/o por daño interno del cable.

Se verificará hasta que punto la estabilidad estructural de la losa se ve afectada por este hecho y dar aviso al profesional de obra, en el Anexo E podemos observar un diagrama de flujo referido a un procedimiento para la reparación de cables cortados en losas postensadas con adherencia.

El desalineamiento de las cuñas ocurre cuando éstas están descentradas antes del tensado.

Si el tensado se ha realizado totalmente, y las cuñas se encuentran fijas, se deben dejar así, por lo que no se procede a destensar.

El sobre tensado puede ocurrir por lectura errónea del manómetro o bien utilizando un gato – bomba que no ha sido calibrado apropiadamente. El cable puede ser cortado o tensado más allá de su fluencia.

Si el cable se corta, el ingeniero debe determinar como se ve afectada la estructura y si es necesario su reemplazo.

Si las cuñas están fijas y el cable no se ha cortado, es preferible dejar el cable sobre tensionado. Proceder al destensado puede dañar o cortar el cable y puede traducirse en riesgos para los trabajadores.

Al haber daño interno en los cables puede deberse a perforaciones y/o corte del cable después del hormigonado y a daños debido a pernos fulminantes en los cables.

- ***Cable demasiado corto para usar un procedimiento normal***

Los cables cortos pueden ser resultado de errores de fabricación, errores en su colocación o bien como resultado de un mal trabajo en obra, es decir, cortar el cable antes de ser tensado. Deberá disponerse de las herramientas necesarias para tales efectos.

- **Empalme de cables**

Los cables pueden encontrarse demasiado cortos y no alcanzan a llegar al rebalse correspondiente debido a una mala fabricación o errores en su colocación.

Si el cable está involucrado solo en un vaciado y no continúan de preferencia, reemplazar dicho tendón sin necesidad de utilizar coplas.

Si fuese el caso de que el cable continuara hacia otro vaciado, aquí la copla es necesaria y el supervisor deberá solicitarla e informarle al profesional de obra dicha situación.

Una vez que el mandante apruebe el uso de la copla se deberá seguir el siguiente procedimiento antes de hormigonar:

- El profesional de obra determinará la ubicación de la colpa de manera que ésta este centrada en el espesor de la losa y no en cualquier punto de la curvatura del cable.
- Las coplas no se deben colocar una al lado de la otra, si es necesario empalmar mas de un cable, las coplas deberán alternar al centro de los vanos para cada grupo de cables.
- Se deberá usar un conducto de PVC para envolver la copla, este debe ser de un diámetro interior mayor al de esta copla y de un largo tal que permita el deslizamiento de la copla en su interior. Utilizando además un trozo de cable enfundado para alcanzar el rebalse donde se desee tensar; se deberán usar dos conos engrasados colocados a ambos extremos del conducto de manera de impedir que se le introduzca lechada a la copla al momento de hormigonar.
- El cable original se deberá cortar sólo con esmeril angular en el extremo a ser empalmado, colocándole allí un cono y la colpa a usar. A continuación se coloca el conducto de PVC para posteriormente colocar el otro cable con su cono en la copla. Posteriormente se sella bien el conjunto de tal manera que no queden huecos o espacios por donde pueda entrar humedad y la lechada.

- La localización de la copla respecto al conducto de PVC debe permitir el libre movimiento de la copla al extremo tensado. Se debe permitir el libre movimiento a ambos lados cuando el cable requiere ser tensado por ambos extremos. Calculando el desplazamiento relativo de la copla antes de tensar, de forma que una vez tensado el cable ésta quede centrada respecto al conducto, ver figura N° 11.

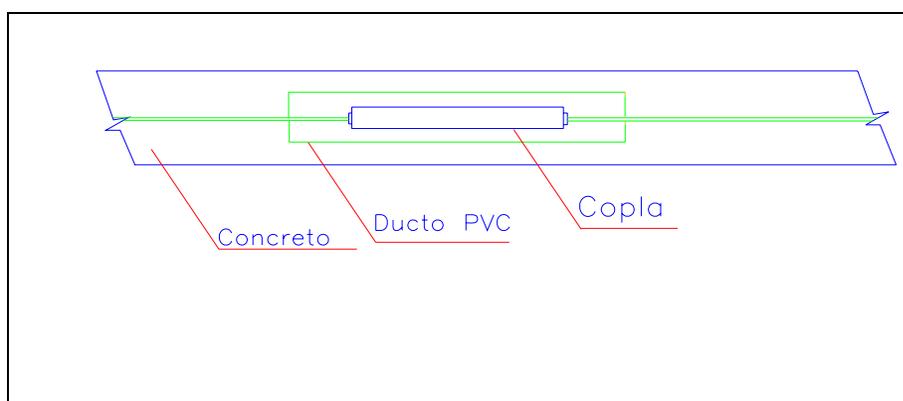


Figura N°11 Diagrama de un detalle típico de una copla.

- **Agrietamiento de cuñas**

Las líneas de fisura normalmente aparecen en la cara expuesta de la cuña debido a la deformación de éstas alrededor del cable de tensar, lo que se considera normal.

- **Tensado**

Si llegan a existir grietas, oquedades, o cualquier otra anomalía, no se debe tensar, realizando una notificación de esta anomalía al constructor y al profesional de obra, para proceder a realizar las reparaciones necesarias en la losa.

Para el caso de variaciones entre las elongaciones calculadas y las reales por sobre las tolerancias permitidas, el tensado debe cesar hasta determinar las causas que las originen.

- ***Elongaciones Erróneas***

- Procedimiento inadecuado de marca en el cable.
- Lectura inadecuada en el manómetro.
- Procedimiento de tensado inapropiado.
- Mal funcionamiento del equipo.
- Fricción excesiva del cable en la losa.
- Colocación inadecuada de la cuñas.
- Desechos o pasta de cemento en la cavidad de asentamiento de las cuñas.
- Mordazas del gato sucias.
- Mordazas en gato no alineadas.
- Variaciones en las propiedades de los materiales (módulo de elasticidad y/o área del cable).
- Excesiva elongación puede reflejar baja fricción o coeficiente de excentricidad, o bien sobre tensado del cable.

- ***Problemas con el equipo de tensado***

La limpieza es la clave para minimizar las fallas en los equipos. Cualquier tipo de arena, basuras, u otro objeto extraño que ingrese al interior de la bomba o el gato puede acusar un daño irreversible.

Cuando el equipo no se encuentre en uso, éste debe ser guardado en un lugar limpio y seco, en donde la posibilidad de daño sea la mínima.

1) Cuando el gato no logra retraerse o extenderse:

- Verificar que todos los fitting se encuentren bien cerrados. A menos que esos fitting estén completamente cerrados, las dos válvulas de bola en los acoples rápidos no se encuentran deprimidas entre ellas y por tanto el flujo de aceite no puede tener lugar.
- Revisar que no estén bloqueadas las líneas de avance y retroceso. Luego se deben revisar las válvulas en los acoples para asegurarse que están funcionando. Esto se puede lograr presionándolas con el dedo lo cual hará que se deslicen hacia adentro y fuera del fitting.

2) Al presentar filtración el gato:

- Asegurarse que la filtración no se produce en los acoples. Si fuese así hay que remover los acoples, en donde hay que limpiarlos cuidadosamente para luego volverlos a colocar utilizando para ello cinta de teflón alrededor de su hilo.
- Si el gato posee pérdidas internas, hay que determinar donde se originan, ya que por lo general las pérdidas internas indican normalmente vencimiento de los sellos y que éstos deben ser reemplazados por el equipo de mantenimiento

3) Cuando el gato no agarra bien los cables o bien los daña:

- Si un cable se daña en la cercanía de las mordazas, esto indica que ellas no están lo suficientemente alineadas (una mitad puede estar desplazada respecto a la otra, lo cual puede causar el apriete del cable al centro). Se debe girar el gato y sacar las mordazas retirando para ello las placas que las sustentan. Manualmente se realinean las mordazas y vuelven a su posición con las placas y los tornillos de soporte.

- Si el gato no agarra el cable es probable que los dientes de las mordazas se encuentren sucios con grasa y polvo, hay que remover las mordazas realizando el procedimiento anterior y a la vez se limpian con un solvente apropiado. Hay que reemplazar las mordazas una vez aplicada la grasa grafitada que posee para tales casos. Si aún las mordazas fallan hay que reemplazarlas por un juego nuevo.

- 4) Al haber pérdidas de asentamiento mayores a 6mm: La principal causa de esto es la penetración de la lechada en la cavidad de la cuña, durante el proceso de hormigonado, debido principalmente a que ni se instaló el cono en forma correcta.

Esta pasta no deja que las cuñas penetren hasta el fondo de la cavidad en el anclaje. Si esto llega a ocurrir hay que destensar el cable y retirar las cuñas. Usando un pequeño punto o alambre se remueve toda la lechada que pueda existir entre el cable y la cavidad del anclaje. Reemplazando las cuñas por un juego nuevo y se tensa nuevamente.

Si esto no corrige el problema hay que dar vueltas el gato para poder poner el control de la válvula en la bomba, en la posición de retorno, luego se revisa que el pistón de asentamiento trabaja correctamente.

Con el gato en esta posición se verifica también el avance de la nariz de asentamiento. Ya que ésta se debe deslizar más allá que la nariz propia del gato. Si los pistones de asentamiento no están funcionando o si la nariz de asentamiento se encuentra muy gastada o no se desplaza correctamente hay que cambiarlos de forma inmediata.

5) El equipo de tensado no alcanza la presión de tensado:

- Verificar el nivel de aceite en el estanque. Ya que la bomba es capaz de operar correctamente hasta con cuatro litros de aceite, aún cuando su capacidad sea de 8 litros. Si el nivel de la bomba está bajo, se debe realizar un recambio completo de aceite. Es muy importante saber que para permitir la expansión del aceite no se debe llenar el estanque más allá de 5cm de su borde superior.
- El regulador de presión de la bomba puede requerir algún ajuste, en este caso hay que contactarse con algún supervisor, ya que un pequeño ajuste puede originar el aumento o disminución importante de la presión en la bomba.

6) Si la bomba opera demasiado lenta:

- Una razón muy común para este problema es la falla en el suministro de energía de la bomba.
- El cable no puede poseer un calibre menor a 12 y la extensión no debe ser superior a 30m. A medida que si se alarga la extensión eléctrica, más voltaje se irá perdiendo. Ya que la incapacidad de entregarle un mínimo voltaje a la bomba puede causar un daño permanente en el motor de ésta.

7) Manómetro:

- Si el manómetro no marca, hay que verificar que los fitting se encuentren completamente ensamblados y firmes. Además que las uniones se encuentren limpias de cualquier impureza.
- La aguja del manómetro se mantiene pegada en una posición distinta al cero. Esto puede significar que existe aire atrapado en el manómetro. Se debe presionar la bola de su acople, si la aguja vuelve a cero se puede continuar con el tensado, en caso contrario se debe dar aviso a un superior.

CAPÍTULO IV: ESTUDIO COMPARATIVO

4.1 Estudio Comparativo

Se realizará un análisis utilizando como variables comparativas el hormigón, enfierradura, moldaje, alzaprimado, mano de obra y tiempo, ya que estas van a afectar directamente el costo de la actividad a ejecutar.

Con estas variables se realizará el estudio comparativos tanto para losas de hormigón armado tradicional con envigado de piso como para losas postensadas con adherencia.

Para realizar esta comparación extraeremos dos losas del edificio Tienda Ancla Mall Valdivia contemplado en once niveles (tres niveles subterráneos) el cual consta con un total de superficie construida de 17.170 m², donde la planta del tercer piso (nivel +11.20) es de 1540,15 m² correspondiente a losa postensada con adherencia y la planta del quinto piso (nivel +21.20) es de 1563,6 m² correspondiente a losa de hormigón armado tradicional con envigado. La diferencia de área es producida por la variación que existe en las pasadas que se deben dejar en cada losa.

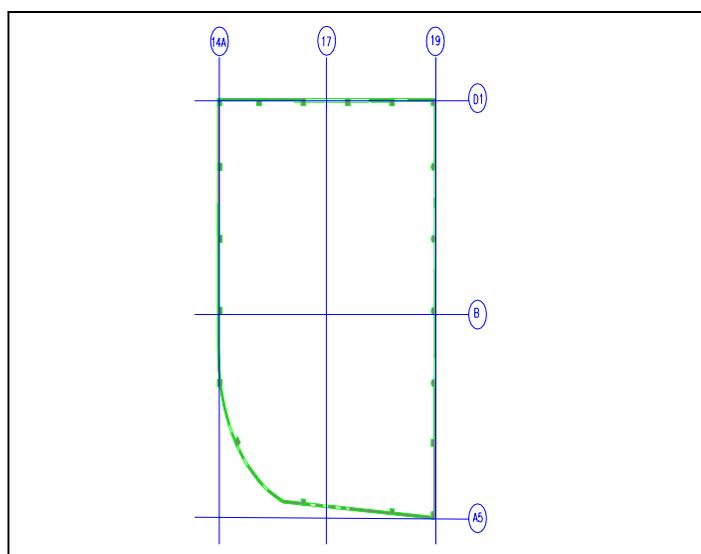


Figura N°12 Planta de losas a comparar.

A continuación se determinarán las cantidades totales de materiales que se emplearán en ambos sistemas constructivos, y además se obtendrá el rendimiento de ellos.

4.1.1 Moldajes

- Losa de hormigón armado

El moldaje utilizado para el diseño de envigado son columnas metálicas de distintas dimensiones, cuyo proveedor es EFCO, el cual realiza el diseño de la distribución del moldaje.

Material	Unidad	Total	Rendimiento
Tablero enchapado, fil negro liso 2caras 2,44x1,22x0,018	Tablero	525	0,34 tablero/m2
Desmoldante Sika Form Metal 99	Kg	58	0,037 Lt / m2
Rodillo	Unid.	1,56	0,001 Rod/m2
Panel metálico largo 6,0m	Unid.	44	0,02 Unid/m2
Panel metálico largo 4,8m	Unid.	8	0,005 Unid/m2
Panel metálico largo 3,6m	Unid.	21	0,01 Unid/m2
Panel metálico largo 2,4m	Unid.	85	0,05 Unid/m2
Panel metálico largo 1,2m	Unid.	2	0,001 Unid/m2

- Losa Postensada

El moldaje que se utiliza para este diseño está constituido por un tablero de placa fenólica de espesor de 18 mm, el cual soporta y recibe el hormigón.

Material	Unidad	Total	Rendimiento
Tablero enchapado, fil negro liso 2caras 2,44x1,22x0,018	Tablero	518	0,336 tablero/m2
Desmoldante Sika Form Metal 99	Lt.	57	0,037 Lt / m2
Rodillo	Unid.	1,54	0,001 Rod/m2

4.1.2 Alzaprimado

- Losa de hormigón armado

El método de apuntalamiento consiste en un sistema E-Z Deck de EFCO, el cual está compuesto por marco para arriostrar y poste E-Z, viga primaria Z, viga secundaria E, gato largo E-Z, trípode, puntal telescópico, cabezal U y cabezal T. Este sistema de apuntalamiento se va a dividir en dos partes, ya sea para el alzaprimado de la losa y otro para alzaprimas de las vigas.

Material	Unidad	Total	Rendimiento
E-Z Deck Poste 3,5m	Unid.	337	0,22 Unid/m2
E-Z Deck Tripode	Unid.	337	0,22 Unid/m2
E-Z Deck Gato	Unid.	337	0,22 Unid/m2
E-Z Deck Cabezal T	Unid.	337	0,22 Unid/m2

Envigado:

Losa:

Material	Unidad	Total	Rendimiento
E-Z Deck Poste 1,83m	Unid.	692	0,44 Unid/m2
E-Z Deck Poste 3,5m	Unid.	4	0,003 Unid/m2
E-Z Deck Gato Largo	Unid.	346	0,22 Unid/m2
E-Z Deck Marco 0,6	Unid.	4	0,003 Unid/m2
E-Z Deck Marco 1,22	Unid.	14	0,009 Unid/m2
E-Z Deck Marco 1,83	Unid.	400	0,26 Unid/m2
E-Z Deck Marco 2,44	Unid.	346	0,22 Unid/m2
Viga-Z 1,2m	Unid.	6	0,004 Unid/m2
Viga-Z 1,8m	Unid.	2	0,001 Unid/m2
Viga-Z 2,4m	Unid.	1	0,001 Unid/m2
Viga-Z 3,0m	Unid.	134	0,08 Unid/m2
Viga-Z 3,3m	Unid.	7	0,004 Unid/m2
Viga-Z 3,6m	Unid.	12	0,008 Unid/m2
Viga-Z 4,2m	Unid.	1	0,001 Unid/m2
Viga-E 1,5m	Unid.	7	0,004 Unid/m2
Viga-E 2,1m	Unid.	1	0,001 Unid/m2
Viga-E 2,4m	Unid.	7	0,004 Unid/m2
Viga-E 2,7m	Unid.	27	0,017 Unid/m2
Viga-E 3,0m	Unid.	12	0,008 Unid/m2
Viga-E 3,3m	Unid.	24	0,015 Unid/m2
Viga-E 3,6m	Unid.	133	0,09 Unid/m2
Viga-E 3,9m	Unid.	116	0,074 Unid/m2
Viga-E 4,2m	Unid.	116	0,074 Unid/m2
Viga-E 4,5m	Unid.	169	0,1 Unid/m2
E-Z Deck Tripode	Unid.	4	0,003 Unid/m2
Tubo Arriostre 1,00m	Unid.	10	0,006 Unid/m2
Tubo Arriostre 2,00m	Unid.	2	0,001 Unid/m2
Puntal Telescópico 1,5-2,7m	Unid.	3	0,002 Unid/m2
E-Z Deck Cabezal U	Unid.	692	0,44 Unid/m2
E-Z Deck Cabezal T	Unid.	4	0,003 Unid/m2

- Losa Postensada

Para el alzaprímado de la losa postensada se utiliza la misma cantidad que se cubicó en la losa de hormigón armado, ya que el sistema de alzaprímas metálicos tiene más de un uso.

Material	Unidad	Total	Rendimiento
E-Z Deck Poste 1,83m	Unid.	692	0,45 Unid/m2
E-Z Deck Poste 3,5m	Unid.	4	0,0026 Unid/m2
E-Z Deck Gato Largo	Unid.	346	0,225 Unid/m2
E-Z Deck Marco 0,6	Unid.	4	0,0026 Unid/m2
E-Z Deck Marco 1,22	Unid.	14	0,01 Unid/m2
E-Z Deck Marco 1,83	Unid.	400	0,26 Unid/m2
E-Z Deck Marco 2,44	Unid.	346	0,22 Unid/m2
Viga-Z 1,2m	Unid.	6	0,004 Unid/m2
Viga-Z 1,8m	Unid.	2	0,001 Unid/m2
Viga-Z 2,4m	Unid.	1	0,001 Unid/m2
Viga-Z 3,0m	Unid.	134	0,09 Unid/m2
Viga-Z 3,3m	Unid.	7	0,005 Unid/m2
Viga-Z 3,6m	Unid.	12	0,008 Unid/m2
Viga-Z 4,2m	Unid.	1	0,0006 Unid/m2
Viga-E 1,5m	Unid.	7	0,005 Unid/m2
Viga-E 2,1m	Unid.	1	0,0006 Unid/m2
Viga-E 2,4m	Unid.	7	0,005 Unid/m2
Viga-E 2,7m	Unid.	27	0,018 Unid/m2
Viga-E 3,0m	Unid.	12	0,008 Unid/m2
Viga-E 3,3m	Unid.	24	0,016 Unid/m2
Viga-E 3,6m	Unid.	133	0,09 Unid/m2
Viga-E 3,9m	Unid.	116	0,075 Unid/m2
Viga-E 4,2m	Unid.	116	0,075 Unid/m2
Viga-E 4,5m	Unid.	169	0,11 Unid/m2
E-Z Deck Tripode	Unid.	4	0,003 Unid/m2
Tubo Arriostre 1,00m	Unid.	10	0,006 Unid/m2
Tubo Arriostre 2,00m	Unid.	2	0,001 Unid/m2
Puntal Telescópico 1,5-2,7m	Unid.	3	0,002 Unid/m2
E-Z Deck Cabezal U	Unid.	692	0,45 Unid/m2
E-Z Deck Cabezal T	Unid.	4	0,003 Unid/m2

4.1.3 Enfierradura

- Losa de hormigón armado

Acero A63-42H

Material	Unidad	Total	Rendimiento
Fe Ø8mm	Kg	7484,07	4,72 Kg/m2
Fe Ø10mm	Kg	16804,00	10,6 Kg/m2
Fe Ø16mm	Kg	1592,17	1 Kg/m2
Fe Ø22mm	Kg	6366,77	3,91 Kg/m2
Fe Ø25mm	Kg	15685,56	9,89 Kg/m2
Alambre negro # 18	Kg	383,5	0,25 Kg/m2

Total = 47932,6 Kg.
 Rendimiento = 30,66 Kg/m².

Alambre negro # 18

Total = 383,46 Kg.
 Rendimiento = 0,25 Kg/m².

Resumen:

Material	Unidad	Total	Rendimiento
Acero A63-42H	Kg	47932,60	30,66 Kg/m ²
Alambre negro # 18	Kg	383,5	0,25 Kg/m ²

- Losa Postensada

Acero A63-42H

Material	Unidad	Total	Rendimiento
Fe Ø10mm	Kg	25660,9	16,18 Kg/m ²
Fe Ø12mm	Kg	2273,79	1,43 Kg/m ²
Fe Ø16mm	Kg	1716,42	1,08 Kg/m ²
Alambre negro # 18	Kg	237,2	0,154 Kg/m ²

Total = 29651,1 Kg.
 Rendimiento = 19,25 Kg/m².

Alambre negro # 18

Total = 237,2 Kg.
 Rendimiento = 0,154 Kg/m².

Resumen:

Material	Unidad	Total	Rendimiento
Acero A63-42H	Kg	29651,1	19,25 Kg/m ²
Alambre negro # 18	Kg	237,2	0,154 Kg/m ²

4.1.4 Colocación e inyección de cables

La colocación de cables se realiza en la losa postensada, este sistema es realizado por un subcontrato especialista en postensadas (Compañía Sudamericana de Postensado CSP), cuyo presupuesto considera los siguientes puntos a realizar:

- Acero A-416 envainado engrasado de 0.5" cuya vaina para el cable debe ser de 0.6" de diámetro.
- Inyección para cable monotorón inyectado.
- Anclaje monotorón estándar, calidad DSI.
- Supervisión en obra.
- Mano de Obra: preparación y colocación de cables en obra y tensado de cables.

Para el caso de la losa en la cual se va a trabajar se contempló la siguiente cubicación:

Piso	m2	Cuantía de cables	N° de anclajes
Nivel +11,20	1540,15	3,00	234

Resumen:

Material	Unidad	Total	Rendimiento
Colocación Cable Monotorón	Unid	243	0,15 Unid/m2

4.1.5 Hormigón

- Losa de hormigón armado

Se utiliza hormigón tipo H-30 con un nivel de confianza del 90%.

Hormigón: H-30 R28>30 (MPa)

Material	Unidad	Total
Losa HO30/90-20-10	m3	203,27
Vigas HO30/90-20-10	m3	156,5406

Resumen:

Material	Unidad	Total	Rendimiento
HO30/90-20-10	m3	359,81	0,23 m3/m2

- Losa Postensada

El hormigón a utilizar en esta losa es hormigón de alta resistencia H-35 (95% nivel de confiabilidad), para el caso de consola perimetral se utiliza H-30 y para la lechada de inyección en cables se usará H-30 con aditivo super plastificante y expansor, señalado en especificaciones técnicas.

Losa tiene un espesor de 18 cm, capitel un espesor de 18 cm y cables de tensado con la siguiente dimensión: vaina de diámetro 0.6" y cable desnudo engrasado de 0.5" de diámetro.

Hormigón: H-35 R28>35 (MPa)

Material	Unidad	Total
Losa G180/95-20-10 (e = 18cm)	m3	317,64
Consola H030(90)-20-10-1 (e = 18cm)	m3	34,5
Lechada de inyección H030(90)-20-10-1	m3	24,8

Resumen:

Material	Unidad	Total	Rendimiento
G180/95-20-10	m3	317,64	0,21 m3/m2
H030(90)-20-10-1	m3	59,3	0,03 m3/m2

4.1.6 Mano de Obra

El presente estudio pretende determinar la cantidad de personas que involucra cada uno de los sistemas constructivos y el grado de especialización de el.

- Losa de hormigón armado

Para analizar el personal involucrado en la confección de la losa con envigado de piso, dividiremos el proceso en:

1. Moldaje y Alzaprimado
2. Enfierradura
3. Hormigonado

1. Moldaje y Alzaprimado:

Involucra la colocación de moldaje y alzaprimado y posteriormente el descimbre de moldaje. La mano de obra utilizada para esta actividad es ejercida por un contratista de instalación de moldaje, está constituido por 49 maestros carpinteros.

2. Enfierradura:

Se utiliza en esta actividad un contratista de preparación y colocación de Enfierradura, el cual está constituido por 25 enfierradores.

3. Hormigonado:

Esta actividad abarca la faena de Hormigonado y no la confección de el, ya que para este estudio un proveedor se encarga de entregar hormigón preparado a la obra y con sistema de bombeo incluido.

La mano de obra directa que conforma la cuadrilla concretera consiste en:

- 4 Jornales
- 4 Concreteros
- 2 Carpinteros

- Losa Postensada

El personal involucrado en la confección de losa postensada con adherencia, se divide en los siguientes procesos:

1. Moldaje y Alzaprimado.
2. Enfierradura
3. Colocación e Inyección de cables.
4. Hormigonado.

1. Moldaje y Alzaprimado:

Se utiliza contratista de instalación de moldaje, que comprende 49 maestros carpinteros.

2. Enfierradura:

Esta labor es realizada por un contratista de preparación y colocación de Enfierradura, el cual está constituido por 25 enfierradores.

3. Instalación de cables:

Esta actividad es realizada por contratista de provisión de postensado, el cual comprende 1 supervisor + 15 jornales.

4. Hormigonado:

Esta faena contiene la siguiente mano de obra propia que consiste en:

- 5 Jornales.
- 5 Concreteros.
- 3 Carpinteros.
- 2 Albañiles.

4.1.7 Tiempo

El tiempo utilizado en la confección de ambas losas, dependiendo su método de ejecución, implica determinar los rendimientos de la mano de obra y la secuencia de sus actividades.

Se parte con determinar los rendimientos de las distintas actividades a realizar y programar las actividades en el tiempo de acuerdo a la secuencia lógica que tengan. Luego asignar a cada actividad la duración estimada.

- Losa de hormigón armado

Se debe realizar identificación de las actividades, en este caso se repiten las actividades utilizadas para el estudio del personal: moldaje y alzaprimado, Enfierradura y Hormigonado.

ÁREA	ACTIVIDADES
Moldaje y alzaprimado	Instalación de moldaje Descimbre de moldaje
Enfierradura	Preparación de enfierradura Colocación de enfierradura
Hormigonado	Hormigonado de losa Hormigonado de vigas

Determinación de rendimientos:

La determinación de los rendimientos se realizó a través de una base de observaciones recopiladas de la obra en la cual se ejecutaron las losas a estudiar, donde se realizaba un seguimiento diario de las distintas actividades que se iban realizando de acuerdo al período de avance de estas y cantidad de personal que ejercían dicho trabajo.

Para determinar los rendimientos se considera que 1 día laboral equivale a 9 horas, cumpliendo de esta manera con las 45 horas semanales.

Instalación de moldaje y alzaprimado:

En la instalación de alzaprimado y moldaje interviene el contratista, cuya cuadrilla de trabajo (49 carpinteros) tiene un rendimiento por hombre de 10 m² diario, resultando el siguiente rendimiento:

$$\text{Cuadrilla de carpinteros} = 490 \text{ m}^2/\text{día} = 0.0024 \text{ día/m}^2$$

Descimbre de moldaje:

En esta actividad interviene el mismo personal que en la instalación del moldaje, donde la cuadrilla de carpinteros tiene el mismo avance de 10 m² / día por hombre, lo cual nos da un rendimiento de:

$$\text{Cuadrilla de carpinteros} = 490 \text{ m}^2/\text{día} = 0.0024 \text{ día/m}^2$$

Observaciones: El descimbre se debe realizar 15 días después de hormigonar, ver Anexo G.

Preparación y colocación de Enfierradura:

En la preparación de Enfierradura existe una cuadrilla de trabajo (25 enfierradores) los cuales tienen un avance por hombre de 250 Kg diario. Si tenemos en cuenta que se necesitan aproximadamente 47.932.6 kilogramos de enfierradura para 1563.6 m², obtenemos un rendimiento de:

$$\text{Cuadrilla de enfierradores} = 0.00016 \text{ día/Kg} = 0.005 \text{ día/m}^2$$

Hormigonado de Losa:

La faena de Hormigonado en este estudio se supondrá que es realizada mediante la entrega de hormigón preparado a la obra y con sistema de bombeo incluido, por lo tanto el avance por parte de un jornal es de 1.0 hora / m³, para un carpintero es de 1.0 hora / m³ y para un concretero es de 0.61 horas / m³, obteniendo un rendimiento equivalente a:

4 Jornales = 0.25 hora/m³ = 0.0575 hora/m² = 0.006 día/m²

4 Concreteros = 0.1525 hora/m³ = 0.035 hora/m² = 0.004 día/m²

2 Carpinteros = 0.5 hora/m³ = 0.115 hora/m² = 0.013 día/m²

Hormigonado de Viga:

La faena de Hormigonado en este estudio se supondrá que es realizada mediante la entrega de hormigón preparado a la obra y con sistema de bombeo incluido, por lo tanto el avance por parte de un jornal es 2.0 hora / m³, para un carpintero es de 2.0 hora / m³ y para un concretero es de 0.61 horas / m³, obteniendo un rendimiento equivalente a:

4 Jornales = 0.5 hora/m³ = 0.115 hora/m² = 0.013 día/m²

4 Concreteros = 0.1525 hora/m³ = 0.035 hora/m² = 0.004 día/m²

2 Carpinteros = 1 hora/m³ = 0.23 hora/m² = 0.026 día/m²

Duración de las actividades:

Las duraciones de las actividades se determinan de los rendimientos obtenidos anteriormente.

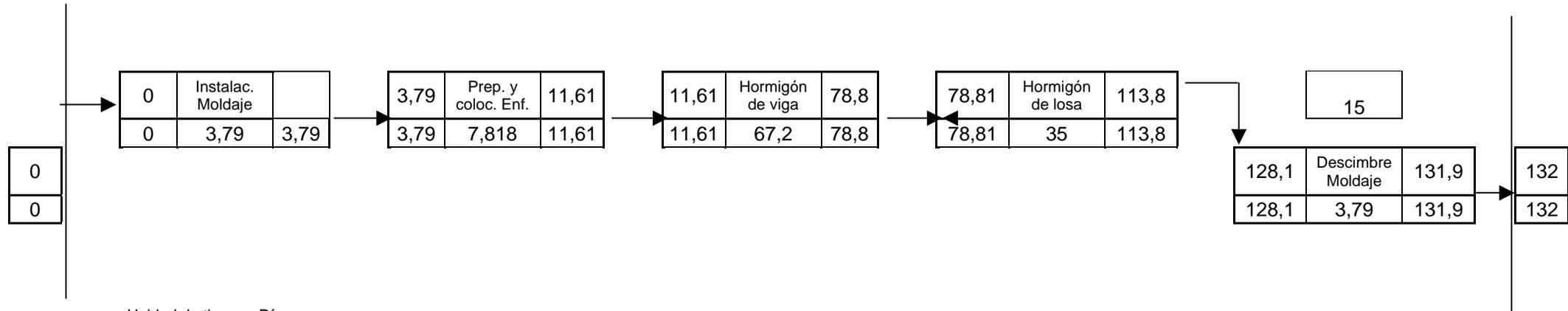
ACTIVIDADES	DURACIÓN (día)
Instalación de moldaje y alzaprimado	3.79
Descimbre de moldaje	3.79
Preparación y colocación de enfierradura	7.818
Hormigonado de losa	35
Hormigonado de viga	67.2

Calculo del tiempo total requerido:

La programación de ejecución de la losa, se representa mediante un diagrama de bloques en el cual, cada bloque corresponde a una actividad y las fechas a la secuencia entre actividades.

En cada bloque aparece indicado el momento de la actividad, su duración y sus respectivas fechas de inicio y término.

Confección de Losa de Hormigón Armado



Unidad de tiempo: Día

Duración de programa: 131,93 días = 132 días

- Losa postensada con adherencia

Identificar las actividades que involucran cada área, en este caso las áreas utilizadas son: moldaje y alzaprimado, enfierradura, colocación de cables y hormigonado.

ÁREA	ACTIVIDADES
Moldaje y alzaprimado	Instalación de moldaje Descimbre de moldaje
Enfierradura	Preparación de enfierradura Colocación de enfierradura
Instalación de cables	Colocación de cables Inyección y tensado de cables
Hormigonado	Hormigonado de losa

Determinación de rendimientos:

La determinación de los rendimientos se realizó a través de una base de observaciones recopiladas de la obra en la cual se ejecutaron ambas losas a estudiar.

Para determinar los rendimientos se considera que 1 día laboral equivale a 9 horas, cumpliendo de esta manera con las 45 horas semanales.

Instalación de moldaje y alzaprimado:

Cuadrilla de trabajo (49 carpinteros) tiene un avance por hombre de 10 m² diario, se obtiene el siguiente rendimiento:

$$\text{Cuadrilla de carpinteros} = 490 \text{ m}^2/\text{día} = 0.002 \text{ día/m}^2$$

Descimbre de moldaje:

Cuadrilla de carpinteros tiene el mismo rendimiento, que es avance por hombre de 10 m² diario, lo cual nos da un rendimiento de:

$$\text{Cuadrilla de carpinteros} = 490 \text{ m}^2/\text{día} = 0.002 \text{ día/m}^2$$

Observaciones: El descimbre se debe realizar 7 días después de hormigonar, ver Anexo H.

Preparación y colocación de Enfierradura:

En la preparación de Enfierradura existe una cuadrilla de trabajo (25 enfierradores) los cuales tienen un avance por hombre de 250 Kg diario. Si tenemos en cuenta que se necesitan aproximadamente 29.651,1 kilogramos de enfierradura para 1540,15 m², obtenemos un rendimiento de:

$$\text{Cuadrilla de enfierradores} = 0.00016 \text{ día/Kg} = 0.003 \text{ día/m}^2$$

Colocación de cables:

La colocación de cables es realizada por una cuadrilla especializada en postensados (16 trabajadores), el avance de instalación de cables es de 2 días por colada, produciéndose un rendimiento de:

$$\text{Cuadrilla de postensado} = 0.0025 \text{ día/m}^2$$

Inyección y tensado de cables:

La inyección y tensado de cables se realiza al tercer día de ser homigonada la losa, es realizada también por la cuadrilla de postensado y esta actividad tarda 3 días en el avance de 1540,15m², obteniendo un rendimiento de:

$$\text{Cuadrilla de postensado} = 0.002 \text{ día/m}^2$$

Hormigonado de Losa:

La faena de Hormigonado en este estudio se supondrá que es realizada mediante la entrega de hormigón preparado a la obra y con sistema de bombeo incluido, por lo tanto el avance por parte de un jornal es 1.2 hora / m³, para un carpintero es de 1.0 hora / m³, para un concretero es de 2.53 hora / m³ y un albañil es de 0.51 hora / m³, obteniendo un rendimiento equivalente a:

$$5 \text{ Jornales} = 0.24 \text{ hora/m}^3 = 0.05 \text{ hora/m}^2 = 0.005 \text{ día/m}^2$$

$$5 \text{ Concreteros} = 0.5 \text{ hora/m}^3 = 0.1 \text{ hora/m}^2 = 0.01 \text{ día/m}^2$$

$$3 \text{ Carpinteros} = 0.3 \text{ hora/m}^3 = 0.07 \text{ hora/m}^2 = 0.007 \text{ día/m}^2$$

$$2 \text{ Albañiles} = 0.0255 \text{ hora/m}^3 = 0.054 \text{ hora/m}^2 = 0.006 \text{ día/m}^2$$

Duración de las actividades:

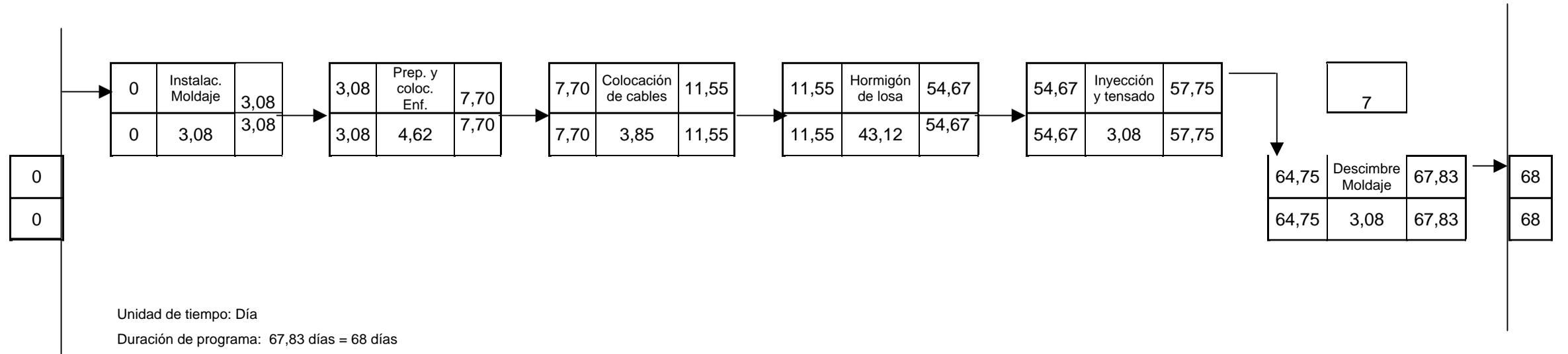
Las duraciones de las actividades se determinan de los rendimientos obtenidos anteriormente.

ACTIVIDADES	DURACIÓN (día)
Instalación de moldaje y alzaprimado	3.08
Descimbre de moldaje	3.08
Preparación y colocación de enfierradura	4.62
Colocación de cables	3.8
Inyección y tensado de cables	3.08
Hormigonado de losa	43.12

Calculo del tiempo total requerido:

La programación de ejecución de la losa, se representa mediante un diagrama de bloques al igual que el estudio de la losa de hormigón armado.

Confección de Losa de Postensada con Adherencia



4.2 Evaluación de Costos de Losa de Hormigón Armado

4.2.1 Análisis de costos unitarios

Consideraciones al realizar los costos unitarios:

1. Los precios mencionados corresponden a valores netos que corresponden a la equivalencia de moneda chilena correspondiente al año 2008.
2. En el caso de los moldajes (placas metálicas) se consideran dos usos para las losa de hormigón armado, el resto del moldaje tal como las alzaprimas se considera nueva o sin uso posterior. En el caso de utilización de maquinaria, el valor considerado es el que corresponde a lo que costaría arrendar dicho equipo.
3. Los valores que se consideraron en la mano de obra son los siguientes, los cuales fueron tomados como valores correspondientes al año 2008.
 - Albañil : \$ 13.000
 - Carpintero : \$ 13.000
 - Concretero : \$ 13.000
 - Jornal : \$ 8.500
4. En las leyes sociales se considera un valor de 19.64%.
5. La jornada laboral es de 9 hrs. diarias, de lo cual resulta un total de 45hrs semanales.
6. Se utiliza como unidad de referencia para todos los análisis el m², para mantener de esta forma una uniformidad de unidades.

Alzaprimado y Moldajes: esta actividad contempla la instalación de moldajes y alzaprimas, incluyendo los materiales y la mano de obra.

DESGLOSE DE PRECIOS UNITARIOS				
PROYECTO:	Losa de Hormigón Armado			REGIÓN: Décima Cuarta
PARTIDA:	Alzaprimado y Moldaje			COMUNA: Valdivia
	UNID	CANT	P/UNID	TOTAL/PARTIDA
	m2	1563,6	\$ 345.228	\$ 539.798.998
ESPECIFICACIONES MATERIAL	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Tablero enchapado 2,44x1,22x0,018	Tablero	0,34	\$ 14.498	\$ 4.929
Desmoldante Sika Form Metal 99	Kg	0,037	\$ 2.400	\$ 89
Rodillo chiporro 18cm	Unid.	0,001	\$ 1.200	\$ 1
Panel metálico largo 6,0m	Unid.	0,02	\$ 635.000	\$ 12.700
Panel metálico largo 4,8m	Unid.	0,005	\$ 598.000	\$ 2.990
Panel metálico largo 3,6m	Unid.	0,01	\$ 512.000	\$ 5.120
Panel metálico largo 2,4m	Unid.	0,05	\$ 405.000	\$ 20.250
Panel metálico largo 1,2m	Unid.	0,001	\$ 185.000	\$ 185
E-Z Deck Poste 1,83m	Unid.	0,44	\$ 104.500	\$ 45.980
E-Z Deck Poste 3,5m	Unid.	0,223	\$ 178.200	\$ 39.739
E-Z Deck Gato Largo	Unid.	0,22	\$ 72.400	\$ 15.928
E-Z Deck Marco 0,6	Unid.	0,003	\$ 97.500	\$ 293
E-Z Deck Marco 1,22	Unid.	0,009	\$ 104.500	\$ 941
E-Z Deck Marco 1,83	Unid.	0,26	\$ 117.750	\$ 30.615
E-Z Deck Marco 2,44	Unid.	0,22	\$ 137.500	\$ 30.250
Viga-Z 1,2m	Unid.	0,004	\$ 48.350	\$ 193
Viga-Z 1,8m	Unid.	0,001	\$ 65.500	\$ 66
Viga-Z 2,4m	Unid.	0,001	\$ 81.600	\$ 82
Viga-Z 3,0m	Unid.	0,08	\$ 96.400	\$ 7.712
Viga-Z 3,3m	Unid.	0,004	\$ 98.600	\$ 394
Viga-Z 3,6m	Unid.	0,008	\$ 102.500	\$ 820
Viga-Z 4,2m	Unid.	0,001	\$ 120.500	\$ 121
Viga-E 1,5m	Unid.	0,004	\$ 25.600	\$ 102
Viga-E 2,1m	Unid.	0,001	\$ 38.000	\$ 38
Viga-E 2,4m	Unid.	0,004	\$ 41.000	\$ 164
Viga-E 2,7m	Unid.	0,017	\$ 48.000	\$ 816
Viga-E 3,0m	Unid.	0,008	\$ 51.200	\$ 410
Viga-E 3,3m	Unid.	0,015	\$ 56.300	\$ 845
Viga-E 3,6m	Unid.	0,09	\$ 61.300	\$ 5.517
Viga-E 3,9m	Unid.	0,074	\$ 65.700	\$ 4.862
Viga-E 4,2m	Unid.	0,074	\$ 71.800	\$ 5.313
Viga-E 4,5m	Unid.	0,1	\$ 76.700	\$ 7.670
E-Z Deck Tripode	Unid.	0,223	\$ 308.500	\$ 68.796
Tubo Arriostre 1,00m	Unid.	0,006	\$ 48.300	\$ 290
Tubo Arriostre 2,00m	Unid.	0,001	\$ 45.700	\$ 46
Puntal Telescópico 1,5-2,7m	Unid.	0,002	\$ 79.200	\$ 158
E-Z Deck Cabezal U	Unid.	0,44	\$ 24.000	\$ 10.560
E-Z Deck Cabezal T	Unid.	0,223	\$ 33.900	\$ 7.560
E-Z Deck Gato	Unid.	0,22	\$ 57.300	\$ 12.606
A) Total Material				\$ 345.148

MANO DE OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Cuadrilla de carpinteros	1	día	0,0024	\$ 28.000	\$ 67
Leyes Sociales		%	19,64%		\$ 13
B) Total Mano de Obra					\$ 80
MAQUINARIA Y EQUIPO	CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
C) Total Maquinaria y Equipo					
Subtotal Unidad Tratada A+B+C					\$ 345.228

Instalación de Enfierradura:

Esta actividad contempla la instalación de enfierradura, incluyendo los materiales y la mano de obra.

DESGLOSE DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	Losa de Hormigón Armado			REGIÓN: Décima Cuarta	
PARTIDA:	Confección y Colocación de Enfierradura			COMUNA: Valdivia	
	UNID	CANT	P/UNID	TOTAL/PARTIDA	
	m2	1563,6	\$ 27.385	\$ 42.819.546	
ESPECIFICACIONES MATERIAL		UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Acero A63-42H Ø8mm		Kg	4,72	\$ 900	\$ 4.248
Acero A63-42H Ø10mm		Kg	10,6	\$ 900	\$ 9.540
Acero A63-42H Ø16mm		Kg	1	\$ 900	\$ 900
Acero A63-42H Ø22mm		Kg	3,91	\$ 900	\$ 3.519
Acero A63-42H Ø25mm		Kg	9,89	\$ 900	\$ 8.901
Alambre negro # 18		Kg	0,25	\$ 750	\$ 188
A) Total Material					\$ 27.296
MANO DE OBRA	CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Cuadrilla de Enfierradores	1	día	0,003	\$ 25.000	\$ 75
Leyes Sociales		%	19,64%		\$ 15
B) Total Mano de Obra					\$ 90
MAQUINARIA Y EQUIPO	CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
					-
C) Total Maquinaria y Equipo					
Subtotal Unidad Tratada A+B+C					\$ 27.385

Hormigonado de Losa: esta actividad se incluye los materiales, la mano de obra y la maquinaria o equipos necesarios.

DESGLOSE DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO:	Losa de Hormigón Armado				REGIÓN: Décima Cuarta	
PARTIDA:	Hormigonado Losa				COMUNA: Valdivia	
	UNID	CANT	P/UNID	TOTAL/PARTIDA		
	m2	1563,6	\$ 13.781	\$ 21.548.545		
ESPECIFICACIONES MATERIAL						
Hormigón HO30/90-20-10 Ready Mix, sistema de bombeo				UNIDAD	REND.	PRECIO
				m3	0,23	\$ 48.928
A) Total Material						\$ 11.253
MANO DE OBRA						
CANTIDAD		UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL	
Jornales		4	día	0,019	\$ 8.500	\$ 646
Concreteros		4	día	0,008	\$ 13.000	\$ 416
Carpinteros		2	día	0,039	\$ 13.000	\$ 1.014
Leyes Sociales			%	19,64%		\$ 408
B) Total Mano de Obra						\$ 2.484
MAQUINARIA Y EQUIPO						
CANTIDAD		UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL	
Vibrador 45mm		1	día	0,0068	\$ 6.500	\$ 44
C) Total Maquinaria y Equipo						\$ 44
Subtotal Unidad Tratada A+B+C						\$ 13.781

Descimbre de Moldaje: esta actividad se incluye la mano de obra utilizada.

DESGLOSE DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO:	Losa de Hormigón Armado				REGIÓN: Décima Cuarta	
PARTIDA:	Descimbre de moldaje				COMUNA: Valdivia	
	UNID	CANT	P/UNID	TOTAL/PARTIDA		
	m2	1563,6	\$ 80	\$ 125.710		
ESPECIFICACIONES MATERIAL						
				UNIDAD	REND.	PRECIO
						-
A) Total Material						-
MANO DE OBRA						
CANTIDAD		UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL	
Cuadrilla de carpinteros		1	día	0,0024	\$ 28.000	\$ 67
Leyes Sociales			%	19,64%		\$ 13
B) Total Mano de Obra						\$ 80
MAQUINARIA Y EQUIPO						
CANTIDAD		UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL	
					-	
C) Total Maquinaria y Equipo						-
Subtotal Unidad Tratada A+B+C						\$ 80

4.2.2 Análisis de Costos

- **Material**

Costos materiales Losa de Hormigón Armado.

COSTO MATERIALES LOSA HORMIGÓN ARMADO				
Especificaciones Materiales	Unidad	Cantidad	P/Unit	Total/Partida
Alzaprimado y Moldaje	m2	1563,6	\$ 276.352	\$ 432.103.987
Enfierradura	m2	1563,6	\$ 27.296	\$ 42.680.026
Hormigón	m2	1563,6	\$ 11.298	\$ 17.665.553
Total Material				\$ 492.449.566

Resumen costo materiales Losa de Hormigón Armado.

RESUMEN COSTO MATERIALES LOSA HORMIGÓN ARMADO	
Costo materiales losa de hormigón armado (1563,6 m2)	492.449.566
Costo unitario materiales (\$/m2)	314.946

- **Mano de Obra**

Costos mano de obra Losa de Hormigón Armado.

COSTO MANO DE OBRA LOSA HORMIGÓN ARMADO				
Mano de Obra	Unidad	Cantidad	P/Unit	Total/Partida
Alzaprimado y Moldaje	m2	1563,6	\$ 160	\$ 250.176
Enfierradura	m2	1563,6	\$ 90	\$ 140.724
Hormigón	m2	1563,6	\$ 2.076	\$ 3.246.034
Total Material				\$ 3.637.834

Resumen costo mano de obra Losa de Hormigón Armado.

RESUMEN COSTO MANO DE OBRA LOSA HORMIGÓN ARMADO	
Costo mano de obra losa de hormigón armado (1563,6 m2)	3.637.834
Costo unitario mano de obra (\$/m2)	2.326

Costo Total Confección Losa de Hormigón Armado

COSTO TOTAL CONFECCIÓN LOSA HORMIGÓN ARMADO

Especificaciones	Unidad	Cantidad	P/Unit	Total/Partida
Alzaprimado y Moldaje	m2	1563,6	\$ 276.513	\$ 432.355.727
Enfierradura	m2	1563,6	\$ 27.385	\$ 42.819.186
Hormigón	m2	1563,6	\$ 13.374	\$ 20.911.586
Total Material				\$ 496.086.499

RESUMEN COSTO LOSA HORMIGÓN ARMADO

Costo confección losa de hormigón armado (1563,6 m2)	496.086.499
Costo unitario confección unitario (\$/m2)	317.272

4.3 Evaluación de Costos de Losa Postensada con Adherencia

4.3.1 Análisis de costos unitarios

Se mantienen las mismas consideraciones que el sistema de losa de hormigón armado.

Alzaprimado y moldajes: Esta actividad contempla la instalación de moldajes y alzaprimas, incluyendo los materiales y la mano de obra.

DESGLOSE DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	Losa Postensada con Adherencia				REGIÓN: Décima Cuarta
PARTIDA:	Alzaprimado y Moldaje				COMUNA: Valdivia
	UNID	CANT	P/UNID	TOTAL/PARTIDA	
	m2	1540,15	\$ 180.490	\$ 277.981.283	
ESPECIFICACIONES MATERIAL					
	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL	
Tablero enchapado, fil negro liso 2caras 2,44x1,22x0,018	Tablero	0,336	\$ 14.498	\$ 4.871	
Desmoldante Sika Form Metal 99	Kg	0,037	\$ 2.400	\$ 89	
Rodillo chiporro 18cm	Unid.	0,001	\$ 1.200	\$ 1	
E-Z Deck Poste 1,83m	Unid.	0,45	\$ 104.500	\$ 47.025	
E-Z Deck Poste 3,5m	Unid.	0,0026	\$ 178.200	\$ 463	
E-Z Deck Gato Largo	Unid.	0,225	\$ 72.400	\$ 16.290	
E-Z Deck Marco 0,6	Unid.	0,0026	\$ 97.500	\$ 254	
E-Z Deck Marco 1,22	Unid.	0,01	\$ 104.500	\$ 1.045	
E-Z Deck Marco 1,83	Unid.	0,26	\$ 117.750	\$ 30.615	
E-Z Deck Marco 2,44	Unid.	0,22	\$ 137.500	\$ 30.250	
Viga-Z 1,2m	Unid.	0,004	\$ 48.350	\$ 193	
Viga-Z 1,8m	Unid.	0,001	\$ 65.500	\$ 66	
Viga-Z 2,4m	Unid.	0,001	\$ 81.600	\$ 82	
Viga-Z 3,0m	Unid.	0,09	\$ 96.400	\$ 8.676	
Viga-Z 3,3m	Unid.	0,005	\$ 98.600	\$ 493	
Viga-Z 3,6m	Unid.	0,008	\$ 102.500	\$ 820	
Viga-Z 4,2m	Unid.	0,0006	\$ 120.500	\$ 72	
Viga-E 1,5m	Unid.	0,005	\$ 25.600	\$ 128	
Viga-E 2,1m	Unid.	0,0006	\$ 38.000	\$ 23	
Viga-E 2,4m	Unid.	0,005	\$ 41.000	\$ 205	
Viga-E 2,7m	Unid.	0,018	\$ 48.000	\$ 864	
Viga-E 3,0m	Unid.	0,008	\$ 51.200	\$ 410	
Viga-E 3,3m	Unid.	0,016	\$ 56.300	\$ 901	
Viga-E 3,6m	Unid.	0,09	\$ 61.300	\$ 5.517	
Viga-E 3,9m	Unid.	0,075	\$ 65.700	\$ 4.928	
Viga-E 4,2m	Unid.	0,075	\$ 71.800	\$ 5.385	
Viga-E 4,5m	Unid.	0,11	\$ 76.700	\$ 8.437	
E-Z Deck Tripode	Unid.	0,003	\$ 308.500	\$ 926	
Tubo Arriostre 1,00m	Unid.	0,006	\$ 48.300	\$ 290	
Tubo Arriostre 2,00m	Unid.	0,001	\$ 45.700	\$ 46	
Puntal Telescópico 1,5-2,7m	Unid.	0,002	\$ 79.200	\$ 158	
E-Z Deck Cabezal U	Unid.	0,45	\$ 24.000	\$ 10.800	
E-Z Deck Cabezal T	Unid.	0,003	\$ 33.900	\$ 102	
A) Total Material				\$ 180.423	
MANO DE OBRA					
	CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Cuadrilla de carpinteros	1	día	0,002	\$ 28.000	\$ 56
Leyes Sociales		%	19,64%		\$ 11
B) Total Mano de Obra				\$ 67	

MAQUINARIA Y EQUIPO	CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
					-
C) Total Maquinaria y Equipo					-
Subtotal Unidad Tratada A+B+C					\$ 180.490

Instalación de Enfierradura: esta actividad contempla la instalación de enfierradura, incluyendo los materiales y la mano de obra.

DESGLOSE DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO:	Losa Postensada con Adherencia			REGIÓN: Décima Cuarta	
PARTIDA:	Confección y Colocación de Enfierradura			COMUNA: Valdivia	
	UNID	CANT	P/UNID	TOTAL/PARTIDA	
	m2	1540,15	\$ 17.023	\$ 26.218.328	
ESPECIFICACIONES MATERIAL					
	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL	
Acero A63-42H Ø10mm	Kg	16,18	\$ 900	\$ 14.562	
Acero A63-42H Ø12mm	Kg	1,43	\$ 900	\$ 1.287	
Acero A63-42H Ø16mm	Kg	1,08	\$ 900	\$ 972	
Alambre negro # 18	Kg	0,15	\$ 750	\$ 113	
A) Total Material					\$ 16.934
MANO DE OBRA					
	CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Cuadrilla de Enfierradores	1	día	0,003	\$ 25.000	\$ 75
Leyes Sociales		%	19,64%		\$ 15
B) Total Mano de Obra					\$ 90
MAQUINARIA Y EQUIPO					
	CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
					-
C) Total Maquinaria y Equipo					-
Subtotal Unidad Tratada A+B+C					\$ 17.023

Instalación de Cables:

Esta actividad contempla la colocación de cables, inyección y tensado.

En este caso la realización de estas tres actividades las realiza el contratista de postensado, cuyo presupuesto es por m2 instalado según las condiciones del presupuesto que se establecen en el ítem 4.1.4

DESGLOSE DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO:	Losa Postensada con Adherencia				REGIÓN: Décima Cuarta	
PARTIDA:	Colocación, inyección y tensado de cables				COMUNA: Valdivia	
	UNID	CANT	P/UNID	TOTAL/PARTIDA		
	m2	1540,15	\$ 31.499	\$ 48.513.185		
ESPECIFICACIONES MATERIAL					UNIDAD	REND.
						PRECIO
						TOTAL
						-
A) Total Material						-
MANO DE OBRA		CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Instalación de cables		1	m2	1	\$ 31.499	\$ 31.499
B) Total Mano de Obra						\$ 31.499
MAQUINARIA Y EQUIPO		CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
						-
C) Total Maquinaria y Equipo						-
Subtotal Unidad Tratada A+B+C						\$ 31.499

Hormigonado de Losa: contempla materiales, mano de obra y la maquinaria o equipos necesarios.

DESGLOSE DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO:	Losa Postensada con Adherencia				REGIÓN: Décima Cuarta	
PARTIDA:	Hormigonado Losa				COMUNA: Valdivia	
	UNID	CANT	P/UNID	TOTAL/PART.		
	m2	1540,15	\$ 15.310	\$ 23.579.466		
ESPECIFICACIONES MATERIAL					UNIDAD	REND.
						PRECIO
						TOTAL
Hormigón G180(95)-20-10-1 Ready Mix, sistema de bombeo					m3	0,21
						\$ 58.346
Hormigón HO30/90-20-10 Ready Mix, sistema de bombeo					m3	0,03
						\$ 48.928
A) Total Material						\$ 13.721
MANO DE OBRA		CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Jornales		5	día	0,005	\$ 8.500	\$ 213
Concreteros		5	día	0,01	\$ 13.000	\$ 650
Carpinteros		3	día	0,007	\$ 13.000	\$ 273
Albañiles		2	día	0,006	\$ 13.000	\$ 156
Leyes Sociales			%	19,64%		\$ 254
B) Total Mano de Obra						\$ 1.545
MAQUINARIA Y EQUIPO		CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Vibrador 45mm		1	día	0,0068	\$ 6.500	\$ 44
C) Total Maquinaria y Equipo						\$ 44
Subtotal Unidad Tratada A+B+C						\$ 15.310

Descimbre de Moldaje: esta actividad se incluye la mano de obra utilizada.

DESGLOSE DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO:	Losa Postensada con Adherencia				REGIÓN: Décima Cuarta	
PARTIDA:	Descimbre de moldaje				COMUNA: Valdivia	
	UNID	CANT	P/UNID	TOTAL/PARTIDA		
	m2	1540,15	\$ 67	\$ 103.188		
ESPECIFICACIONES MATERIAL						
				UNIDAD	REND.	PRECIO
						-
A) Total Material						-
MANO DE OBRA						
		CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
Cuadrilla de carpinteros		1	día	0,002	\$ 28.000	\$ 56
Leyes Sociales			%	19,64%		\$ 11
B) Total Mano de Obra						\$ 67
MAQUINARIA Y EQUIPO						
		CANTIDAD	UNIDAD	REND.	PRECIO	TOTAL
						-
C) Total Maquinaria y Equipo						-
Subtotal Unidad Tratada A+B+C						\$ 67

4.3.2 Análisis de Costos

- **Materiales**

Costos materiales Losa Postensada con Adherencia.

COSTO MATERIALES LOSA POSTENSADA CON ADHERENCIA

Especificaciones Materiales	Unidad	Cantidad	P/Unit	Total/Partida
Alzaprimado y Moldaje	m2	1540,15	\$ 180.423	\$ 277.878.483
Enfierradura	m2	1540,15	\$ 16.934	\$ 26.080.900
Hormigón	m2	1540,15	\$ 13.765	\$ 21.200.165
Total Material				\$ 325.159.548

Resumen costo materiales Losa Postensada con Adherencia.

RESUMEN COSTO MATERIALES LOSA POSTENSADA CON ADHERENCIA

Costo materiales losa postensada (1540,15 m2)	325.159.548
Costo unitario materiales (\$/m2)	211.122

- **Mano de Obra**

Costos mano de obra Losa Postensada con Adherencia.

COSTO MANO DE OBRA LOSA POSTENSADA CON ADHERENCIA

Mano de Obra	Unidad	Cantidad	P/Unit	Total/Partida
Alzaprimado y Moldaje	m2	1540,15	\$ 134	\$ 206.380
Enfierradura	m2	1540,15	\$ 90	\$ 138.614
Instalación de Cables	m2	1540,15	\$ 31.499	\$ 48.513.185
Hormigón	m2	1540,15	\$ 1.545	\$ 2.379.532
Total Material				\$ 51.237.710

Resumen mano de obra Losa Postensada con Adherencia.

RESUMEN COSTO MANO DE OBRA LOSA POSTENSADA CON ADHERENCIA

Costo mano de obra losa postensada (1540,15 m2)	51.237.710
Costo unitario mano de obra (\$/m2)	33.268

Costo Total Confección Losa de Hormigón Armado

COSTO TOTAL CONFECCIÓN LOSA POSTENSADA CON ADHERENCIA

Especificaciones	Unidad	Cantidad	P/Unit	Total/Partida
Alzaprimado y Moldaje	m2	1540,15	\$ 180.557	\$ 278.084.864
Enfierradura	m2	1540,15	\$ 17.023	\$ 26.217.973
Instalación de Cables	m2	1540,15	\$ 31.499	\$ 48.513.185
Hormigón	m2	1540,15	\$ 15.310	\$ 23.579.697
Total Material				\$ 376.395.718

RESUMEN COSTO LOSA POSTENSADA CON ADHERENCIA

Costo confección losa postensada (1540,15 m2)	376.397.258
Costo unitario confección unitario (\$/m2)	211.122

4.4 Análisis de Resultados

Luego de haber realizado los costos unitarios de materiales, mano de obra y resumen de costos para cada uno de los sistemas estudiados, se ha llegado a una serie de resultados, los cuales se presentarán a continuación.

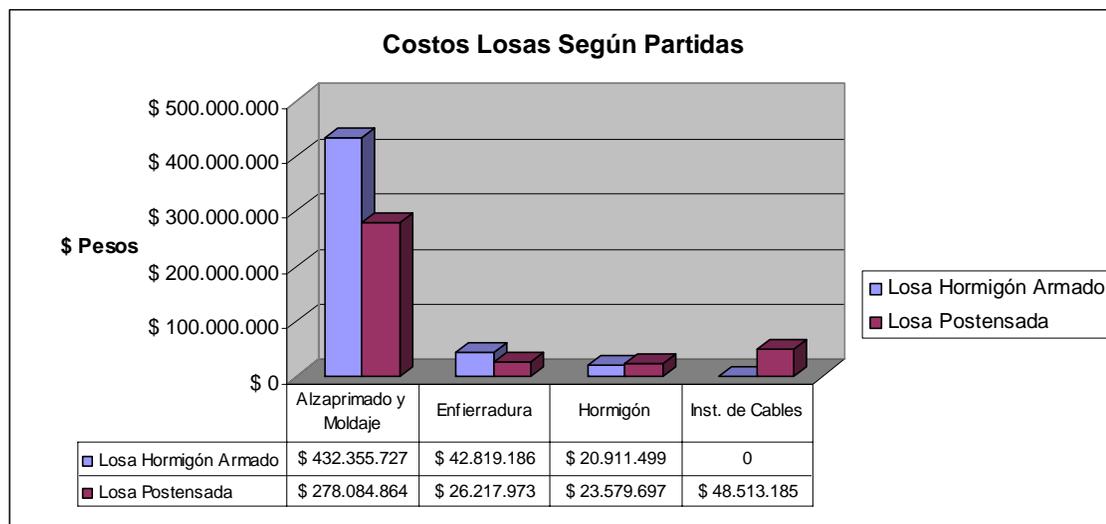
Costo Total del Sistema:

COSTO TOTAL DEL SISTEMA		
Partida	Losa Hormigón Armado	Losa Postensada
Costo Total del Sistema	\$ 496.086.499	\$ 376.397.258
Costo Unitario (m2)	\$ 317.272	\$ 211.122

A través de esta tabla podemos observar que los costos de fabricación de la losa postensada con adherencia son inferiores en un 24.1% aproximadamente.

El costo total anteriormente señalado para uno u otro sistema se detalla de la siguiente manera:

COSTO TOTAL DE LOSAS		
Partida	Losa Hormigón Armado	Losa Postensada
Alzaprimado y Moldaje	\$ 432.355.727	\$ 278.084.864
Enfierradura	\$ 42.819.186	\$ 26.217.973
Instalación de Cables	-	\$ 48.513.185
Hormigón	\$ 20.911.499	\$ 23.579.697



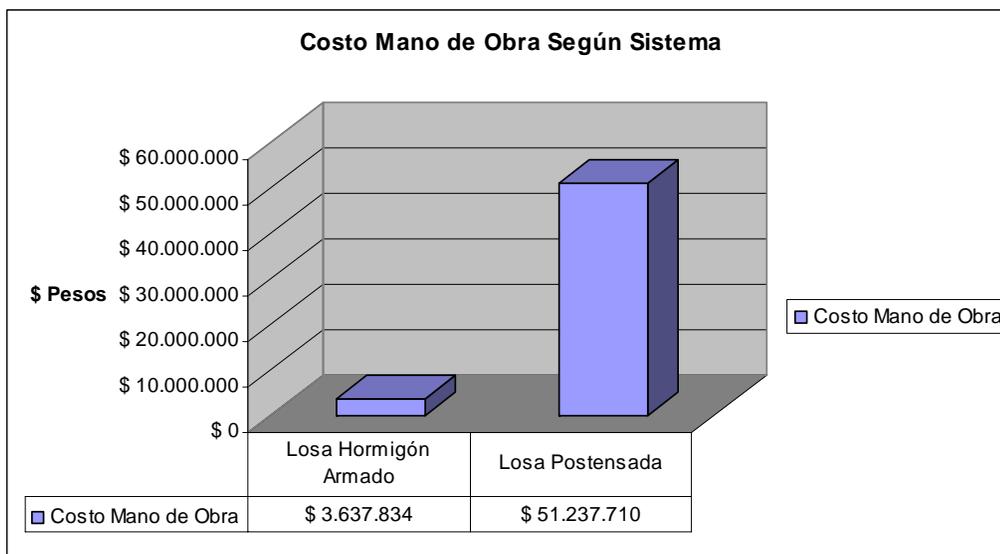
En este gráfico se puede apreciar que en la comparación que realizamos con el sistema postensado y el sistema de hormigón armado con envigado de piso existe una gran diferencia de costos en lo referente al proceso de alzaprimado y moldaje, y esta variación es en contra del sistema de envigado tradicional a causa del moldaje utilizado en vigas que comprenden una dimensión que varía entre los 70 y 100 cm de altura.

En el proceso de enfierradura para el sistema postensado es inferior un 38.7% en el costo comparado al sistema de envigado tradicional. Mientras que en el proceso de hormigón el sistema de postensado tiene un costo mas elevado de un 11.3% debido a la utilización de hormigón especial de alta resistencia.

Para el caso de la instalación de cables sólo es realizada en el sistema de postensado, tomando en cuenta que este proceso involucra lo que es mano de obra especializada y materiales de tensado.

Costo Mano de Obra:

COSTO MANO DE OBRA SEGÚN SISTEMA		
Item	Losa Hormigón Armado	Losa Postensada
Costo Mano de Obra	\$ 3.637.834	\$ 51.237.710
Costo Mano de Obra por m2	\$ 2.326	\$ 33.268



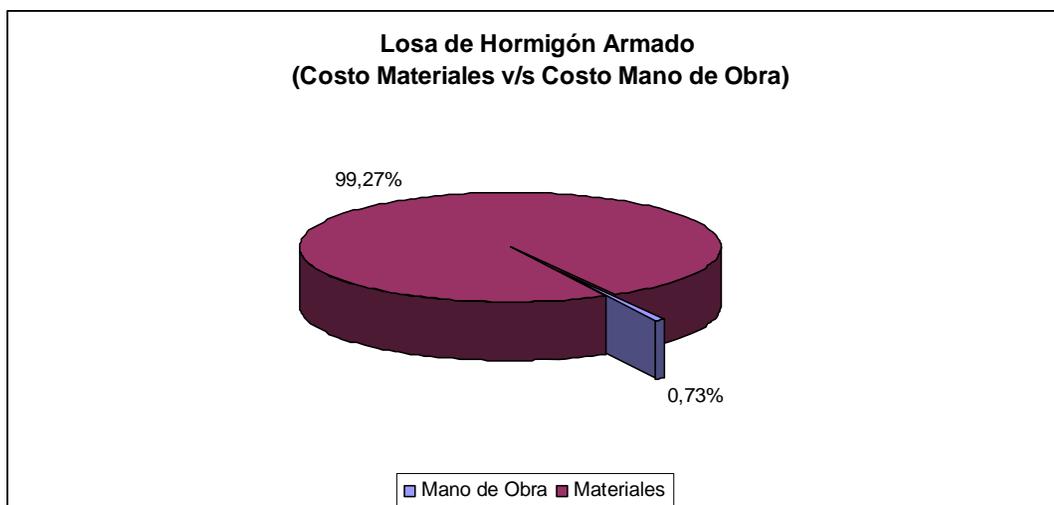
De los resultados que se observan en el gráfico queda claro que la mano de obra para la ejecución del sistema postensado debe ser especializada por ende tiene un costo mas elevado que el de la mano de obra del sistema tradicional.

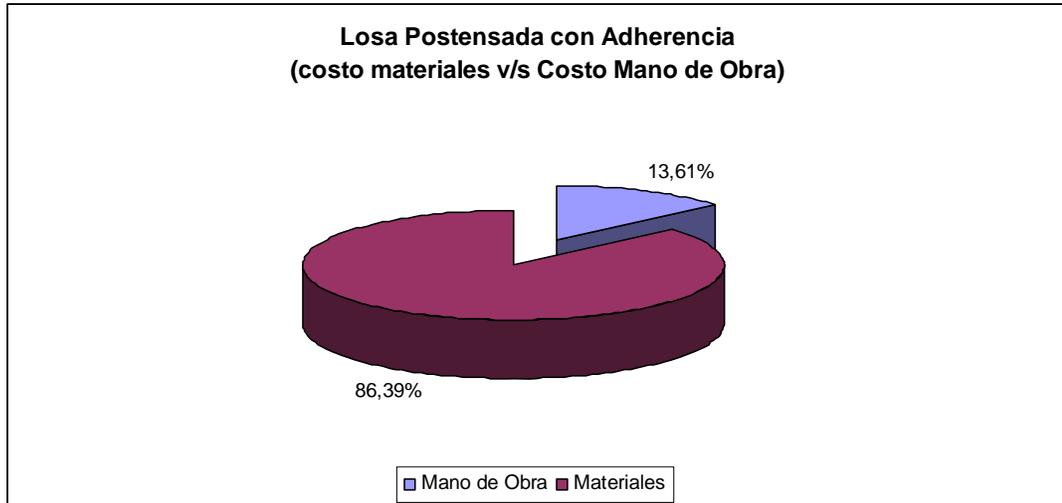
Incidencia Mano de Obra:

La incidencia que tiene la mano de obra para los dos sistemas, se obtiene de los siguientes resultados.

% INCIDENCIA MANO DE OBRA Y MATERIALES

ITEM	Losas Hormigón Armado		Losas Postensadas	
	Costo \$	%	Costo \$	%
Mano de Obra	\$ 3.637.834	0,3	\$ 51.237.710	13,6
Materiales	\$ 492.449.566	99,7	\$ 325.159.548	86,4
Total	\$ 496.086.499	100	\$ 376.397.258	100





A pesar que en los gráficos observamos que la mano de obra utilizada para realizar el sistema de postensado tiene un costo mayor que el sistema tradicional, ya que es mano de obra especializada, el costo final en ejecutar el sistema postensado resulta menor que el tradicional.

CONCLUSIONES

Una vez que se ha realizado el estudio comparativo de losa de hormigón armado con envidado de piso y de losa postensada con adherencia, se han obtenido una serie de resultados los cuales demuestran una serie de ventajas, en las cuales pueden destacar las ventajas económicas y la de plazo en ejecución que posee el sistema postensado por sobre el sistema tradicional de envidado.

A continuación analizaremos dichas ventajas, las cuales están adaptadas al tipo de losas que estudiamos con anterioridad.

❖ **Ventajas económicas:**

Como pudimos apreciar en el análisis de costos realizado para ambos sistemas de losas, se reflejó claramente que existe una diferencia notable en la economía que demuestra el sistema de postensado, el cual sobrepasa al sistema tradicional de envidado en un 24.1% en su costo.

Se puede apreciar esta diferencia de costos en el proceso de moldajes, ya que existe una gran variación en cuanto a la cantidad de superficie que se debe hormigonar en el sistema tradicional de envidado, el cual es de 295 m² que contempla moldaje para vigas de losa de hormigón armado, además tomando en cuenta que en el caso estudiado se utilizó un proveedor de moldajes, el cual tiene un costo mensual por arriendo de estos, lo que provoca un costo elevado a causa de la cantidad de tiempo en ejecución que tiene este sistema, ya que el descimbre se debe realizar después de 15 días aproximadamente (una vez alcanzada la resistencia del hormigón H30).

En cuanto al proceso de enfierradura, este también ayuda a disminuir el costo del sistema postensado, ya que existe reducción en lo que implica la armadura pasiva, involucrando en esto malla inferior, malla superior, suples, refuerzos, etc. Esta diferencia de kilogramos de armadura que existe en ambos sistemas es equivalente a un 38%, en donde el sistema de envidado tradicional es el que contiene mayor peso propio (mayor cantidad de enfierradura), teniendo presente que esta diferencia va a implicar un aumento tanto en el costo de materiales como en la mano de obra requerida para ejecutar este proceso (instalación de enfierradura).

❖ Ventajas en tiempos de ejecución:

Una de las causas por el cual se realizó este análisis fue para comprobar la optimización de tiempo en ejecución del sistema de postensado, ya que gracias a la utilización de hormigón de alta resistencia permite que se efectúe el retiro de moldaje en un corto período, en este caso se utilizó hormigón H35 el cual está alcanzando su resistencia óptima a los 7 días de hormigonada la losa, esto quiere decir que alcanza una resistencia promedio de 359.77 Kg./cm². a la semana de realizarse el hormigonado.

El estudio que se realizó para el tiempo de ejecución de cada sistema, pudo demostrar la diferencia en los plazos en que se efectúa cada losa, donde la realización del sistema postensado tuvo un período de 68 días, mientras que ejecución de losa tradicional con envidado de piso es de 132 días, por lo tanto el sistema postensado logra disminuir el tiempo de ejecución de trabajo en un 48%, lo cual equivale casi a la mitad del tiempo en que se realiza la losa tradicional con envidado de piso.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Elementos Pre y Postensados de hormigón, bases de diseño, control en obra. Santiago, Chile, año 2002, 5-6p.
- (2) O. Aalami, Dr Bijan, ADAPT Structural Software System, Redwood City, California, USA, año 2000, 4-5p.
- (3) Elementos Pre y Postensados de hormigón, bases de diseño, control en obra. Santiago, Chile, año 2002, 7-8p.
- (4) Elementos Pre y Postensados de hormigón, bases de diseño, control en obra. Santiago, Chile, año 2002, 9-10p.
- (5) Arquitectura-Construcción, Edificio Golf 2001, Tecnología deslumbrante, Santiago, Chile, año 2004.
- (6) Elementos Pre y Postensados de hormigón, bases de diseño, control en obra. Santiago, Chile, año 2002, 12-13p.
- (7) O.Aalami, Dr. Bijan, ADAPT Structural Software System, California USA, 2000, 4-7p.
- (8) Asociación Técnica Española de Pretensado, Recomendaciones para el proyecto y construcción de losas postensadas con tendones no adherentes, Madrid - España, 1989, 21-22p.
- (9) Duffloq U, Julio, Ingeniero Civil, VSL "Sistemas Especiales de Construcción S.A.", Santiago de Chile, 2003.
- (10) Edificio Golf 2001 Tecnología deslumbrante, Bit La revista técnica de la construcción, Artículo 1098, 2004.
- (11) Duffloq U., Julio, Manual de Instalación para Losas Postensadas, Santiago, Chile, 2003, 5p.

- (12) O. Aalami, Dr Bijan, ADAPT Structural Concrete System, Redwood City, California, USA, año 2000, 71p.
- (13) O. Aalami, Dr. Bijan, ADAPT Structural Software, California, USA, 2000, 73p.
- (14) O. Aalami, Dr. Bijan, ADAPT Structural Software, California, USA, 2000, 74p.
- (15) Asociación Técnica Española de Pretensado, Recomendaciones para el proyecto y construcción de losas postensadas con tendones no adherentes, Madrid - España, 1989, 87p.
- (16) G. Gatti, Procedimiento de ejecución Losas Postensadas con Adherencia, CSP Compañía Sudamericana Ingeniería y Servicios para la construcción, Chile, 2007.
- (17) M. Montecinos, Inducción al Sistema de Calidad, ConstructoraTecs, Chile, año 2008