



Universidad Científica del Perú - UCP
*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA DE CIVIL

TÍTULO PROFESIONAL
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
(Sustentación de Caso)

“Propuesta de una metodología constructiva de losas
postensadas con adherencia en edificaciones,
departamento de San Martín, 2019”

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO DE CIVIL

AUTOR (ES):
BACH. LUIS FERNANDO AGREDA QUISPE
BACH. REYHOOD GUEVARA TAFUR

ASESOR:
M.SC.ING. CALEB RÍOS VARGAS

TARAPOTO - SAN MARTÍN - PERÚ
2019

Dedicatoria

A Dios por la vida y las fuerzas necesarias para lograr nuestras metas y emprender nuestros proyectos de vida enfrentando las diferentes adversidades.

A nuestros padres y hermanos por el apoyo y sacrificios que de una y otra manera han ayudado a realizar nuestras metas.

Agradecimiento

Al estado peruano por el apoyo brindado a través del programa Beca – 18, permitiendo nuestro acceso a la educación superior y formación profesional.

A la Universidad Científica del Perú por habernos acogido en sus aulas durante los cinco años de formación profesional.

A los docentes de la Universidad Científica del Perú, por los conocimientos y asesoría compartida con la finalidad de que seamos profesionales preparados y competitivos en el campo laboral.

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL**

**FACULTAD
CIENCIAS E
INGENIERÍA**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Con Resolución Decanal N° 557 -2019- UCP - FCEI del 10 de julio de 2019, la **FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP** designa como Jurado Evaluador y Dictaminador de la Sustentación del Trabajo de Suficiencia Profesional a los Señores:

- | | |
|------------------------------------|------------|
| • Ing. Andrés Pinedo Delgado, Mg. | Presidente |
| • Ing. Luis Armando Cuzco Trigozo. | Miembro |
| • Ing. Iván Reátegui Acedo. | Miembro |

En la ciudad de Tarapoto, siendo las 10:00 am, del día lunes 16 de julio de 2019, en las instalaciones de la UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP, se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa del Trabajo de Suficiencia Profesional:

**“PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA CONSTRUCTIVA DE LOSAS
POSTENSADAS CON ADHERENCIA EN EDIFICACIONES, DEPARTAMENTO DE
SAN MARTÍN-2019”**

Presentado por las sustentantes:

LUIS FERNANDO AGREDA QUISPE y REYHOOD GUEVARA TAFUR.

Asesora: Ing. Caleb Rios Vargas, M.Sc.

Como requisito para optar el título profesional de: **Ingeniero Civil.**

Luego de escuchar la Sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: Absueltas

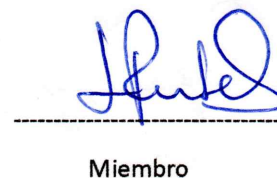
El jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

Por lo que la Sustentación es: Aprobada por mayoría

En fe de lo cual los miembros del jurado firman el acta.


Miembro

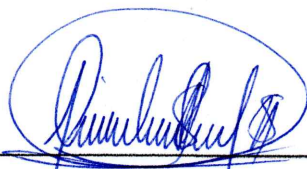

Presidente


Miembro

CALIFICACIÓN:	Aprobado (a) Excelencia	: 19 - 20
	Aprobado (a) Unanimidad	: 16 - 18
	Aprobado (a) Mayoría	: 13 - 15
	Desaprobado (a)	: 00 - 12

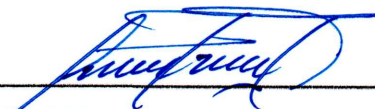
APROBACIÓN

Trabajo de suficiencia profesional sustentada en acto público el día Lunes 16 de Julio a las 10.00 horas del año 2019, en las instalaciones de la Universidad Científica del Perú – UCP.



ING. ANDRÉS PINEDO DELGADO, MG.

PRESIDENTE DEL JURADO



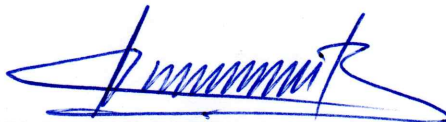
ING. LUIS ARMANDO CUZCO TRIGOZO

MIEMBRO DEL JURADO



ING. IVÁN GUSTAVO REÁTEGUI ACEDO

MIEMBRO DEL JURADO



ING. CALEB RIOS VARGAS, M.SC.

ASESOR

ÍNDICE

Hoja de aprobación.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Resumen.....	ix
Abstract.....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del Caso.....	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Justificación.....	2
1.4. Alcances y Limitaciones	2
2. MARCO REFERENCIAL	3
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	3
2.1.1. Antecedentes Internacionales	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	4
2.2. Definiciones Teóricas	6
2.2.1. Concreto Pretensado.....	6
2.2.2. Concreto Postensado	6
2.2.3. Sistema de Losas Pretensadas	7
2.2.4. Sistema de Losas Postensadas	8
2.2.5. Clasificación de Losas Postensadas según su Geometría	11
2.3. Definiciones conceptuales	14
2.3.1. Armadura pasiva.	14
2.3.2. Armadura activa.....	14
2.3.3. Tendón o cables	14

2.3.4.	Cable adherido	15
2.3.5.	Anclaje.....	15
2.3.6.	Anclajes activos.....	15
2.3.7.	Anclajes pasivos.....	16
2.3.8.	Ducto - funda.....	16
2.3.9.	Lechada para inyección.....	16
2.3.10.	Grasa.....	17
2.3.11.	Cono.....	17
2.3.12.	Gato hidráulico.....	17
2.3.13.	Acopladores.....	17
2.3.14.	Separadores y soportes.....	18
3.	METODOLOGÍA.....	19
3.1.	Tipo de Investigación.....	19
3.2.	Nivel de Investigación.....	19
3.3.	Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	19
3.4.	Técnicas e Instrumentos.....	19
3.5.	Método de Análisis.....	20
4.	RESULTADOS	21
4.1.	Análisis Descriptivo.....	21
4.1.1.	Recepción de los Materiales y Operaciones Previas	21
4.1.2.	Encofrado de Losa Postensada, Tapas Laterales y Plataforma	22
4.1.3.	Colocación de Armadura de Acero de Refuerzo Inferior de la Losa.....	22
4.1.4.	Trazo y Colocación de tendones en Vigas	23
4.1.5.	Colocación de Anclajes Fijos y Móviles	23
4.1.6.	Colocación de Cables Postensados Distribuidos en Losa	24
4.1.7.	Vaciado del Concreto en Losa Postensada.....	26
4.1.8.	Cuidados a Tener en Cuenta Durante el Vaciado.....	27

4.1.9.	Tensado de Tendones en Losa Postensada	28
4.1.10.	Corte de sobre longitudes de cables	30
4.1.11.	Inyección de cables o tendones	30
4.1.12.	Sellado de cajetines.....	31
4.1.13.	Desencofrado de Tapas Laterales	31
4.2.	Flujo de Actividades Para el Proceso Constructivo de Losas Postensadas Adheridas.....	33
5.	DISCUSIÓN.....	37
5.1.	VENTAJAS.....	37
5.2.	DESVENTAJAS	38
6.	CONCLUSIONES.....	39
7.	RECOMENDACIONES	40
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
Anexo 1.....		42

Índice de Imágenes

<i>Imagen N° 1: Balance de cargas simple, visualizando el efecto de postensado como la reducción de la carga muerta. (Aalami, 2014).....</i>	<i>7</i>
<i>Imagen N° 2: esquema del proceso de pretensado (Gatica Bertin , 2009)</i>	<i>8</i>
<i>Imagen N° 3: Diagrama de postensado (Gatica Bertin , 2009).....</i>	<i>9</i>
<i>Imagen N° 4: cables postensados para losas sin adherencia (VSL. Chile. Descripción del sistema sin adherencia).....</i>	<i>10</i>
<i>Imagen N° 5: componentes de cables para losas adheridas (VSL. Chile. Descripción del sistema postensado)</i>	<i>11</i>
<i>Imagen N° 6: losa plana (VSL, Chile. Descripción del sistema postensado).....</i>	<i>12</i>
<i>Imagen N° 7: losa con capiteles (VSL, Chile. Descripción del sistema postensado) ..</i>	<i>12</i>
<i>Imagen N° 8: losa unidireccional (VSL, Chile. Descripción del sistema postensado) ..</i>	<i>13</i>
<i>Imagen N° 9: Vigas postensadas y losa unidireccional (VSL, Chile. Descripción del sistema postensado)</i>	<i>13</i>
<i>Imagen N° 10 torones o cables del postensado tomada de (Soto Valdez, 2018)</i>	<i>15</i>
<i>Imagen N° 11: Cables con sistema de adherencia</i>	<i>15</i>
<i>Imagen N° 12 : Anclaje activo (Gatica Bertin , 2009)</i>	<i>16</i>
<i>Imagen N° 13: lechada para inyección (fuente: Imagen de Google)</i>	<i>16</i>
<i>Imagen N° 14: Gato hidráulico para tensado de cables (SAMAYCA INGENIEROS) ..</i>	<i>17</i>
<i>Imagen N° 15 union de tendonestipo huincha para unir los cables, por falta de longitud</i>	<i>18</i>
<i>Imagen N° 16: Esquema comparativo del concreto postensado con el concreto armado en edificaciones (Samayca Ingenieros SAC - Lima 2014)</i>	<i>38</i>

Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Datos técnicos de Acero Pretensado</i>	<i>14</i>
--	-----------

Resumen

En la presente Investigación se enfoca en el tema de losas postensadas adheridas en Edificaciones, donde se ha identificado una brecha respecto a la aplicación de técnicas constructivas que garanticen un mejor comportamiento estructural y estética arquitectónica específicamente en construcciones de grandes luces entre columnas, para lo cual se establece como objetivo general diseñar una metodología constructiva de losas postensadas con adherencia en edificaciones del departamento de San Martín. Donde se ha utilizado un alcance de investigación descriptivo y un diseño no experimental, ya que su propósito es detallar las actividades a realizar en el proceso constructivo de losas postensadas adheridas para edificaciones, en el cual se hace mención del desarrollo de cada actividad para obtener su efectividad y adecuada aplicación.

Abstract

In this Report we deal with the topic of post-tensioned slabs adhered to Buildings, where a gap has been identified regarding the application of construction techniques that guarantee a better structural behavior and architectural aesthetics specifically in large span constructions between columns, for which purpose it is established as a general objective to design a constructive methodology of post-tensioned slabs with adhesion in buildings of the department of San Martín. Where a scope of descriptive research and non-experimental design has been used, since its purpose is to detail the activities to be carried out in the constructive process of post-tensioned slabs adhered to buildings, in which mention is made of the development of each activity to obtain its effectiveness and adequate application.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del Caso

Con el avance acelerado de la tecnología en la ingeniería, se ha implementado nuevas técnicas constructivas, con la finalidad de mejorar las funciones ya conocidas haciendo de las construcciones más rápidas y efectivas al momento de ejecutarlas, garantizando seguridad tanto para la vida como para las inversiones.

En el Perú, la normatividad vigente respecto al diseño de estructuras postensadas puede ser encontrada en norma E060 (Diseño de estructuras de concreto armado), la citada norma reglamenta las condiciones mínimas para el diseño de elementos de concreto armado y le dedica apenas un capítulo al diseño de estructuras postensadas, por lo que podemos decir que la información contenida ahí es aún insuficiente, por tanto el diseño de estructuras postensadas debe ser complementada con información externa, principalmente normas internacionales. De lo anterior podemos decir la aplicación de estas estructuras es aún poco conocido en el país.

Es por esta razón que en el presente trabajo de investigación se busca resaltar la aplicación de nuevos métodos y técnicas en los procesos constructivos del departamento San Martín, las cuales cumplan los requerimientos de calidad, control y en el proceso constructivo con losas postensadas en edificaciones que serán descritas en el desarrollo de este trabajo.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Diseñar una metodología constructiva de losas postensadas con adherencia en edificaciones en el departamento de San Martín.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Describir un procedimiento constructivo de losas postensadas con adherencia para promover la aplicación de nuevos métodos en las edificaciones del departamento San Martín.
- Describir las consideraciones técnicas a tener en cuenta en un proceso constructivo de losas postensadas.
- Describir los beneficios técnicos de utilizar un método de losas postensadas con adherencia frente a métodos de losas tradicionales.

1.3. Justificación

La metodología constructiva de losas postensadas adheridas en edificaciones, departamento de San Martín aportará a la aplicación de nuevas técnicas de construcción en el departamento. Ya que este sistema de losas postensadas se puede aplicar en edificios para oficinas y centros comerciales, dicho sistema brinda principalmente ventajas constructivas como, (ahorro de tiempo en su proceso constructivo), estéticas (esbeltas estructuras que permiten reducir la altura de entrepiso y aumentar las luces) y sobre todo la seguridad y economía del inversionista.

1.4. Alcances y Limitaciones

El presente trabajo se centra específicamente en la creación de una propuesta de metodología para el proceso constructivo de losas postensadas adheridas en edificaciones del departamento San Martín.

Las limitaciones de la investigación es la escasez de información bibliográfica y la poca aplicación dentro del departamento de estudio, por lo que se usara fuentes de información físicas, digitales (libros, tesis e información relacionada con el tema de investigación).

CAPÍTULO II

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Antecedentes de la Investigación

Para el desarrollo de la presente investigación se tomó como antecedentes algunos estudios anteriores de gran relevancia tanto internacionales como nacionales.

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Según (Gatica Bertin , 2009) en el **estudio “Estudio comparativo entre losa tradicional de hormigón armado y losa postensada con adherencia”** tesis para optar el título de ingeniero constructor en la universidad Austral de Chile, con el objetivo de 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. Como también, 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.

Concluye que:

Una vez que se ha realizado el estudio comparativo de losa de hormigón armado con envigado 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 envigado.

- Los costos realizados 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 el sistema tradicional de envigado en un 24.1% en su costo.
- 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.

- 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 envigado de piso. (p.120,121)

Según (Quilumba Billa, 2015) en el estudio **“Análisis y Diseño de Losa de Hormigón Armado con Elementos Postensados”** tesis para optar el título de ingeniero civil en la universidad técnica de Ambato. Afirma que, El postensado es una de las nuevas tendencias de cálculo y construcción en la actualidad por los países desarrollados y su objetivo de investigación es Realizar el análisis y diseño de la losa de hormigón armado con elementos postensados, usando un programa especializado, que garantice el buen comportamiento estructural. (p.6).

Concluye que:

El desempeño de la losa postensada es eficiente ante luces mayores de 7m, se demostró que su peralte es pequeño, a comparación de losas tradicionales de hormigón armado.

La tecnológica, el material y equipo, utilizados en este tipo de estructuras son de costos de adquisición y construcción elevados, por el momento. (p.272)

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Según el investigador (Manturano Arteaga, 2017), en el estudio titulado **“Uso de la Losa Postensada y su Comportamiento Estructural en el sótano del Hotel la Paz, Miraflores, Lima – Perú – 2017”**. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil, quien tenía como objetivo evaluar el comportamiento de losas postensadas ubicadas en el hotel La Paz, Miraflores – Lima. (p.36)

Concluye que:

- El postensado influye directamente el comportamiento estructural de las losas del hotel la Paz, ya que se encontró que tienden a disminuir las deflexiones elásticas y las deflexiones diferidas.
- El postensado aplicado en losas con mayores dimensiones en planta, tiende a ser más efectivo que en losas con menores dimensiones en planta, ya que, en el primer caso, el refuerzo pasivo no es muy efectivo para controlar las deflexiones, mientras que en el segundo caso sí.

- El flujo plástico tiene un efecto directo en losas postensadas, ya que, de los resultados obtenidos, concluimos que incrementan notablemente las deflexiones, tanto elásticas como diferidas, además provocan una redistribución de los esfuerzos internos, específicamente los momentos flectores.
- La aplicación del postensado, tiende a mejorar notablemente el comportamiento de las losas bajo cargas de servicio, controlando las deflexiones que de otra manera deberían controlarse por medio del peralte de estos elementos, lo que en muchas aplicaciones no es viable. (P.106)

Según (Sanchez Castro, 2015) en el informe de suficiencia profesional titulado **“Reducción de Plazos en Procesos Constructivos Utilizando el Sistema de Losas Postensadas”** de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima – Perú.

Obtuvo los resultados siguientes:

- El sistema de losa postensada se pueden ejecutar áreas dos veces mayores al sistema tradicional esto implicara que el tiempo de ejecución de etapa de estructuras se reduzca a la aproximadamente a la mitad.
- En caso de la actividad de acero, la cantidad de metrado utilizado para losa postensada aun siendo el área de la losa el doble de la tradicional representa solo 52%, esto incurrirá en un gran ahorro en recursos al momento de su ejecución.
- La cantidad del metrado para la actividad de colocación de concreto representa el 175% de sistema tradicional, para lo cual se necesitarán aumentar la cantidad de equipos necesarios para su ejecución; en caso de la mano de obra la representa la misma cantidad del sistema tradicional. (p.61)

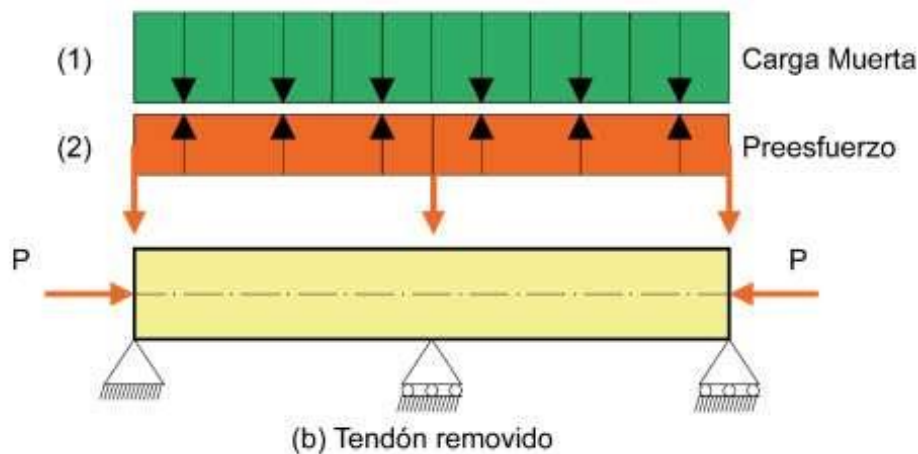
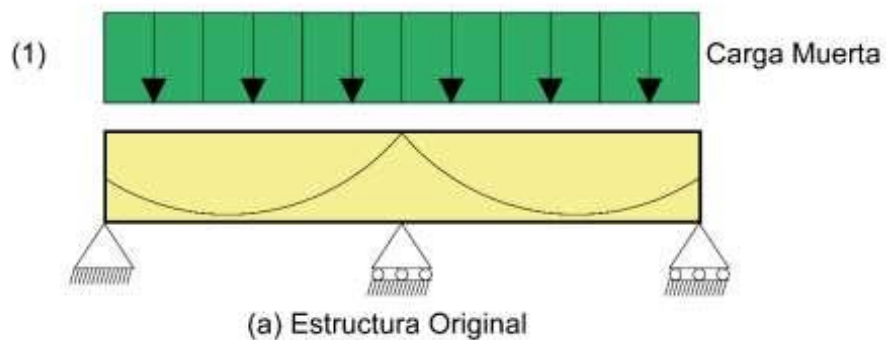
2.2. Definiciones Teóricas

2.2.1. Concreto Pretensado

Según (J. Curbelo, 2015) en este método, los cables o alambres, colocados en el encofrado son traccionados en los anclajes y posteriormente se vacía el concreto alrededor de los cables. Cuando el concreto ha adquirido la resistencia necesaria, se liberan los cables de sus anclajes y por adherencia, se transfiere al concreto la fuerza previamente introducida a los cables. Este método se utiliza ampliamente en las plantas de prefabricado, ya que varios elementos pueden ser construidos con los mismos cables.

2.2.2. Concreto Postensado

Según (J. Curbelo, 2015) En este método la fuerza de tracción es aplicada cuando el concreto tiene la resistencia requerida. Los cables son colocados en conductos o vainas y para posteriormente realizar la transferencia de esfuerzo entre los cables y el concreto mediante el tensado y anclado de los extremos.



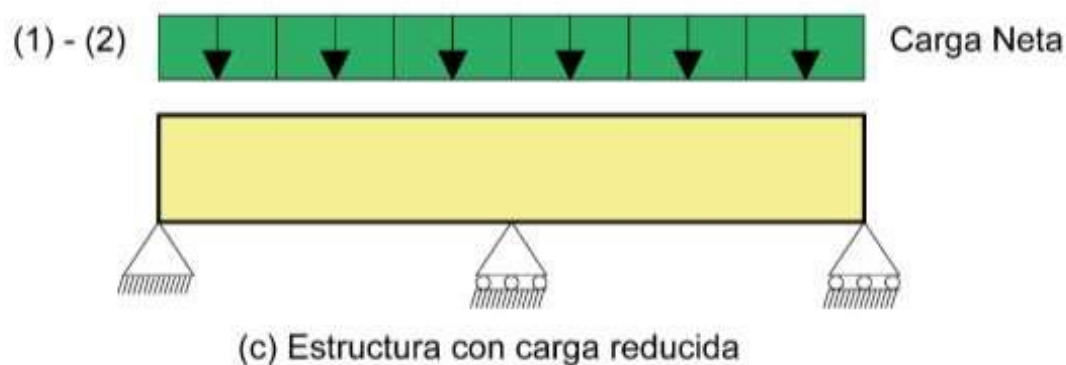


Imagen N° 1: Balance de cargas simple, visualizando el efecto de postensado como la reducción de la carga muerta. (Aalami, 2014)

En la parte (a) de la Imagen N°2 se muestra un miembro de espesor constante sujeto a la aplicación de una carga muerta (1) y presforzado (postensado) con un tendón constante. En la parte (a) de la Imagen N°2: Balance de cargas simple, visualizando el efecto del postensado como una reducción en la carga muerta. Se muestra un miembro de espesor constante sujeto a la aplicación de una carga muerta (1) y presforzado (postensado) con un tendón constante. En la parte (b) de la Imagen N°2 se toma la suposición de remover el tendón y reemplazarlo con una carga equivalente (2), dicha carga es igual a los efectos del tendón dentro del miembro de espesor constante. En la parte (c) el efecto neto, la carga (1) menos la carga (2), es una carga reducida usada en combinación con métodos de diseño de miembros estructurales tradicionales. Nótese que las cargas puntuales resultado de las discontinuidades en la geometría del tendón carga (2) son transferidas directamente a los apoyos y no afecta en el diseño del elemento estructural. La carga axial P que se observa en la parte (b) de la Imagen N°2 resulta en esfuerzos de compresión uniformes que son añadidos a los efectos de los esfuerzos de flexión para un análisis de esfuerzos completo (Aalami, 2014).

2.2.3. Sistema de Losas Pretensadas

Según (Medina Sánchez , 2013) autor del libro Construcción de Estructuras de Hormigón Armado en Edificación, pretensar una estructura es una técnica general que consiste en someterla a unas tensiones previas, artificialmente creadas, de forma que, juntamente con los efectos de las cargas y otras acciones que actúen posteriormente sobre ella, se originen unos estados de tensión o de deformación dentro de límites convenientemente

prefijados, permitiéndole resistir su peso propio y el de las sobrecargas que actúan.

La técnica del pretensado no es privativa de las estructuras de concreto, ni existe una sola forma de pretensar estructuras.

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 el que se mantenga el cable el esfuerzo introducido. Con posterioridad se procede al vaciado de la losa en el molde colocado para tal efecto. Una vez fraguado y endurecido el concreto, se cortan los cables, en los extremos de la viga, el concreto funciona como anclajes, ya que, la fuerza del tensado se transmite al concreto mediante la adherencia.

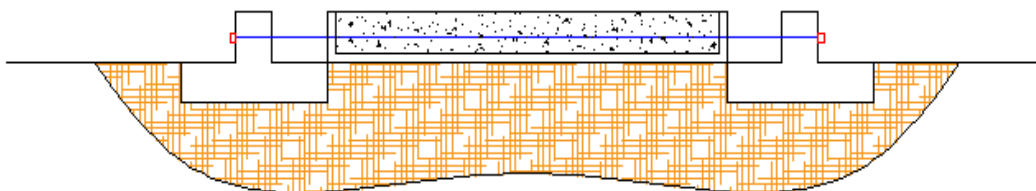


Imagen N° 2: esquema del proceso de pretensado (Gatica Bertin , 2009)

2.2.4. Sistema de Losas Postensadas

Según Eduardo Medina Sánchez, autor del libro Construcción de Estructuras de Hormigón Armado en Edificación, en la arquitectura moderna, 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. El empleo del postensado aumenta la capacidad resistente de la losa, lo que permite aumentar las luces y reducir el número de elementos verticales en la estructura y poder crear espacios libres sin interferencias de pilares.

En consecuencia, se produce un ahorro de materiales y una notable mejora arquitectónica por la posibilidad de disponer de mayor superficie útil y más facilidad. 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 vaciada la losa y, una vez fraguado y endurecido el concreto, 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.

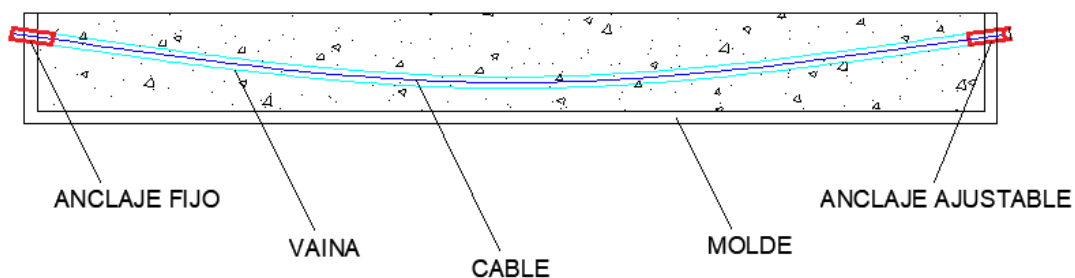


Imagen N° 3: Diagrama de postensado (Gatica Bertin , 2009)

El tensado es ejecutado externamente contra el concreto endurecido y los tendones se anclan contra el hormigon inmediatamente después del tensado. Los tendones pueden ser alambres paralelos atados, cables torcidos en tendones, o varillas de acero.

A continuación, se explica la definición de losas postensadas sin adherencia y con adherencia.

2.2.4.1. Sistema de losas postensadas sin adherencia

Este sistema 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 está permanentemente libre de movimientos relativos respecto al concreto 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 concreto “in situ” al cual se conectan armaduras pasivas transversales.

El sistema de losa postensada sin adherencia, consiste en una placa maciza de concreto empotrada en los pilares de la estructura, cuyo proceso constructivo en grandes rasgos es el siguiente: colocación de encofrado previo al vaciado del concreto, 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 vaciarlas, posteriormente, para protegerlas.

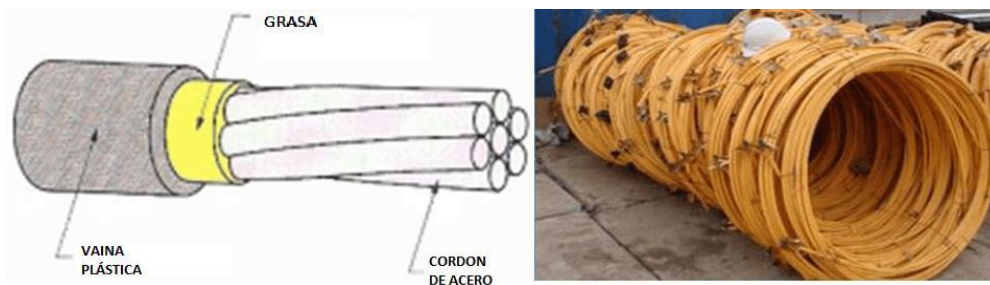


Imagen N° 4: cables postensados para losas sin adherencia (VSL. Chile. Descripción del sistema sin adherencia)

2.2.4.2. Sistema de losas postensadas con adherencia

Este sistema 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.

El sistema con adherencia es el más requerido, gracias a su gran versatilidad al manejar el material sobre todo 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.

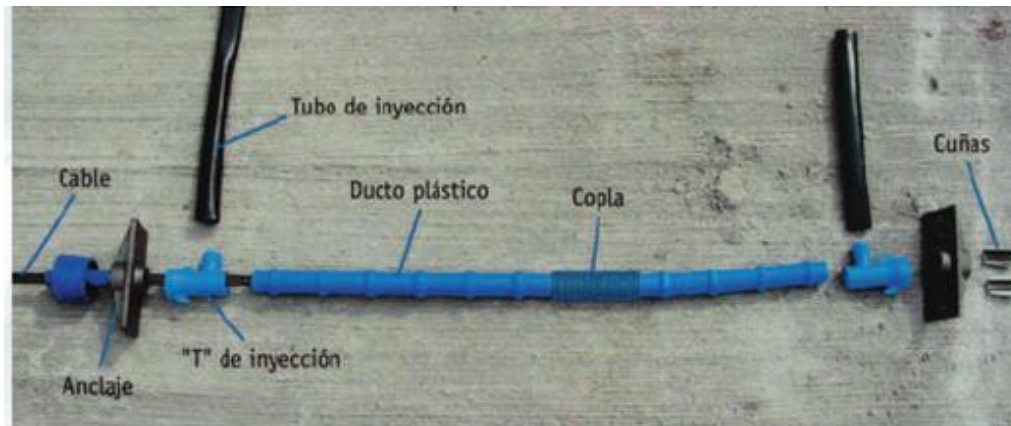


Imagen N° 5: componentes de cables para losas adheridas (VSL. Chile. Descripción del sistema postensado)

2.2.5. Clasificación de Losas Postensadas según su Geometría

Los tipos de geometrías en losas postensadas más comunes son cuatro y se detallan a continuación:

2.2.5.1. Losa plana: Las ventajas de este tipo de sistemas residen fundamentalmente en la sencillez y economía del encofrado, la flexibilidad en la disposición de pilares y la planeidad de los techos, que garantiza una adecuada estética y un sencillo trazado de servicios e instalaciones.

Su rango de utilización es aproximadamente entre 7 a 10m, para cargas ligeras a medias. No es conveniente su utilización en caso de luces muy distintas en ambas direcciones, salvo que la dirección de mayor luz se haga postensada y la otra armada.

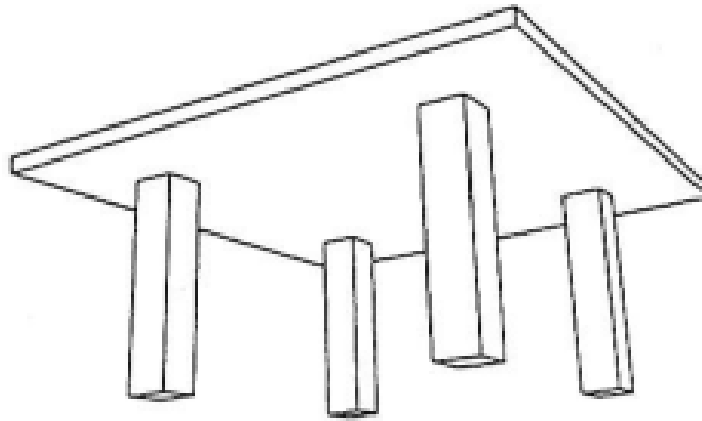


Imagen N° 6: losa plana (VSL, Chile. Descripción del sistema postensado)

2.2.5.2. Losa plana con capitel: Las ventajas de este tipo de losas residen en un aumento de la resistencia al punzonamiento, así como en un menor consumo de hormigón para vanos importantes cuando se utilizan capiteles. Se puede llegar hasta 13m, aproximadamente, para cargas medias.

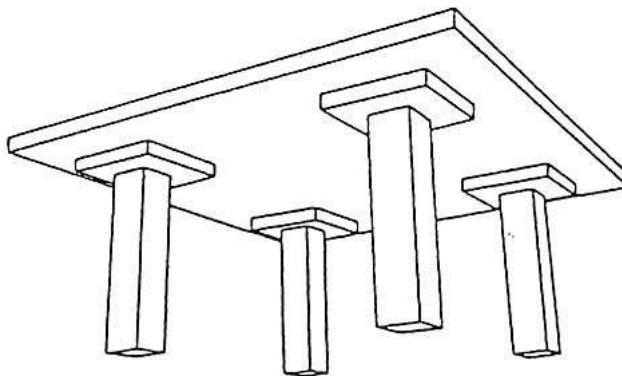


Imagen N° 7: losa con capiteles (VSL, Chile. Descripción del sistema postensado)

2.2.5.3. Losa unidireccional: este caso es muy usual cuando las luces son muy distintas en las dos direcciones. La viga plana puede cubrir luces de hasta 20m y la losa hasta 13m. Los tendones se colocan concentrados en las vigas y se distribuyen uniformemente en la losa.

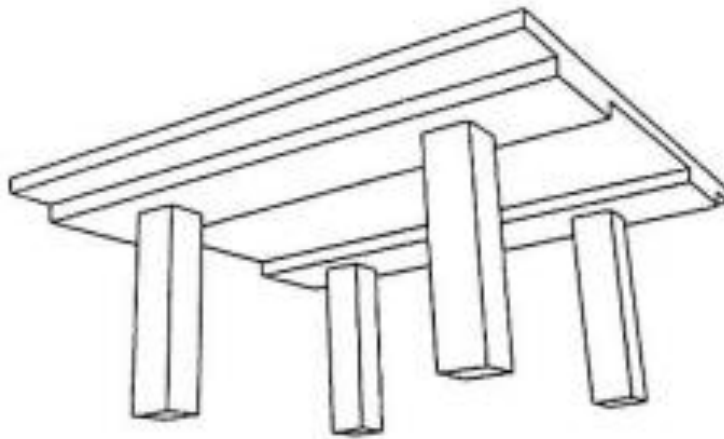


Imagen N° 8: losa unidireccional (VSL, Chile. Descripción del sistema postensado)

2.2.5.4. Vigas postensadas y losa unidireccional: igual que el anterior, pero puede cubrir luces mayores y recibir grandes cargas concentradas (vigas cargadero). El trazado es igual al anterior.

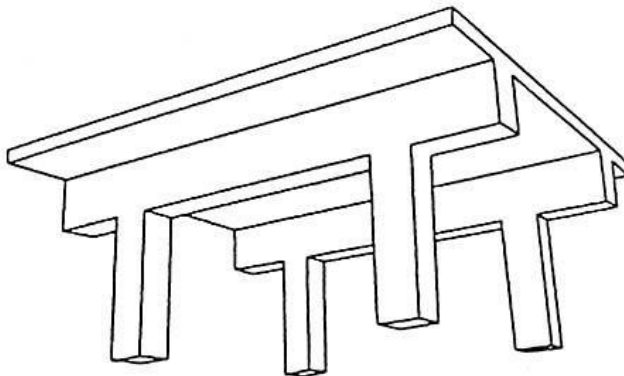


Imagen N° 9: Vigas postensadas y losa unidireccional (VSL, Chile. Descripción del sistema postensado)

2.3. Definiciones conceptuales

2.3.1. Armadura pasiva.

Se denomina acero pasivo a la primera malla colocada y la cual va a recibir todas las instalaciones sanitarias, eléctricas y cables. Se utilizan barras de acero de GRADO 60 corrugadas según la N.T.E. E-060.

2.3.2. Armadura activa

Son las barras de acero que se usan en la construcción de concreto presforzado postensado y ocasionalmente en obras pretensadas se fabrican de acuerdo a los requisitos de la especificación ASTM A-421 “Alambres sin Revestimiento, Relevados de esfuerzo, Para Concreto Presforzado”. Los alambres por lo general son de 0.5” (12.7 mm) o 0.6” (15mm) engrasados y enfundados en una vaina de polietileno de alta densidad o de otro material plástico no corrosivo.

Tabla 1: Datos técnicos de Acero Pretensado

Variable	Acero 0.5”	Acero 0.6”
Diámetro Nominal	1,27 cm	1,52 cm
Área	0,987 cm ²	1,40 cm
Módulo de Elasticidad	1970 a 2040 kg/cm ²	1970 a 2040 kg/cm ²
Resistencia Final	18,8 toneladas	26,6 toneladas métricas
Fuerza Temporal Máxima	15,0 toneladas métricas	21,2 toneladas métricas
Fuerza de Anclaje	13,2 toneladas métricas	18,7 toneladas métricas

Fuente: (VSL Perú) Manual de instalación de cables de tensado en losas.

2.3.3. Tendón o cables

Es aquel conjunto de torones de acero de alta resistencia. Esta es una característica importante ya que el uso de aceros de resistencia de fluencia menores lleva altos porcentajes de pérdida de fuerza. El cable es el que transmite las fuerzas del postensado al concreto.



Imagen N° 10 torones o cables del postensado tomada de (Soto Valdez, 2018)

2.3.4. Cable adherido

Son los elementos en el cual el acero postensado, luego de tensar e inyectar la lechada, permanece completamente adherido al concreto que conforma el elemento.



Imagen N° 11: Cables con sistema de adherencia

2.3.5. Anclaje.

Accesorio usado para anclar el cable de postensado a los elementos estructurales del tendón, por el cual se transmite al concreto la fuerza del pretensado concentrada en el extremo del tendón. Consisten las placas metálicas, cuñas y elementos frente a la corrosión.

2.3.6. Anclajes activos.

Recibe tal nombre porque son los que reciben el gato hidráulico, por ende, es el lugar donde se tensan los cables.



Imagen N° 12 : Anclaje activo (Gatica Bertin , 2009)

2.3.7. Anclajes pasivos.

Recibe tal nombre porque son los que quedan embebidos en el concreto y reciben las cargas a través del tendón, pero no directamente del gato de tensado.

2.3.8. Ducto - funda.

Cubierta que protege al cable del acero postensado durante la colocación del concreto en losas postensadas con adherencia, para prevenir la adherencia.

2.3.9. Lechada para inyección.

Es una pasta utilizada para lograr el monolitismo entre el concreto y el cable, inyectada a través de los puntos superiores del ducto. Este mortero, está compuesto principalmente de agua, cemento, aditivo expansivo y en algunas ocasiones, se utiliza un aditivo fluidificante.



Imagen N° 13: lechada para inyección (fuente: Imagen de Google)

2.3.10. Grasa.

Es utilizado para el sistema no adherido y es usado para proteger al cable de la corrosión y/o lubricar el acero postensado.

2.3.11. Cono.

Accesorio colocado con el anclaje el cual servirá para dejar la abertura suficiente para que el concreto no cubra el anclaje al momento del vaciado, mediante el cual se introducirá el equipo de tensado, cuñas y mordazas.

2.3.12. Gato hidráulico.

Herramienta usada para el tensado de los cables que están ubicados en la cara de los anclajes activos.



Imagen N° 14: Gato hidráulico para tensado de cables (SAMAYCA INGENIEROS)

2.3.13. Acopladores.

Son elementos destinados a dar continuidad a un tendón entre dos partes de la estructura separadas por una junta de consideración. Es conveniente ubicarlos en puntos de reducidos esfuerzos de flexión (generalmente en secciones próximas a $1/4$ - $1/5$ de luz).

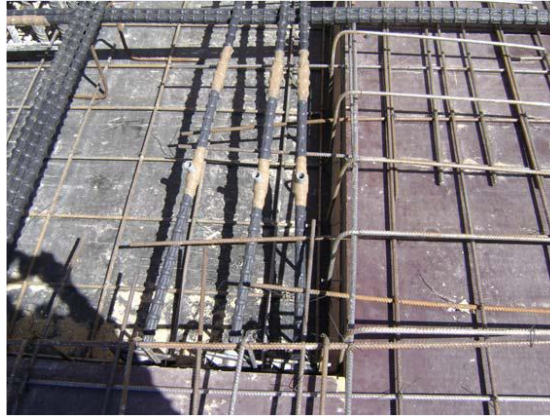


Imagen N° 15 union de tendones tipo huincha para unir los cables, por falta de longitud

2.3.14. Separadores y soportes

Teniendo presente que las barras de las armaduras deben ser soportadas, ancladas, amarradas e inspeccionadas antes de iniciar el vaciado, 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 concreto 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.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo descriptiva ya que su propósito es detallar las actividades a realizar en el proceso constructivo de las postensadas para edificaciones, en el cual se hace mención de del desarrollo de cada actividad para obtener su efectividad y adecuada aplicación.

3.2. Nivel de Investigación

La investigación es de nivel explicativo – descriptivo, su finalidad es definir los beneficios de llevar un adecuado proceso constructivo y como resultado la optimización en el control de calidad evitando problemas constructivos de anclaje y costosas reparaciones.

3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Las técnicas e instrumentos utilizados para la presente investigación fueron las siguientes:

Técnicas	Instrumentos	Fuentes Informantes
Análisis documental	Antecedentes bibliográficos Normativas vigentes	✓ Reglamento Nacional de Edificaciones ✓ Investigaciones anteriores referentes al tema en estudio.
Análisis audiovisual	Conferencias	Reportes audiovisuales de especialistas

Fuente: propia de los investigadores

3.4. Técnicas e Instrumentos

- **El Análisis Documental**, se realizó a través de la información de temas que estén directamente relacionados con el tema, para luego

extraer lo necesario y plasmar un listado de procedimientos a tomar en cuenta en el presente trabajo.

- **El análisis audiovisual**, se aplicó a información visual tanto internacional como nacional, de conferencias y cursos dirigidos por personal capacitado y proveedores de materiales para el sistema postensado.

3.5. Método de Análisis

El análisis de datos consiste en la realización de las operaciones que se realizarán con la finalidad de alcanzar los objetivos del estudio.

En la presente investigación se aplicará:

- **Recolección de los datos:** Se procederá a recolectar los datos de información directamente relacionada basada en investigaciones anteriores y normativas vigentes.
- **Listado de procesos:** Se extraerán y se agruparán los datos a través de listas de procesos, para luego descartar seleccionar la información más relevante.
- **Graficación:** Se graficará los datos mediante un organigrama usando el programa Excel.
- **Análisis e interpretación de resultados:** Se analizarán los datos mediante los análisis descriptivos.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Análisis Descriptivo

4.1.1. Recepción de los Materiales y Operaciones Previas

- 4.1.1.1.** Verificar que los elementos de postensado al llegar a obra estén en perfecto estado como ordena el fabricante, para evitar posibles inconvenientes al momento de realizar su instalación.
- 4.1.1.2.** Inspeccionar que no existan cables descubiertos o con camiseta obstruida para garantizar su perfecto funcionamiento y resistencia.
- 4.1.1.3.** Durante el proceso de descarga tener cuidado de no dañar la funda plástica.
- 4.1.1.4.** No se puede utilizar cadenas o ganchos para la descarga de los cables ya que pueden causar grandes daños en los elementos del postensado.
- 4.1.1.5.** La descarga debe realizarse lo más próxima al área de almacenaje con el fin de evitar movimientos excesivos de los materiales, evitando los daños en las fundas y en otros elementos.
- 4.1.1.6.** Una vez recibidos los materiales deben almacenarse en un lugar apropiado, evitando el contacto con agentes corrosivos o contaminantes. Las cuñas y los anclajes deben estar almacenados en lugares totalmente libres de humedad y limpios de preferencia en su contenedor de fábrica.
- 4.1.1.7.** Los equipos de tensado deben tener un estricto control en el almacenaje por lo que solo personal calificado puede manipular el equipo, con el fin de evitar desconfigurar su calibración para el postensado.

4.1.2. Encofrado de Losa Postensada, Tapas Laterales y Plataforma

- 4.1.2.1.** El encofrado del sistema postensado se monta según las instrucciones del fabricante de igual forma que en un forjado de concreto armado convencional.
- 4.1.2.2.** Verificar que el encofrado de la losa postensada este bien nivelada de acuerdo a los planos proyectados.
- 4.1.2.3.** El sistema de control de niveles, durante el proceso de encofrado debe ser del mismo orden de precisión que el proceso de vaciado del concreto.
- 4.1.2.4.** Marcar sobre el encofrado puntos de ubicación de los soportes a ser utilizados, como también cada cierto tramo la ubicación de los cables para facilitar su instalación.
- 4.1.2.5.** Se debe garantizar la planeidad del encofrado y el paralelismo entre las caras superior e inferior del forjado, para evitar sobre espesores, reducciones de sección y variaciones de excentricidad de los cables respecto a lo planteado en proyecto.
- 4.1.2.6.** Las cimbras y encofrado deben permitir el libre movimiento de la estructura al tensar, para evitar transferencias de cargas no deseadas.

4.1.3. Colocación de Armadura de Acero de Refuerzo Inferior de la Losa

- 4.1.3.1.** Verificar que la superficie del encofrado este limpia y maciza para evitar elementos contaminantes.
- 4.1.3.2.** El acero de refuerzo de una losa postensada debe colocarse de acuerdo a los planos del proyecto.
- 4.1.3.3.** Se debe tener en cuenta la altura entre losa y cable en la parte más baja.
- 4.1.3.4.** Colocar los dados de concreto para mantener el recubrimiento y la altura tal como indican los planos del proyecto.

4.1.3.5. Se debe colocar primero el fierro paralelo al cable y luego el perpendicular, para que pueda cumplirse con la altura adecuada.

4.1.3.6. Amarrar o soldar las intersecciones de todas las barras de refuerzo de la losa postensada.

4.1.4. Trazo y Colocación de tendones en Vigas

4.1.4.1. Los tendones se deben colocar de acuerdo a los planos del proyecto.

4.1.4.2. Se trazará puntos de referenciales de distribución de los cables postensados a lo largo de la losa.

4.1.4.3. Estos cables serán colocados primero luego los del postensado de losa.

4.1.4.4. En la instalación se debe operar con el equipo de tensado y personal especializado en su manipulación en todo el proyecto completo.

4.1.5. Colocación de Anclajes Fijos y Móviles

4.1.5.1. Se colocarán los anclajes fijos de acuerdo a la distribución y altura que indica en los planos de detalles del postensado.

4.1.5.2. Perforar el rebalse en donde se localicen los anclajes activos distribuidos según los planos del proyecto.

4.1.5.3. 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 encofrado.

4.1.6. Colocación de Cables Postensados Distribuidos en Losa

- 4.1.6.1.** Marcar en el encofrado, 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.
- 4.1.6.2.** 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.
- 4.1.6.3.** Se colocan los cables de tipo distribuido, dándoles preferencia a los cables de banda si hubiera algún tipo de cruce de cables.
- 4.1.6.4.** Las desviaciones del perfil o la altura de los soportes del cable de deben mantener con tolerancias de:
 - 3 mm para losas con espesores menores a 20 cm.
 - 8 mm para espesores entre 20 – 60 cm.
 - 10 mm para losas de espesores mayores a 60 cm.
- 4.1.6.5.** Se divide por sectores en donde se selecciona el cable por colores según el largo que éstos posean.
- 4.1.6.6.** 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 ha 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.
- 4.1.6.7.** El cable 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 esté listo para el hormigonado.

- 4.1.6.8.** 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 más 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.
- 4.1.6.9.** En general, cuando se posicionan los cables tanto los de banda como los uniformes hay que tener presente lo siguiente:
- 4.1.6.10.** Para losas de espesor mayor a los 18cm los anclajes colocados en forma vertical no podrán tener una separación menor a 9cm.
- 4.1.6.11.** 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.
- 4.1.6.12.** 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 elongaciones bajas, al momento de tensar.
- 4.1.6.13.** Disponer los cables de acuerdo al plano de soportes correspondiente.
- 4.1.6.14.** Las amarras del cable al sistema de soporte no deben causar ninguna deformación visible en la vaina o al ducto.
- 4.1.6.15.** Los cables deben quedar bien fijos con el objetivo de prevenir cualquier desplazamiento durante el vaciado del hormigón.

- 4.1.6.16.** 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.
- 4.1.6.17.** 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.

4.1.7. Vaciado del Concreto en Losa Postensada

- 4.1.7.1.** Los diseños de mezclas deben realizarse con agregados de alta calidad y materiales adecuados para obtener una resistencia cilíndrica de:
- Resistencia cilíndrica a los 28 días $f'c = 280 \text{ Kg./cm}^2$ como mínimo.
 - Resistencia mínima para el tensado: $f'ct = 180 \text{ kg./cm}^2$
- 4.1.7.2.** Realizar una inspección exhaustiva de la losa para dar el visto bueno antes de proceder al Vaciado.
- 4.1.7.3.** Verificar que el perfil del cable debe ser suave y en su forma correcta (sin curvas reversas) entre puntos de referencia de acuerdo a los planos del proyecto.
- 4.1.7.4.** No deben existir desviaciones excesivas del cable en la horizontal, respetando las indicaciones dadas por proyecto o que sean solicitadas.
- 4.1.7.5.** Revisar que el ducto o vaina no estén rotos, si así fuese, este debe ser reparada de forma inmediata antes de proceder al vaciado.

- 4.1.7.6. Verificar que los soportes se encuentren alineados y de acuerdo a los planos del proyecto.
- 4.1.7.7. Los anclajes activos deben estar completamente unidos a los conos y este conjunto esté fijamente clavado y perpendicular al rebalse.
- 4.1.7.8. Aplicar el método apropiado para el vaciado con el fin de prevenir de antemano posibles alteraciones en la estabilidad de los cables.
- 4.1.7.9. Revisar la armadura inferior ya que, esta afecta directamente a la losa.
- 4.1.7.10. No debe vaciarse a menos que los cables, soportes y refuerzo tradicional se encuentren de acuerdo a los planos aprobados.
- 4.1.7.11. El concreto 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.

4.1.8. Cuidados a Tener en Cuenta Durante el Vaciado

- 4.1.8.1. **Vaciado por medio de camiones:** se debe evitar descargar demasiada cantidad de concreto en un solo lugar. Y al expandirlo evitar que los cables se desplacen de su lugar donde va cumplir su función.
- 4.1.8.2. **Vaciado por medio de grúa:** el concreto deberá dejarse caer a una altura que no genere desplazamientos en los cables, evitando las descargas de cantidades masivas en un solo lugar.
- 4.1.8.3. **Vaciado por bomba:** las tuberías de las bombas no deben estar en contacto con los cables o descansando sobre ellos. La tubería de la bomba debe ser mantenida en una posición tal que no cauce desplazamiento del sistema postensado.

4.1.8.4. Vibrado: no apoyar los vibradores sobre los cables o tendones, evitando el contacto entre la zona vibradora y los cables durante la colocación y compactación del concreto. El vibrado del concreto 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.

4.1.9. Tensado de Tendones en Losa Postensada

4.1.9.1. El cable o tendón no debe ser tensado hasta que el hormigón posea la resistencia especificada por el proyectista, pero se realizará una vez alcanzada la resistencia indicada.

4.1.9.2. Despejar el área de trabajo, o los andamios en donde los operadores realizarán el tensado.

4.1.9.3. La medición de las elongaciones, se realiza a continuación del tensado.

4.1.9.4. 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 consciente del equipo que está operando lo puede manejar. Además de conocer las precauciones que se tienen que tomar en esta operación, en especial que no haya trabajadores en la línea de tensado.

4.1.9.5. El personal que tensa deberá permanecer fuera de la línea del cable que está siendo tensado. No se debe permitir que alguien se pare cerca del gato o entre el gato y la bomba mientras se tensa.

4.1.9.6. 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.

- 4.1.9.7.** Asegurar que la nariz de acuífamiento esta retraída.
- 4.1.9.8.** Abrir las cuñas del gato hacia atrás de la porta mordazas.
- 4.1.9.9.** Posicionar el gato sobre el cable tensado y empujarlo hasta que la nariz del gato descanse 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 esté en la posición correcta de acuerdo a las mordazas.
- 4.1.9.10.** 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.
- 4.1.9.11.** 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.
- 4.1.9.12.** Verificar las elongaciones. En el tensado en ambos extremos, se suman las elongaciones de ambos extremos para obtener la elongación total.
- 4.1.9.13.** Las elongaciones deberán estar dentro de los valores mostrados en los planos. La medición de la elongación deberá ser lo más 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.

- 4.1.9.14.** 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.

4.1.10. Corte de sobre longitudes de cables

- 4.1.10.1.** 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.

4.1.11. Inyección de cables o tendones

- 4.1.11.1.** Este proceso es muy importante ya que, mediante el llenado de los vacíos de los ductos, el acero de pre-esfuerzo queda protegido permanentemente se realiza tal como detallen las especificaciones del proyecto. Generalmente con una lechada o con mortero de cemento, el cual protege la armadura contra la corrosión, además de establecer adherencia entre los cables y el concreto para mejorar la resistencia a la rotura cuando se trata de una pieza de flexión.
- 4.1.11.2.** Verificar que el conducto no debe presentar obstáculos al paso de la lechada y su sección debe ser lo más regular posible.
- 4.1.11.3.** La sección del ducto debe ser lo suficientemente amplia para permitir el paso de la inyección. Esta dimensión está normalizada en 2 a 2,5 veces el área del acero tensionado en el interior del ducto.
- 4.1.11.4.** El equipo de inyección debe ser lo suficientemente potente para garantizar el avance de la lechada de un extremo a otro del elemento.
- 4.1.11.5.** La zona de los anclajes debe estar perfectamente sellada para evitar pérdidas de presión y lechada.

4.1.11.6. La lechada o el mortero deben llenar completamente el ducto sin bolsas de aire ni de agua segregada. Por esta razón no puede utilizarse el aire comprimido para ejecutar este trabajo.

4.1.11.7. La lechada debe ser continua sin interrupciones para que fluya de manera uniforme desde la entrada hasta la salida.

4.1.11.8. El material de inyección y los aditivos utilizados deben estar libres de sustancias que puedan atacar el acero de los torones acelerando su corrosión.

4.1.11.9. La inyección debe llevarse a cabo sin interrupciones, en caso de presentarse una interrupción de más de 30 minutos, debe de vaciarse y lavarse completamente todo el sistema.

4.1.12. Sellado de cajetines

4.1.12.1. No se debe sellar los cajetines sin antes haber dejado secar la lechada. Es recomendable realizar esta actividad al día siguiente de la inyección.

4.1.12.2. Se desencofrarán los extremos de inyección y se vaciarán los cajetines de tensado.

4.1.12.3. El concreto de sellado de cajetines debe ser igual al especificado en el proyecto para la estructura.

4.1.12.4. Se debe picar superficialmente las caras de dicha cajuela con el objeto de mejorar la adherencia del concreto nuevo con el antiguo.

4.1.13. Desencofrado de Tapas Laterales

4.1.13.1. 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.

4.1.13.2. Remover el cono plástico.

4.1.13.3. 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.

4.1.13.4. Verificar la integridad del concreto, a ambos lados del cono y en toda la superficie expuesta.

4.1.13.5. Despejar el área en donde se encuentran los cajones de tensado, picando el concreto y descubriendo los cables hasta despejar el cono plástico, el cual será removido para realizar el tensado.

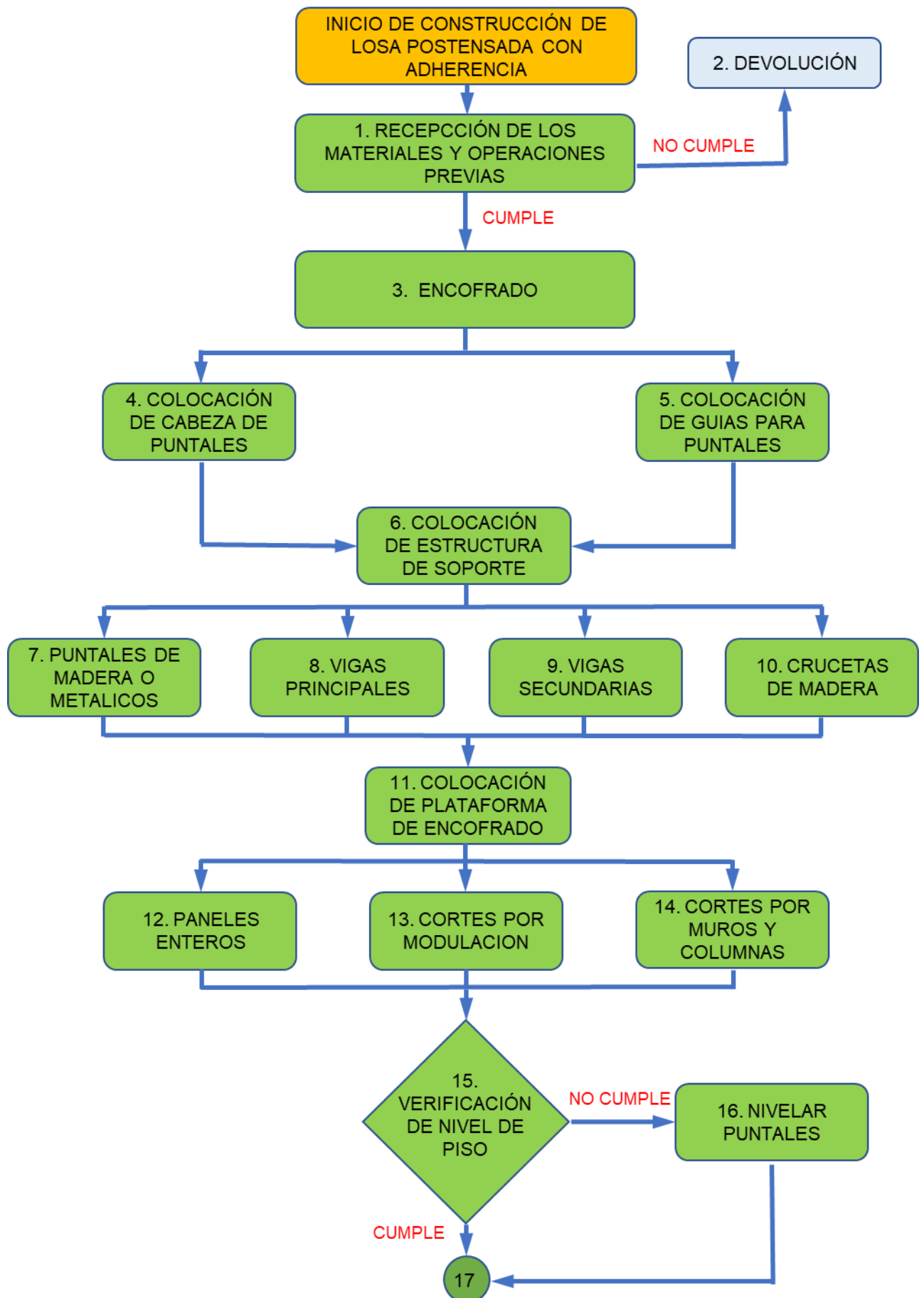
4.1.13.6. Remover el exceso de grasa y cualquier polvo, arena o pasta de hormigón que se encuentre en el extremo del cable. No es necesario lavar el extremo del cable, sólo se requiere remover el exceso de materiales de la superficie.

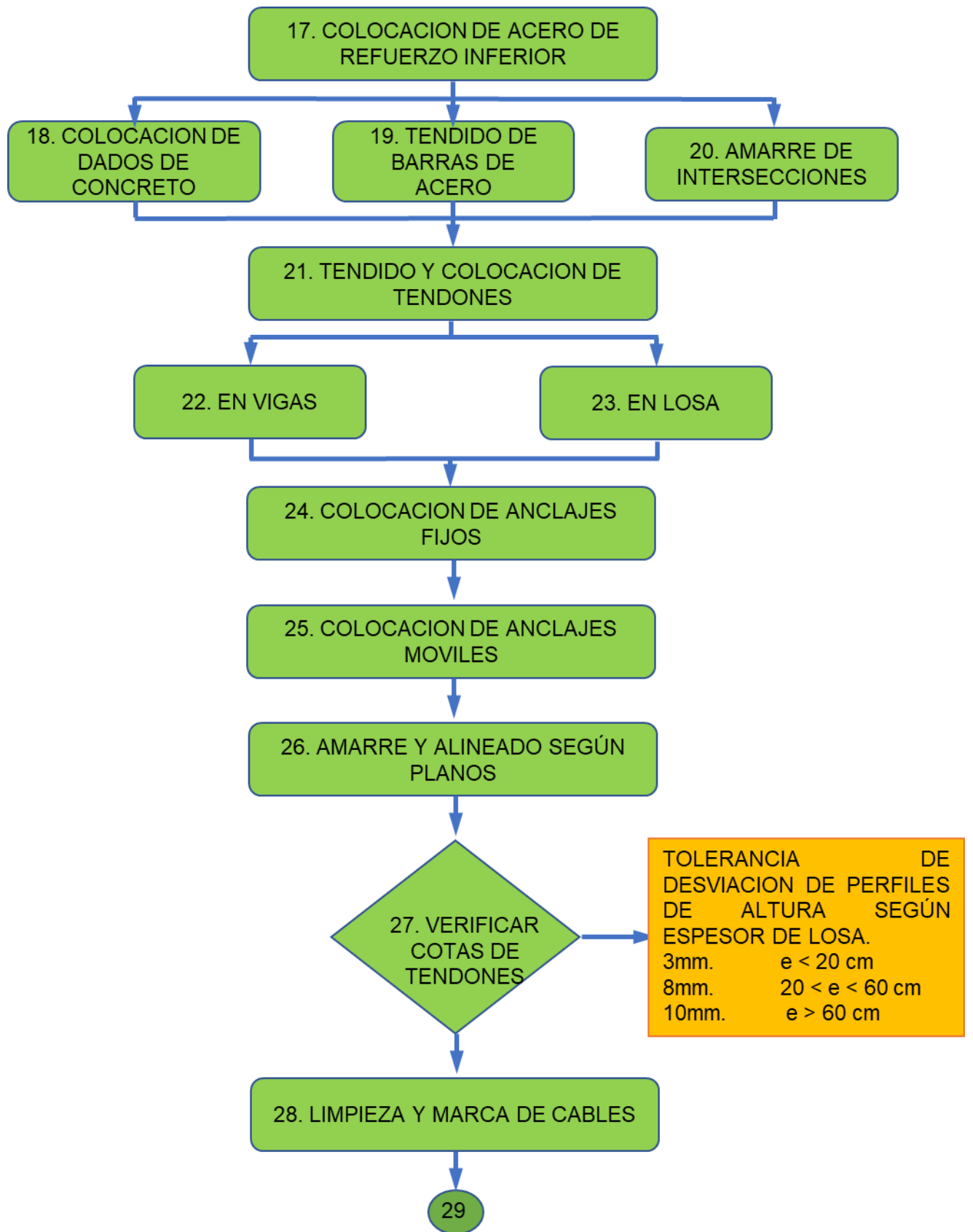
4.1.13.7. Instalar en forma definitiva el par de cuñas correspondiente en el anclaje. Asegurar que la orientación de las cuñas sea tal que la nariz del gato se apoye completamente en ambas mitades de la cuña (esto se consigue uniando verticalmente las dos cuñas).

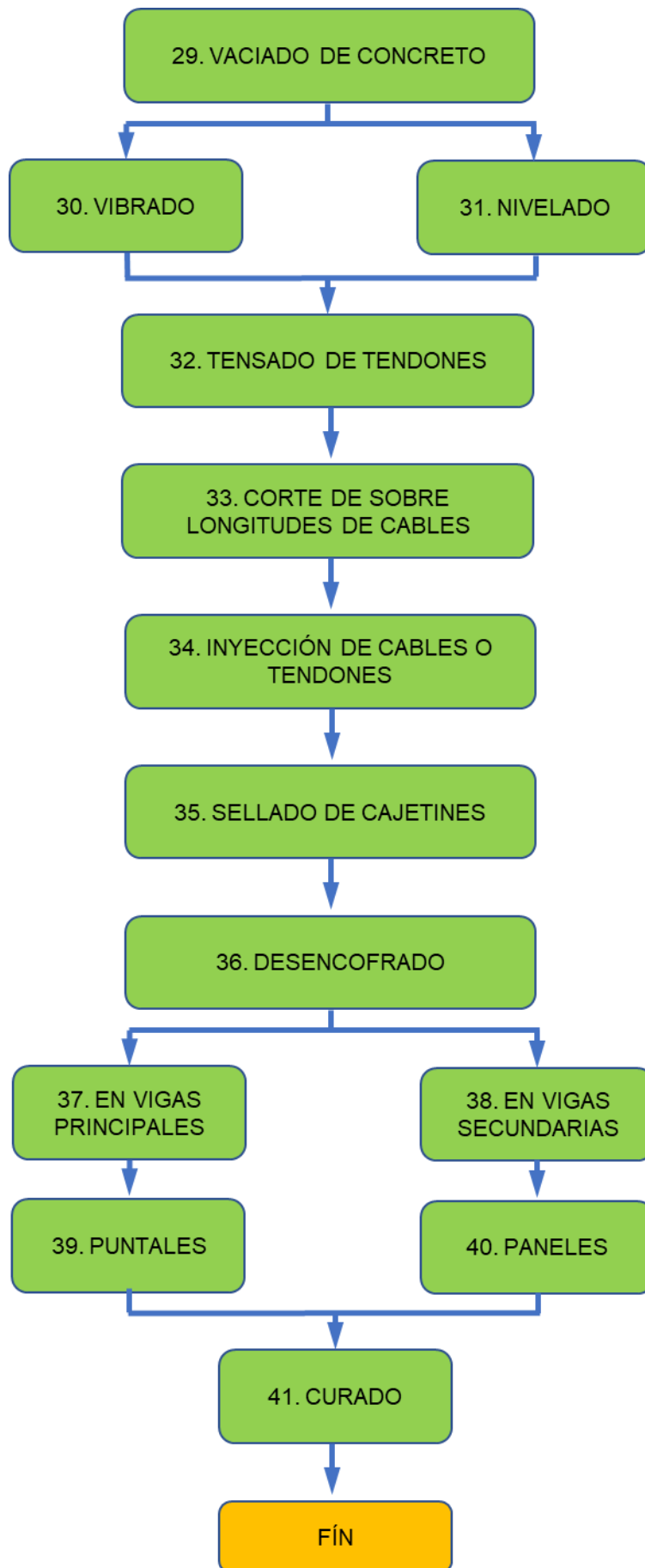
4.1.13.8. Asentar las cuñas en la cavidad firmemente con un acuñador.

4.1.13.9. 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.

4.2. Flujo de Actividades Para el Proceso Constructivo de Losas Postensadas Adheridas.







CAPÍTULO V

5. DISCUSIÓN

A partir de los análisis recopilados de diferentes fuentes de información y estudios anteriores de sistemas de losas postensadas con adherencia, se llega a múltiples conclusiones entre ellas las ventajas que proporcionaría emplear este método en las edificaciones dentro del departamento de San Martín.

5.1. VENTAJAS

- El espesor de las losas postensadas es un tercio menor que el de losas sin presfuerzo. Esto se traduce en un 20 o 30% de reducción del peso total del edificio. A su vez este decremento significa menor costo de construcción.
- Para una misma altura libre de entrepiso, las alturas de piso con losas postensadas son aproximadamente 5 cm menores que para un edificio con losas convencionales.
- Existe una mayor separación entre apoyos, con lo que se tiene una mayor y mejor distribución de espacios.
- Al existir losas más ligeras, se obtienen secciones de columnas más esbeltas.
- Reducción de cantidades de concreto, acero y cimbra de contacto lo que conlleva a tener una cimentación de menor magnitud.

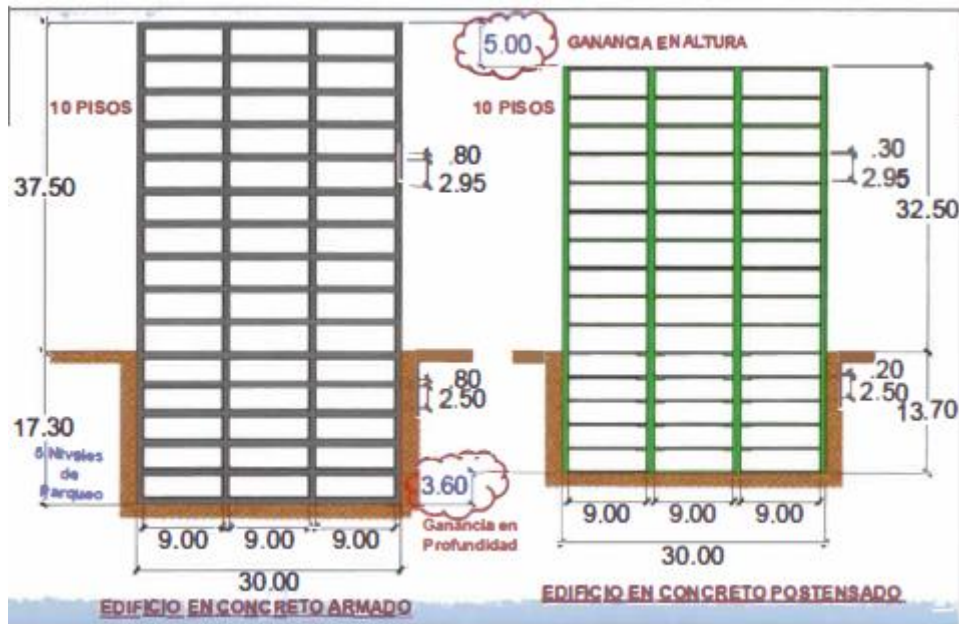


Imagen N° 16: Esquema comparativo del concreto postensado con el concreto armado en edificaciones (Samayca Ingenieros SAC - Lima 2014)

5.2. DESVENTAJAS

- Se requiere transporte y montaje para elementos postensados especiales. Esto puede ser desfavorable según la distancia a la que se encuentra la obra de la planta.
- Mayor inversión en materiales debido a que en el departamento de San Martín no se cuenta con distribuidores de este tipo de materiales.
- En el departamento de San Martín no se cuenta con constructoras dedicadas específicamente a este tipo de diseño debido al desconocimiento y baja demanda.
- Planeación cuidadosa del proceso constructivo, sobre todo en etapas de montaje.
- Las losas postensadas son susceptibles al colapso progresivo debido a cargas extraordinarias. Este caso se asocia al no emplear acero de refuerzo necesario en los elementos postensados.

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES

Se logró diseñar una metodología constructiva de losas postensadas con adherencia en edificaciones aplicando todas las pautas y procedimientos desarrollados en este informe.

Se desarrolló un procedimiento constructivo de losas postensadas con adherencia para promover su aplicación en nuevas edificaciones que utilicen este método como una forma más eficaz de construir.

Los beneficios técnicos al utilizar un método de losas postensadas con adherencia frente a métodos de losas tradicionales son más favorables para las edificaciones y para la economía del cliente.

La utilización de losas postensadas nos da una mayor visión con respecto a soluciones que se pueden optar para casos de grandes luces, menor peralte, menor acero, etc.

7. RECOMENDACIONES

Se recomienda que el personal encargado de los trabajos de instalación y tensado del sistema postensado adherido sea el adecuado y capacitado en la manipulación de quipos y maniobra de los materiales.

Para el caso de edificaciones en el Sistema Adherido, la inyección se recomienda hacerla al final, así se optimiza la mano de obra.

Cuando se vaya a realizar el pase de cables a través de las vainas, se recomienda que los cables tengan las puntas boleadas, ya que un torón con un poco de punta puede rasgar el ducto y puede hacer que entre el concreto en el ducto y crear dificultades a la hora del tensado. Incluso se deben cubrir las puntas con cinta, pero estas de todas maneras deben estar boleadas.

Para el proceso del tensado, se recomienda chequear las máquinas y asegurarse que estas hayan tenido el debido mantenimiento. También a la hora del mismo tensado, nunca se debe estar atrás del gato, o en dirección en la que este está estirando el cable.

Se recomienda el uso de este sistema constructivo si se desea acortar el plazo de ejecución de obra en estructura de grandes luces, como también para estructuras de gran altura con el fin de ganar espacios entre piso y contrapiso.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Arellano Méndez, E. (2013). *DISEÑO SÍSMICO DE LA CONEXIÓN COLUMNA Y LOSA ALIGERADA*. México, D.F.
2. Gatica Bertin , M. J. (2009). *ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LOSA TRADICIONAL DE HORMIGÓN ARMADO Y LOSA POSTENSADA CON ADHERENCIA* . Valdivia - Chile.
3. J. Curbelo, B. (2015). *CONCRETO ESTRUCTURAL PREESFORZADO TOMO II*. Armenia - Colombia.
4. Manturano Arteaga, V. H. (2017). *USO DE LOSA POSTENSADA Y SU COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN EL SÓTANO DEL HOTEL LA PAZ, MIRAFLORES*. Lima - Perú.
5. Medina Sánchez , E. (2013). *CONSTRUCCIÓN DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO EN EDIFICACIONES*.
6. N.T.E. E-060. (2017). *REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES*.
7. Quilumba Billa, M. V. (2015). *ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSA DE HORMIGON ARMADO CON ELEMENTOS POSTENSADOS*. AMBATO - ECUADOR.
8. Salinas. (2015). *ESTRUCTURAS POSTENSADAS*. Perú.
9. Sanchez Castro, V. D. (2015). *REDECCIÓN DE PLAZOS EN PROCESOS CONSTRUCTIVOS UTILIZANDO EL SISTEMA DE LOSAS POSTENSADA*. Lima - Perú.
10. Soto Valdez, L. F. (2018). *APLICACIÓN DEL CONCRETO POSTENSADO EN VIGAS PARA MEJORAR LA RESISTENCIA ESTRUCTURAL DE UNA EDIFICACIÓN DE 5 NIVELES EN EL DISTRITO CARABAYLLO* . Lima - Perú.
11. VSL PERÚ S.A.C . (2013). *MANUAL DE INSTALACIÓN DE CABLES TENSADO EN LOSAS*.
12. VSL PERÚ S.A.C. (2013). *MANUAL DE INYECCIÓN DE LECHADA EN LOS CABLES POSTENSADOS*.

ANEXO 1.

Diagrama de Flujo de
Actividades Para el Proceso
Constructivo de Losas
Postensadas Adheridas