

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO
CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**USO DE VIGUETAS PRETENSADAS EN LA CONSTRUCCIÓN
DE UNA LOSA ALIGERADA PARA AUMENTAR LA
PRODUCTIVIDAD EN LA EDIFICACIÓN DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL
MAYOR DE SAN MARCOS – LIMA 2020.**

TESIS:

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

Bach. Fernández Rojas, Christian Antonio

Bach. Reyes Gutiérrez, Diego Darwin

Bach. Ventura Castro, Aleyda Josefina

ASESOR:

Ing. Elton Javier Galarreta Malaver

TRUJILLO – PERÚ

2021

HOJA DE FIRMAS

**USO DE VIGUETAS PRETENSADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE UNA
LOSA ALIGERADA PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA
EDIFICACIÓN DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS – LIMA 2020.**

Autores: Bach. Fernández Rojas, Christian Antonio

Bach. Reyes Gutiérrez, Diego Darwin

Bach. Ventura Castro, Aleyda Josefina

Ing. Enrique Durand Bazán

PRESIDENTE

Ing. Guido Marín Cubas

SECRETARIO

Ing. Elton Javier Galarreta Malaver

VOCAL

DEDICATORIA

De todo corazón y amor dedico a mis padres, quienes me motivaron desde el inicio hasta la culminación de estudios universitarios.

Christian

Agradezco a mi madre que sin ella no hubiera logrado una meta más en mi vida profesional, gracias por estar a mi lado tu apoyo moral y entusiasmo que me brindaste para seguir adelante en mis propósitos.

A la vez agradezco a mi pareja que su ayuda fue fundamental, has estado conmigo incluso en los momentos más turbulentos.

Este proyecto no fue tan fácil, pero estuvieron motivándome y ayudándome hasta donde sus alcances lo permitían.

Diego

Al ser espiritual supremo por sus bendiciones y a mis padres por la fortaleza de aliento durante mis estudios.

Aleyda

AGRADECIMIENTO

A los directivos jerárquicos y administrativos de la Universidad Privada de Trujillo por habernos formado profesional con conocimientos brillantes que será muy útil en la vida.

A mi asesor Elton Javier Galarreta Malaver sin usted y sus virtudes, su paciencia y constancia este trabajo no lo hubiese logrado tan fácil. Sus consejos fueron siempre útiles cuando no salían de mi pensamiento las ideas para escribir lo que hoy he logrado. Usted formó parte importante de esta historia con sus aportes profesionales que lo caracterizan. Muchas gracias por sus múltiples palabras de aliento, cuando más las necesite; por estar allí cuando mis horas de trabajo se hacían confusas. Gracias por sus orientaciones.

A los docentes sus palabras fueron sabias, sus conocimientos rigurosos y precisos, a ustedes mis queridos profesores, les debo mis conocimientos.

Gracias por su paciencia, por compartir sus conocimientos de manera profesional e invaluable, por su dedicación perseverancia y tolerancia

Muchas gracias a todos

Los autores

INDICE DE CONTENIDOS

HOJA DE FIRMAS.....	2
RESUMEN	7
ABSTRACT.....	8
I. INTRODUCCION.....	9
1.1. Realidad Problemática.....	9
1.2. Formulación del Problema.....	10
1.3. Justificación.....	10
1.4. Objetivos	11
1.4.1. Objetivo General	11
1.4.2. Objetivos Específicos	11
1.5. Antecedentes.....	12
1.6. Bases Teóricas	14
II. MATERIALES Y METODOS.....	18
2.1. Material de Estudio	18
2.2. Técnicas, procedimiento e instrumentos.....	18
2.2.1. Técnicas	19
2.2.2. Instrumentos	19
III. RESULTADOS	29
3.1. Resultado de análisis.....	29
3.2. Proceso constructivo	30
IV. CONCLUSIONES	33
V. RECOMENDACIONES.....	34
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	35
ANEXOS.....	36

RESUMEN

El siguiente proyecto de investigación, busca reducir los costos que se tendrían al construir una losa aligerada tradicional y además optimizar los tiempos y la calidad de construcción.

La losa es un elemento de gran importancia porque transmite las cargas hacia las vigas y asegura que la estructura se desplace uniformemente ante las sollicitaciones sísmicas (diafragma rígido), lo cual es posible a la adherencia mecánica existente entre la vigueta y la losa vaciada in situ.

La implementación de este sistema logrará dicha optimización de la productividad con la finalidad de alcanzar la reducción de costos y tiempo en la construcción de la edificación.

Esta investigación desarrolla los dos sistemas de losa aligera con más demanda en la actualidad: el sistema convencional y el sistema de vigueta pretensada.

Posteriormente, se realizó una evaluación técnica y una evaluación económica de cada sistema. En la evaluación económica se elaboró un presupuesto para cada sistema con precios actualizados y se tomó en cuenta todas las partidas que intervenían en cada sistema. Al comparar los dos sistemas se concluyó que la mejor alternativa de losa aligerada es el sistema de vigueta pretensada, ya que este representa un ahorro de costo directo de 12% frente al sistema convencional, 33% de ahorro en tiempos de ejecución, mejor calidad en el acabado del fondo de losa y una mejor resistencia del concreto (350 kg/cm²).

ABSTRACT

The following research project seeks to reduce the costs that would be incurred when building a traditional lightened slab and also optimize construction times and quality.

The slab is an element of great importance because it transmits the loads to the beams and ensures that the structure moves uniformly in the face of seismic stresses (rigid diaphragm), which is possible due to the mechanical adherence between the joist and the slab cast in situ.

The implementation of this system will achieve this optimization of productivity in order to achieve cost and time reduction in the construction of the building.

This research develops the two lightening slab systems with the most demand today: the conventional system and the prestressed joist system.

Subsequently, a technical evaluation and an economic evaluation of each system was carried out. In the economic evaluation, a budget was prepared for each system with updated prices and all the items involved in each system were taken into account. When comparing the two systems, it was concluded that the best lightened slab alternative is the prestressed joist system, since this represents a direct cost saving of 12% compared to the conventional system, 33% savings in execution times, better quality in the finish of the slab bottom and a better resistance of the concrete (350 kg / cm²).

I. INTRODUCCION

1.1 Realidad Problemática

Desde ya con frecuencia el uso del término Productividad es usado para promover un servicio o un servicio. A lo largo de la historia, el hombre siempre está buscando de alguna forma el progreso de manera optimizando algunos materiales como la mano de obra, por lo que hay varias formas de procesos constructivos; por eso mismo la prefabricación del pasado son el resultado de las necesidades socioeconómicos de nuestro país. Podemos decir que el nacimiento de la prefabricación se ha encontrado en los orígenes de la industria, la misma surge en el siglo XVIII, por el trabajo mecánico y organizado, motivos por el cual vino a cambiar los conceptos comparativos.

Considerado el "padre del concreto de pretensado", Freyssinet murió en Santo - Martín -Vesubie, Francia en 1962. Sus diseños permitieron una expresión libre de materiales y espacios mientras que trabajan dentro de los límites de la tecnología. Freyssinet todavía manejó introducir varios trabajos arquitectónicos de colaboración. Sus proyectos giraron generalmente alrededor de una búsqueda experimental para un lenguaje común.

A nivel local en la siguiente obra de la empresa Consorcio Lima en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos Facultad de Biología se encontró dicha problemática por lo que se buscó reemplazar con el Armado de Viguetas en si tú con el Armado de Viguetas Pretensadas para la construcción de losa aligerada y así incrementar la productividad

El análisis de precios unitarios utilizado para el presupuesto con el sistema de viguetas pretensadas, el presupuesto final de la construcción de losa aligerada con el sistema de viguetas pretensadas para la obtención de comparaciones del costo de un sistema con el otro.

El peso de losa aligerada con el sistema de viguetas pretensadas se midió con los indicadores siguientes, peso de bovedilla de concreto en área de losa, peso del concreto involucrado en toda el área de la losa y peso de la vigueta pretensada.

En cuanto al tiempo de construcción de losa se midió con los siguientes indicadores, tiempo de montaje de viguetas pretensadas en toda el área de la losa aligerada, tiempo de acarreo e instalación de bovedilla de concreto, y tiempo de vaciado de la concreta in situ del área de la losa. Dando como resultado una comparación entre la construcción de losa aligerada con el sistema de viguetas pretensadas vs losa aligerada sistema convencional, este resultado óptimo siendo el sistema pretensado de menor costo, menor peso y la construcción en menor tiempo.

1.2 Formulación del Problema

Pregunta General

¿De qué manera el uso de viguetas pretensadas en la construcción de una losa aligerada incrementa la productividad en la edificación de la facultad de ciencias biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos?

1.3 Justificación

A nivel nacional en el Perú hoy en día en el rubro de la construcción, se encuentra atravesando un momento crucial y es por ello que debemos tomar muy en cuenta y fomentar la investigación de métodos de trabajo que intervengan en la mejora de la productividad implementando nuevos sistemas de trabajo como lo son los prefabricados, las viguetas pretensadas.

El presente trabajo de investigación, tiene el carácter a implementar el sistema de viguetas pretensadas en la construcción de una losa aligerada con la finalidad de aumentar la productividad en la construcción.

1.4. Hipótesis

Es posible, viable y confiable hacer uso de las viguetas pretensadas para la construcción de losas aligeradas en la edificación de la facultad de ciencias biológicas de la Universidad Mayor de San Marcos – Lima 2020.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Demostrar la productividad en el proceso constructivo de losa aligerada con viguetas pretensadas en la edificación de la facultad de ciencias biológicas de la Universidad Mayor de San Marcos – Lima 2020.

1.5.2 Objetivos Específicos

- a. Diseñar la losa aligerada convencional.
- b. Diseñar la losa aligerada utilizando viguetas pretensadas.
- c. Evaluar el proceso constructivo usando viguetas pretensadas
- d. Estimar el costo de ambas soluciones.

1.6 Marco teórico

Antecedentes locales

En los techos aligerados de la edificación nueva se construyeron con viguetas pretensadas porque tuvimos la aceptación de la supervisión y de la entidad, y los planos visados de las viguetas pretensadas. En esta oportunidad nuestro proveedor CONCREMAX nos alcanzó los planos de techo aligerado con la viguetas pretensadas, según las sobrecargas indicadas en dichos planos estructurales de la obra (250, 300 y 400 kg/m²) se usaron viguetas tipo V-101 y tipo V-102, y de acuerdo al manual de Viguetas TECHOMAX 2017, en este caso aplicando la tabla de momentos Admisibles porque tienen dos tramos.

Antecedentes nacionales

En este caso se encontró como materia de estudio Antecedentes haciendo referencia a la tesis de Buleje Kenny (2012, p.140) en su investigación titulada “Productividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos de la filosofía lean construcción” con motivo de optar el título de Ingeniero Civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Facultad de Ciencias e Ingeniería en el año 2012 en la ciudad de Lima-Perú, la cual buscó mostrar cómo se maneja la producción en la construcción de un condominio aplicando algunos conceptos de la filosofía Lean Construcción.

Esta investigación está basada en el proyecto de condominio Villa Santa Clara, construido por la empresa Besco Edificaciones. En dicho proyecto el IGLC (International Group of Lean Construction) propone algunas herramientas entre 18 ellas la toma de mediciones de rendimientos reales de todas las actividades de la obra en un formato llamado I.S.P.

(Informe semanal de producción). Con los resultados del I.S.P. Se hizo una gráfica que muestra cómo fue mejorando los rendimientos día a día con lo cual se demostró la especialización del personal obrero.

De igual manera en la tesis de Ramírez John(2016,p.193) titulada “Estudio de factores de productividad enfocado en la mejora de la productividad en obras de edificación” con motivo de optar del título de Ingeniero Civil de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en el año 2016 en la ciudad de Lima-Perú .El objetivo determinar y reconocer la influencia de estos factores en la productividad de la mano de obra a fin de buscar una alternativa de mejora para la estimación y mejora de la productividad de la mano de obra. La metodología utilizada es de tipo no experimental transaccional aplicado a un proyecto de vivienda conformado por seis torres de 15 pisos y una azotea, con dos sótanos comunes para todo el condominio. Debido a la extensión del proyecto, la obra fue planificada para ser ejecutada en 4 etapas y se obtuvo parte de la información de la obra y otra parte tuvo que ser trabajada de manera directa.

Finalmente se concluyó que existen ciertos factores que ayudan a mejorar la productividad de la mano de obra los cuales deben ser tomados en cuenta para elevar la eficiencia del mismo.

1.7 Bases Teóricas

1.7.1. Proceso constructivo

Al conjunto de procedimientos que se debe seguir al momento que realizamos una construcción y edificación con el único objetivo de que los mismos sean eficientes y organizadas para ahorrar tiempo y dinero.

1.7.2. Losa aligerada

Es un techo de concreto armado compuesto por piedra chancada, arena gruesa, agua y reforzada con varilla de acero. Además, para aligerar o aliviar su peso se le coloca ladrillo característico.

1.7.3. Viguetas

Se le denomina viguetas a cada una de las vigas cortas paralelas que sostienen las cargas de un suelo o techo y están sostenidas a su vez por vigas más largas.

1.7.4. Viguetas de techo

Es la viga que tiene como función de ejercer de tirante de la armadura y a su vez sostener el falso techo.

1.7.5. Solera en L

Es la durmiente sobre un muro de cimentación, y vigueta que descansa también sobre este.

1.7.6. Cabio

Se le define a la vigueta inclinada apoyada sobre las cargas que va desde la sombrera hasta el alero y sirve para soporte del tablero.

1.7.7. Vigueta pretensada

Se define como parte de un sistema estructural que constituye una losa y un piso, básicamente su función es de absorber los esfuerzos de flexión que se presentan en los nervios modulares de la placa de la losa.

Su forma y su sentido en que es colocada permite transmitir sus cargas del uso funcional hacia dicha estructura del edificio, para luego ser transmitidas a las funciones.

1.7.8. Concretos

1. Concreto Pretensado:

El término pretensado se usa para describir cualquier método de pre esfuerzo en el cual los tendones se tensan antes de colocar el concreto.

Los tendones generalmente son de cable torcido con varios torones de varios alambres cada uno, se re estiran o tensan entre apoyos que a la vez forman parte permanente de las instalaciones de la planta.

Se mide el alargamiento de los tendones, así como la fuerza de la tensión aplicada por los gatos.

2. Concreto Pos tensado:

Contrario al pretensado el pos tensado es uno de los métodos de pre esfuerzo en el cual el tendón que va dentro de unos conductos es tensado después de que el concreto o fraguado.

Así el pre esfuerzo es casi siempre ejecutado externamente contra el concreto endurecido.

Los tendones se anclan contra el concreto inmediatamente después del pre esfuerzo.

Este método puede aplicarse tanto para elementos prefabricados como colocados en sitio.

3. Pre esforzado:

Se define Pre esforzado o Pos tensado como un estado especial de esfuerzos y deformaciones que son inducidas para mejorar el comportamiento estructural de un elemento. Por medio del pre esforzado aumenta la capacidad de carga y se disminuye la sección del elemento.

Se inducen fuerzas opuestas a las que se producen las cargas de trabajo mediante cable de acero de alta resistencia a l ser tensado.

Cabe precisar que su aplicación de estas fuerzas se realiza después del fraguado, utilizando cables de acero enductados para evitar su adherencia con el concreto.

1.7.9. Tipos de viguetas:

Según Llopiz Carlos Ricardo (2001, p.67) considera la siguiente clasificación:

- a) **Según sus dimensiones:** los elementos prefabricados se pueden clasificar en **pequeños elementos**, los cuales sus dimensiones son menores que la altura de entrepiso o distancia entre muros portantes; y en **grandes elementos**, cuyas dimensiones son iguales a la altura de entrepiso o distancia entre muros portantes.

- b) **Según el peso de los elementos prefabricados:** elementos ligeros, de peso inferior a los 30 kg, colocados manualmente por una persona; elementos medianos, de peso menor a 500 kg, colocados con medios mecánicos simples; y elementos pesados, con peso mayor a 500 kg, colocados con maquinaria pesada. Según su forma pueden ser: bloques (albañilería), paneles (muros y losas) o elementos esbeltos (columnas y vigas prefabricadas). Además estos elementos pueden ser planos (un panel es considerado como elemento plano) o tridimensional, en el caso que el elemento prefabricado abarque más de un plano (un panel en L es considerado como elemento tridimensional).

c) **Según la forma de la sección transversal**, estos pueden ser: homogéneos o heterogéneos. Dentro de los homogéneos tenemos a los de sección maciza, (vacío) 23 multitubular y nervada. Los heterogéneos son similares pero compuestos por secciones portantes (estructurales) y por secciones no estructurales (aislamiento térmico interno u otros materiales).

Otra clasificación de las viguetas prefabricadas considerada por el autor puede ser:

a) **Autorresistente.** Vigueta capaz de resistir por sí sola, en un forjado, sin la colaboración del hormigón vertido en obra, la totalidad de los esfuerzos a los que habrá de estar sometido el forjado.

b) **Semirresistente:** Vigueta en la que para ejecutar el forjado es necesario el apuntalamiento. La fabricación industrial de las viguetas producidas en serie se lleva a cabo con hormigones de gran resistencia, dosificados en peso y controlados en laboratorios. Las series de viguetas se diferencian entre sí por la cuantía de acero utilizado y por la excentricidad de las cargas de pretensado, adecuándose cada una de ellas a los diferentes requerimientos del cálculo estructural.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1 Material de estudio.

2.1.1 Población.

Se considera como población al proyecto “MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ACADÉMICOS Y ADMINISTRATIVOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS”.

2.2.1 Muestra.

Se considera como muestra al proyecto “MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ACADÉMICOS Y ADMINISTRATIVOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS”.

Nombre del Proyecto: “MEJORAMIENTO DE LOS SERVICIOS ACADÉMICOS Y ADMINISTRATIVOS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS”.

Ubicación del Proyecto: Cercado de Lima – Lima.

2.2 Técnicas, procedimientos e instrumentos.

2.2.1 Para recolectar datos.

Se toma como datos, los resultados de tiempo, ejecución y costos en el proyecto Mejoramiento de los servicios académicos y administrativos de la facultad de ciencias biológicas en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para proponer el planteamiento de mejora.

2.2.2 Para procesar datos.

Se toma como datos, los resultados del proyecto de cada solución planteada, luego, utilizando el programa Microsoft Excel desarrollamos el presupuesto de ambas soluciones. Además de cuadros comparativos, tanto en lo técnico y económico.

2.3 Operacionalización de variables.

VARIABLE	DEFINICION	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN
Diseño de losa aligerada	La losa aligerada es un techo de concreto armado (compuesto de piedra chancada, arena gruesa, agua, y reforzado con varillas de acero), que para aligerar o alivianar su peso se le colocan ladrillos caracterizados por ser huecos. Este tipo de techo corresponde a los diferentes pisos de una vivienda o edificación.	Sistema convencional	Resistencia	Numérica
			Costo	
		Usando viguetas pretensadas	Resistencia	
			Costo	

Productividad	Es la capacidad de una organización para agregar valor a los recursos que consume. Es hacer más (productos o servicios) con menos recursos. Es una medida del progreso técnico. Es la utilización eficiente de los recursos (insumos) al producir bienes (productos) y/o servicios.	Medición de la productividad	Tiempo	Numérica
			Costo	
		Evaluación de la productividad	Tiempo	
			Costo	

III. RESULTADOS

3.1. ANÁLISIS Y DISEÑO DE LOSA ALIGERADA (h=0.25m)

DATOS DE CÁLCULO

Metrado de cargas – Losa Aligerada H=0.25 m

• Material usado : Bovedillas de arcilla @0.50m

Peso Propio : 335 kg/m²

Peso Terminado : 100 kg/m²

Ancho Tributario : 0.50 m

Sobrecarga : Indicadas, según plano.

Diseño de Losa Aligerada

Carga Muerta (D) : $((335+100) \times 0.50 / 1000)$ = 0.218 Ton/m

Carga Viva (L) : $(400 \times 0.50 / 1000)$ = 0.200 Ton/m

Cálculo de Carga Última Total

• Según R.N.E. (E060)-Factores de Amplificación de Cargas.

CM = 1.4

CV = 1.7

$WU = 1.4 \times (0.218) + 1.7 \times (0.200)$

WU = 0.645 Ton/m

TABLA DE MOMENTOS ADMISIBLES

Momentos Admisibles con fpu=18900 Kg/cm ²							
Altura	Distancia/ ejes	Bovedilla	Momento Admisible (Kg-m)				
Cm	Cm	Kg/m ²	V101	V102	V103	V104	V105
25	50	335	1.319	1.783	2.19	2.713	3.317

DISEÑO DE LOSA CON VIGUETAS TECHOMAX

Se usa la **Tabla de Momentos Admisibles (Ver Tabla 1)** cuando la losa es una losa continua. Los momentos admisibles se comparan con el momento último de la losa compuesta y se determina la serie de la vigueta.

Si la losa es simplemente apoyada, puede usarse la Tabla 2 que está en función de la luz y la sobrecarga de la losa.

Pasos para calcular series de la vigueta y los aceros negativos:

1. Seleccionar el paño a calcular.
2. Determinar las cargas que actúan en la losa:
 - Peso propio indicadas en la Tabla 1
 - Peso piso terminado
 - Sobrecarga
 - Cargas adicionales (tabiques, etc.)
3. Amplificar las cargas.
4. Calcular en base a un Cross, método de coeficientes o de un programa de diseño, los momentos y cortantes últimos, como si se tratase de una losa convencional.

Cálculo del Acero Negativo en la losa:

<p>As negativo = $f(bw, d, f'c, \text{Mom. negativo})$ donde: bw = 11 cm d = altura de losa – 2 cm f'c de la losa</p>

Cálculo de la serie de la Vigueta

Mu positivo \leq Madm vigueta (De tabla 1)

Cálculo del Cortante Último en la losa:

$\phi Vc = 0.85 \times 0.53 \times \sqrt{f'c} \times bw \times dx \times 1.10$ donde:
f'c = Resistencia de la losa in situ

bw = 12 cm

d = altura de losa -2.5cm

Losa	$\emptyset Vc$	$\emptyset Vc$
f'c losa in situ	210 kg/cm ²	350 kg/cm ²
17 cm	1.25 tn	1.60 tn
20 cm	1.50 tn	1.95 tn
25 cm	2.00 tn	2.50 tn
30 cm	2.40 tn	3.00 tn

En caso $V_{vig} > \emptyset Vc$, retirar intercaladamente las bovedillas hasta que $V_{vig} \leq \emptyset Vc$

Tabla 1: Momentos admisibles de la vigueta TECHOMAX

Ver limitaciones

	Altura de losa (cm)	Dist/Ejes (cm)	Peso Propio (kg/m ²)			Momentos Admisibles (Kg-m)				
			Arcilla	Poliestireno	Concreto	V101	V102	V103	V104	V105
Vigueta simple	17	60	255	180	-	807	1099	1338	1648	1989
	17	50	265	190	-	807	1099	1338	1648	1989
	20	50	280	210	315	999	1356	1657	2047	2486
	25	50	335	250	360	1319	1783	2190	2713	3317
	30	50	400	300	-	1640	2210	2724	3379	4150
Vigueta doble	17	71	250	200	-	1527	2047	2446	2950	3459
	17	61	290	230	-	1527	2047	2446	2950	3459
	20	61	345	280	-	1909	2557	3079	3737	4433
	25	61	430	350	-	2549	3408	4139	5056	6073
	30	61	515	420	-	3189	4261	5202	6381	7724

Luces máximas para cada serie pretensada

Serie de Vigueta	Luz Máxima (m)
V-101	5.5
V-102	6.5
V-103	7.5

V-104	7.5
V-105	8.5

Alturas de losa recomendables considerando la funcionalidad de la losa

Entrepisos

Luces (m)	0-5.10	5.10-6.00	6.00-7.50	7.50-8.50
Altura de Losa	17@60	20@60	25@60	30@60

Azoteas (S/C = 100 kg/m²)

Luces (m)	0-6.00	6.00-6.50	6.50-8.00	8.00-8.50
Altura de Losa	17@60	20@60	25@60	30@60

VIGUETAS PRETENSADAS

CONSIDERACIONES

Peso Propio (pp), Piso terminado (100 kg/m²), S/C
Se considera una losa simplemente apoyada: wL²/8

ALTURA DE LOSA	20	cm
ESPACIAMIENTO A EJES	50	cm
COMPLEMENTO	BOVEDILLA DE ARCILLA	
BANDEJA COCRETO + BLOQUE DE POLIESTIRENO		

$$a = 0.5$$

$$pp(\text{kg/m}^2) = 280$$

$$wu(\text{kg/}) = 375 \quad 420 \quad 465 \quad 510 \quad 555 \quad 600 \quad 645$$

$$735$$

	Sobrecarga –S/C (Kg/m ²)								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
2.50									
2.60									
2.70									
2.80									
2.90									
3.00									
3.10									
3.20									
3.30				V 101					
3.40									
3.50									
3.60									
3.70									
3.80									
3.90									
4.00									
4.10									
4.20									
4.30									
4.40				V 102					
4.50									
4.60									
4.70									
4.80									
4.90									
5.00				V 103					
5.10									
5.20									
5.30									
5.40									
5.50				V 104					
5.60									
5.70									
5.80									
5.90									
6.00									
6.10				V 105					
6.20									
6.30									
6.40									
6.50									

VIGUETAS PRETENSADAS CONSIDERACIONES

Peso Propio (pp), Piso terminado (100 kg/m²), S/C
Se considera una losa simplemente apoyada: wL²/8

ALTURA DE LOSA 25 cm
 ESPACIAMIENTO A EJES 50 cm
 COMPLEMENTO BOVEDILLA DE ARCILLA
 BANDEJA COCRETO + BLOQUE DE POLIESTIRENO

a = 0.5
 pp(kg/m²) = 335
 wu(kg/,) = 416 461 506 551 598 641 686 731
 778

	Sobrecarga –S/C (Kg/m ²)								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
2.50									
2.60									
2.70									
2.80									
2.90									
3.00									
3.10									
3.20									
3.30									
3.40				V101					
3.50									
3.60									
3.70									
3.80									
3.90									
4.00									
4.10									
4.20									
4.30									
4.40									
4.50									
4.60									
4.70									
4.80									
4.90				V102					
5.00									
5.10									
5.20									
5.30									
5.40									



5.50				V103					
5.60									
5.70									
5.80									
5.90									
6.00									
6.10				V104					
6.20									
6.30									
6.40									
6.50									
6.60									
6.70									
6.80				V105					
6.90									
7.00									
7.10									
7.20									
7.30									
7.40									
7.50									
7.60									

Sobre el particular, nuestro especialista de estructuras ha elaborado el INFORME TÉCNICO N° 03-2019/VSSL sobre las viguetas pretensadas.

Asimismo, estamos adjuntando los siguientes documentos:

- Informe Técnico N° 03-2019/VAS del pretensadas: E-03", E-04", E-05", E-06" y E-07"
 - Manual de viguetas TECHOMAX.
 - Ficha técnica de viguetas pretensadas.
 - Copia de cuaderno de obra (asiento N° 109)
 - Carta N° 032-2019-RL/JAWTO, comunicado la aprobación de las viguetas.
-
- Comparando los resultados con la tabla de momentos admisibles por los momentos actuantes en el tramo de dos paños analizados entre los ejes K-L y 8-10 en el segundo piso con S/C=400kg/m² y un momento actuante de 1.14 ton-m, se plantea el uso de viguetas serie V-101 en el segundo tramo. (ver tabla de momentos admisibles y tramo analizado en gráfico).
 - En el tramo central analizado, el momento negativo es 1.64 ton-m se plantea usar una cuantía de acero $A_s = 1.98 \text{ cm}^2$, por ese motivo el acero propuesto es de $1 \text{ } \emptyset \text{ } \frac{1}{2}'' + 1 \text{ } \emptyset \text{ } \frac{3}{8}''$. Para los apoyos extremos según el método de coeficientes del ACI-318-14 en el diseño de losas continuas de concreto armado, los momentos negativos se acercan a cero. Sin embargo, se conoce que, en investigaciones experimentales, efectuadas en concreto armado para vínculos monolíticos, se ha encontrado que estos toman un momento equivalente a $w \cdot l_n^2 / 24$, dando un momento ultimo negativo en los extremos de 0.544 t-m que nos da un acero necesario de 0.65 cm² que es equivalente a usar $1 \text{ } \emptyset \text{ } \frac{3}{8}''$, pero se usará $1 \text{ } \emptyset \text{ } \frac{1}{2}''$.

RESULTADO DE ANÁLISIS POR CORTE

$$\emptyset V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{f'c * bw * \frac{d}{1.1}}$$

$$\emptyset V_c = 0.85 * 0.53 * \sqrt{210 * 12 * 22.5 * 1.1} = 1939 \text{ kg}$$

Datos:

$$bw = 12 \text{ cm}$$

$d =$ Peralte efectivo (se le resta 2.5 cm de recubrimiento de losa) = 22.5 cm

Por lo tanto, la cortante admisible $\phi V_c = 1.94$ tn.

3.2. Ventajas del uso de viguetas pretensadas

En obra:

Velocidad de trabajo El mayor trabajo consiste en integrar las viguetas prefabricadas con los demás elementos como bovedillas, acero y concreto, ya no serán necesarios encontrados de tablas ya que se trata de integrar los elementos que no han sido prefabricados con los elementos in situ.

Optimización de los tiempos de construcción Reducción de tiempos muertos. Reducción de tiempos y costos de construcción, pues se tiene menor cantidad de personal en obra y el trabajo se reduce con las partidas que se eliminan como el encofrado con tablas y el habilitado de todo el acero positivo.

Precisión dimensional Debido a que las viguetas llegan pre dimensionadas de fábrica, se tiene precisión dimensional exacta como se indica en los planos y no será necesario realizar trabajos adicionales en obra.

Mejor calidad de acabados Debido a que se trata de elementos realizados en fábrica cuentan con un control de calidad de acabados, incluso en algunos casos no se requiere de tarrajeo, ya que podría tener un acabado caravista.

Disminuye los desperdicios No se generan desperdicios en la elaboración de las viguetas prefabricadas, debido a que las viguetas son realizadas en fábrica; del mismo modo, se requiere menor cantidad de encofrado, por ello no se generan desperdicios del encofrado en obra.

En Tiempo:

Rapidez en habitar la vivienda Debido a que no es necesario usar tablas en el encofrado y el control exhaustivo de fábrica se puede habitar la vivienda más rápido. Además, es importante considerar el desencofrado de la losa, actividad que tarda 2 semanas aproximadamente con el sistema convencional, pero con el sistema de viguetas prefabricadas se reduce a 1 semana.

En Costos:

Presupuestos más precisos Debido a que se tiene una cantidad determinada de viguetas y del material a utilizar el cálculo del presupuesto se vuelve más preciso.

Control de materiales Al utilizar viguetas prefabricadas disminuye, considerablemente, la cantidad de desperdicios, de esta manera es más sencillo tener un control en obra, ya que se tiene una menor cantidad de materiales en la obra.

Mano de obra no especializada El montaje de las viguetas prefabricadas es sencillo, por ello no será necesario de personal calificado, ya que solo serán necesarias charlas de capacitación. Asimismo, se requiere de menor cantidad de personal y maquinaria en obra, ya que se trata de elementos medianamente ligeros.

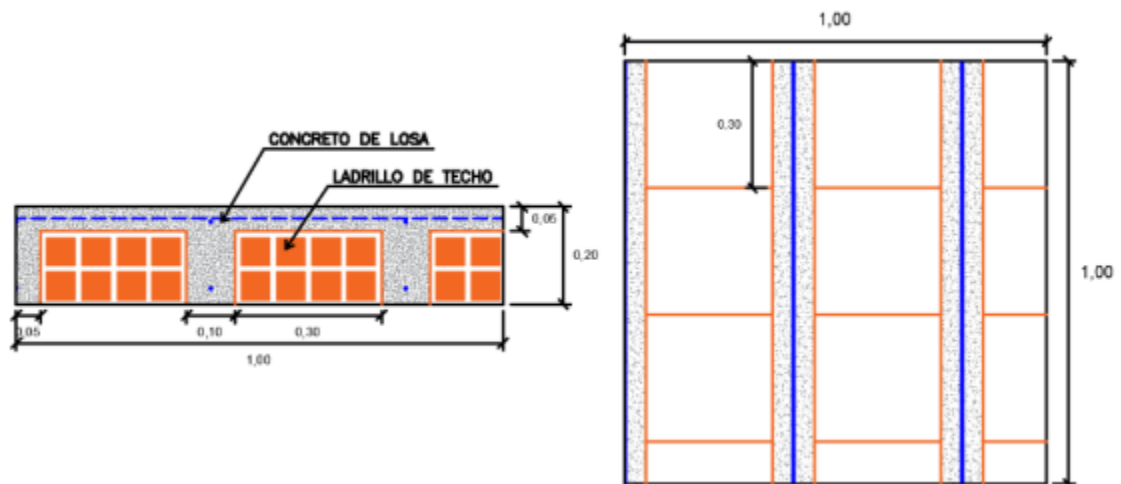
Anular los tiempos muertos La velocidad de producción se incrementa, ya que los tiempos muertos se reducen sustancialmente. En efecto, se eliminan tiempos muertos por ineficiencia de la administración, como por ejemplo esperar materiales internos, esperar materiales externos, esperar por herramientas y espera de equipos.

3.3 Evaluación técnica del sistema de losas aligeradas con viguetas pretensadas y del sistema de losas aligeradas convencionales

Evaluación Técnica por consumo de concreto por m2 de Losa

La evaluación se realizó para una losa con espesor de 20cm, para el caso de la losa aligerada convencional se hizo el cálculo manual según la geometría que se aprecia en la Figura 01 para 1m2 de losa aligerada, para calcular el volumen de concreto por área de losa (m3 /m2) se restó el volumen ocupado por los ladrillos huecos al volumen total de la losa, esto se aprecia en la Fórmula 1.

Figura 01: Geometría de una losa aligerada convencional de 1 m2



Fórmula 1: Volumen de concreto losa aligerada convencional

$$\text{Volumen Concreto} = \text{Volumen Total} - \text{Volumen Ladrillo hueco}$$

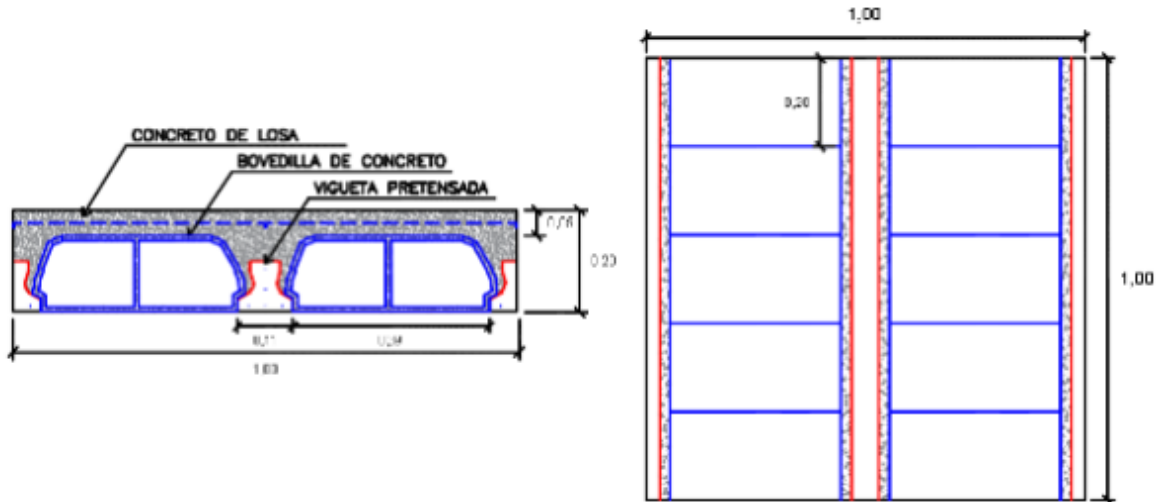
Considerando 8.33 ladrillos/m2 de losa aligerada, un ladrillo de techo de 15cm de espesor y 30 cm en los lados, el volumen calculado sería:

$$\text{Volumen Concreto} = (1 \times 1 \times 0.20) \text{ m}^3/\text{m}^2 - (8.33 \times 0.15 \times 0.30 \times 0.30) \text{ m}^3/\text{m}^2$$

$$\text{Concreto} = 0.0875 \text{ m}^3/\text{m}^2$$

Para obtener el consumo de concreto para el sistema de vigueta pretensada se utilizó un corte típico de esta losa como el que se aprecia en la Figura 02.

Figura 02: Geometría de una losa aligerada con viguetas pretensadas de 1 m²



Para este caso, el consumo de concreto por área de losa (m³/m²) se obtuvo al restar el volumen de la bovedilla y de la vigueta pretensada del volumen total de la losa. El cálculo que se va a realizar se muestra en la Fórmula 2.

Fórmula 2: Volumen de concreto losa aligerada con viguetas pretensadas

Volumen Concreto = Volumen Total – Volumen Ladrillo hueco– Volumen Vigüeta

A partir de la sección mostrada en la figura anterior, una bovedilla presenta un volumen de 0.0117m³ y son 10 bovedillas en la losa, la vigüeta presenta un volumen de 0.0072m³ y son 2 vigüetas en la losa, con estos datos el volumen calculado sería:

$$\text{Volumen Concreto} = (1 \times 1 \times 0.20)\text{m}^3 / \text{m}^2 - (10 \times 0.0117)\text{m}^3 / \text{m}^2 - (2 \times 0.0072)\text{m}^3 / \text{m}^2$$

$$\text{Volumen Concreto} = 0.0686 \text{ m}^3 / \text{m}^2$$

Para fines de esta investigación se utilizará un volumen de concreto de 0.0700m³/m² para el caso de una losa aligerada con vigüeta pretensada y bovedilla, ya que este valor es más conocido y reconocido por los constructores de este sistema.

3.4. Evaluación técnica por tiempo de ejecución

Para explicar esta evaluación se buscó una muestra de una losa aligerada convencional de 120m².

Dentro de todo el proceso constructivo que se tiene para la ejecución se han identificado 3 etapas principales que son: Armado de losa, Vaciado de concreto de losa y Desencofrado de losa. A continuación, se va a explicar el tiempo que ha llevado cada una de estas etapas con el sistema de viguetas convencionales.

Armado de la losa (12 días) Esta etapa comienza con el encofrado de las vigas principales y colocación de soleras, para esta primera etapa se ha contado con una cuadrilla de 2 carpinteros, 2 fierros y un maestro de obra, teniendo un total de 5 personas en esta labor. La primera actividad es el armado del encofrado de madera, esta actividad tiene una duración de 6 días. Luego se coloca el acero de las vigas y viguetas para luego seguir con la colocación de los ladrillos y el armado de la malla de temperatura, estas actividades duran 4 días más. Después de terminar los trabajos de acero, se comienzan con los trabajos de instalaciones. En esta etapa, el sistema convencional presenta algunas desventajas para el colocado de las cajas ortogonales y las tuberías de desagüe como se vio antes. Estas actividades duran 2 días para terminar las instalaciones y cualquier trabajo previo al vaciado de la losa.

Vaciado de concreto de losa (1 días) En esta etapa, la cuadrilla está conformada por 1 operador, 6 peones, y el maestro. En el caso del proyecto que se ha visitado, se utilizó un trompo para mezclar el concreto. Este día se realizaban correcciones antes del vaciado. Uno de los defectos que se apreció en esta etapa fue que el desperdicio de concreto debido al encofrado afectaba directamente la economía del propietario, ya que se debía utilizar más materiales para culminar con la losa.

Desencofrado de la losa (10 días) Para esta tercera y última etapa se contó con una cuadrilla de 3 peones y el maestro a cargo para supervisar los trabajos. Para comenzar con el desencofrado de la losa el concreto debe haber adquirido una resistencia de por lo menos 150kg/cm^2 , en el caso del sistema convencional de losas aligeradas se debe esperar aproximadamente 10 días. Durante esta etapa es probable que se retiren algunos tablonos de los bordes.

Para explicar esta evaluación se ha buscado un proyecto con las mismas características que se tuvo en el sistema anterior, de este modo es más fácil hacer una comparación entre estos sistemas.

Dentro de todo el proceso constructivo que se tiene para la ejecución se han identificado 3 etapas principales que son: Armado de losa, Vaciado de concreto de losa y Desencofrado de losa. A continuación, se va a explicar el tiempo que ha llevado cada una de estas etapas.

Armado de la losa (7 días) Esta actividad se ha realizado con una cuadrilla de 2 carpinteros, 2 fierros y un maestro de obra. Esta etapa comienza con el encofrado de las vigas principales y vigas soleras. Las vigas principales van a servir de apoyo para las viguetas pretensadas, estas se van a colocar respetando el espaciamiento de 50 cm de eje a eje. Mientras se estén colocando las viguetas se debe ir apuntalando para asegurar su posición y evitar accidentes (3 días de duración). En el cuarto día de trabajo se realiza el colocado de las bovedillas y también se inician los trabajos de acero, en este caso el armado de la malla de temperatura y acero negativo, ya que la vigueta incluye el acero positivo (2 día de duración). En el sexto día se terminan los trabajos de acero y se comienzan con los trabajos de instalaciones. En esta etapa el sistema de viguetas presenta algunas desventajas cuando las tuberías de desagüe las cruzan, en este caso la solución en obra que se hace es optar por una losa maciza. (2 días de duración)

Vaciado de concreto de losa (1 días) Esta segunda etapa se realizó con una cuadrilla de 5 peones, un operario y el maestro. En el caso del proyecto que se ha visitado se utilizó un mixer de concreto para la losa. Este día se realizaron correcciones antes del vaciado, a diferencia del sistema anterior, el desperdicio de concreto que se tiene debido al encofrado es mínimo, ya que la vigueta en unión con la bovedilla forma un sello que retiene el concreto y no deja que pase al nivel inferior, cosa que si sucede con el sistema convencional en algunas zonas del encofrado.

Desencofrado de la losa (10 días) La tercera etapa se realizó con una cuadrilla de 3 peones. Para comenzar con el desencofrado de la losa el concreto debe haber adquirido una resistencia de por lo menos 160kg/cm^2 , lo que ocurre mayormente en el décimo día que es cuando se desencofra. En todos los casos el desencofrado toma un día de trabajo.

PROCESO CONSTRUCTIVO DE LOSA ALIGERADA CON VIGUETAS PRETENSADAS

Almacenamiento de viguetas en obra Es recomendable que las viguetas se coloquen sobre suelo firme y sean colocadas formando varias planchas de viguetas, las planchas deben estar separadas por listones de madera, estos deben estar correctamente alineados como se puede observar en la Figura 03.

Figura 03: Correcto almacén de viguetas

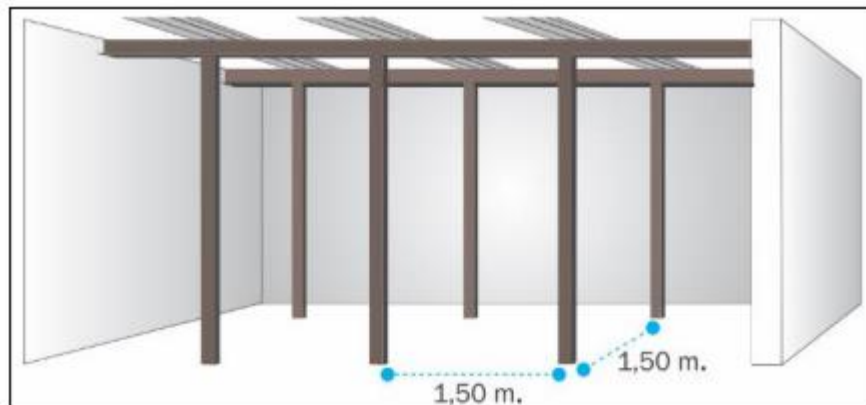


Colocación de soleras y pies derechos (apuntalamiento)

El apuntalamiento es la etapa más relevante de todo el montaje de viguetas, ya que un error en esta etapa puede impedir el correcto funcionamiento de la losa y poner en riesgo la ejecución de la obra, el encofrado que se recomienda debe ser de madera para permitir que la contraflecha se la vigueta seada con el peso de la losa vaciada. La separación entre soleras es de 1.50m y los puntales de estas soleras deben estar separados a 1.50m; las soleras deben respetar la contra flecha de las viguetas, no se debe reducir la contra flecha por ningún motivo para que esta quede horizontalmente en el momento del vaciado del concreto de losa. En el caso de que los puntales o pies derechos estén apoyados sobre terreno natural se deben colocar sobre tablas para

asegurar los trabajos a realizarse sobre la losa. El espaciado de soleras y puntales deben quedar como muestra la Figura 04.

Figura 04: Colocación de soleras y puntales



Montaje de viguetas Esta etapa comienza con la distribución de viguetas, por lo general el vendedor en obra proporciona los planos de distribución de las viguetas; las viguetas empiezan a ser colocadas al lado de la viga (VIGA-VIGUETA-LADRILLO O BOVEDILLA) como se aprecia en la Figura 05. La rapidez de ejecución de esta actividad, permite ahorro en mano de obra.

Figura 05: Montaje de viguetas pretensadas



Colocado de ladrillos, bovedillas o poliestireno expandido Se colocan los ladrillos bovedilla empezando desde los extremos como se aprecia en la Figura 06, ya que esto marcará la pauta para las siguientes bovedillas del techo.

Figura 06: Colocación de bovedillas desde los extremos



Colocación de instalaciones eléctricas y sanitarias En esta etapa se van a colocar las instalaciones tanto eléctricas como sanitarias, en algunos casos se puede contar con bandejas o bovedillas hechas en fábrica en las que encajan las instalaciones, en caso de que no se cuente con estas bandejas, se debe hacer un espacio adecuado para colocar las instalaciones. Es importante tener en cuenta que ninguna de las instalaciones se debe colocar en las viguetas. En la mayoría de casos, las instalaciones sanitarias se van colocando de forma paralela a la colocación de la bovedilla y viguetas como se aprecia en las Figura 07 y 08.

Figura 07: Instalaciones eléctricas con viguetas pretensadas



Figura 08: Instalaciones sanitarias con viguetas pretensadas



Colocado de malla de temperatura Se coloca la malla de temperatura de acero de 1/4" o 6 mm como se muestra en la Figura 09, la ubicación de esta malla es sobre la bovedilla. Asimismo, se deben colocar dados o separadores de concreto, para evitar levantar la malla durante el vaciado del concreto, ya que la malla no puede quedar pegada a la bovedilla y de esta forma permita el ingreso del concreto de forma uniforme.

Figura 09: Malla de temperatura en losa con vigueta pretensada



Limpieza y mojado Con el objetivo de mejorar la adherencia del concreto, se debe limpiar la superficie de las viguetas mediante un riego antes del vaciado de la capa de compresión como se muestra en la Figura 10.

Figura 10: Limpieza y mojado de losa



Vaciado La mezcla, vibrado y curado del concreto de la capa de compresión seguirá las normas convencionales de construcción. El vaciado debe ser de forma paralela a las viguetas como se aprecia en la Figura 11, con la finalidad de evitar movimientos al pisar las viguetas que faltan vaciar.

Figura 11: Vaciado de concreto sobre losa



3.5 Evaluación económica del sistema de losas aligeradas con viguetas pretensadas y del sistema de losas aligeradas convencionales

PRESUPUESTO N° 1						
Losas Aligeradas convencionales. Área: 120m ² (Espesor 0.20m - 4 paños)						
Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial	Total (S/)	
LOSA ALIGERADA e=0.20					24798.74	
Concreto en Losa Aligerada f'c=210Kg/cm ²	m ³	10.50	369.86	3883.53		
Encofrado de Losa Aligerada	m ²	120.00	50.03	6003.60		
Desencofrado de Losa Aligerada	m ³	120.00	32.99	3958.80		
Acero Corrugado fy=4200Kg/cm ² ASTM A615 Grado 60	Kg	673.35	4.10	2760.74		
Ladrillo Hueco de Arcilla 15x30x30cm Para Losa Aligerada	Und.	1000.00	2.92	2920.00		
Acero en Vigas (2do Piso)	Kg	747.28	4.44	3317.92		
Concreto en Vigas f'c = 210kg/cm ² (2do Piso)	m ³	5.37	364.24	1954.15		
				COSTO DIRECTO	S/.	24,798.74
				PRESUPUESTO TOTAL	S/.	24,798.74
				Valor de m ² de Losa Aligerada convencional	S/.	206.66

PRESUPUESTO N° 2

Losa Aligerada con Vigüeta Pretensada VIPRET. Área: 120m² (Espesor 0.20m - 4 paños)

Descripción	Und.	Metrado	Precio (S/.)	Parcial (S/.)	Total (S/.)
LOSA ALIGERADA e=0.20					17037.79
Izaje de Vigüetas (al 2do Piso)	m ²	120.00	4.32	518.40	
Vigüeta Pretensada VIPRET - Incluye colocación en forma manual	m ²	120.00	24.78	2973.60	
Bovedilla de concreto para Techo. Incluye colocación espaciado @ 0.50m	Und.	960.00	3.32	3187.20	
Apuntalamiento y Desencofrado Losa con Vigüetas Firth c/ladrillo - Madera	m ²	120.00	9.26	1111.20	
Acero Corrugado f _y =4200Kg/cm ² ASTM A615 Grado 60	Kg	211.83	4.10	868.50	
Concreto en Losa Aligerada f'c=210Kg/cm ²	m ³	8.40	369.86	3106.82	
Acero en Vigas (2do Piso)	Kg	747.28	4.44	3317.92	
Concreto en Vigas f'c = 210kg/cm ² (2do Piso)	m ³	5.37	364.24	1954.15	
		COSTO DIRECTO			S/. 17,037.79

		PRESUPUESTO TOTAL			S/. 17,037.79
		Valor de m ² de Losa Aligerada convencional			S/. 141.98

CONCLUSIONES

- Se logró aumentar la productividad del proceso constructivo utilizando el sistema de viguetas pretensadas en una losa aligerada.
- Se realizó el diseño de una losa aligerada convencional, donde se priorizó como resultados, la resistencia, tiempo de ejecución y costo.
- Se realizó el diseño de una losa aligerada utilizando viguetas pretensadas, donde los resultados a destacar fueron la resistencia, tiempo de ejecución y costo.
- Se realizó el presupuesto de ambas soluciones y se comparó resultados, obteniendo a la solución con viguetas pretensadas, como la más económica.

IV. RECOMENDACIONES

- Se recomienda en que edificaciones de altura mayor a 2.80m, se deben de arriostrar horizontalmente los puntales para absorber esfuerzos horizontales.
- Se debe de asegurar los puntales para evitar problemas de asentamientos que afecten el buen estado de la vigueta y por ende de la losa.
- Cuando las viguetas se apoyen en placas, se recomienda colocar soleras pegadas a las placas para evitar que la losa quede con una superficie irregular al momento del vaciado de la placa.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Bujeli, K. (2012). Proactividad en la construcción de un condominio aplicando conceptos. Pontificia Universidad Católica del Perú

Castillo, M. (2004). Viguetas prefabricadas pretensadas. Manual de diseño y proceso constructivo. Perú.

Castañeda, C. (2017). Uso de viguetas pretensadas para el incremento de la productividad en la obra Escuela PNP – Puente Piedra – Lima -2017. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo. Lima Perú.

TECNOMAX (2018). Manual de vigas pretensadas. Perú

Picón, L. y Vásquez, O. (2018). Uso de Viguetas pretensadas para optimizar tiempo calidad y costos en la autoconstrucción de losas aligeradas de los sectores C y D de Lima. Tesis para obtener el Título de Ingeniería de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima Perú.

ANEXO 01: PANEL FOTOGRAFICO



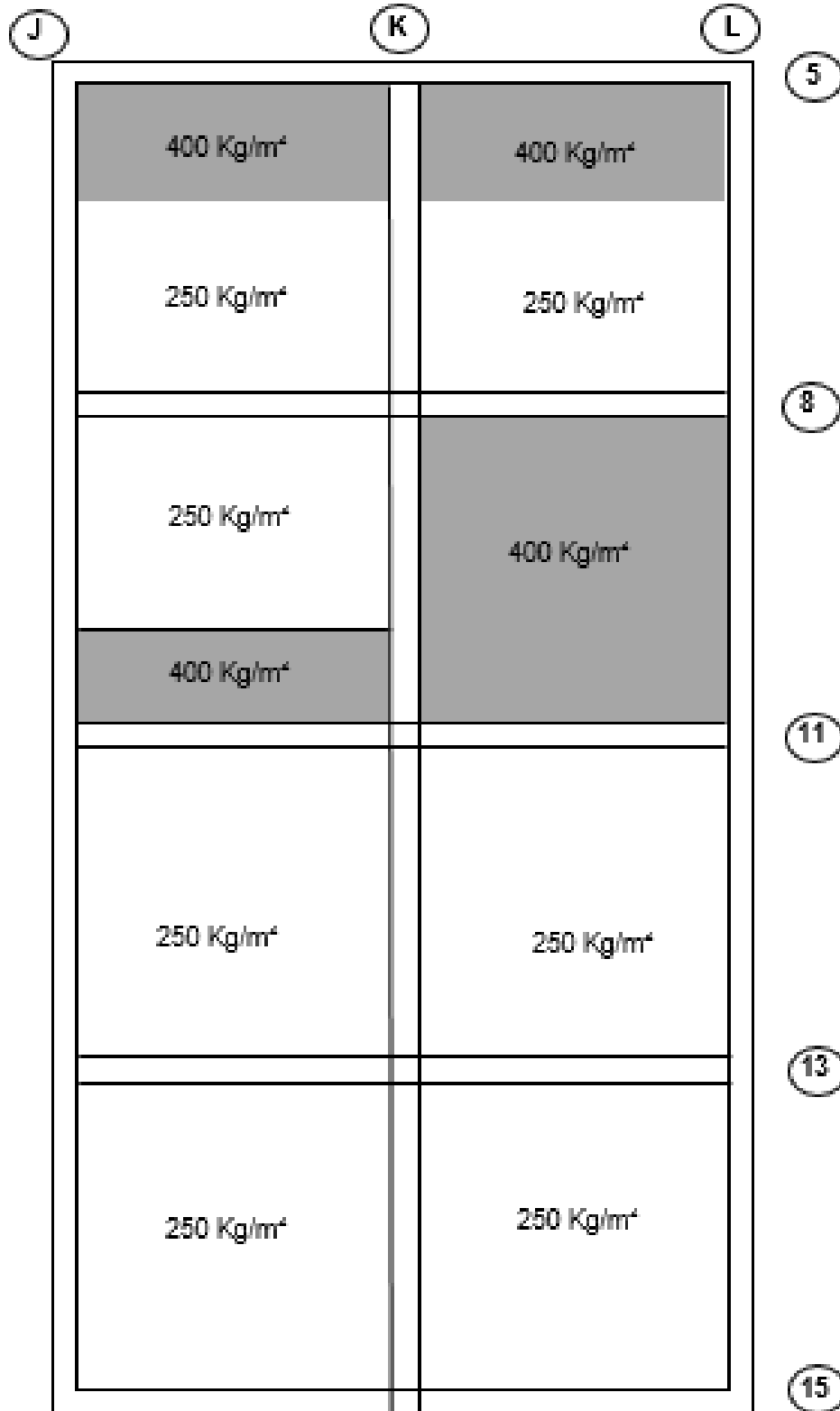




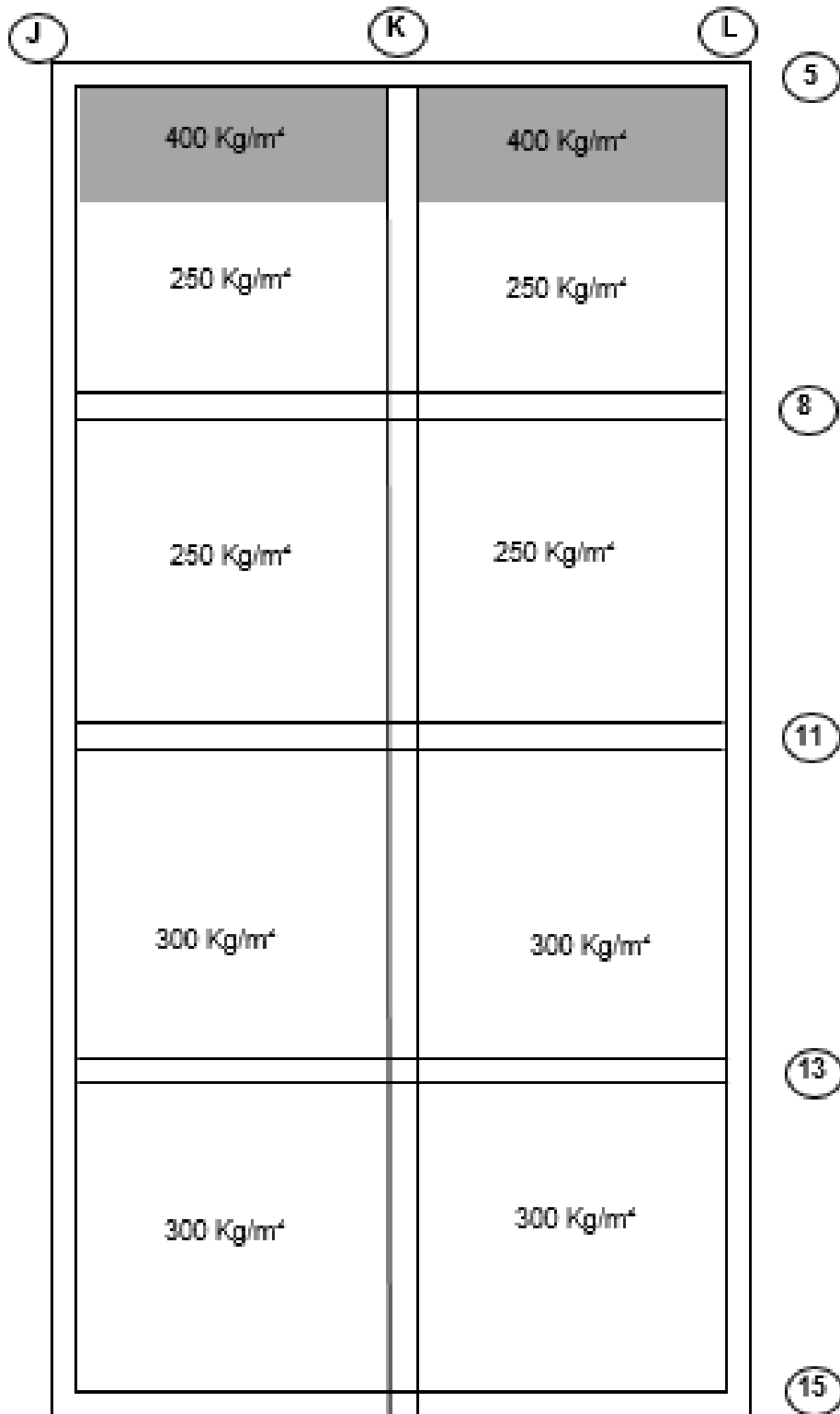


ANEXO 02: PLANOS

PLANO DE SOBRECARGAS EN TECHOS



**TECHO ALIGERADO CON VIGUETAS PRETENSADAS
2D0 NIVEL**



**TECHO ALIGERADO CON VIGUETAS PRETENSADAS
3ER NIVEL**

