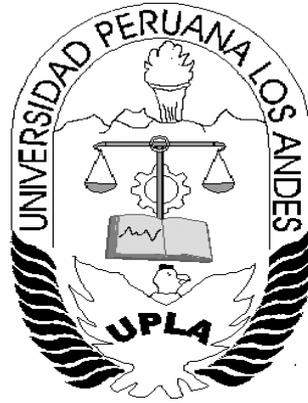


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



TESIS

**“ANALISIS COMPARATIVO DEL SISTEMA PRE-FABRICADO DE
LOSA ALIGERADA VIGACERO VS EL SISTEMA
CONVENCIONAL DE UNA EDIFICACION DE 6 PISOS EN
HUANCAYO, 2016”**

ÁREA DE INVESTIGACIÓN: ESTRUCTURA Y CONSTRUCCIÓN

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: ESTRUCTURA Y CONSTRUCCIÓN

PRESENTADO POR:

Bach. DIEGO PERCY RIVERA GRANADOS

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

HUANCAYO – PERU

2017

HOJA DE CONFORMIDAD

**DR. CASIO AURELIO, TORRES LÓPEZ
PRESIDENTE**

.....
JURADO N°1

.....
JURADO N°2

.....
JURADO N°3

**MG. MIGUEL ANGEL, CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE**

ASESOR: ING. VARGAS MANRIQUE, FERNANDO ALBERTO

AGRADECIMIENTOS

- Al Ing. Vargas Manrique por la asistencia profesional para el desarrollo del proyecto de tesis.
- A la empresa Arco techo Perú S.A.C por la información en cuanto al sistema prefabricado con viguetas de acero galvanizado vigacero.
- A Paola Vásquez Jiménez por brindarme en todo momento su apoyo moral y afectivo de seguir siempre adelante.

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicado a la memoria de mi abuelo Felipe, a mi madre Aida Julia por el incondicional apoyo que me brindaron desde pequeño, motivándome siempre a no rendirme, y a mi padre Jesús Percy por la confianza depositada en mí, para convertirme en un buen profesional.

Aunque las circunstancias me alejen por un tiempo de mis metas pues, el miedo es sólo la emoción inicial de nuestra victoria, todo para convertirme en una persona capaz de enfrentar cualquier obstáculo a fin de alcanzar mis objetivos y tomando como lección los tropiezos y caídas. Gracias de todo corazón.

ÍNDICE

RESUMEN	xvii
ABSTRACT	xviii
INTRODUCCION	xix
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Desarrollo de la realidad problemática	1
1.1.1. Descripción y delimitación del problema	2
1.2. Formulación del problema.....	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problema específico	3
1.3. Objetivos del proyecto.....	3
1.3.1. Objetivo general.....	3
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Justificación de la investigación	4
1.4.1. Social	4
1.4.2. Practica	4
1.4.3. Metodológica.....	4
1.5. Delimitación de la investigación	4
1.5.1. Delimitación espacial	4
1.5.2. Delimitación temporal.....	5
1.6. Limitaciones	5
1.7. Viabilidad del estudio	5
CAPÍTULO II.....	6
2.1. Antecedentes	6
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	6
2.1.2. Antecedentes Nacionales	8
2.2. Bases teóricas.....	10

2.2.1. Innovación tecnológica y Construcción	13
2.2.2. Necesidad de innovación tecnológica en la construcción	14
2.2.3. Condiciones que favorecen la utilización de tecnología innovadora ..	15
2.2.4. Procesos constructivos e innovación tecnológica	17
2.2.5. La pre-fabricación base del cambio de la construcción	19
2.2.6. Sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero	23
2.2.6.1. Comportamiento Estructural.....	24
2.2.6.2. Ventajas funcionales	25
2.2.6.3. Especificaciones técnicas de los materiales.....	26
2.2.6.4. Proceso constructivo	32
2.2.7. Sistema convencional de losa aligerada	40
2.2.7.1. Comportamiento Estructural.....	40
2.2.7.2. Especificaciones técnicas de los materiales.....	41
2.2.7.3. Proceso constructivo	47
 2.3. Definiciones conceptuales.....	 55
2.3.1. Productividad	55
2.3.2. Tecnología de la construcción	55
2.3.3. Innovación.....	55
2.3.4. Procesos innovadores.....	55
2.3.5. Reingeniería de procesos	55
2.3.6. Eficiencia.....	56
2.3.7. Prefabricación	56
2.3.8. Losa aligerada convencional.....	56
2.3.9. Losa aligerada con viguetas prefabricadas.....	56
2.3.10. Vigueta.....	56
2.3.11. Metrado.....	56
2.3.12. Análisis de costos unitarios.....	57
2.3.13. Proceso constructivo.....	57
2.3.14. Plazo de ejecución.....	57
 CAPÍTULO III.....	 58
3.1. Tipo de Investigación	58
3.2. Enfoque de la Investigación	58
3.3. Nivel de Investigación	59
3.4. Diseño de Investigación	59
3.5. Población o Universo	59
3.6. Muestra	59

3.7. Definición conceptual de variables.....	60
3.8. Definición operacional de variables.....	61
3.9. Hipótesis	62
3.9.1. Hipótesis general	62
3.9.2. Hipótesis específica	62
3.10. Plan de recolección de la información.....	62
3.10.1. Fase de revisión documental	62
3.10.2. Fase de recopilación de datos	63
3.11. Técnicas para el procesamiento de la información	63
3.11.1. Análisis de la información	63
3.12. Análisis y Diseño de losa aligerada para edificación de 6 pisos	64
3.12.1. Diseño por el Método de los Coeficientes del ACI	64
3.12.2. Pre-dimensionamiento	65
3.12.3. Metrados de cargas	67
3.12.4. Cálculo del Momentos Flector.....	68
3.12.5. Cálculo de refuerzo	69
3.12.6. Verificación De Cuantía	73
3.12.7. Refuerzo por Temperatura.....	74
3.12.8. Diseño Por Corte	75
CAPITULO IV	77
4.1. Peso propio por metro cuadrado.....	77
4.2. Costo directo	79
4.2.1. Metrado del sistema aligerado convencional	79
4.2.1.1 Encofrado y desencofrado (m ²)	79
4.2.1.2 Viguetas Convencionales (und).....	83
4.2.1.3 Bloques huecos de arcilla (und)	85
4.2.1.4 Volumen de concreto pre-mezclado $F'c=210\text{kg/m}^3$ (m ³)	87
4.2.1.5 Acero de refuerzo (kg).....	88
4.2.1.6 Tarrajeo de cielo raso (m ²)	92
4.2.1.7 Resumen de Metrado	93
4.2.2. Presupuesto.....	94
4.2.3. Análisis de precios unitarios.....	95
4.2.4. Precio y cantidad de recursos.....	98
4.2.5. Presupuesto desagregado	99

4.2.6. Metrado del sistema aligerado Vigacero	100
4.2.6.1 Encofrado y desencofrado (m2)	100
4.2.6.2 Viguetas pre-fabricadas de acero galvanizado (und)	103
4.2.6.3 Casetones de poliestireno EPS (und)	106
4.2.6.4 Volumen de concreto pre-mezclado $F'c=210\text{kg/m}^3$ (m3)	107
4.2.6.5 Acero de refuerzo Negativo (kg).....	108
4.2.6.6 Tarrajeo de cielo raso (m2)	112
4.2.6.7 Resumen de Metrado.....	113
4.2.7. Presupuesto.....	114
4.2.8. Análisis de precios unitarios.....	115
4.2.9. Precio y cantidad de recurso.....	118
4.2.10. Presupuesto desagregado	119
4.3. Tiempo de ejecución	120
4.3.1. Planeación de actividades	122
4.3.2. Programación de actividades.....	127
4.3.3. Programación con Ms Project.....	128
4.3.4. Programación del sistema convencional de losa aligerada.....	129
4.3.5. Programación del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero	130
CAPITULO V	131
5.1. Comparación entre características técnicas.....	131
5.1.1. Peso propio por metro cuadrado	131
5.2. Comparación del costo directo.....	133
5.2.1. Cantidad de consumo de material.....	133
5.2.2. Comparación del costo directo	136
5.2.2.1. Costo de Mano de Obra	140
5.2.2.2. Costo de Materiales	141
5.2.2.3. Costo de Equipos	143
5.3. Comparación del tiempo de ejecución	144
5.4. Discusión de Resultados.....	146
5.5. Cuadro comparativo general para las losas de entrepiso.	147
CONCLUSIONES	149
RECOMENDACIONES.....	150
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	151
ANEXOS.....	152

LISTADO DE GRÁFICOS

Gráfico 1: PBI de las principales actividades económicas	10
Gráfico 2: Proyección del crecimiento del sector construcción	11
Gráfico 3: Mercado inmobiliario nacional	12
Gráfico 4: Niveles de innovación tecnológica en la construcción	17
Gráfico 5: Distribución de las viguetas de acero galvanizado	23
Gráfico 6: Vista de sección de la vigueta de acero galvanizado	24
Gráfico 7: Componentes del sistema propuesto	25
Gráfico 8: Proceso de fabricación de las viguetas pre-fabricadas.....	28
Gráfico 9: Dimensiones de la vigueta pre-fabricada.....	28
Gráfico 10: Tipos de casetones de poliestireno EPS	29
Gráfico 11: Fabricación de los casetones de alta densidad EPS	30
Gráfico 12: Colocación del refuerzo por temperatura.....	32
Gráfico 13: Instalación de viguetas pre-fabricadas	33
Gráfico 14: Colocación de los casetones EPS	33
Gráfico 15: Colocación del refuerzo negativo	34
Gráfico 16: Refuerzo de la malla de temperatura.....	35
Gráfico 17: Perforación de casetones con tubos dentados de PVC.....	35
Gráfico 18: Instalación de puntos de luz	36
Gráfico 19: Instalación de montantes con pistolas de calor	37
Gráfico 20: Prueba de presión hidráulica	37
Gráfico 21: Vaciado de concreto	38
Gráfico 22: Refuerzo con malla y pasta de cerámico como puente de adherencia)	39
Gráfico 23: Apuntalamiento para luces mayores a 4.40m.....	39
Gráfico 24: Comportamiento del diafragma rígido.....	41
Gráfico 25: Madera de encofrado del sistema convencional.....	46
Gráfico 26: Vaciado de concreto en obra.....	47
Gráfico 27: Encofrado de losa aligara convencional	48
Gráfico 28: Colocación de Bloques huecos	49
Gráfico 29: Distribución de acero de refuerzo	50
Gráfico 30: Consideraciones de empalme	51

Gráfico 31: Dobles de bastón del refuerzo	51
Gráfico 32: Instalación tuberías y redes eléctricas.....	52
Gráfico 33: Compactación de concreto en obra	53
Gráfico 34: Nivelación y reglado de concreto en obra.....	54
Gráfico 35: Curado del concreto	54
Gráfico 36: Proceso Cuantitativo.....	58
Gráfico 37: Ubicación de la muestra en estudio.....	59
Gráfico 38: Edificación multifamiliar de 6 pisos.....	60
Gráfico 39: Diagrama del momento flector.....	64
Gráfico 40: Diagrama de fuerza cortante	64
Gráfico 41: Vista de planta del entrepiso	65
Gráfico 42: Tabla de espesores mínimos para losas reforzadas en una dirección.....	66
Gráfico 43: Diagrama de alternancia de esfuerzos	69
Gráfico 44: Refuerzo de viguetas.....	72
Gráfico 45: Vista de planta sistema convencional 1-5 Piso.....	80
Gráfico 46: Vista de planta sistema convencional 6 Piso.....	81
Gráfico 47: Vista de tablonos y soleras de encofrado	81
Gráfico 48: Vista de puntales de encofrado	82
Gráfico 49: Vista de viguetas convencionales 1-5 piso	84
Gráfico 50: Vista de viguetas convencionales 6 piso	85
Gráfico 51: Vista de bloques de arcilla 1-5 piso	86
Gráfico 52: Vista de bloques de arcilla 6 piso	86
Gráfico 53: Refuerzo Convencional del 1-5to piso	91
Gráfico 54: Refuerzo Convencional del 6to piso	91
Gráfico 55: Vista de planta sistema vigacero 1-5 piso	100
Gráfico 56: Vista de planta sistema vigacero 6 piso.....	101
Gráfico 57: Vista de soleras y puntales.....	102
Gráfico 58: Vista de viguetas vigacero 1-5 piso	104
Gráfico 59: Vista de viguetas vigacero 6 piso	105
Gráfico 60: Vista de Casetones EPS 1-5 piso.....	106
Gráfico 61: Vista de casetones EPS 6 piso.....	106
Gráfico 62: Refuerzo Vigacero del 1-5to piso.....	111

Gráfico 63: Refuerzo Vigacero del 6to piso.....	111
Gráfico 64: Diagrama de Gantt	121
Gráfico 65: Comparación del peso propio/m2	131
Gráfico 66: Diferencias entre el consumo de material.....	134
Gráfico 67: Diferencias del costo directo de los sistemas aligerados.....	137
Gráfico 68:Diferencias del costo de recursos de obra.....	139
Gráfico 69: Indicadores del costo de mano de obra.....	140
Gráfico 70: Indicadores del costo de materiales	142
Gráfico 71: Indicadores del costo de equipos	143
Gráfico 72: Indicador del tiempo de ejecución por piso.....	144
Gráfico 73: Cuadro comparativo general	147

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Normas técnicas del acero de construcción	43
Tabla 2: características técnicas del acero de refuerzo	43
Tabla 3: cálculo de peso propio por m ²	77
Tabla 4: Calculo de la carga ultima de diseño WU.....	78
Tabla 5: Proceso constructivo del sistema aligerado convencional	122
Tabla 6: Proceso constructivo del sistema vigacero	124
Tabla 7: Duración de cada actividad del sistema convencional	127
Tabla 8: Duración de cada actividad del sistema vigacero	128
Tabla 9: Programación del sistema aligerado convencional	129
Tabla 10: Programacion del sistema aligerado vigacero.....	130
Tabla 11: Diferencias entre el peso/piso de la edificación	132
Tabla 12: Consumo detallado de material.....	133
Tabla 13: Consumo total de material	134
Tabla 14: Costo Directo del Sist. Aligerado convencional.....	136
Tabla 15: Costo directo del Sist. Aligerado vigacero.....	136
Tabla 16: Resumen del presupuesto	137
Tabla 17: Costos de recursos	139
Tabla 18: Diferencias del costo de mano de obra.....	140
Tabla 19: Diferencias del costo de material	141
Tabla 20: Diferencias del costo de equipo	143
Tabla 21: Diferencias del tiempo de ejecución para el 1 ^{er} piso	144

RESUMEN

La presente investigación titulada “Análisis comparativo del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos de Huancayo, 2016”, debe responder al siguiente problema: ¿Cuál es el nivel de aporte del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero frente al sistema convencional, como alternativa de losa aligerada, de una edificación de 6 pisos en Huancayo?, el objetivo general es: Determinar el nivel de aporte del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero frente al sistema convencional, como alternativa de losa aligerada, de una edificación de 6 pisos en Huancayo y debe verificarse la hipótesis que es: El sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero, representará una alternativa ventajosa por el eficiente nivel de aporte que presenta frente al sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo.

El tipo de investigación es aplicada o tecnológica, el nivel de investigación es Descriptivo-Explicativo y como diseño de investigación no experimental. La población son todas las edificaciones de 6 pisos del distrito de Huancayo destinadas al uso de viviendas y la muestra, es no probabilística o dirigida, del cual se va a recolectar los datos es una losa aligerada de 25 cm de espesor de una edificación de 6 pisos, con ubicación en San Carlos – Distrito de Huancayo.

De los resultados obtenidos se concluye, que la innovación tecnológica del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero, proponer mejores resultados técnicos al reducir el peso propio del sistema en un 42.86% y aumentar su capacidad resistente en un 70.27%. La versatilidad de este sistema permite también rebajar el costo directo en un 9.55%, esto es s/ 22,153.79 y además su práctica y fácil instalación le permite simplificar su proceso constructivo, reduciendo el tiempo de ejecución en 27 días.

Palabras claves:

Innovación tecnológica, sistema convencional, sistema prefabricado vigacero.

Bach. Diego Percy Rivera Granados

ABSTRACT

The present research entitled "Comparative analysis of the prefabricated system of lightweight slabs vs. the conventional system of a 6-story building in Huancayo, 2016" should answer the following problem: What is the level of input of the pre-fabricated system Of slab lightened with the conventional system, as an alternative of lightened slab, of a building of 6 floors in Huancayo ?, the general objective is: To determine the level of contribution of the pre-fabricated system of lightened slab with respect to the conventional system, as Alternative of lightened slab, of a building of 6 floors in Huancayo and must verify the hypothesis that is: The pre-fabricated slab system lightens vigacero, will represent an advantageous alternative for the efficient level of contribution that it presents in front of the conventional system of a building Of 6 floors in Huancayo.

The type of research is applied or technological, the level of research is Descriptive-Explanatory and as non-experimental descriptive cross-sectional research design. The population is all the buildings of 6 floors of the district of Huancayo destined to the use of houses or offices and the sample, is non probabilistic or directed, from which the data is going to be collected is a lightened slab of 25 cm of thickness of a building with 6 floors, located in San Carlos - Huancayo District.

From the results obtained, it is concluded that the technological innovation of the prefabricated system of lightened slab, proposes technical improvements by reducing the own weight of the system by 42.86% and practically double its resistant capacity by 70.27%. The versatility of this system allows lowering the direct cost by 9.55%, that is s / 22,153.79 and also its practical and easy installation allows you to simplify its construction process, reducing the execution time in 27 days.

Keywords:

Technological innovation, conventional system, vigacero prefabricated system.

Bach. Diego Percy Rivera Granados

INTRODUCCION

El creciente desarrollo del sector construcción en el rubro inmobiliario en Huancayo, es el resultado del déficit habitacional, la poca disponibilidad de terrenos y la óptima rentabilidad que representa su inversión, ha permitido que a la actualidad se ejecuten edificaciones cada vez más altas. Esto representa entonces, un proceso de crecimiento vertical, formar parte de un ambiente propicio para la inversión de más proyectos de construcción y estar acorde a los nuevos desafíos que enfrenta el sector construcción.

Por tal esta situación es oportuna, para la introducción y/o implementación del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero como una alternativa innovadora en la construcción de losas estructurales en edificaciones ante las ante las grandes limitaciones técnicas y constructivas del sistema convencional de losa aligerada que se ha mantenido hasta la actualidad y que forma parte de la cultura del sector construcción. Por ello con esta tesis se pretende dar a conocer el nivel de aporte técnico y económico de dicho sistema innovador como losa de entrepiso.

El sistema convencional de losa aligerada se considera como uno de los elementos más usados en la construcción. Se usan con la finalidad de conseguir estructuras más ligeras y económicas, lo que es beneficioso para disminuir las fuerzas horizontales y dimensiones de los demás elementos estructurales.

En el **Capítulo I**, se realiza un diagnóstico de la realidad problemática para definir el planteamiento del problema, la acción inmediata para dar solución a dicho problema y las razones que justifican dicha investigación.

En el **Capítulo II**, se integra la información recopilada todo sobre la innovación tecnológica en la construcción, niveles de innovación y como ésta se manifiesta a través de la pre-fabricación, a fin de poder describir, comprender y explicar el interpretar el problema, y por último se da a conocer los alcances del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero, basado en la información técnica proporcionada por la Empresa Arcotecho S.A.C.

Abordando la investigación desde un enfoque cuantitativo, en el **Capítulo III** se define el alcance, diseño de la investigación y la formulación de las hipótesis en función de las variables. La unidad de análisis es una losa aligerada de 25 cm de espesor apoyada sobre vigas, de una edificación de 6 pisos destinada para uso de vivienda y diseñada bajo los parámetros del Método de los coeficientes del ACI.

Por último, en el **Capítulo IV y V**, respectivamente se determina y compara los aportes de cada sistema de entrepiso a partir de una evaluación técnica y económica para determinar la mejor alternativa de losa de entrepiso. De dichos resultados se desarrollan las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Desarrollo de la realidad problemática

A la actualidad la ciudad de Huancayo, forma parte del crecimiento constante y sostenido que atraviesa el sector construcción, especialmente el rubro inmobiliario, conformado por: locales comerciales, oficinas y viviendas que, a raíz de la creciente demanda habitacional, la poca disponibilidad de terrenos y la rentabilidad que estos representan, hoy en día se proyectan cada vez más edificaciones. Esta situación representa entonces, un cambio paulatino y positivo para Huancayo, al proyectarse de forma vertical y de representar un ambiente propicio para más proyectos de construcción.

Sin embargo, esto no significa que se haya alcanzado un nivel óptimo en la construcción, pues casi en la totalidad de estas edificaciones aún se siguen implementando sistemas constructivos convencionales como, las losas aligeradas, elemento estructural usado con frecuencia en nuestra localidad, principalmente en viviendas y edificios de mediana altura, que no representan una buena opción para proyectos con cronogramas limitados,

por la extenuantes actividades de encofrado y desencofrado, alto nivel de desperdicio, poca optimización del control de materiales, bajo rendimiento de mano de obra y por ende la poca productividad que genera.

Entonces ante esta situación, reinventar los sistemas constructivos convencionales con la integración de sistemas innovadores para mejorar y/o potencializar los resultados técnicos, económicos y tiempo de ejecución por medio de la implementación del sistema pre-fabricado de losa aligerado vigacero, representaría una alternativa para hacer frente a los nuevos desafíos que afronta el sector construcción y sea una herramienta útil ante este crecimiento.

1.1.1. Descripción y delimitación del problema

La situación actual del sector construcción demanda la integración e implementación de sistemas constructivos innovadores para mejorar y/o potencializar el nivel de calidad de futuras edificaciones, por tal, contar con el sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero como innovador, podría representaría una alternativa ventajosa frente al sistema convencional de losa aligerada.

Por tanto, es prudente y necesario realizar un análisis para determinar y evaluar el aporte de cada sistema de entrepiso de una edificación de 6 pisos, en relación a tres parámetros importantes: técnico, económico y tiempo de ejecución, finalmente contrastar sus aportes de acuerdo a sus resultados. A fin de recabar información objetiva y concreta que dé solución a la problemática planteada.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será el nivel de aporte del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016?

1.2.2. Problema específico

1. ¿Cuál es la diferencia de peso/m² del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016?
2. ¿Cuál es el costo directo del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos Huancayo, 2016?
3. ¿Cuánto tiempo demandará ejecutar el sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos Huancayo, 2016?

1.3. Objetivos del proyecto

1.3.1. Objetivo general

Comparar el nivel de aporte del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional para alcanzar mejores resultados en la construcción de losa de entrepiso de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016.

1.3.2. Objetivos específicos

1. Determinar la diferencia de peso/m² del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016.
2. Calcular el costo directo del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016.
3. Establecer el tiempo que demanda ejecutar el sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Social

Ante la creciente inversión de proyectos de construcción en el rubro inmobiliaria, es oportuno contar con el sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero, como alternativa innovadora de losa de entrepiso, para tratar de reinventar el sistema convencional de losa aligerada mediante la integración de procesos innovadores que permitan transformarla en un sistema más eficiente. A favor de propietarios, proyectistas, instituciones públicas y/o privadas que deseen maximizar el valor de su inversión por medio de nuevas soluciones que conlleven a mejores resultados y una forma de mantenerse al día tecnológicamente.

1.4.2. Practica

Determinar y contrastar el nivel aporte del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero, para la conformación de entrepisos, frente al sistema convencional, recabará la información necesaria para considerar o descartar si dicho sistema innovador ofrece posibilidades concretas de mejoras técnicas, económicas y plazo de ejecución en una edificación de 6 pisos en Huancayo.

1.4.3. Metodológica

Por medio de la investigación se acude al empleo de técnicas e instrumentos para la recolección de datos y procesamiento de la información. A fin de contribuir a medir las variables de estudio dentro del contexto de una edificación de 6 pisos en Huancayo.

1.5. Delimitación de la investigación

1.5.1. Delimitación espacial

La investigación se plantea única y exclusivamente para el distrito de Huancayo, ambiente conveniente, donde figuran una mayor cantidad de edificaciones.

1.5.2. Delimitación temporal

El desarrollo de la investigación se establece para el año 2016.

1.6. Limitaciones

Dado que el sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero aún no se ha implementado en la ciudad de Huancayo, se tuvieron limitación económica para realizar viajes continuos a las ciudades donde se implementa este sistema como Lima, Trujillo y Tarapoto para recoger más información insitu.

1.7. Viabilidad del estudio

La presente tesis se desarrolla con la asesoría del Ing. Fernando Alberto Vargas Manrique, ingeniero con conocimiento en el tema de costos y presupuestos en obras. La recolección de información para evaluar las diferencias entre estos sistemas fue accesible pues el sistema prefabricado de Losa Aligerada con viguetas de acero galvanizado cuenta con la información necesaria por ser un sistema comercial aprobado por el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento con resolución ministerial N°269-2014-VIVIENDA, distribuido por la empresa Arcotecho S.A.C. Además, se cuenta con la disponibilidad de recursos humanos, económicos e informáticos (Revit, AutoCAD, Excel, Ms Project, Word) suficientes para la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

1. Artículo: Innovación Tecnológica En La Construcción Ahora Es Cuando

Virgilio A. Ghio Castillo, ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Perú

Roberto Bascuñán Walker, ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica de Chile

Este artículo discute ciertos aspectos de la innovación tecnológica en la construcción, y particularmente algunas de las nuevas necesidades y posibilidades existentes en Chile. Los autores del artículo consideran que la introducción de tecnologías de punta en el sector construcción es especialmente conveniente hoy en día, debido a diversas circunstancias que han convergido, así como, un crecimiento sostenido de la economía del país; los avances

tecnológicos en las comunicaciones que facilitan la ubicación y captación de nuevas tecnologías, una mayor competitividad a nivel local como internacional, así como por el desarrollo que se ha alcanzado a nivel local en el campo de la investigación. Se discuten además los factores que favorecen la introducción de innovaciones tecnológicas en la construcción, así como las relaciones que tienen dichas innovaciones con el resto de las partes de un proyecto.

2. Artículo: Innovación tecnológica en la construcción

Alfredo Serpell B. Profesor Departamento de Ingeniería de Construcción, Pontificia Universidad Católica de Chile.
Revista de ingeniería en construcción - Agosto de 1987

La situación del sector construcción en la actualidad implica. Primero, la complejidad de los proyectos de construcción ha aumentado notoriamente, demandando mayores requerimientos técnicos y de calidad. Por otro lado, la competencia en los mercados de la construcción se ha incrementado significativamente, debido principalmente a variaciones temporales en la demanda por servicios de construcción y a la entrada de nuevos competidores en el mercado mundial. Chile no se ha escapado a esta tendencia y es posible notar la presencia de varias empresas extranjeras que, poco a poco, se han incorporado al mercado nacional. Es claro que esta tendencia continuará en el futuro. Finalmente, existe una fuerte demanda de parte de los dueños o mandantes de reducir los costos de construcción a través de una mejor administración de los recursos disponibles. Este último aspecto es de particular relevancia para un país de escasos recursos como el nuestro.

La innovación tecnológica ofrece posibilidades concretas para enfrentar estos desafíos. Al igual que en otros ambientes, la industria de la construcción debe empezar a buscar e incorporar nuevas ideas, nuevos enfoques para llevar a cabo los proyectos de construcción, y dejar atrás su típico sistema tradicional. Muchas

innovaciones tecnológicas que han sido desarrolladas en otras industrias pueden ser incorporadas adecuadamente a la construcción. También, muchas instituciones académicas, en especial en países desarrollados, están proponiendo nuevas técnicas y/o métodos y están investigando activamente para aumentar el conocimiento existente sobre la construcción.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

1. Plan De Tesis: “Propuesta Para La Utilización De Losas De Entrepiso Prefabricadas”

Alex Aurelio Paye Anco, José A. Peña Castillo & Juan L. Franco Sánchez, julio - diciembre del 2014
Escuela de Postgrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC, Lima, Perú)

Su investigación tiene por finalidad proponer sistemas innovadores de losas de entrepiso más ventajoso que el sistema de losas tradicionales actualmente usada por el sector de la construcción en Perú (Ghio & Bascuñan, 2006).

Por esta razón determina las diferencias entre las losas aligeradas en una y dos direcciones; losas macizas; losas prefabricadas compuestas con viguetas pretensadas y prefabricadas; losas compuestas con láminas colaborantes y las prelosas, que en la actualidad se ofrece en la industria de la construcción peruana. Para optar por una mejor alternativa de losa de entrepisos de acuerdo al tipo de obra y sus condiciones.

El procedimiento para realizar la evaluación consistió en tomar obras representativas de edificaciones importantes en el rubro salud y centros comerciales (retail) que se han construido utilizando losas de entrepisos con sistemas tradicionales. De estas obras se obtendrán datos de los expedientes técnicos y datos de la ejecución real y para el estudio hemos tomado cuatro obras de hospitales y dos obras del rubro retail. Como alternativas, proponemos las losas prefabricadas donde los datos se obtienen

de las especificaciones técnicas de los fabricantes de estos elementos. Con estos datos realizamos una evaluación técnica de costos por m² de losas de entre pisos, consumo de concreto por m², rendimiento de mano de obra y consumo de encofrado por m². Para la evaluación económica, comparamos los costos unitarios de ambos sistemas.

Del análisis realizado en el estudio, se obtiene que la mejor opción para el caso de losas de entrepisos es usar elementos prefabricados en comparación con los sistemas convencionales.

2. Tesis: “Análisis técnico y económico de losas de entrepiso”

Maritza Ramos Rugel

Universidad de Piura – Facultad de Ingeniería

Piura, septiembre de 2002

La tesis está orientada en proponer sistemas de entrepiso más ventajosos que el sistema de losas aligeradas con ladrillos de arcilla comúnmente usado por un sector de la construcción. Con el objetivo de determinar las diferencias entre las losas compuestas con las láminas colaborantes, las losas aligeradas en una y dos direcciones y las losas compuestas con viguetas pretensadas, determinando las luces que se pueden cubrir con estos sistemas bajo ciertas condiciones de servicio. Además, se realizó el diseño de dos paños de losa, que permitieron establecer el sistema de entrepiso más adecuado.

La conclusión de la tesis fue: reemplazar los tradicionales ladrillos de arcilla por el poliestireno, material que reduce el peso del elemento aligerante de un entrepiso en un 99 %, lo que disminuye el peso propio del sistema en un 40 % aproximadamente; además, le confiere al sistema de entrepiso propiedades de aislante térmico y acústico.

Para luces menores a cuatro metros recomendamos el uso de losas vaciadas in situ y losas compuestas con láminas colaborantes. Las segundas soportan mayor carga de servicio que

las primeras. Las losas compuestas con viguetas pretensadas permiten cubrir luces mayores de 4.0 hasta 8.0 metros, dependiendo del área del refuerzo de pre esfuerzo. Para estas luces también puede ser usado el sistema de losas in situ aligeradas en dos direcciones con una losa inferior para evitar los trabajos posteriores del cielorraso, siempre y cuando el paño a diseñar esté apoyado de tal manera que permita una acción en dos direcciones.

2.2. Bases teóricas

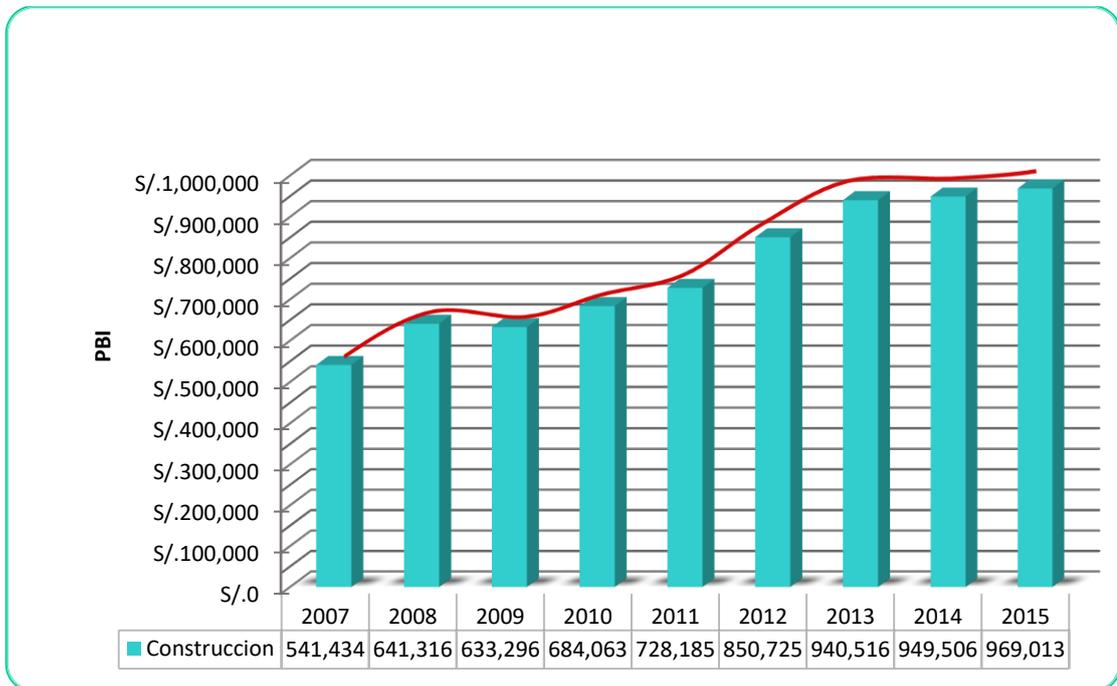
El sector construcción a la actualidad es uno de los principales generadores económicos, aparte del comercio y de la extracción de petróleo, gas y minerales, que durante el último periodo ha mantenido un crecimiento constante y sostenido del 6% aproximadamente entre el año 2007 al 2015 para la región Junin, esto según las estimaciones del INEI, mostrado en el **grafico N°1** y el **grafico N°2**, que muestra la expansión del PBI en mérito al buen desempeño que ha tenido la inversión privada y pública en el sector construcción.

Gráfico 1: PBI de las principales actividades económicas

Actividades	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Agricultura, Ganadería, Caza y Silvicultura	898,497	1,077,874	1,019,080	1,116,788	1,252,364	1,266,535	1,205,944	1,108,100	1,198,014
Pesca y Acuicultura	4,934	5,234	4,351	4,887	5,112	8,779	7,891	6,635	7,320
Extracción de Petróleo, Gas y Minerales	1,618,201	1,859,577	1,746,142	1,797,727	1,683,039	1,783,176	1,782,778	2,945,773	4,619,295
Manufactura	1,937,721	1,881,536	966,248	828,320	864,283	936,572	1,018,478	985,948	929,712
Electricidad, Gas y Agua	278,486	291,180	249,647	271,123	315,424	317,391	324,315	334,687	363,242
Construcción	541,434	641,316	633,296	684,063	728,185	850,725	940,516	949,506	969,013
Comercio	991,703	1,119,465	1,109,927	1,269,434	1,374,094	1,519,864	1,565,105	1,579,571	1,652,973
Transporte, Almacén, Correo y Mensajería	593,546	622,017	594,203	678,487	714,240	766,616	806,393	833,672	848,169
Alojamiento y Restaurantes	175,343	192,788	195,419	209,595	230,099	250,125	262,494	272,649	282,637
Telecom. y otros Serv. de Información	158,229	196,364	221,771	256,553	295,395	335,688	362,122	393,226	437,443
Administración Pública y Defensa	450,679	471,542	544,316	568,452	598,854	639,268	682,602	739,056	779,537
Otros servicios	1,591,662	1,664,962	1,754,677	1,833,230	1,948,396	2,043,819	2,136,876	2,238,598	2,376,680
Valor Agregado Bruto	9,240,435	10,023,855	9,039,077	9,518,659	10,009,485	10,718,558	11,095,514	12,387,421	14,464,035

Fuente: INEI Junin-2016

Gráfico 2: Proyección del crecimiento del sector construcción



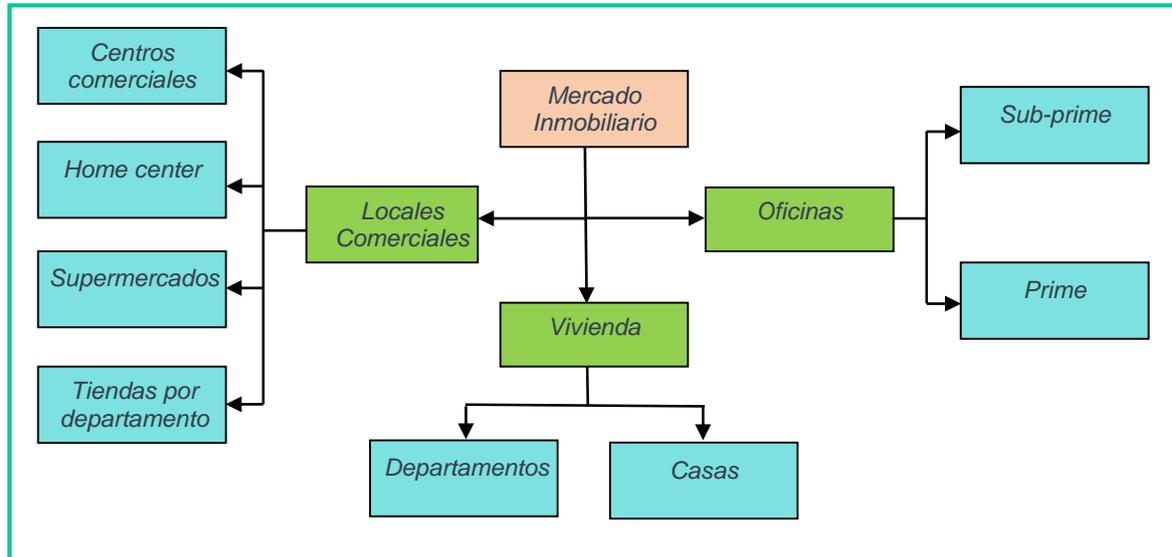
Fuente: Elaboración Propia

Ahora teniendo en cuenta que el sector construcción está compuesto por: el mercado inmobiliario, el mercado del cemento y obras de infraestructura pública y privada. A la actualidad en la provincia de Huancayo para ser más claros el mercado inmobiliario ha manifestado un impacto positivo con la creciente inversión en el rubro de locales comerciales como: Real plaza (2008) y Open Plaza (2016), que albergan reconocidos supermercados y tiendas por departamento, además del rubro de oficinas y viviendas, visto en el **grafico N°3**.

La convergencia entre la creciente demanda habitacional y la saturación de la disponibilidad de terrenos en Huancayo, ha hecho necesario la proyección y construcción de edificaciones que fácilmente superan los 10 pisos, para oficinas y más que nada de departamentos para aprovechar en muchos casos los espacios reducidos, lo que representa una opción rentable para los encargados de estos proyectos y la proyección asegurada de un crecimiento vertical en nuestra ciudad. Dejando claro entonces que la ciudad de Huancayo pasó a formar parte

de un ambiente propicio para la inversión de proyectos cada vez más complejos como los proyectados en la capital.

Gráfico 3: Mercado inmobiliario nacional



Fuente: Maximixe

Sin embargo, no significa que se haya alcanzado un nivel óptimo en la construcción, debido a la utilización de sistemas convencionales que no contribuyen a elevar la productividad en obra, disminuir los costos y mejorar los resultados, pues el nivel del aporte que le otorgan a la construcción en muchos casos son limitados, este es el caso del sistema de losa aligerada que a pesar del uso masivo en losas de entrepiso es catalogada como convencional al no estar en sintonía con la innovación tecnológica para enfrentar la creciente complejidad de los proyectos de construcción actuales, el ambiente cada vez más competitivo del mercado de la construcción y la demanda de técnicas de construcción más eficientes, en temas de costo y tiempo.

Por tal proponer sistemas de entrepiso más ventajosos que el sistema convencional de losa aligerada. Sería una alternativa para alimentar el conocimiento que se tiene sobre la innovación tecnológica en la construcción.

Según la investigación de Alfredo Serpell Bley. referido a la innovación tecnológica en la construcción que refuerza la implementación de procesos innovadores:

El desarrollo y avance tecnológico presenta un gran potencial como un medio que la industria de la construcción puede usar para enfrentar los desafíos de la creciente complejidad de los proyectos actuales, el aumento de la competencia en el mercado de la construcción y la demanda por procesos de construcción más económicamente eficientes. Para sacar ventaja de las oportunidades que ofrece la innovación tecnológica es necesario entenderla, evaluar su potencial económico y apoyar su desarrollo. La dirección superior juega el rol más importante en asegurar que la innovación tecnológica sea un éxito.

2.2.1. Innovación tecnológica y Construcción

La innovación tecnológica en la construcción es sinónimo de la búsqueda e implementación de una nueva tecnología para mejorar la eficiencia de las funciones de cualquier sistema constructivo, proponiendo un mejor resultado.

Para ello es fundamental desarrollar y utilizar sistemas que mejoren el rendimiento, o que se adecuen más a los trabajos sin un cambio tan radical. La implementación de nuevas tecnologías acordes a los tiempos actuales es fundamental para estar en sintonía con las necesidades modernas, ya que el sector de la construcción es uno de los más reacios a la utilización de sistemas modernos de construcción. La estandarización, industrialización y automatización de los procesos, junto con una adecuada gestión interna, contribuyen también a un incremento de la productividad.

Una construcción de calidad y segura es otro de los valores añadidos que surgen de la aplicación de procedimientos innovadores dentro del sector. Extender la cultura de la prevención, adecuar los equipos a los trabajadores, industrializar procesos que faciliten las tareas y

prevengan accidentes es reducir las tasas de siniestralidad, y, por tanto, aumentar los beneficios.

Además de los objetivos citados, también es importante aumentar la motivación de las personas por participar de la construcción. Crear sistemas inteligentes que permitan la interacción de los usuarios con las edificaciones e infraestructuras y conseguir el confort de los mismos, debe constituirse como uno de los principios claves a la hora de establecer un nuevo modelo de negocio.

Por todo ello la innovación se revela como una estrategia empresarial capaz de generar importantes oportunidades de negocio y beneficios.

(Gonzalo Sánchez, 2015)

2.2.2. Necesidad de innovación tecnológica en la construcción

La industria de la construcción está cada día más preocupada por elevar la productividad de los procesos de construcción. Es así que actualmente en nuestro país se están iniciando esfuerzos de investigación en ésta área. Dado que la tecnología de construcción se define como la combinación de los métodos constructivos, los materiales, equipos, el personal, los procesos constructivos y las diferentes interrelaciones que definen la manera como se realiza una determinada operación de construcción. Entonces es lógico considerar a la innovación tecnológica como uno de los medios potenciales para aumentar la productividad en esta actividad.

Además del aumento de productividad, el aumento en las exigencias de calidad y la creciente complejidad de los proyectos de construcción llevan también a considerar la innovación tecnológica como medio para enfrentar nuevos desafíos. Debido a esto, la necesidad de transformar a la construcción en una actividad más técnicamente eficiente aparece como preponderante. **(Bakens, 2000).**

2.2.3. Condiciones que favorecen la utilización de tecnología innovadora

Como se ha mencionado desde el principio el contexto socio económico que atraviesa el Perú en la actualidad presenta diversas condiciones favorables para el desarrollo, adaptación e introducción de tecnologías innovadoras en el sector de la construcción. Por el crecimiento sostenido, que se ha manifestado claramente en la construcción. Adicionalmente, se puede apreciar que la industria de la construcción en la actualidad enfrenta nuevos desafíos entre los que figuran, el incremento en la complejidad de los proyectos, mayores exigencias en la calidad, y la demanda por reducir los plazos de ejecución en los proyectos, la existencia en otros países de tecnología de construcción más avanzada que la que se utiliza en la actualidad en la mayoría de los proyectos de Huancayo, entre otros, han creado un clima adecuado para la introducción de tecnologías innovadoras en la industria de la construcción. A continuación, se analiza en más detalle las condiciones que favorecen la innovación en la construcción.

a) El mercado de la construcción:

La existencia de un mercado estable es una condición altamente deseada para la innovación tecnológica. El hecho de contar con una estabilidad del mercado en la construcción y que esto se prevea como duradero a través de un cierto periodo de tiempo genera condiciones favorables para la incorporación de innovaciones tecnológicas.

b) Potencial de innovación tecnológica:

Para que una innovación tecnológica se produzca, es obviamente necesario que exista dicha tecnología. En el caso de la construcción, este punto no es un problema mayor. La industria de la construcción se caracteriza por su bajo nivel tecnológico y, es más, podemos decir que la mayoría de los materiales empleados hace dos décadas son prácticamente los mismos que los utilizados en la actualidad. La baja utilización de tecnología de punta puede convertirse en una gran oportunidad. Existen una gran cantidad de fuentes de innovación

tecnológica para los proyectos en edificaciones disponibles en el mercado, y que generalmente no implican cambios significativos en los procesos constructivos que se emplean en la actualidad.

c) Mano de obra en la construcción

La mano de obra en la construcción es un problema creciente en nuestros días. Es más cara y poco o nada capacitada, además de ser cada día más escasa debido al crecimiento de la construcción en los últimos años. Sin embargo, sólo nos queda lograr aprovechar en forma óptima los recursos existentes, es decir, construir más con la misma cantidad de recursos y aumentando el rendimiento de la mano de obra haciendo más práctico los procesos constructivos. Por tanto no está demás, indicar que la innovación tecnológica es una importante fuente para incrementar la productividad con los mismos recursos.

d) El capital:

La creciente inversión en proyectos privados y/o públicos son una fuente de desarrollo económico, que demuestra que se tiene la capacidad técnica y económica de implementar dentro de los proyectos de construcción, sistemas innovadores que eleven la eficiencia de como anteriormente se hacían las cosas.

e) Productividad en la construcción:

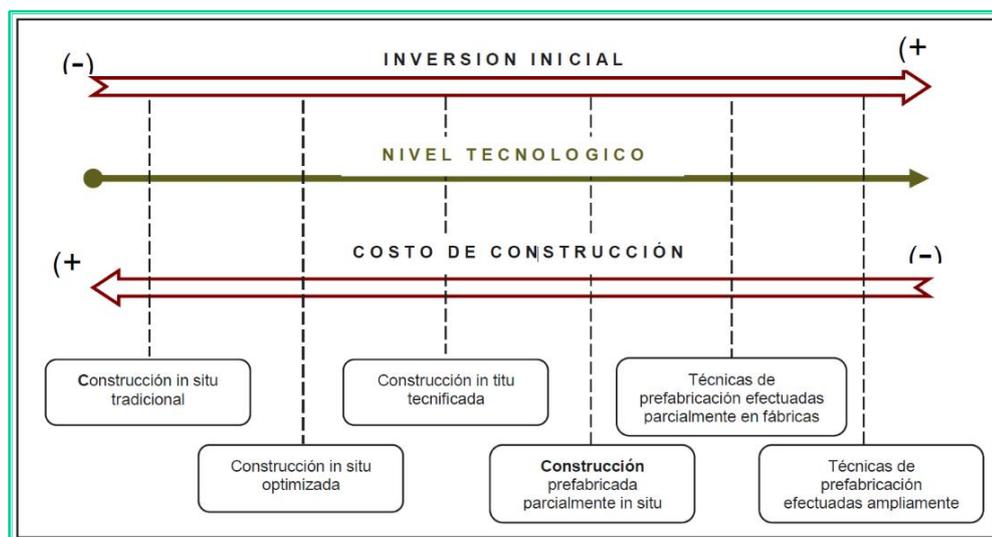
La productividad representa la eficiencia con que se ejecutan las actividades que conforman el proyecto, es claro entonces que contar con sistemas innovadores refleja un incremento de los índices de productividad de la mano de obra, equipos y materiales. Son una alternativa para una mayor competitividad, disminución y cumplimiento de plazos de entrega, disminución de costos, uso eficiente de los recursos y de la mano de obra, eliminación de actividades innecesarias, reducción de plazos de ejecución y mejoramiento continuo del entorno de trabajo.

2.2.4. Procesos constructivos e innovación tecnológica

Como se viene mencionando líneas arriba los procesos constructivos innovadores van de la mano con la tecnología; sin embargo, debemos indicar que el nivel en que se apliquen dichas innovaciones dependerá de diversos factores como el incremento de la calidad en la obra, reducción de tiempo y costos de construcción, mejoras en la eficiencia, entre otros, estos factores determinan el nivel óptimo de la innovación.

La decisión acerca del nivel en que se debe de aplicar la innovación se relaciona principalmente con la capacidad de inversión y el mercado existente, de acuerdo a esto, se plantea a continuación diferentes escenarios en donde se aplican distintos niveles de innovación tecnológica en la construcción. Por lo general, mientras mayor sea la importancia de la innovación, en cuanto a los cambios que genera en los procesos constructivos tradicionales, mayor será la inversión inicial para introducirla, pero también serán mayores los beneficios que se puedan obtener de ella. Para entender mejor los niveles de innovación tecnológica se describen a continuación cada una de las etapas mostradas en el **grafico N°4**.

Gráfico 4: Niveles de innovación tecnológica en la construcción



Fuente: Guio Castillo, 1998

- a) Construcción in situ tradicional:** En este nivel de innovación tecnológica, la inversión es cero, por lo que se le denomina construcción tradicional in situ. Estas técnicas demandan una gran cantidad de mano de obra y destreza de los obreros para desarrollar labores artesanales.
- b) Construcción in situ optimizada:** Las posibles mejoras de los procesos dependen en gran medida de los incrementos en la productividad, que busca reducir los tiempos muertos mediante un mejoramiento de la planificación, así como el mejoramiento de los sistemas del control de avance y de los costos. El diseño de los procesos constructivos y la optimización del número de cuadrillas son importantes en la optimización de la construcción in situ.
- c) Construcción in situ tecnificada:** Se refiere a los procesos constructivos que incorporan ciertos grados de tecnificación a los procesos constructivos tradicionales para mejorar la productividad, reducción de tiempos y costos de construcción. En este sentido, nos referimos a la utilización de maquinaria y equipo liviano, así como otros procesos de mejoramiento de la construcción in situ.
- d) Construcción prefabricada parcialmente en situ:** Este procedimiento constructivo consta de métodos de prefabricación, los cuales son incluidos dentro del contexto general de la construcción in situ; es decir, la prefabricación se realiza al pie de la obra. De esta manera, los prefabricados requieren de una inversión menor relativamente a las instalaciones y equipos correspondientes al de una fábrica.
- e) Técnicas de prefabricación efectuadas parcialmente en fábrica**
Aquí, los elementos de construcción son elaborados en una fábrica independiente de la obra. Nos referimos todavía a elementos parcialmente prefabricados, ya que en este tipo de construcción aún existen actividades que utilizan gran cantidad de mano de obra, sin embargo, muchos de los componentes de la edificación serán

construidos en una fábrica para luego ser transportados e instalados in situ. Las técnicas de prefabricación están orientadas a producir elementos de calidad homogénea y de fácil y rápida colocación.

f) Técnicas de prefabricación efectuadas ampliamente en fábrica:

Esta técnica de prefabricación es conducida ampliamente en fábrica y recurre a procedimientos en los que se logran una producción en serie de elementos de mayor envergadura. La intención principal de este tipo de procedimiento constructivo es minimizar los trabajos que se realizan in situ.

Por la dimensión y peso de estos elementos se debe de minimizar la distancia de transporte y tener en cuenta los refuerzos para izaje, ya que estas son parte importante de los costos de construcción.

Conforme se vaya aumentando el grado de industrialización de la construcción, se irá aumentando a su vez la inversión inicial necesaria para montar la planta de prefabricación.

2.2.5. La pre-fabricación base del cambio de la construcción

La innovación tecnológica abarca mejorar los procesos productivos de la construcción para ofrecer mejores resultados agregando valor al capital invertido. Por lo que la producción a pie de obra o industrializada de elementos pre-fabricadas y su pronta implementación en sistemas constructivos consolida las bases para una construcción inteligente.

Su principal propósito está en agilizar los tiempos de montaje simplificando los procesos de trabajo para cumplir con los cronogramas limitados, mejorando el desempeño de la mano de obra para el desarrollo de un trabajo continuo y organizado además de una rápida recuperación de la inversión.

Por tanto, la construcción con elementos prefabricados ha permitido establecer un control de calidad, así como todas y cada una de las especificaciones exigibles al propio elemento prefabricado, como geometría, acabados, etc., para alcanzar la optimización adecuada de

materiales (**Pérez Estañol & Ochoa, 2016**). Con el uso de la prefabricación se busca:

a) En Obra

➤ **Velocidad de trabajo**

Contar con elementos prefabricados en obra hace posible que los trabajos se desarrollen con mayor velocidad al tener que integrar estos elementos con aquellos que necesariamente deben realizarse en obra.

➤ **Optimización de los tiempos de construcción**

Basada en la mecanización del trabajo y en una producción continua y constante que responda a un ritmo prefijado de elementos prefabricados, es posible realizar las tareas en fases elementales.

Esto hace posible un aumento de la productividad; un mayor aprovechamiento de las características de los materiales y una reducción del tiempo de construcción, que se traduce en ventajas económicas.

➤ **Eficiencia en controles de obra**

Las características principales de los elementos, obliga a desarrollar un conjunto de operaciones especializadas que repercuten en un mejor uso de herramientas y equipos. Esto hace que sea más fácil y eficiente el control de estos elementos en obra.

➤ **Precisión dimensional**

Al tratarse de elementos mecanizados producidos en planta, las dimensiones son casi exactas con poco errores y variaciones, los cuales no son significantes una vez colocadas en obra.

➤ **Acabados perfectos**

Los elementos pre-fabricados presentan caras o lados con mejores acabados con respecto a los elementos elaborados en obra. La cantidad de mano de obra utilizada para dar un mejor acabado es casi nula en esta clase de elementos.

b) Organización y planeación

➤ **Planeación financiera**

Con la utilización de los pre-fabricados se debe realizar una buena planificación financiera debido a que se debe realizar desembolsos iniciales para la producción o compra de los elementos que serán fabricados en planta. Esto origina un flujo económico de salida inicial alto que debe ser bien manejado.

➤ **Coordinación de actividades**

Es de vital importancia el realizar una planificación de las actividades involucradas con las piezas pre-fabricadas. Al ser una construcción más rápida las actividades deben estar coordinadas y preparadas para no ocasionar retrasos.

c) Costos

➤ **Presupuestos más precisos**

Es posible tener los costos iniciales de los pre-fabricados, estos costos son prácticamente fijos, por tal, el saldo de obra es más fácil el poder costear ya que está cuantificada. Además, es posible tener menor cantidad de desperdicio al usar pre-fabricados, por consiguiente, menor costo de obra.

➤ **Control de materiales-optimización de recursos**

La cantidad de desperdicio disminuye sustancialmente, por lo que el control es más sencillo puesto que se tiene menos cantidad de materiales en la obra.

➤ **Mano de obra no especializada**

Prácticamente son necesarias menos personas y menos maquinaria en la obra. Las piezas ya fabricadas permiten que el impacto con el resto de la obra se minimice. Es sencillo el montaje de las piezas pre-fabricadas, por lo que no es necesario mano de obra calificada o especializada, solo es suficiente recibir una charla de capacitación para que logre mejorar las condiciones de trabajo.

➤ **Anular tiempos muertos**

Quedan reducidos los tiempos muertos, ya que, al trabajar con estos elementos, la velocidad de producción aumenta. Esto origina que los tiempos para la ejecución sean reducidos y las otras actividades deben ejecutarse al mismo ritmo, debido que prácticamente los tiempos muertos son nulos.

d) Aspectos a tener en cuenta

➤ **Planificación minuciosa**

Es indispensable que en los proyectos donde se incorporan sistemas prefabricados, los constructores planifiquen perfectamente las dimensiones, peso y ubicación de instalaciones de cada elemento en función de los accesos (Graña y Montero, 2008).

➤ **Transporte y movimiento**

El volumen de las piezas plantea complicaciones tanto en el transporte como en la puesta en obra, donde precisa el uso de grúas para su colocación. Se debe tener en cuenta, además, la necesidad de que existan accesos acondicionados para tráiler y maquinaria pesada para la manipulación del prefabricado.

➤ **Coordinación entre fabricante y constructor**

Es importante las labores de coordinación para que el constructor tenga preparados los espacios para proceder al montaje del prefabricado, donde se tiene que realizar un control de colocación mucho más exhaustivo que el que se realiza para la obra in situ.

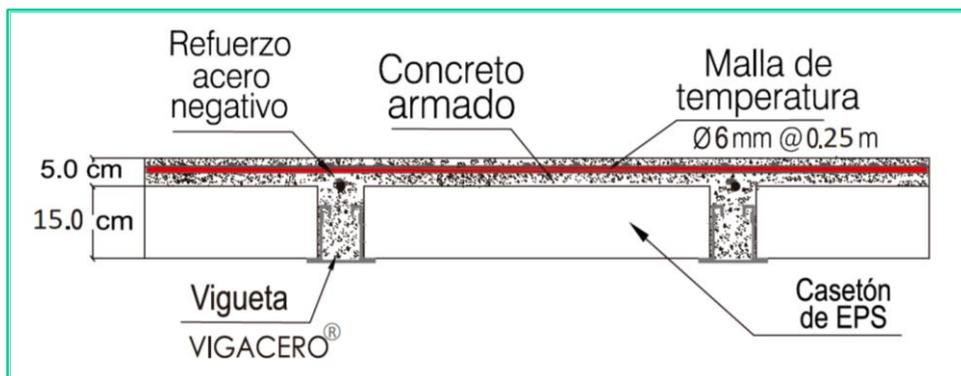
Todas estas ventajas pueden contribuir a abaratar los costos, pero no significa que la construcción con elementos pre-fabricados sea más barata que la construcción tradicional. Ya que todo dependerá del control y de la gestión de los procesos productivos, algo que puede ser perfectamente factible en la construcción mediante otro tipo de sistemas constructivos.

Estas tecnologías son fundamentales para las empresas, ya que permiten acelerar los procesos de construcción y mejorar el desempeño de los proyectos a lo largo de su ciclo de vida.

2.2.6. Sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero

Este sistema ideal para losas de entrepiso está integrado con viguetas pre-fabricadas de acero galvanizado; perfiles conformados en frío en forma de “TT” invertida de 9 cm de altura y 13 cm de ancho en el ala inferior con las salientes de las alas, donde se apoyan los casetones de EPS (poliestireno expandido de alta densidad), evitándose el fondo de encofrado. Además de una losa superior vaciados in situ de 5 cm como mínimo de concreto reforzado, vaciado sobre dichas láminas, donde van embebidas las instalaciones eléctricas, sanitarias. Como refuerzo en la losa superior va una malla de acero que tiene como propósito absorber los efectos de la retracción de fraguado del concreto y los cambios térmicos que ocurran en el sistema. La malla es eficiente en el control de las grietas, en especial, si se mantiene cercana a la superficie superior de la losa. **(Arcotecho Perú, 2016)**

Gráfico 5: Distribución de las viguetas de acero galvanizado



Fuente: Arcotecho Perú S.A.C

Gráfico 6: Vista de sección de la vigueta de acero galvanizado

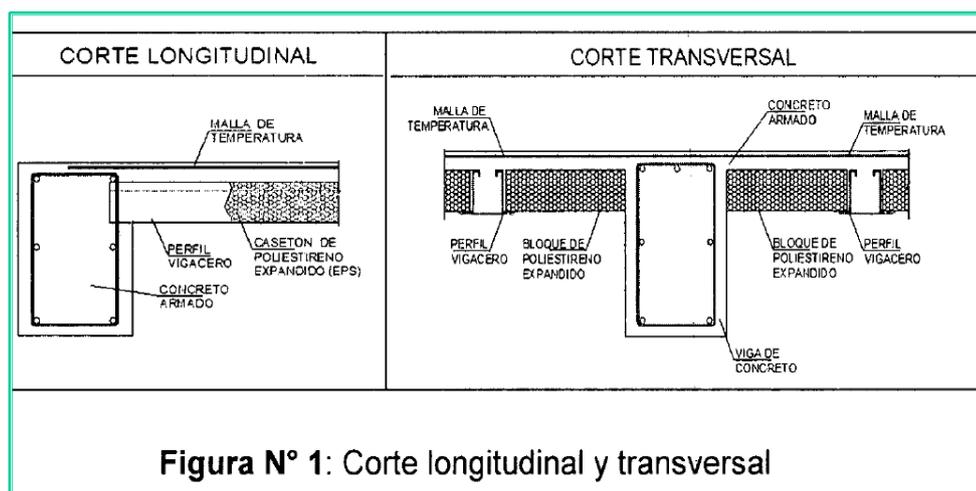


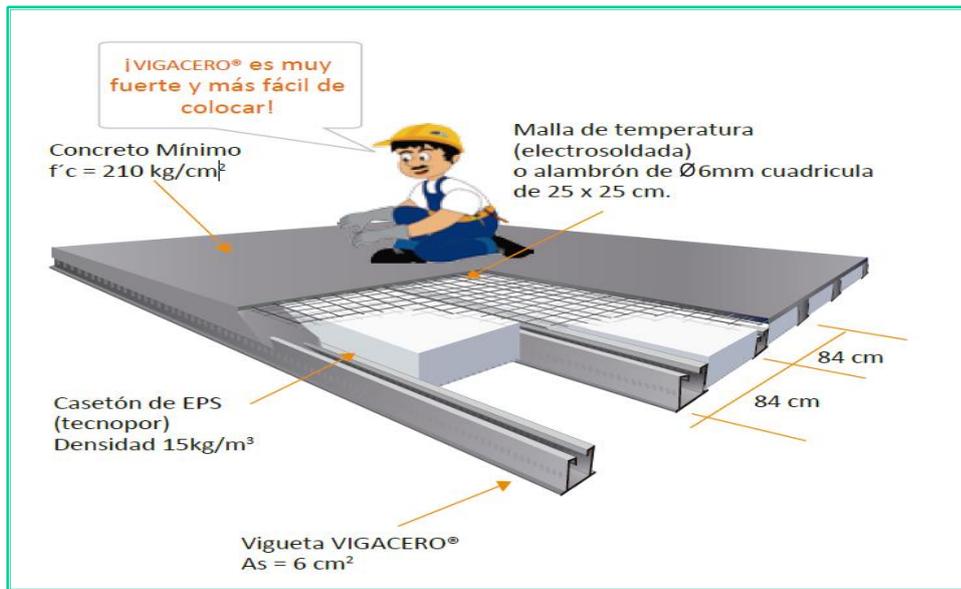
Figura N° 1: Corte longitudinal y transversal

Fuente: Arcotecho Perú. S.A.C

2.2.6.1. Comportamiento Estructural

La conformación de este sistema está dada por viguetas de acero estructural de grado 40 de espesor de 1.5mm y un peso de 4.86 kg el metro lineal, que conforman el refuerzo positivo de la losa. Debido a la forma de su sección, tiene mayor rigidez a comparación de las barras de acero convencionales por la mayor cuantía de acero. La distancia entre ejes de viguetas es de 84 cm con casetones de 75 cm de ancho. En esta presentación, la vigueta tiene mayor resistencia por metro cuadrado a comparación de otros sistemas de losas aligeradas. Si hubiera cargas más altas de la usual, se tiene la posibilidad de aumentar la resistencia por metro cuadrado, disminuyendo la distancia entre ejes de viguetas hasta los 69 cm con casetones de 60 cm de ancho. Entre la parte no estructural se colocan casetones de poliestireno expandido de densidad de 15 kg/m³ que hacen más ligera el metro cuadrado de losa aligerada. La losa final tiene sección compuesta por concreto y acero, que permite formar un diafragma rígido ya que sus componentes están integrados mediante una adherencia mecánica. Los resultados de los ensayos a flexión por el Laboratorio de la PUCP se mostrarán según el **Anexo 01**.

Gráfico 7: Componentes del sistema propuesto



Fuente: Arco Techo PERÚ S.A.C

2.2.6.2. Ventajas funcionales

Descripción	Sistema pre-fabricado	Sistema convencional
Sistema de losas aligeradas, fácil de transportar debido a que los materiales son livianos por su peso y de gran rigidez por su forma.	SI	NO
Una mayor densidad del EPS, proporciona mayor protección acústica y térmica.	SI	NO
Las viguetas son lo suficientemente resistente como para soportar mejor la manipulación y no tener mayores desperdicios.	SI	NO
Dada la separación entre los puntales se tiene un área más limpia y aprovechable.	SI	NO
Las instalaciones que se encuentran en losas aligeradas, tienen por lo menos 4 cm de recubrimiento, garantizando que no habrá roturas de cañerías por la colocación de anclajes.	SI	NO
Mejora el rendimiento del proyecto, tanto en tiempos de instalación y armado de la losa, reduciendo además la mano de obra de instalación del sistema.	SI	NO

Fuente: Manual de instalación Vigacero

2.2.6.3. Especificaciones técnicas de los materiales

a) Viguetas de acero galvanizado

Las viguetas prefabricadas de acero galvanizado cumplen con las disposiciones del Capítulo 17, Elementos compuestos de concreto sometidos a flexión de la norma E.060 Concreto Armado (2009), del RNE en cual indica que los elementos pre-fabricados de concreto o fabricados en obra, construidos en etapas diferentes pero conectadas entre sí deben responder a las cargas como una unidad; y con la norma E.030 Diseño Sismo resistente, al comportarse como diafragma rígido, es decir las losas trabajan con las estructuras de soporte para transmitir adecuadamente las fuerzas horizontales sin deformarse.

El diseño que presenta la vigueta pre-fabricada de acero galvanizado sirve para albergar a los casetones de poliestireno de alta densidad (EPS). El galvanizado es un proceso electroquímico por el que se deposita un metal sobre otro. En el caso del acero se aplica a la lámina un baño en caliente de zinc fundido. La película de zinc que se forma sobre el acero lo protege de dos maneras: protección de barrera y protección galvánica (catódica).

CARACTERISTICAS	
Dimensiones	H= 90 mm
	B= 130 mm
Peso	4.86 kg/ml
Espesor	1.5 mm
Área de acero	6 cm ²
Fy (esfuerzo de fluencia)	Fy (min) = 2530 kg/cm ²
	Fy (max) = 3000 kg/cm ²
Calidad de acero	(Norma Internacional, ASTM): ASTM A653, ASTM a1008, ASTM A1011 grado 37
Luz libre máxima	8.00 metros
Luz máxima sin puntal	4.40 metros

Fuente: Manual de instalación SENCICO

ASTM-A653:

Especificación estándar para láminas de acero galvanizado en continuo (SS, Grados 33, 37, 40 y 50 Clase 1 y Clase 3; Alta Resistencia y Baja, Aleación Tipos A y B, Grados 50, 60, 70 y 80), Láminas de Acero con Recubrimiento de Zinc(Galvanizado) o con Recubrimiento de Aleación Zinc-Hierro realizado por medio del Proceso de Inmersión en Caliente (Galvanizado y Endurecido).

ASTM A1008:

Especificaciones estándar para láminas de hacer roladas en frío, carbón, estructural, de alta resistencia de baja aleación, con formabilidad mejorada, solución endurecida, y horneado.

ASTM A1011 Grado 37 ó AISI/SAE 1015:

Especificación estándar para hoja de acero, aleaciones bajas de alta resistencia y de formabilidad mejorada de alta fuerza.

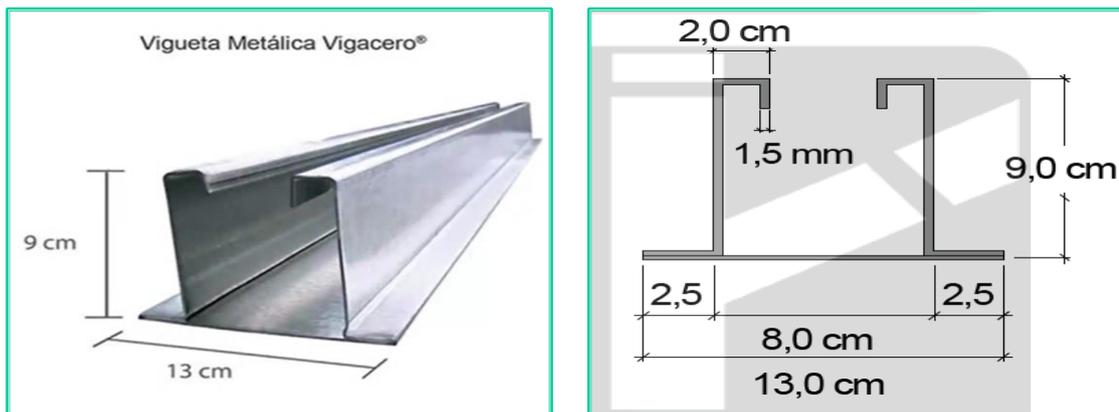
Las viguetas se fabrican en espesores de 1,50 mm en longitudes que van desde los 6,00 m hasta los 12,00 metros; mediante un proceso denominado ROLL FORMING, el cual se basa en el doblado continuo de una lámina de acero galvanizado, que, a través del paso de una serie de rodillos, punzadoras y dados de diseño especial, llegan a la forma final de la vigueta. Esta es la única forma de garantizar que el acero no pierda sus propiedades físicas, y por el contrario la vigueta resultante sea mejor en sus propiedades de resistencia mecánica.

Gráfico 8: Proceso de fabricación de las viguetas pre-fabricadas



Fuente: Manual de instalación-Sencico.

Gráfico 9: Dimensiones de la vigueta pre-fabricada



Fuente: Manual de instalación-Sencico

Entre otras características obtenidas del ensayo en la PUCP:

- Esfuerzo de torsión min (F_u): 3726 Kg/cm²
- Esfuerzo de torsión max (F_u): 5622 Kg/cm²
- Momento de inercia alrededor del eje centroidal horizontal (I_x): 743674 mm⁴
- Módulo elástico de la sección respecto a la fibra superior (S_{xt}): 13965 mm³
- Módulo elástico de la sección respecto a la fibra inferior (S_{xb}): 22784 mm³

- Centro de masa de la vigueta, respecto a la fibra inferior (Ŷ):
32.64 mm

b) Casetón de poliestireno expandido-EPS

El poliestireno expandido de alta densidad (EPS) es un material plástico espumado, derivado del poliestireno y utilizado en el sector del envase y la construcción. Inventado por los alemanes, hace más de 50 años en el mundo.

Características Técnicas de los Casetones de EPS	
Dimensiones	Largo: 1.00 m Ancho: 0.75 m Espesor: <9,12,15,20 a 30 cm>
Peso máximo por unidad	1.01 kg/und (EPS de e=0.09m) 1.35 kg/und (EPS de e=0.12m) 1.68 kg/und (EPS de e=0.15m) 2.25 kg/und (EPS de e=0.20m)
Color	Blanco
Comportamiento físico químico	Material autoextinguible e ignífugo, materia prima el poliestireno tipo F, inerte.

Fuente: Manual de instalación SENCICO

Gráfico N°10: Tipos de casetones de poliestireno EPS



Fuente: Manual de instalación Vigacero

La fabricación del material se realiza partiendo de compuestos de poliestireno en forma de perlititas que contienen un agente expansor (habitualmente pentano). Después de una pre-expansión, las perlititas se mantienen en silos de reposo y posteriormente son conducidas hacia máquinas de moldeo. Dentro de dichas máquinas se aplica energía térmica para que el agente expansor que contienen las perlititas, se caliente y éstas aumenten su volumen a la vez que el polímero se plastifica. Durante dicho proceso, el material se adapta a la forma de los moldes que lo contienen.

En construcción lo habitual es comercialización en planchas de distintos grosores y densidades. Los casetones se fabrican con poliestireno expandido EPS tipo F y en densidad de 15 kg/m³. También es habitual el uso de bovedillas de poliestireno expandido para la realización de forjados con mayor grado de aislamiento térmico.

Gráfico 11: Fabricación de los casetones de alta densidad EPS



Fuente: Arco Techo Perú S.A.C

La función del casetón de poliestireno expandido EPS, dentro de las losas aligeradas es reducir el peso de la losa, así como servir de encofrado al concreto durante el proceso constructivo. El casetón de poliestireno expandido es reutilizable al 100% para formar bloques del

mismo material, como también materias primas para otra clase de productos.

En la obra su manejo es cómodo y sencillo hasta su colocación. Evitar su aplastamiento o deterioro (quiñado) durante el almacenaje, realizar todas las instalaciones eléctricas y sanitarias dentro de la misma, a fin de dejar libre las zonas donde el concreto y el acero deben cumplir la función estructural de la losa aligerada.

c) Malla de temperatura

Este refuerzo de acero no debe apoyarse sobre los casetones del techo, sino sobre dados de concreto previamente elaborados. La función de esta malla es para ayudar a evitar que los cambios de temperatura agrieten el concreto.

➤ Malla convencional

Malla armada de forma manual con acero de 6 mm de diámetro, la cual forma una cuadrícula de 25 cm x 25 cm sobre el techo. Se realiza un doblado a 90° para embutirla en las vigas de borde.

➤ La malla electro soldada

La malla electro soldada está conformada por barras lisas o corrugadas, laminadas en frío, que se cruzan en forma ortogonal y que están soldadas en todas sus intersecciones. Normalmente se utiliza la malla R80, aunque también puede utilizarse las mallas QE-106 ó Q-139 (ver tabla).

Descripción	Medidas	Cocada	Diámetro
Malla soldada R-80	2.40 x 6.00m	200 x 330 mm	4.5/3.0 mm
Malla Soldad QE-106	2.40 x 5.00m	150 x 150 mm	4.5 mm
Malla Soldada Q-139	2.40 x 6.00m	100 x 100 mm	4.2 mm

Fuente: Manual de instalación SENCICO

Gráfico 12: Colocación del refuerzo por temperatura



Fuente: Manual de instalación-Sencico

d) El concreto

Es un material de construcción bastante resistente, que se trabaja en su forma líquida, por lo que puede adoptar casi cualquier forma. Este material está constituido, básicamente de agua, cemento y otros añadidos, a los que posteriormente se les agrega un cuarto ingrediente denominado aditivo. Aunque comúnmente se le llama cemento, no se les debe confundir, y en verdad aquellas mezclas que hacen los camiones tolva en las construcciones son en realidad concreta, es decir, cemento con aditivos para alterar sus propiedades.

2.2.6.4. Proceso constructivo

a) Colocación de Viguetas Prefabricadas

Colocar las viguetas pre-fabricadas a distancia entre ejes de 84 cm a 2.5 cm como mínimo a cada lado sobre el muro o encofrado de la viga. Se puede asegurar la primera vigueta al encofrado de las vigas para evitar que se desplace y utilizando los casetones en los extremos para asegurar el correcto espaciamiento entre las viguetas según el plano de modelación respectivo

Gráfico 13: Instalación de viguetas pre-fabricadas



. Fuente: Arcotecho Perú S.A.C

En caso de los encuentros con vigas o estribos, se pueden realizar cortes a la vigueta con un disco de corte y doblar los extremos para permitir que las barras de la viga pasen horizontal o verticalmente.

b) Colocación de Casetones de Poliestireno Expandido

Colocar los casetones entre las viguetas pre-fabricadas de acero, apoyando un lado primero y encajando después el otro.

Gráfico 14: Colocación de los casetones EPS



Fuente: Arcotecho Perú S.A.C

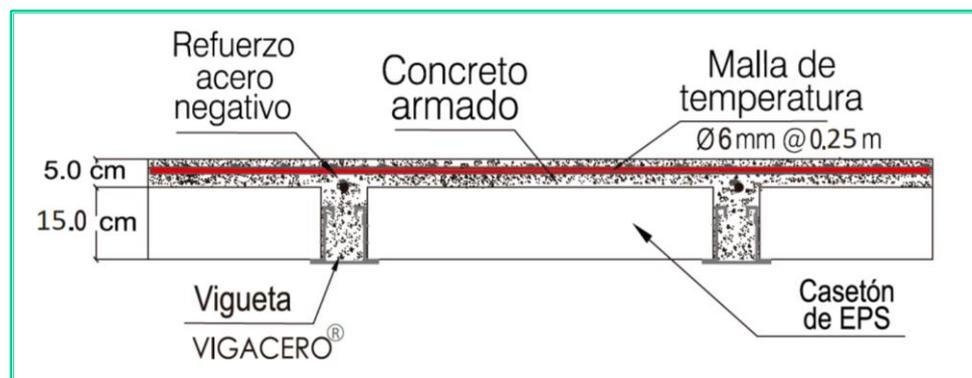
Luego de colocar los casetones en ambos extremos y verificar la adecuada distribución de las viguetas y casetones según el plano, se procede a completar la colocación de los casetones empujando y deslizando los casetones entre las viguetas.

Realizar cortes a los casetones con un cierre, en caso necesario, y verificar que todo el conjunto este completo: verificar si el plano indica: ensanches de vigas, viguetas costura u otras recomendaciones.

c) Refuerzo Negativo

Colocadas en la misma dirección de la vigueta, que de acuerdo a su ubicación están dispuestas en los apoyos externos como bastones y apoyos intermedios como balancines, para este sistema prefabricado de losa su utilización depende de la luz libre y de la intensidad de carga al que está sujeta. Su función es tomar los esfuerzos de tracción en los extremos y en los apoyos de la losa dado que el concreto no podría resistirlos.

Gráfico 15: Colocación del refuerzo negativo



Fuente: Manual de Vigacero

d) Colocación de refuerzo por temperatura: Colocar la malla de temperatura o refuerzo por contracción, ya sea electrosoldada o de alambra de 6mm @ 25 cm en dos direcciones.

Se recomienda usar distanciadores sobre las viguetas para que la malla quede separada de los casetones EPS y embebida en la losa superior de concreto.

En caso de utilizar malla electrosoldada proceder con su colocación sobre los casetones, con los separadores y tener en cuenta el traslape entre mallas.

Gráfico 16: Refuerzo de la malla de temperatura



Fuente: Manual de Vigacero

e) Instalaciones:

➤ Instalaciones eléctricas

Antes de colocar la malla de temperatura se procede a ubicar y marcar los centros de luz. Luego con una “tarraja” manual fabricada con PVC de 4” de diámetro, se le hacen unos “dientes” en la parte inferior y un par de agujeros para pasar una varilla de 3/8” de diámetro y 50 cm de longitud. Se procede a perforar girando directamente sobre los casetones y luego se retira el bloque cilíndrico extraído al casetón.

Gráfico 17: Perforación de casetones con tubos dentados de PVC



Fuente: Arcotecho Perú S.A.C

Gráfico 18: Instalación de puntos de luz



Fuente: Arcotecho Perú S.A.C

Para los canales es necesario contar en obra con una pistola eléctrica de aire caliente, la cual tiene diversas boquillas para canales, huecos, entre otros. La ventaja de esta herramienta es que no produce virutas contaminantes y es de fácil manejo.

Se colocan los centros de luz con un alambre No. 8 de manera que las cajas puedan quedar a la altura deseada. Es aconsejable colocar antes de la caja de luz una sección de 10 cm del tubo de PVC de 4" de modo que durante el vaciado no se desboque el hueco. También es mejor llenar con poliestireno la caja de luz, para que el concreto no se introduzca y termine limpio luego del vaciado.

➤ **Instalaciones Sanitarias:**

De acuerdo con el diseño sanitario es factible revisar el diseño y distribución de las viguetas de acero, a fin de que el montante horizontal de desagüe pueda ir en el centro de los casetones EPS y que pueda colocarse sin perforar las viguetas.

La colocación de los montantes y ramales es sencilla con el uso de la pistola de aire caliente y las boquillas adecuadas: redonda para perforar y plana para realizar canales. Es conveniente realizar las perforaciones con cuidado, para que tengan la pendiente adecuada, colocar tablas y puntales debajo de los

casetones a perforar, para mantenerlas firmes durante las labores de instalación y posterior vaciado.

Gráfico N° 19: Instalación de montantes con pistolas de calor



Fuente: Arcotecho Perú S.A.C

En todos los casos, luego de realizar las instalaciones, efectuar las pruebas hidráulicas y de presión a gas, además de verificar que las tuberías y montantes tengan tapones en los extremos para evitar que ingrese el concreto y otros contaminantes.

Gráfico 20: Prueba de presión hidráulica



Fuente: Manual de instalación-Sencico

f) Vaciado de Concreto

Una vez colocados, casetones y malla, y antes del vaciado, se debe realizar la limpieza interior. Esta limpieza es para lograr una mejor acción colaborantes entre concreto y acero.

El vaciado, en caso de ser premezclado y bombeado, se debe realizar la colocación en forma de abanico con el sistema de tuberías, a presión mínima y a la menor altura posible, de forma tal de no sobrecargar áreas de losa con excesiva cantidad de concreto, ni producir cargas de alto impacto en los casetones de poliestireno expandido. El vaciado, debe controlarse para dispersar rápida y homogéneamente el concreto.

Gráfico 21: Vaciado de concreto



Fuente: Manual de instalación-Sencico

g) Acabado en cieloraso

Para la durabilidad del material se recomienda un tarrajeo con malla de gallinero de cocada cuadrada 1/2" o 3/4 hexagonal, en toda la superficie del cielo raso y fijarla a los casetones con grapas en forma de "U". En seguida se procede a humedecer y colocar el tarrajeo en dos capas con mortero de cemento/cal hidratada/arena 1:1/2: 4. Una vez tarrajado el techo se colocará una base de temple fino (imprimante a base de resina) para evitar posibles fisuras que se presenten en el tarrajeo.

Gráfico 22: Refuerzo con malla y pasta de cerámico como puente de adherencia)



Fuente: Manuel de instalación-Arcotecho

Recomendaciones generales

- ❖ Si la luz libre entre las vigas es mayor a 4.40 m se deberá colocar una viga solera a la mitad de la luz, con puntales separados cada 1.50 ml.

Gráfico 23: Apuntalamiento para luces mayores a 4.40m



Fuente: Manuel de instalación-Arcotecho

- Si la luz libre esta entre los 4.40 y 8.00 ml se deberán colocar las vigas y apuntalamiento a un tercio de la luz libre.
- Durante el montaje las viguetas no deben ser dobladas ni golpeadas con cinceles, combas u otro elemento.
- No está permitido soldar dos elementos de viguetas pre-fabricadas para obtener una mayor longitud sin importar la luz libre que sea.
- No acumular el concreto en solo punto de la losa por vaciar.
- Verificar el estado de los casetones antes del vaciado y en caso se cortado se deben reforzar con tablas y puntales por debajo.
- Al día siguiente del vaciado, se puede continuar los trabajos del piso superior. Siempre teniendo cuidado de curar el concreto durante 7 días.
- El ensamble de las vigas se realiza encofrando los lados laterales de las vigas respectivas y desplazar los casetones alternadamente según la medida y modulación indicada en los planos de losa aligerada.

2.2.7. Sistema convencional de losa aligerada

Usado masivamente para la conformación de losas de entrepiso de superficies planas, conveniente por aligerar su propio peso. Está conformado por elementos estructurales: viguetas de concreto de ancho común de 10 cm, reforzadas con acero corrugado grado 60 y un espesor de losa de 5 cm reforzada con una malla de temperatura de 6mm, y no estructurales como los bloques de arcilla que van entre las viguetas como encofrado lateral para rellenar el espacio vacío entre estas. Todo este sistema es sostenido por un encofrado apuntalado, sea de madera o metálica.

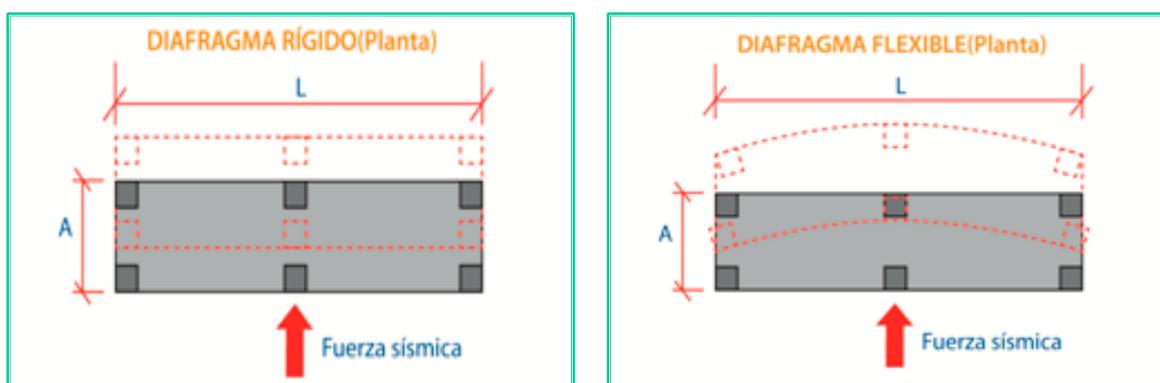
2.2.7.1. Comportamiento Estructural

Al ser una estructura monolítica con los planos resistentes en el plano vertical, la prioridad de su comportamiento es trabajar como un

diafragma rígido es decir tener la capacidad suficiente de transmitir las fuerzas horizontales sin deformarse y para ello no solo basta que sea de concreto armado sino debe de garantizar, espesores adecuados para evitar alabeo o longitudes que eviten formas muy alargadas, las funciones del diafragma son:

- Resistir las cargas de gravedad, para transmitir las a las componentes resistentes verticales, del sistema estructural.
- Unificar los desplazamientos de las componentes resistentes verticales, del sistema estructural. De este modo, el movimiento de cada piso es tratado como una placa plana rígida (indeformable) en el plano horizontal. Este movimiento se puede descomponer en tres componentes independientes: dos traslacionales horizontales y una rotación alrededor de un eje vertical, denominados grados de libertad.

Gráfico 24: Comportamiento del diafragma rígido



Fuente: Manual de Acero Arequipa

De acuerdo al criterio de estructuración de losas aligeradas las viguetas deben estar ubicadas paralelamente a la menor distancia entre sus apoyos, con la finalidad de evitar que los esfuerzos por flexión, cortante y las deformaciones no sean de gran magnitud.

2.2.7.2. Especificaciones técnicas de los materiales

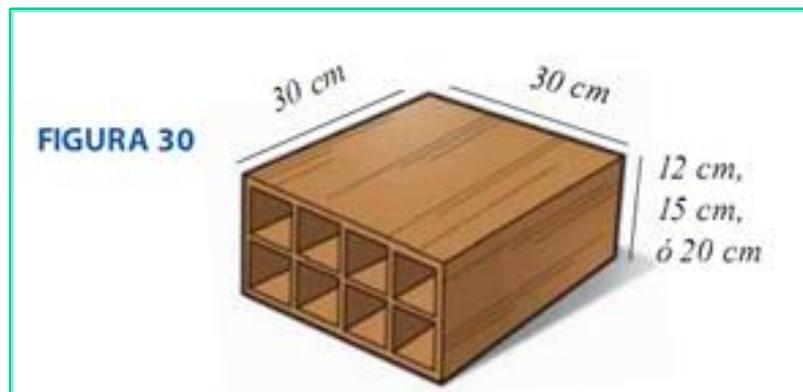
La losa aligerada como elemento estructural está conformado por materiales de construcción descritos a continuación:

a) Ladrillo hueco para techo:

Según la Norma NTP 399.613 - 331.040 - 331.041, este ladrillo corresponde al Tipo IV: Resistencia y durabilidad altas. Apto para construcciones de albañilería en condiciones de servicios rigurosas. El sistema de losas hechas con este sistema tiene mayor resistencia a la flexo-tracción y a movimientos sísmicos de moderada y alta densidad.

- Grupo/clase/familia : Construcción de techo aligerado de luces y cargas mayores
- Dimensiones : 20 x 30 x 30 cm.
- Peso promedio : 10.5 kg
- Cantidad por m² : 8.33 und/m²
- Resistencia a la flexo-tracción : 2.25 kg/cm²

Gráfico N°24: Ladrillo de techo Tipo IV



Fuente: Aceros Arequipa

b) Acero de refuerzo:

El concreto es un material débil en tracción, por tanto, se le usa junto con acero de refuerzo capaz de resistir los esfuerzos de tracción.

Calidad del acero de refuerzo

Los aceros de refuerzo que se producen en el Perú (Sider Perú, Aceros Arequipa) debe cumplir con algunas de las siguientes normas:

- Norma peruana Itintec 341.031-A42, acero grado 60
- Norma ASTM A615. acero grado 60, no soldable.
- Norma ASTM A706. Acero de baja aleación, soldable. grado 60

Las calidades del acero de refuerzo que cubre la norma ASTM y que es posible emplear, como refuerzo para el concreto, se resumen en la siguiente tabla. Se indica el esfuerzo de fluencia F_y mínimo y máximo, el esfuerzo máximo o ultimo (F_u), a este último también se le denomina resistencia a la tracción.

Tabla 1: Normas técnicas del acero de construcción

Grado	ASTM	F_y min (kg/cm ²)	F_y max (kg/cm ²)	F_u min (kg/cm ²)	F_u/F_y (kg/cm ²)
40	A 615	2800	-----	4200	-----
60	A 616	4200	-----	6300	-----
75	A 617	5300	-----	7000	-----
60	A 706	4200	5500	5600	1.25

Tabla 2: características técnicas del acero de refuerzo

CARACTERISTICAS	
F_y min	4,200 kg/cm ² ((fluencia nominal, valor mínimo)
F_u min	6,300 kg/cm ² (esfuerzo máximo o resistencia a la tracción
E_s	2'100,000 kg/cm ² (módulo de elasticidad) o 2.1 x 10 ⁶ kg/cm ²
$E_y = (F_y/E_s) =$	0.0021 (deformación en el inicio de la fluencia.
Otros:	
<ul style="list-style-type: none"> - Longitud de la plataforma de fluencia = variable - Deformación de rotura >> deformación de fluencia (30 a 40 veces) - Elongación a la rotura entre el 7% y 9% 	

- | |
|--|
| <p>- Coeficiente de dilatación = $11 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$. valor muy parecido al del concreto el cual es $=10 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$, ambos coeficientes de dilatación dependen de la temperatura.</p> |
|--|

Soldabilidad

El acero **ASTM A615**, por su composición química (carbono equivalente mayor a 0.5%) no es soldable. El alto contenido de carbono equivalente lo hace difícil de soldar, con una alta posibilidad que se originen uniones frágiles y de baja resistencia.

En general no es recomendable soldar este acero, salvo bajo procedimientos supervisados y con mano de obra especializada.

El acero fabricado bajo la norma **ASTM A706** si es soldable. Su uso es recomendable en zonas de alto riesgo sísmico ya que facilita las reparaciones y/o refuerzo de estructuras dañadas luego de sismos ya que facilita las reparaciones.

Efecto de temperatura

El acero expuesto a altas temperaturas pierde (reduce) sus propiedades mecánicas (F_y , F_u , E_s). A partir de los 45°C aproximadamente, la reducción en F_y y F_u crece rápidamente. El recubrimiento de concreto protege, dentro de ciertos límites, al acero de refuerzo del fuego prolongando el tiempo necesario para que sus propiedades mecánicas se vean afectadas por el efecto de altas temperaturas.

Funciones o propósito del refuerzo:

- Restringir los refuerzos de tracción, acero longitudinal y estribos.
- Prevenir agrietamiento excesivo producido por la retracción, y los cambios de temperatura restringidos.
- Asegurar que los anchos de grieta bajo condiciones de servicio no excedan ciertos límites.
- Proveer fuerzas de compresión cuando el concreto no solo puede resistir los esfuerzos actuantes.

- Restringir el pandeo de las armaduras en compresión.
- Prever confinamiento al concreto en las zonas de esfuerzo de compresión altos de vigas, columnas y nudos.
- Mejorar el comportamiento en la zona de empalme por traslape de acero de refuerzo.

Norma **NTP 341.031-2008** especificación normalizada para barras de acero con resaltes y lisas para concreto armado.

De la misma manera el refuerzo con acero es utilizado para evitar el agrietamiento del concreto en las losas aligeradas, denominada refuerzo por temperatura con varillas de 6 mm ó 4.7 mm, distanciadas como máximo cada 25 cm de distancia.

Gráfico N°25: Refuerzo por temperatura



Fuente: Obras de Construcción

c) Madera para encofrado:

La madera es un material duro y resistente que se produce mediante la transformación del árbol. Es un recurso forestal disponible que se ha utilizado durante mucho tiempo como material de construcción. La madera es uno de los elementos constructivos más antiguos que el hombre ha utilizado para la construcción de sus viviendas y otras edificaciones.

Para las actividades de encofrado este material resulta necesario e imprescindible para el tendido de los bloques de techo y tendido de

acero de refuerzo. Actualmente existe en el mercado tipos de madera para encofrar viéndose limitadas por el número de usos en la construcción.

Gráfico 25: Madera de encofrado del sistema convencional



Fuente: Obras de Construcción

Los encofrados de las losas aligeradas están constituidos por:

- Tablones de 1 ½" de espesor por 8" de ancho mínimo.
- Soleras de 2"x4" de sección.
- Pies derechos (o puntales) de 2"x3" de sección.
- Frisos de 1 ½" de sección, en alturas variables, según el espesor del techo aligerado

d) Concreto en obra:

Para el proyecto se pretende utilizar concreto pre-mezclado, es decir concreto producida en una planta dosificadora que será transportada y suministrada directamente a la obra en camiones pre-mezcladores, en estado fresco.

Característica

- Velocidad y eficiencia de ejecución de proyecto
- Uso eficiente del personal de obra.
- Mejor control del mezclado de concreto.
- Conveniencia de transporte
- No requiere espacio para el almacenaje de materias primas en obra (agregados, cemento y agua) y para el mezclado.

- Mayor garantía del concreto.

Gráfico 26: Vaciado de concreto en obra



Fuente: Obras de Construcción

2.2.7.3. Proceso constructivo

El proceso constructivo para la conformación de la losa aligerada para la edificación diseñada tomada como muestra, será de manera organizada y secuencial para garantizar un proceso adecuado que cumpla con las especificaciones técnicas establecidas.

a) Encofrado de la losa aligerada:

El encofrado para este tipo de sistemas convencionales está conformado con un conjunto de materiales dispuestos correctamente para sostener temporalmente la estructura de la losa aligerada hasta el fraguado.

Los encofrados de las losas aligeradas están constituidos por:

- **Tablones** de 1 ½" de espesor por 8" de ancho mínimo.
- **Soleras** de 2"x4" de sección.
- **Pies derechos** (o puntales) de 2"x3" de sección.
- **Frisos** de 1 ½" de sección, en alturas variables, según el espesor del techo aligerado.

Para armar el encofrado será necesario contar con **soleras** corridas soportadas por **pies derechos** espaciados como máximo a cada 90 cm.

Luego, se procederá a colocar los tablonces sobre las **soleras** (en sentido contrario a estas). Estos tablonces servirán para apoyar los ladrillos y para ser fondo de encofrado de las viguetas, por tal motivo el espacio entre los ejes de tablón a tablón será de 40 cm.

Para delimitar el vaciado del techo, se colocarán frisos en los bordes de la losa, con una altura igual a su espesor.

Gráfico 27: Encofrado de losa aligara convencional



Fuente: Obras de Construcción

Consideraciones:

- Los **pies derechos** deben estar en posición vertical y no inclinados para que puedan funcionar adecuadamente en el apuntalamiento del techo.
- Una vez armado el encofrado, debe verificarse que esté perfectamente horizontal. De lo contrario, después se tendrá que corregir por un lado con el tarrajeo del cielo raso, y por otro, con el contra piso del nivel superior y ocasionara gastos innecesarios.

b) Colocación de los ladrillos de techo

Una vez que el entablado del techo se ha terminado, y que el fierro de las vigas ya esté ubicado, se procederá a la colocación de los ladrillos

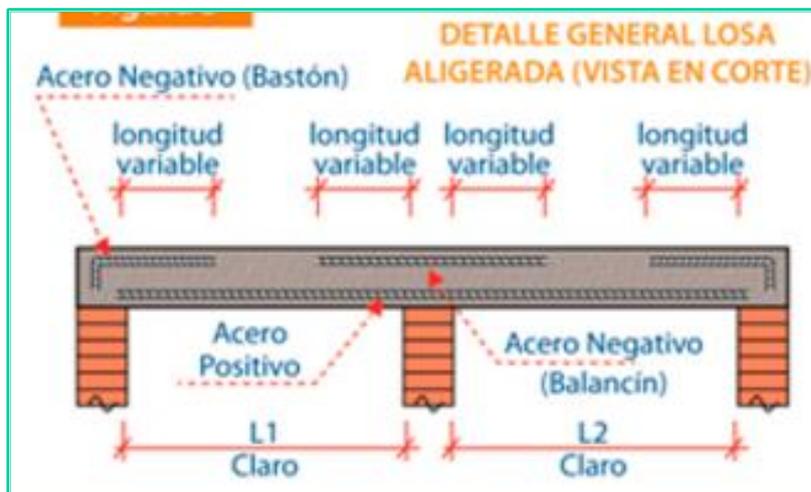
detalles están indicados claramente en los planos de la edificación de 6 pisos planteada como muestra.

- **Refuerzo negativo:** Su función es tomar los esfuerzos de tracción en los extremos de cada vigueta. Son de dos formas:

Bastón: son piezas en forma de L elaboradas con varillas colocadas en los extremos de las viguetas. Estos deben estar asegurados a las vigas.

Balancín: son piezas largas (sin dobleces) elaboradas con varilla corrugadas que se colocan en la parte central de la vigueta.

Gráfico 29: Distribución de acero de refuerzo



Fuente: Acero Arequipa

Deberá verificarse que el acero inferior de las **viguetas** esté 2 cm por encima del encofrado, así se garantiza que el acero inferior tenga el adecuado recubrimiento de concreto.

Consideraciones

Para el acero positivo:

- No debe apoyarse directamente sobre el encofrado, sino sobre dados de mortero de 2 cm de altura.

- Cuando se realicen empalmes por traslape en los refuerzos, no se deben ubicar en el centro de la losa sino en cualquiera de los extremos. Aunque es preferible evitar los traslapes.

Gráfico 30: Consideraciones de empalme

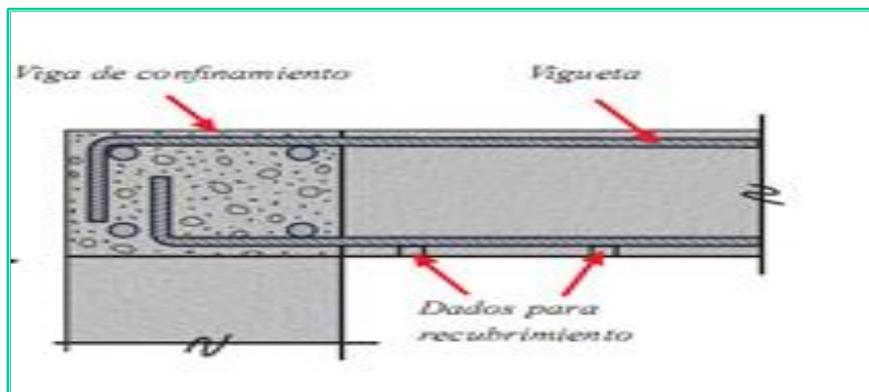


Fuente: Acero Arequipa

Para el acero negativo:

En los extremos de los bastones se debe considerar un gancho estándar de acuerdo a lo que indica la norma. Además, amarrar el bastón al refuerzo de la viga con alambre N°16.

Gráfico 31: Colocación del fierro en viguetas y losa



Fuente: Acero Arequipa

d) Instalaciones eléctricas y sanitarias

Conformado todos los refuerzos de la losa se instalarán las tuberías de la red de agua y desagüe y las tuberías de electricidad que alimentan a los puntos de luz. Por esta razón, es muy importante tomar precauciones (sobre todo en las tuberías de desagüe) para

evitar que atraviese las viguetas y corte su continuidad y resistencia. En el caso de las tuberías de luz, las cajas octogonales no deben colocarse el encofrado de las viguetas sino en el lugar de los ladrillos.

Gráfico 32: Instalación tuberías y redes eléctricas



Fuente: Revista Constructivo

e) Refuerzo por temperatura

Son varillas corrugadas de menor diámetro que los refuerzos positivos y negativos (6 mm). Se colocan en la losa del techo en dirección perpendicular a la vigueta, para resistir los esfuerzos por contracción y temperatura presentes en la losa. Estas varillas se amarran a los bastones de las viguetas y a las vigas de amarre cada 25 cm de distancia.

f) Vaciado del concreto:

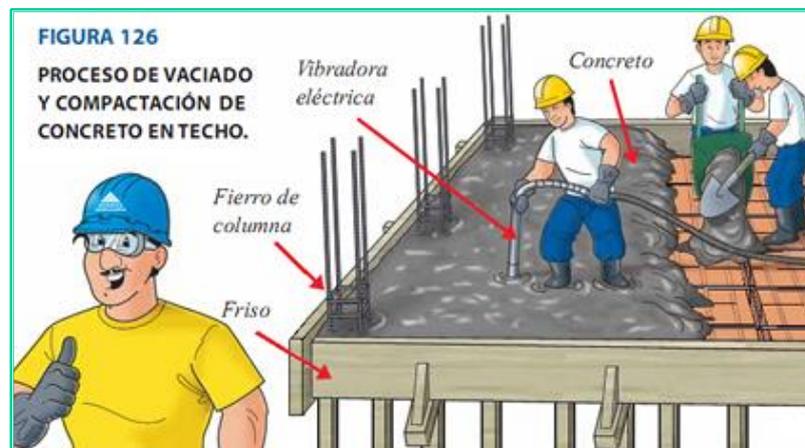
Antes de colocar el concreto en la losa, se debe verificar que la ubicación de los fierros, de las tuberías de electricidad, de agua y desagüe, se encuentren en buen estado y de acuerdo a lo establecido en los planos. Es decir, que consideren los alineamientos e inclinaciones de las tuberías prestablecidas y la ubicación exacta de los puntos de salida de accesorios de baño y cocina.

Por otro lado, se debe verificar también que el encofrado humedecido este completamente horizontal, los frisos herméticos y los pies derechos estables para los trabajos de instalación.

➤ **Vaciado y compactado del concreto**

Es importante tener en cuenta que el proceso de vaciado es continuo. Eso quiere decir que no se debe postergar el trabajo cuando ya se inició.

Gráfico 33: Compactación de concreto en obra



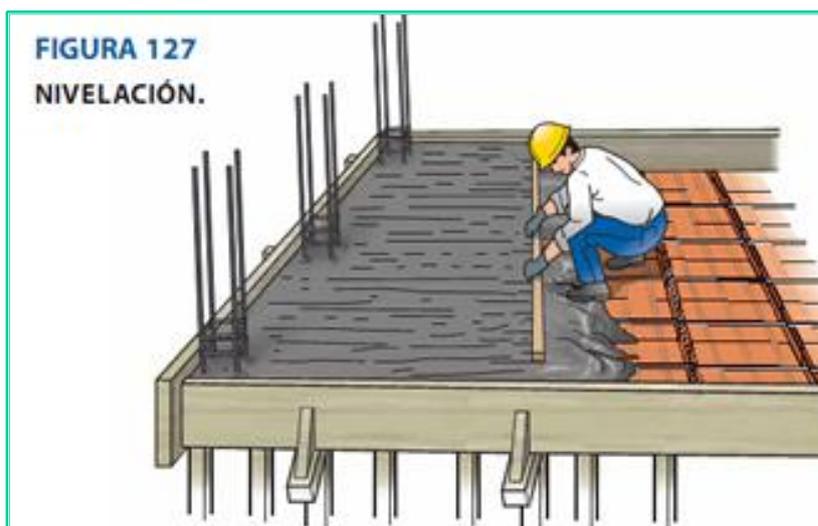
Fuente: Acero Arequipa

Es importante tener en cuenta que el proceso de vaciado es continuo. Eso quiere decir que no se debe postergar el trabajo cuando ya se inició. Luego de los minutos de descanso, se procederá a vaciar la losa de concreto con el espesor antes indicado.

➤ **Nivelación**

Finalmente, la losa de techo debe quedar nivelada lo más posible. Esta operación se hace pasando una regla de madera o de aluminio sobre la superficie. El acabado de la losa deber ser rugoso, para permitir la adherencia al contra piso.

Gráfico 34: Nivelación y reglado de concreto en obra



Fuente: Acero Arequipa

➤ **Curado**

Actividad necesaria para mantener húmeda la superficie ya sea con aditivos o arroceras, esto evitará las rajaduras y hará que el concreto alcance su resistencia definitiva.

Gráfico 35: Curado del concreto



Fuente: Acero_Arequipa

Consideraciones

- Los frisos del techo aligerado podrán ser retirados al cabo de 24 horas del vaciado del concreto.
- Después de 7 días de haberse realizado el vaciado, se procederá al desencofrado de las vigas. Las losas aligeradas se podrán

desencofrar antes, pero previendo de dejar puntales cada cierto tramo en forma progresiva a medida que van pasando los días, hasta que se pueden retirar todos los puntales y el encofrado a los 21 días.

2.3. Definiciones conceptuales

2.3.1. Productividad

De acuerdo con la revista Bit (2001), en su artículo *Índice de Productividad en la Construcción: Mito o Realidad*, por productividad debemos de entender la relación ente la producción por un sistema de producción y o los recursos utilizados para obtenerla.

2.3.2. Tecnología de la construcción

Es la combinación de los métodos constructivos, los materiales y equipos, el personal, los procesos constructivos, y las diferentes interrelaciones que definen la manera como se realiza una determinada operación de construcción.

2.3.3. Innovación

Se define como el proceso de búsqueda, reconocimiento e implementación de una nueva tecnología para mejorar la eficiencia de las funciones de una determina empresa.

2.3.4. Procesos innovadores

Son aquellos procesos que generan una mejoría en la eficiencia de un determinado proceso constructivo mediante la reducción de costos, tiempos de construcción, y/o mejora en la calidad del producto terminado.

2.3.5. Reingeniería de procesos

Es el procedimiento mediante el cual repensamos nuestros procesos constructivos de modo de pasar de una situación en donde priman los

sistemas constructivos tradicionales, a la utilización de procesos innovadores.

2.3.6. Eficiencia

Cantidad de recursos consumidos por cada unidad de trabajo realizado.

2.3.7. Prefabricación

Es la producción de elementos de construcción fuera de su destino definitivo, tratándose de elementos que, en la construcción tradicional se realizarían in situ.

2.3.8. Losa aligerada convencional

Son losas constituidas por viguetas de concreto y elementos livianos de relleno. Las viguetas van unidas entre sí por una losa o capa superior de concreto. Los elementos de relleno están constituidos por ladrillos, bloques huecos o elementos livianos que sirven para aligerar el peso de la losa además de conseguir una superficie uniforme.

2.3.9. Losa aligerada con viguetas prefabricadas

Son las losas semejantes a las losas aligeradas convencionales con la diferencia que las viguetas son prefabricadas y/o pretensadas. Asimismo, los bloques son de forma especial tal que permitan apoyarse en las viguetas

2.3.10. Vigueta

Es el elemento longitudinal resistente, diseñado para soportar cargas producidas en forjados de pisos o cubiertas.

2.3.11. Metrado

En términos generales podemos definir a los Metrados como el cálculo o cuantificación por partidas, de la cantidad de obra a ejecutar.

2.3.12. Análisis de costos unitarios

Modelo matemático que detalla el resultado expresado en dinero de una situación relacionada con una actividad sometida a estudio, siendo esta actividad específica denominada en proyectos comúnmente como partida. Ello incluye costos de materiales (MAT), equipos (EQ) y mano de obra (MO).

2.3.13. Proceso constructivo

Constituyen los distintos procesos, sistemas y métodos disponibles para hacer realidad una obra siguiendo para ello un conjunto ordenado de reglas o prácticas constructivas que implica el uso de recursos: mano de obra, materiales, equipos y herramientas.

2.3.14. Plazo de ejecución

Tiempo estimado en días calendario, que se presume que durará la ejecución de una obra en base a la planificación y la programación de actividades que involucra su realización.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

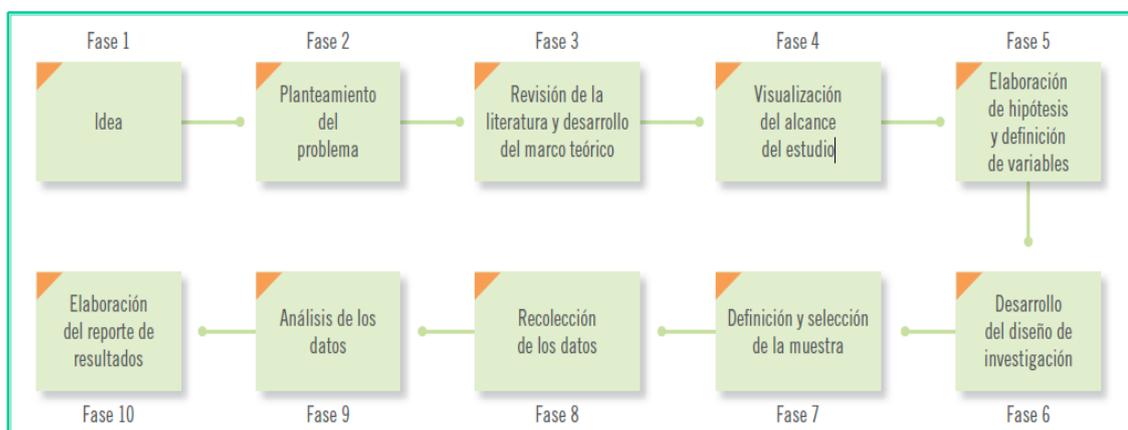
3.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es **Aplicada o Tecnológica**

3.2. Enfoque de la Investigación

Enfoque Cuantitativo, porque usa la recolección de datos para probar hipótesis en base a la medición de variables, para establecer una serie de conclusiones en relación a la hipótesis.

Gráfico 36: Proceso de Investigación Cuantitativa



Fuente: R. Hernández Sampieri

3.3. Nivel de Investigación

El nivel de la investigación es: **Descriptivo-Explicativo**

3.4. Diseño de Investigación

El diseño es **no experimental** porque no se manipulan en forma intencional las variables, puesto que cada variable se trata individualmente tal y como se dan, no se vinculan variables.

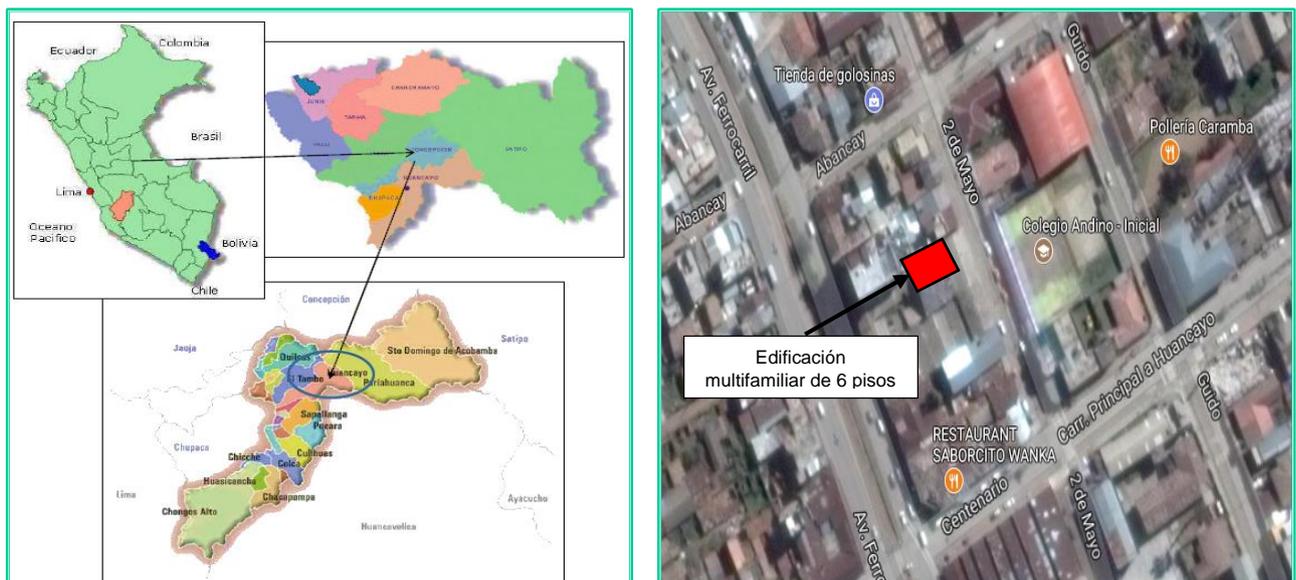
3.5. Población o Universo

Todas las edificaciones de 6 pisos, del distrito de Huancayo, destinadas al uso de viviendas y/u oficinas, ya sean sistemas a porticados o de albañilería confinada, conformadas sólo por losas aligeradas de entrepiso.

3.6. Muestra

El estilo de muestra es no probabilística o dirigida, habiéndose elegido por conveniencia el diseño de losa aligerada bajo el método de los coeficientes para una edificación multifamiliar de 6 pisos ubicado en San Carlos – Distrito de Huancayo, Provincia de Huancayo, Región de Junín.

Gráfico 37: Ubicación de la muestra en estudio



Fuente: Google Maps

Gráfico 38: Edificación multifamiliar de 6 pisos



Elaboración propia

3.7. Definición conceptual de variables

Variable Independiente	Definición Conceptual
Sistema convencional de losa aligerada	Sistema estructural de entrepiso constituida por viguetas de concreto reforzado, dispuestas paralelamente, unidas entre sí por una losa de concreto y bloques huecos de relleno como elementos livianos que sirven para aligerar el peso de la losa.
Sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero	Sistema estructural de entrepiso semejante a las losas aligeradas, pero conformado con viguetas pre-fabricadas de acero galvanizado, dispuestas con un diseño en el ala inferior para el apoyo de casetones de EPS de alta densidad, que no requiere fondo de encofrado.

Elaboración propia

Variable Dependiente	Definición Conceptual
Característica técnica	Cualidad propia que identifica y distingue a un sistema de otros de su mismo medio.
Evaluación económica	Es un balance para medir y comparar los beneficios económicos de los recursos que demanda cada sistema estructural de losa aligerada.
Programación de obra	Ordenamiento secuencial de las operaciones necesarias propio de cada sistema, a partir del cual se determina el tiempo de duración para poder ejecutarla.

Elaboración propia

3.8. Definición operacional de variables

Tipo de Variable	Nombre de Variable	Indicadores
Variables Independientes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero. 2. Sistema convencional de losa aligerada. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Geometría de las viguetas ✓ Características de los materiales ✓ Nivel de innovación tecnológica ✓ Proceso constructivo
Variable Dependientes	<ol style="list-style-type: none"> 1. Característica técnica. 2. Evaluación económica. 3. Programación de obra 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Variación del peso propio del sistema pre-fabricado vigacero y el convencional. ✓ Comparación del costo directo sistema pre-fabricado vigacero y el convencional. ✓ Diferencia del tiempo que demanda ejecutar el sistema pre-fabricado vigacero y el convencional.

Elaboración propia

3.9. Hipótesis

3.9.1. Hipótesis general

El sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero, constituye una alternativa ventajosa como losa de entrepiso vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo.

3.9.2. Hipótesis específica

1. El sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero disminuirá en un 30% el peso/m² vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016.
2. Se incrementará el costo directo del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016.
3. Se reducirá a la mitad, el tiempo de ejecución con el sistema pre-fabricado de losa aligerada vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016.

3.10. Plan de recolección de la información

3.10.1. Fase de revisión documental

- Para desarrollar la investigación, el primer paso, fue indagar sobre la innovación de procesos constructivos en la construcción y de cómo podría mejorar el aporte del sistema convencional de losa aligerada ampliamente utilizada en Huancayo.
- Se realizó una búsqueda pre-liminar acerca de sistemas que no hayan sido investigados, que integren procesos innovadores y que sean comercializados actualmente en el Perú, este es el caso del sistema aligerado pre-fabricado con viguetas de acero galvanizado vigacero.
- Para asegurar la confiabilidad, validez y objetividad de los datos a recolectar. Se planteó realizar la recopilación de información a través de revisiones bibliográficas, documentos, videos, información de las características técnicas de los materiales que conforma cada sistema, el costo unitario, las actividades que conforman su proceso

constructivo, así como su rendimiento. En el caso del sistema pre-fabricado de losa aligerada la información recopilada fue por cuenta de la empresa Arco techo Perú S.A.C, el cual es el encargado de comercializar este sistema.

3.10.2. Fase de recopilación de datos

Para alcanzar los objetivos planteados, dichos sistemas de losa aligeradas tanto el convencional como el pre-fabricado se considerarán para una edificación de 6 pisos (uso de vivienda y oficinas), diseñada bajo los parámetros de Método de los coeficientes que servirá como muestra para la investigación. A fin de determinar sus aportes en cuanto a: peso/m², costo directo y tiempo de ejecución, los cuales posteriormente serán contrastados para definir los resultados.

3.11. Técnicas para el procesamiento de la información

3.11.1. Análisis de la información

- Los datos obtenidos mediante la evaluación de cada sistema aligerado serán obtenidos del Revit (Diseño), AutoCAD (para los metrados), S10 (para determinar los costos directos) y el Microsoft Project (para determinar el tiempo de ejecución), los cuales serán procesados sistemáticamente en tablas usando el programa Microsoft Excel.
- La representación gráfica con el Microsoft Excel, consolidará de manera específica y concreta la información acerca de los aportes de cada sistema aligerada para establecer de forma práctica sus diferencias en torno a: peso/m² y carga, ultima de diseño, costo directo y tiempo de ejecución.
- Seguidamente se procedió al análisis e interpretación y discusión de los resultados obtenidos, al tiempo que se presentaron las conclusiones y recomendaciones correspondientes del estudio.
- Finalmente se plantea la propuesta de mejora, a fin de comprobar la veracidad de las hipótesis planteadas, generar las conclusiones y emitir las recomendaciones necesarias.

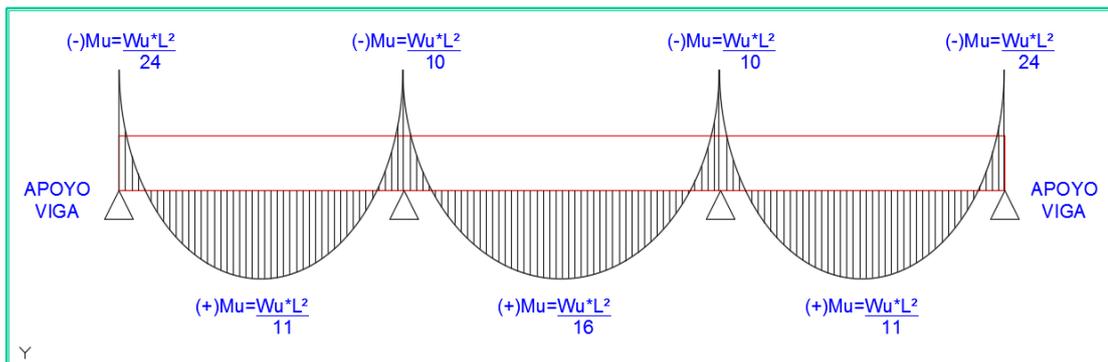
3.12. Análisis y Diseño de losa aligerada para edificación de 6 pisos

Para poder alcanzar los objetivos propuestos y demostrar las hipótesis planteadas de la investigación en cuanto es, proponer un sistema innovador como alternativa de mejora frente al sistema convencional de losa aligerada. Se plantea el diseño y análisis del sistema convencional de losa aligerada de una edificación de 6 pisos con sistema aporticado, destinado al uso de vivienda. Respetando los criterios de estructuración, simplicidad y geometría, resistencia y ductilidad, uniformidad y continuidad de los elementos estructurales conformantes.

3.12.1. Diseño por el Método de los Coeficientes del ACI

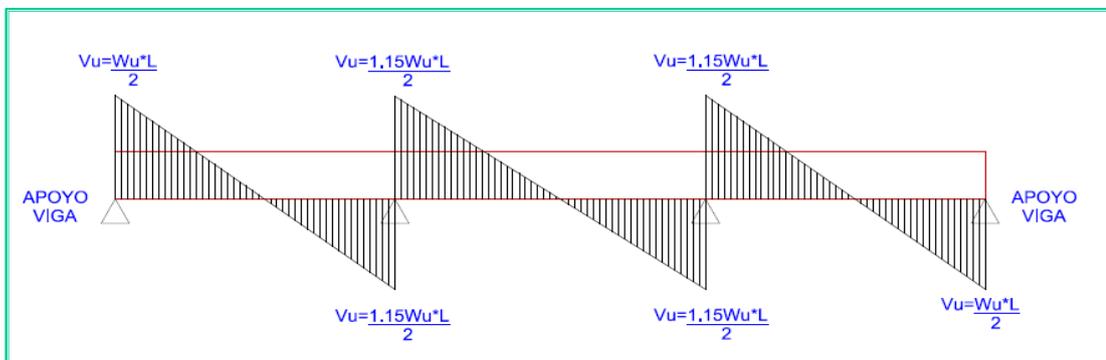
Para el cálculo de los momentos y fuerzas cortantes siempre y cuando se cumpla las siguientes condiciones. **(American Concrete Institute, 1985)**

Gráfico 39: Diagrama del momento flector



Elaboración propia

Gráfico 40: Diagrama de fuerza cortante

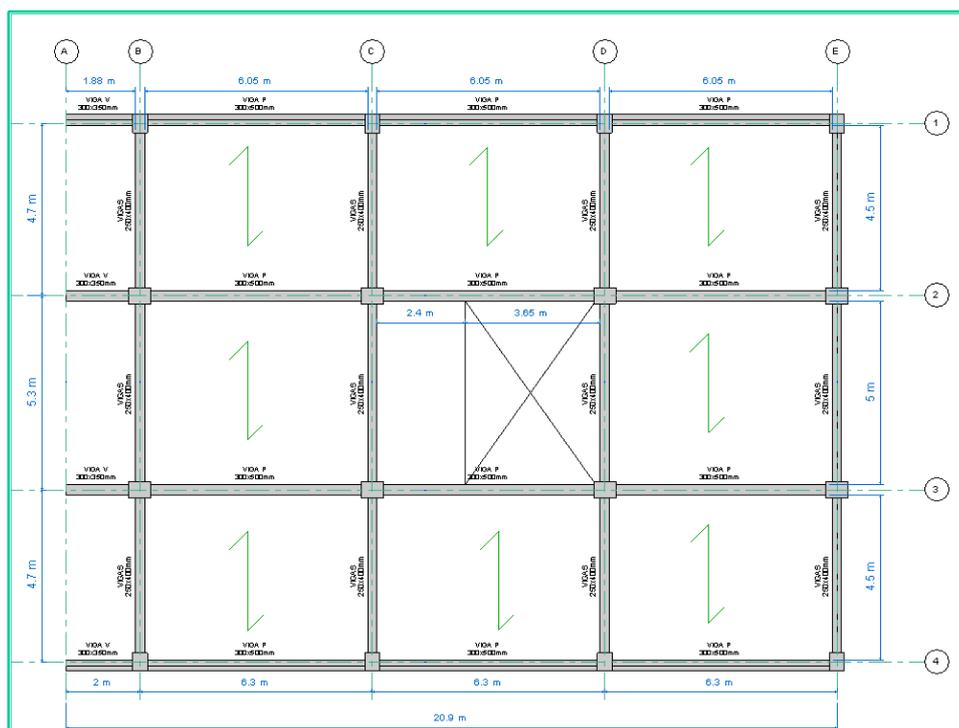


Elaboración propia

Verificación de condiciones:

- Haya dos o más tramos. → CUMPLE
- Las luces de los tramos sean aproximadamente iguales, sin que la mayor de dos luces adyacentes exceda en más de 20% a la menor $L_{mayor}(5.00) / L_{menor}(4.50) = 1.11 \leq 1.2$ → CUMPLE
- Las cargas sean uniformemente distribuidas y no existan cargas concentradas. Las cargas uniformemente distribuidas en cada uno de los tramos deben tener la misma magnitud. → CUMPLE
- La carga viva en servicio no sea mayor a tres veces la carga muerta en servicio ($CV/CM \leq 3$).
 $200 \text{ kg/m}^2 / 550 \text{ kg/m}^2 = 0.36 \leq 3$ → CUMPLE
- Los elementos sean prismáticos de sección constante. → CUMPLE

Gráfico 41: Vista de planta del entrespacio



Elaboración propia

3.12.2. Pre-dimensionamiento

Según el **RNE E.060 Concreto Armado**, para elementos de concreto sometidos a flexión, estos deben diseñarse para que tengan una rigidez

adecuada con el fin de limitar cualquier deformación que pudiese afectar su resistencia o funcionamiento bajo condiciones de servicio. Por lo que en su **capítulo 9.6.2** plantea una tabla de espesores mínimos para no verificar deflexiones para losas aligerada armada en una sola dirección.

Gráfico 42: Tabla de espesores mínimos para losas reforzadas en una dirección

	Espesor o peralte mínimo, h			
	Simplemente apoyados	Con un extremo continuo	Ambos extremos continuos	En voladizo
Elementos	Elementos que no soporten o estén ligados a divisiones u otro tipo de elementos no estructurales susceptibles de dañarse debido a deflexiones grandes.			
Losas macizas en una dirección	$\frac{\ell}{20}$	$\frac{\ell}{24}$	$\frac{\ell}{28}$	$\frac{\ell}{10}$
Vigas o losas nervadas en una dirección	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18,5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

Fuente: RNE 0.60 Concreto Armado – Capítulo 9.6

Datos Iniciales	
F'c=	210 kg/cm ²
Fy=	4200 kg/cm ²
$\phi =$	0.9 flexión
$\phi =$	0.85 corte
# tramos=	3

Luz Libre	
Tramo 1:	4.50 mts
Tramo 2:	5.00 mts
Tramo 3:	4.50 mts
Tramo 4:	- mts
Tramo 5:	- mts

Pre-Dimensionamiento	
Luz mayor discontinua /18.5=	24.32 cm
Luz mayor continua/21=	23.81 cm
Peralte asumido (H)=	25.00 cm

Dimensión de Vigüeta	
B =	40 cm
Bw =	10 cm
Altura de vigüeta=	20 cm
Losa superior =	5 cm

3.12.3. Metrados de cargas

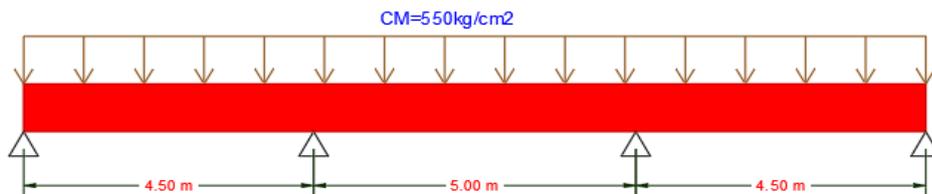
Carga muerta (CM):

- Separación de viguetas : 40 cm
- Peso de vigueta : 48 kg/ml
- Peso de bloque : 10.5 kg/und
- Losa superior : 0.05 m * 2400 kg/m³ 120 kg/m²
- Vigueta : 48 kg/ml / 0.40 m 120 kg/m²
- Bloques de arcilla : 10.5 kg * 8.33 und 87.5 kg/m²

Peso Propio de la losa 327.5 kg

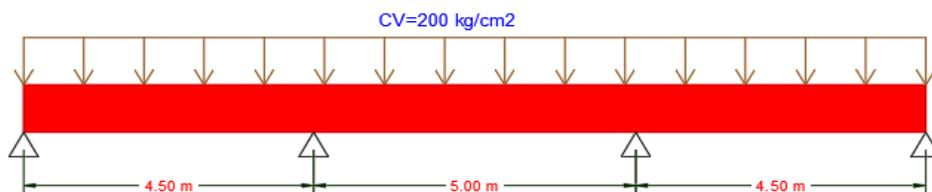
De acuerdo al RNE E-0.20 Cargas, el peso propio por m² para un espesor de losa aligerada armada en una dirección de 25 cm le corresponde una carga de **350 kg/m²**.

Peso Propio de la losa	350 kg/m ²
Peso Acabados	100 kg/m ²
Peso Tabiquería	<u>100 kg/m²</u>
Carga Muerta	550 kg/m²



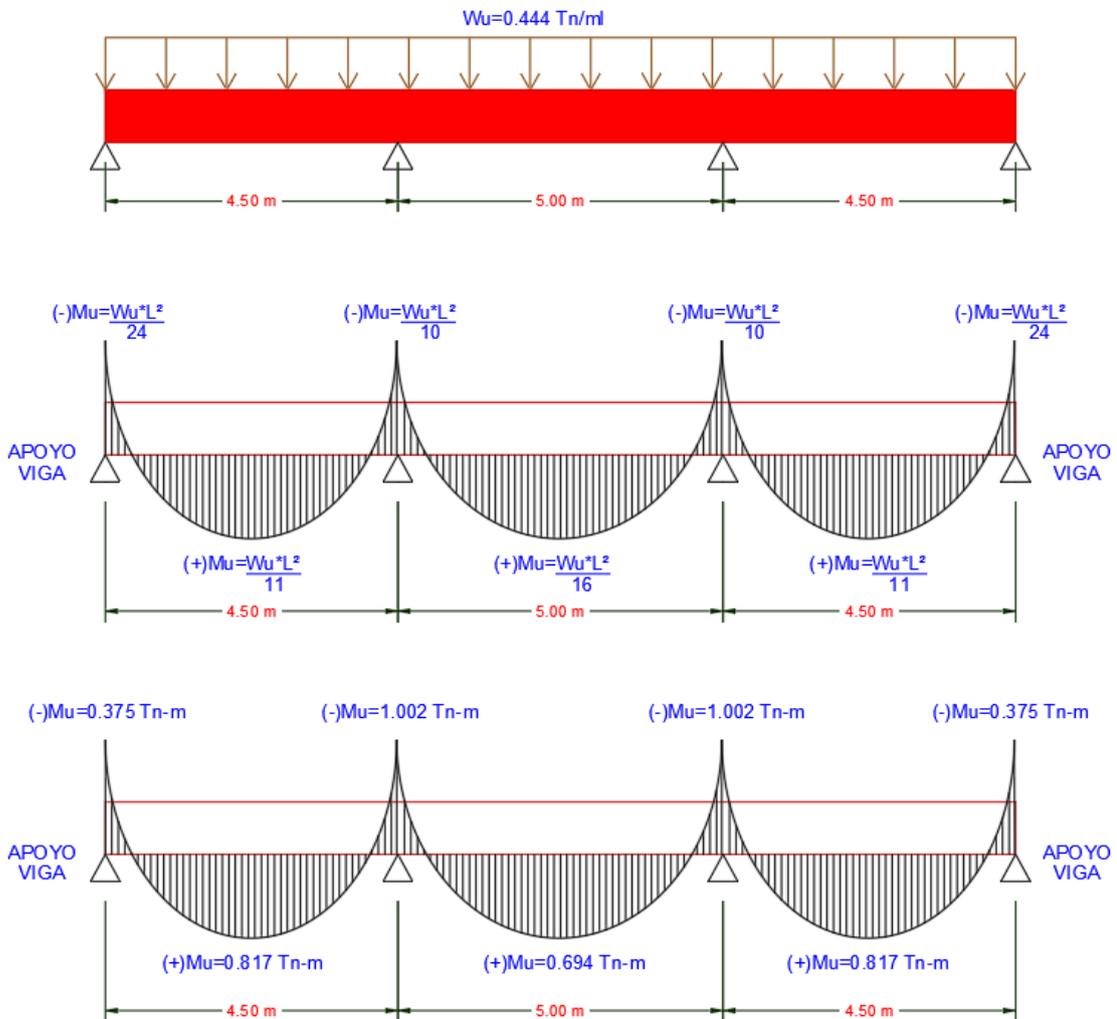
Según el RNE E.020 Cargas, para el uso de viviendas le corresponde una sobrecarga repartida de:

S/C (CV) : 200 Kg/m²



Metrado De Cargas			
Peso Propio:	350.00	kg/m ²	
Peso Acabado:	100.00	kg/m ²	
Peso Tabiquería:	100.00	kg/m ²	
Carga Muerta:	550.00	kg/m ²	→CM por vigueta= 220.00 kg/ml
Carga Viva	200.00	kg/m ²	→CV por vigueta= 80.00 kg/ml
Carga En Servicio:	0.800	Tn/m ²	→CS por vigueta= 0.30 Tn/ml
Carga Última:	1.195	Tn/m ²	→Wu por vigueta= 0.444 Tn/ml

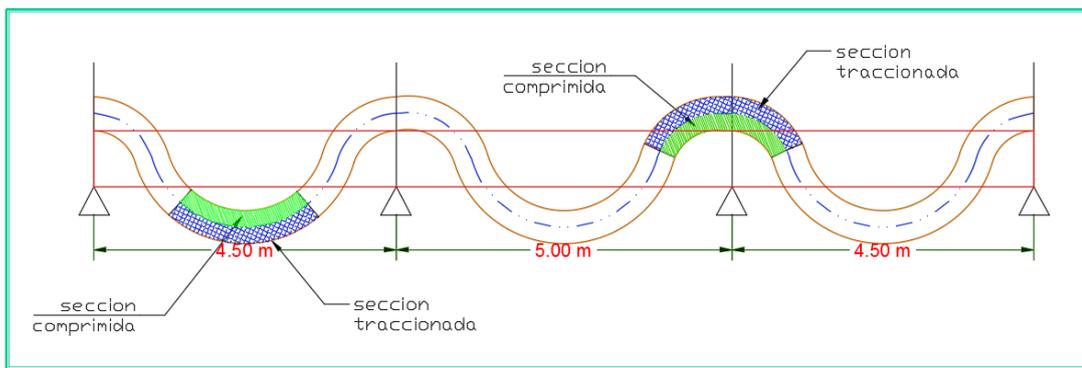
3.12.4. Cálculo del Momentos Flector



3.12.5. Cálculo de refuerzo

Para diseñar el acero requerido para resistir los momentos flectores, las viguetas se consideran como vigas rectangulares, teniendo en cuenta que los momentos positivos deberán ser diseñados con secciones rectangulares de 40 cm, y para el caso de momentos negativos con secciones rectangulares de 10 cm y prácticamente nunca se presentará una viga T, donde el bloque comprimido halla excedido los 5 cm de espesor de losa.

Gráfico 43: Diagrama de alternancia de esfuerzos



Elaboración Propia

Siendo:

$$a = \frac{A_s * F_y}{0.85 F'_c * b} < 5cm \dots \dots \text{viga simplemente reforzada}$$

- a : altura del bloque a compresión
- b : ancho de la viga

La expresión para hallar el área de acero requerida es:

Formula Indirecta: $A_s = \frac{Mu}{\phi F_y (d - \frac{a}{2})}$

Formula Directa : $A_s = \frac{0.85 * F'_c * b * d}{F_y} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2Mu}{0.85 * \phi * F'_c * b * d^2}} \right)$

Donde:

- A_s : área del acero requerida
- M_u : momento último actuante
- ϕ : factor de reducción de resistencia
- d : peralte efectivo
- b : ancho de la viga
- F_y : 4200 Kg/cm²
- F'_c : 210 Kg/cm²

Refuerzo máximo:

Cuantía Máxima : $\rho_{\max} = 0.75 \rho_b$

Refuerzo mínimo:

Cuantía Mínima: $\rho_{\min} = 0.70 * \frac{\sqrt{F'_c}}{F_y}$

Donde:

- b_w : ancho efectivo = 10 cm (momento -)
- b : ancho = 40 cm (momento +)
- d : peralte efectivo = 22 cm
- ϕ : factor por flexión =0.9

Diámetro (plg)	Diámetro (mm)	Área (cm ²)	Peso (kg/ml)
1/4	6.4	0.32	0.2207
3/8	9.5	0.71	0.56
1/2	12.7	1.27	0.99
5/8	15.9	1.98	1.56
3/4	19.1	2.85	2.24

a) Calculo de acero en los apoyos extremos

Para $M (-) = 0.375 \text{ Tn-m}$

$$A_s = \frac{0.85 * 210 \frac{kg}{cm^2} * 10cm * 22cm}{4200 \frac{kg}{cm^2}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 0.375 * 10^5 \frac{kg}{cm^2}}{0.85 * 0.9 * 210 \frac{kg}{cm^2} * 10cm * 22cm^2}} \right)$$

$$A_s = 0.462 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow A_s \text{ refuerzo} = 1\emptyset 1/2" = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{1.27 * 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{0.85 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 10\text{cm}} = 2.99 \text{ cm} \leq 5\text{cm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

b) Calculo de acero positivo

Para M (+) = 0.817 Tn-m

$$A_s = \frac{0.85 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 40\text{cm} * 22\text{cm}}{4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 0.817 * 10^5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{0.85 * 0.9 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 40\text{cm} * 22\text{cm}^2}} \right)$$

$$A_s = 0.996 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow A_s \text{ refuerzo} = 1\emptyset 1/2" = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{1.27 * 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{0.85 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 40\text{cm}} = 0.747\text{cm} \leq 5 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

Para M (+) = 0.694 Tn-m:

$$A_s = \frac{0.85 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 40\text{cm} * 22\text{cm}}{4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 0.694 * 10^5 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{0.85 * 0.9 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 40\text{cm} * 22\text{cm}^2}} \right)$$

$$A_s = 0.844 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow A_s \text{ refuerzo} = 1\emptyset 1/2" = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{1.27 * 4200 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}}{0.85 * 210 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} * 40\text{cm}} = 0.747 \leq 5 \text{ cm} \dots\dots\dots \text{OK}$$

c) Calculo de acero negativo

Para M (-) = 1.002 Tn-m:

$$A_s = \frac{0.85 * 210 \frac{kg}{cm^2} * 10cm * 22cm}{4200 \frac{kg}{cm^2}} * \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 * 1.002 * 10^5 \frac{kg}{cm^2}}{0.85 * 0.9 * 210 \frac{kg}{cm^2} * 10cm * 22cm^2}} \right)$$

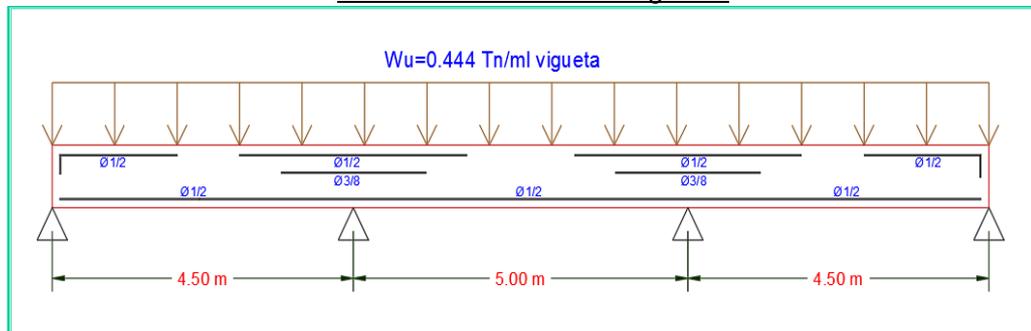
$$A_s = 1.294 \text{ cm}^2$$

$$\rightarrow A_s \text{ refuerzo} = 1\emptyset 1/2'' + 1\emptyset 3/8'' = 1.98 \text{ cm}^2$$

$$a = \frac{1.98 * 4200 \frac{kg}{cm^2}}{0.85 * 210 \frac{kg}{cm^2} * 10cm} = 4.659 \text{ cm} \leq 5 \text{ cm} \dots \dots \text{OK}$$

Cuadro de acero de refuerzo							
Refuerzo	Apoyo 1	Tramo 1-2	Apoyo 2	Tramo 2-3	Apoyo 3	Tramo 3-4	Apoyo 4
Bastón 1	1 \emptyset 1/2	-	1 \emptyset 3/8	-	1 \emptyset 3/8	-	1 \emptyset 1/2
Bastón 2	-	-	1 \emptyset 1/2	-	1 \emptyset 1/2	-	-
Corrido	-	1 \emptyset 1/2	-	1 \emptyset 1/2	-	1 \emptyset 1/2	-
As real cm2	1.27	1.27	1.98	1.27	1.98	1.27	1.27

Gráfico 44: Refuerzo de viguetas



Elaboración Propia

3.12.6. Verificación De Cuantía

Del cuadro de resumen podemos observar que la altura del bloque de compresión “a”, es menor que el espesor de la losa “Hf=5cm”, por tanto, se analizara como una viga simplemente reforzada.

Cuantía de acero en tracción:

$$\rho = \frac{A_s}{b * d}$$

Para la verificación de cuantía se asumirá dos condiciones:

Condición 1:

Establece que la sección de la viga simplemente reforzada falle por fluencia del acero, por tanto, el elemento es sub-reforzado, condición que favorece que ante cualquier evento ya sea por cargas de servicios o fuerzas laterales falle primero el acero que el concreto, esta condición es la que establece el Reglamento Nacional de Edificaciones

$$\rho = \frac{A_s}{b * d} < \rho_b = B1 * 0.85 * \frac{F'_c}{f_y} * \left(\frac{6000}{6000 + f_y} \right) = \text{Falla Ductil}$$

$$\rho_b = 0.85 * 0.85 * \frac{210}{4200} * \left(\frac{6000}{6000 + 4200} \right) = 0.0213$$

Refuerzo	Apoyo 1	Tramo 1-2	Apoyo 2	Tramo 2-3	Apoyo 3	Tramo 3-4	Apoyo 4
As real cm2	1.27	1.27	1.98	1.27	1.98	1.27	1.27
∫	0.0057	0.0057	0.009	0.0057	0.009	0.0057	0.0057
∫ b	0.0213	0.0213	0.0213	0.0213	0.0213	0.0213	0.0213
Tipo de Falla	Dúctil	Dúctil	Dúctil	Dúctil	Dúctil	Dúctil	Dúctil

Condición 2

Establece que la cuantía de dicha viga simplemente reforzada, sea mayor que la cuantía mínima y menor que la cuantía máxima.

$$\rho_{min} = 0.70 * \frac{\sqrt{F'c}}{fy} < \rho = \frac{As}{b * d} < \rho_{max} = 0.75\rho_b$$

$$\rho_{min} = 0.70 * \frac{\sqrt{210}}{4200} = 0.00242 <$$

Cuantía de Viga	
0.0058	OK
0.0058	OK
0.009	OK

$$\rho_{max} = 0.75 * 0.0213 = 0.0160 >$$

Cuantía de Viga	
0.0057	OK
0.0057	OK
0.009	OK

3.12.7. Refuerzo por Temperatura

Necesarios para resistir los esfuerzos por retracción del concreto por cambios de temperatura. Refuerzo de temperatura según el tipo de acero de refuerzo que se use.

- Barras lisas **0,0025**
- Barras corrugadas con $f_y < 420 \text{ Mpa}$ **0,0020**
- Barras corrugadas o malla de alambre (liso o corrugado) de intersecciones soldadas, con $f_y \geq 420 \text{ Mpa}$ **0,0018**

$$As = 0.0018 * 100\text{cm} * 5\text{cm} = 0.9 \text{ cm}^2$$

$$\text{Espc. max} = 3\text{veces} * 5\text{cm} = 15 \text{ cm} \leq 40 \text{ cm}$$

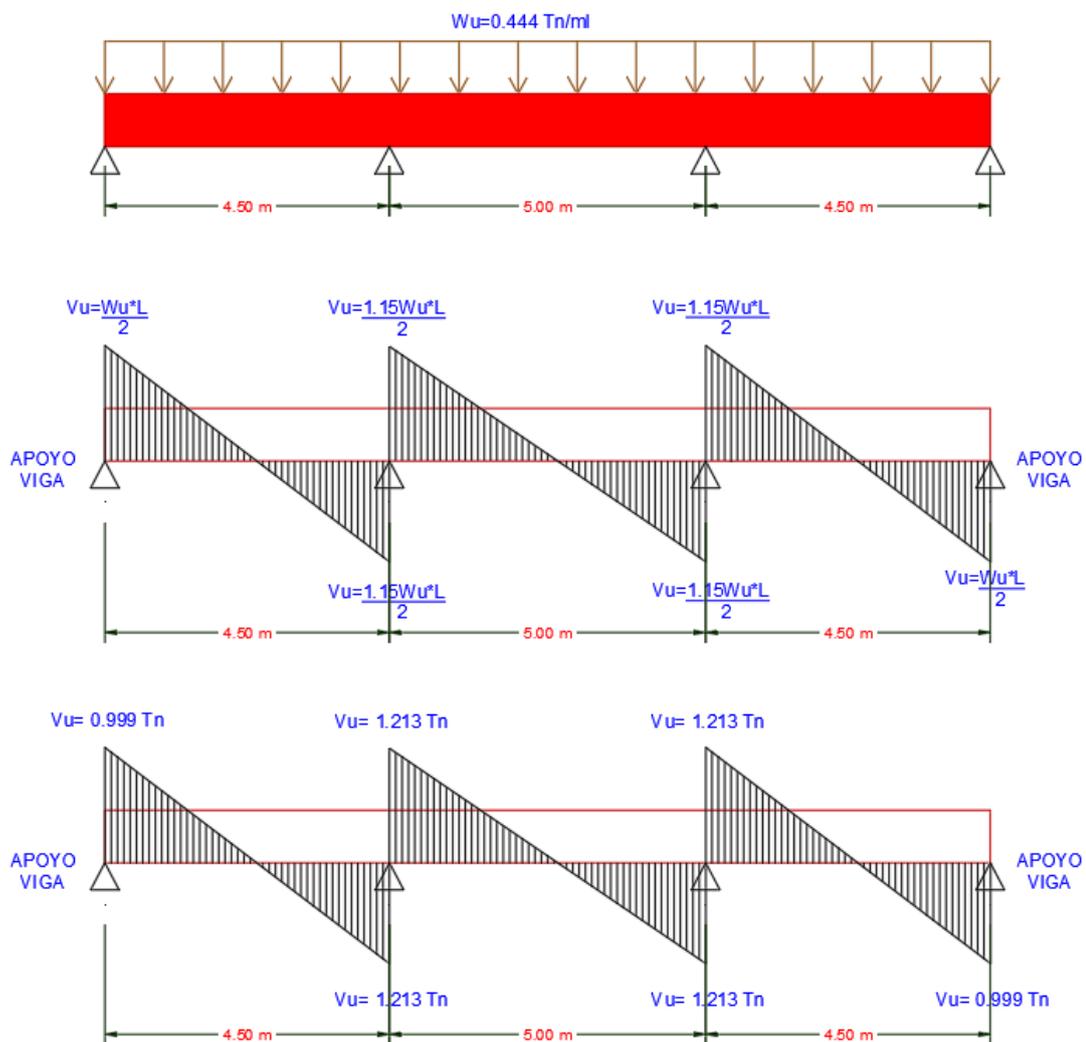
Por lo que se opta por:

$$\text{As-temperatura} = \Phi \frac{1}{4} \text{ " @ } 25\text{cm}$$

3.12.8. Diseño Por Corte

Para la losa aligerada analizada se calculará las fuerzas cortantes últimas haciendo uso del método de los coeficientes.

$$\phi V_n \geq V_u, \phi = 0.85, \text{ para cortante y torsion}$$



Verificando cortante máxima:

$$V_u = 1.15 * \frac{W_u}{2} * L = 1.15 * \frac{0.444 * 4.75}{2} = 1.213 \text{ Tn}$$

$$V_n = \frac{V_u}{\phi} = \frac{1.213}{0.85} = 1.427 \text{ Tn}$$

El valor de $V_n=1.536 \text{ Tn}$ es la cortante producida por la carga sobre las viguetas que trata de cortar a este.

Resistencia del concreto a la cortante

$$V_c = 0.53 * \sqrt{F'_c} * b * d = 0.53 * \sqrt{210} * 10\text{cm} * 22\text{cm} = 1.690 \text{ Tn}$$

La resistencia al cortante V_c , del concreto se incrementa en un 10% debido a que las viguetas están casi juntas y se ayudan entre sí.

$$V_c = 1.690 * 1.10 = 1.859 \text{ Tn}$$

Comparando los valores de fuerzas cortantes nominales, concluimos que no se requieren ensanches en los apoyos extremos ni en los apoyos interiores

$V_c=1.859 \text{ Tn}$	$>$	$V_n = 1.427 \text{ Tn} \dots\dots\dots \text{OK}$
------------------------	-----	--

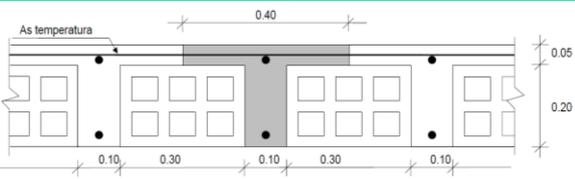
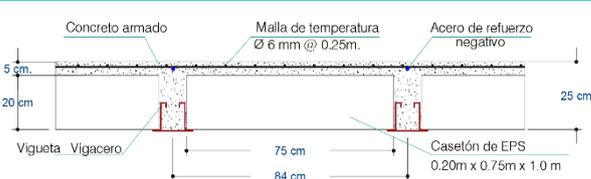
CAPITULO IV

PRESENTACION DE RESULTADOS

En este capítulo, se expondrán los resultados de los aportes de cada sistema aligerado de entrepiso que van desde el peso por metro cuadrado y carga ultima de diseño, costo directo y tiempo de ejecución, estos resultados se presentaran en gráficos para el mejor manejo de la información.

4.1. Peso propio por metro cuadrado

Tabla 3: cálculo de peso propio por m²

Sistema Aligerado Convencional	Sistema Aligerado Vigacero
	
<u>Cálculo de peso propio</u>	<u>Cálculo de peso propio</u>
Separacion entre viguetas = 40 cm	Separacion entre viguetas = 84 cm
Peso del C° de la vigueta = 48 kg/ml	Peso del C° de la vigueta = 38.4 kg/ml

	Peso del perfil vigacero = 4.86 kg/ml
Peso bloque de arcilla = 10.5 kg/und	Peso EPS de alta densidad = 15 kg/m ³
<u>Peso losa de 5cm:</u> = 0.05m × 2400 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ = 120 kg/m²	<u>Peso losa de 5cm:</u> = 0.05m × 2400 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ = 120 kg/m²
<u>Peso vigueta:</u> = $\frac{48 \frac{\text{kg}}{\text{ml}}}{0.40\text{m}}$ = 120kg/m²	<u>Peso de vigueta:</u> = $\frac{38.4 \frac{\text{kg}}{\text{ml}}}{0.84\text{m}} + \frac{4.86 \frac{\text{kg}}{\text{ml}}}{0.84\text{m}}$ = 51.5 kg/m²
<u>Peso del bloque de arcilla:</u> = 10.5 $\frac{\text{kg}}{\text{und}}$ × 8.33 $\frac{\text{und}}{\text{m}^2}$ = 87.5 kg/m²	<u>Peso EPS de alta densidad:</u> = $\frac{15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 0.20\text{m}}{0.84 \text{ m}}$ = 3.57 kg/m²
<u>Peso Propio por m²:</u> = 120 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ + 120 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ + 87.5 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ \cong 350 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	<u>Peso Propio por m²:</u> 120 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ + 51.5 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ + 2.68 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$ \cong 200 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$

Una de las ventajas que propone el sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero no solo es de proponer reducir el peso/m² sino la de amplificar su capacidad resistente, dada su formabilidad mejorada por tal, es prudente calcular la carga ultima de diseño de ambos sistemas aligerados.

Tabla 4: Calculo de la carga ultima de diseño WU

Sistema Aligerado Convencional	Sistema Aligerado Vigacero
Peso propio = 350.00 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	Peso propio = 200.00 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
Peso de tabiqueria = 100.00 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	Peso de tabiqueria = 100.00 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
Peso de acabados = 100.00 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	Peso de acabados = 100.00 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
Carga Muerta = 550.00 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	Carga Muerta = 400.00 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
Carga Viva = 200.00 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$	Carga Viva = 200.00 $\frac{\text{kg}}{\text{m}^2}$
Carga Ultima de Diseño	Carga Ultima de Diseño
$W_u = 1.4 \left(550 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) + 1.7 \left(200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right)$	$W_u = 1.4 \left(380 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right) + 1.7 \left(200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right)$

$$Wu = 1,110.00 \text{ kg/m}^2$$

$$Wu/vigueta = 1,110 \text{ Tn/m}^2 \times 0.40\text{m}$$

$$Wu/vigueta = 444.00 \text{ kg/ml}$$

$$Wu = 900.00 \text{ kg/m}^2$$

$$Wu/vigueta = 900 \text{ kg/m}^2 \times 0.84\text{m}$$

$$Wu/vigueta = 756.00 \text{ kg/ml}$$

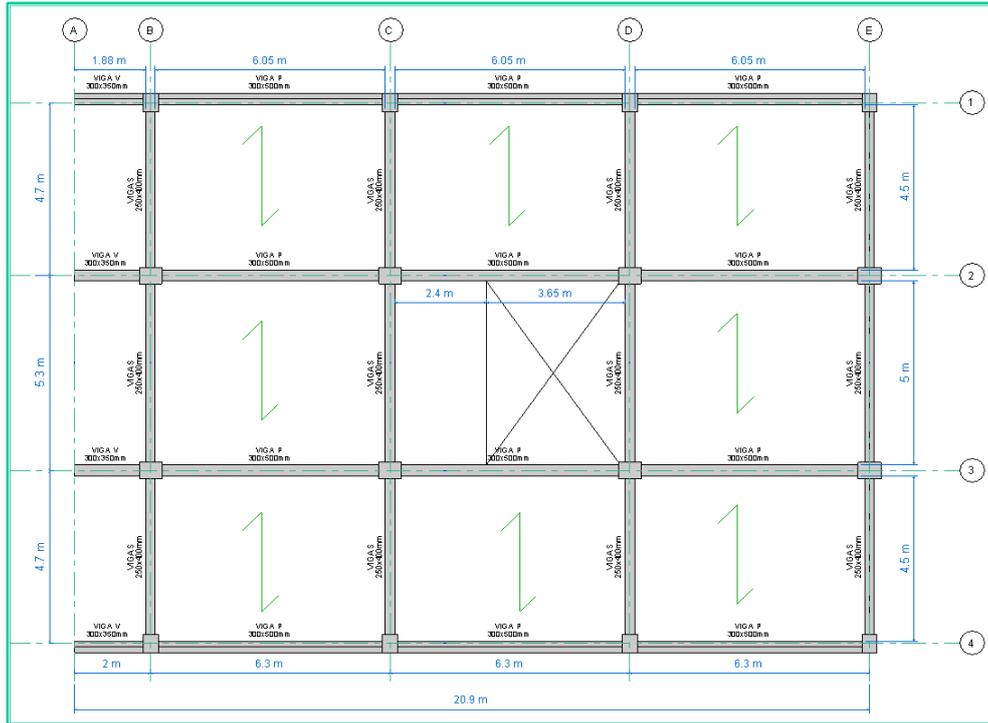
4.2. Costo directo

4.2.1. Metrado del sistema aligerado convencional

4.2.1.1 Encofrado y desencofrado (m2)

Descripción	#	Largo	Ancho	Área
Metrado del 1-5 Piso				
PAÑO A				
eje D-E/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje D-E/2-3	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO B				
eje C-D/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje C-D/2-3	1	2.40	5.00	12.00
PAÑO C				
eje B-C/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje B-C/2-3	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO D-Volado				
eje A-B/1-2,3-4	2	1.88	4.50	16.92
eje A-B/2-3	1	1.88	5.00	9.40
Área (m2).				262.20
Número de Pisos				5
Total (m2).				1,311.00

Gráfico 45: Vista de planta sistema convencional 1-5 Piso



Elaboración Propia

Descripción	#	Largo	Ancho.	Área
Metrado del 6 Piso				
PAÑO A				
eje D-E/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje D-E/2-3	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO B				
eje C-D/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje C-D/2-4	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO C				
eje B-C/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje B-C/2-3	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO D-Volado				
eje A-B/1-2,3-4	2	1.88	4.50	16.92
eje A-B/2-3	1	1.88	5.00	9.40
Área (m2).				280.50
Número de Pisos				1
Total (m2).				280.50

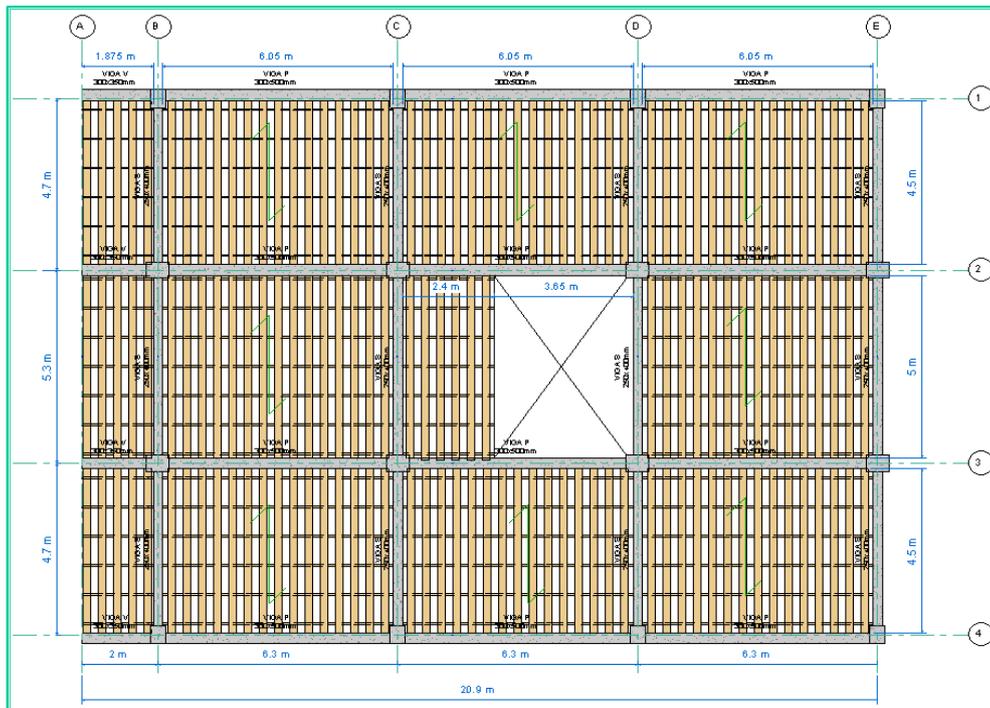
Gráfico 46: Vista de planta sistema convencional 6 Piso



Elaboración Propia

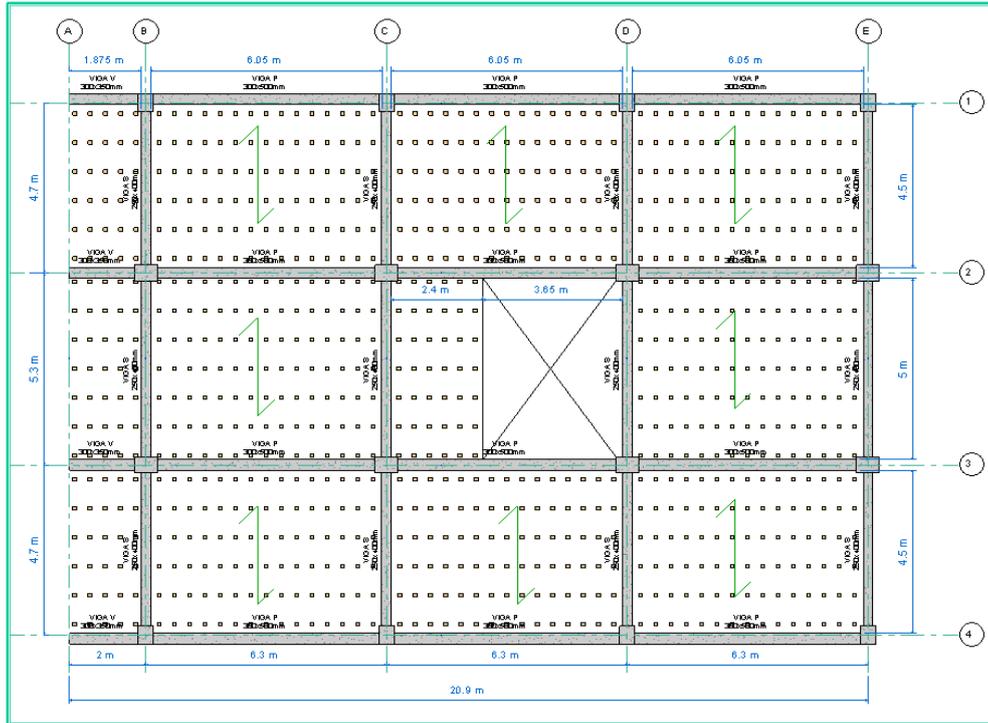
N° pisos	Área de encofrado(m ²)
1er – 5to piso	1,311.00
6to piso	280.50
Total	1,591.50

Gráfico 47: Vista de tablonos y soleras de encofrado



Elaboración Propia

Gráfico 48: Vista de puntales de encofrado



Elaboración Propia

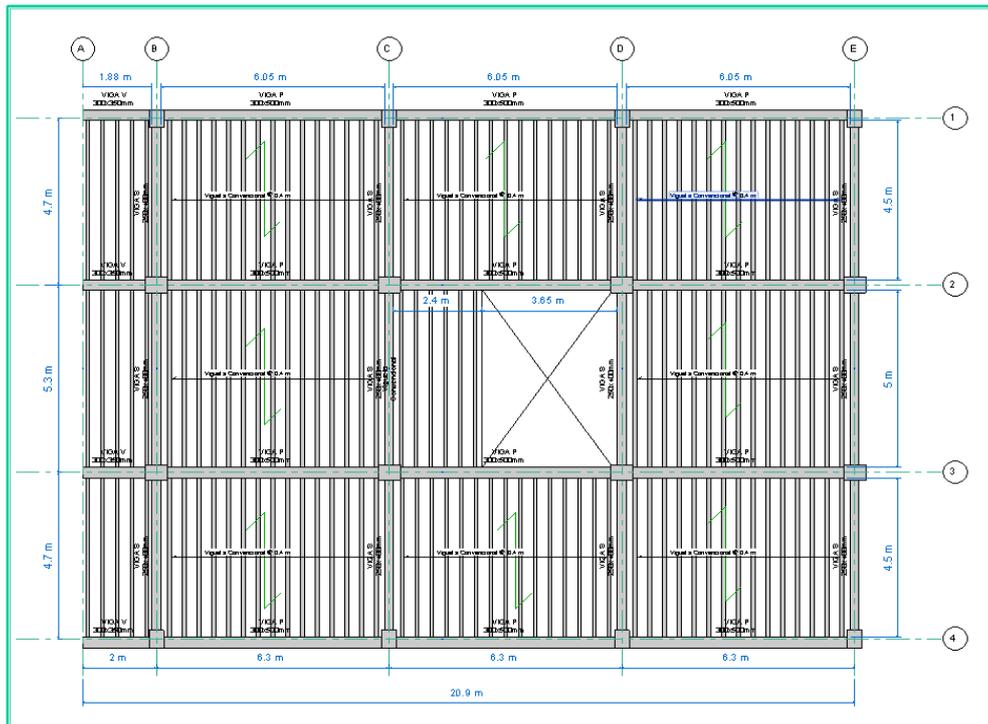
Cantidad De Elementos De Encofrado				
Descripción	Puntales @0.80	Tablones @0.40	Soleras @0.80	Frisos
PAÑO A				
eje D-E/1-2,3-4	180	30	12	0
eje D-E/2-3	105	15	7	0
PAÑO B				
eje C-D/1-2,3-4	180	30	12	0
eje C-D/2-3	42	6	7	0
PAÑO C				
eje B-C/1-2,3-4	180	30	12	0
eje B-C/2-3	105	15	7	0
PAÑO D-Volado				
eje A-B/1-2,3-4	60	10	12	2
eje A-B/2-3	35	5	7	1
Total 1-5 piso (und)	887	141	76	3

Aporte Unitario De Encofrado				
Descripción	Puntales @0.80	Tablones @0.40	Soleras @0.80	Frisos
Sección (pulg)	4"x4"	1.5"x8"	2"x4"	1.5"x8"
Sección (pie)	1.33	1.00	0.67	1.00
PAÑO A				
eje D-E/1-2,3-4	1,969.00	443.00	159.00	0.00
eje D-E/2-3	1,148.00	246.00	93.00	0.00
PAÑO B				
eje C-D/1-2,3-4	1,969.00	443.00	159.00	0.00
eje C-D/2-3	459.00	98.00	37.00	0.00
PAÑO C				
eje B-C/1-2,3-4	1,969.00	443.00	159.00	0.00
eje B-C/2-3	1,148.00	246.00	93.00	0.00
PAÑO D-Volado				
eje A-B/1-2,3-4	656.00	148.00	49.00	100.00
eje A-B/2-3	383.00	82.00	29.00	50.00
Cantidad por tipo	9,700.00	2,149.00	777.00	150.00
Total (pie²)	12,676.00			
Desperdicio (10%)	13,944.00			
Área a encofrar	262.20			
# Usos	6.00			
Aporte Unitario	8.86			

4.2.1.2 Viguetas Convencionales (und)

Metrado del 1-5 piso					
	Ancho	Espacio	Cantidad	# Veces	Sub-Total
Paño A					
eje D-E/1-4	6.05	0.40 m	15	3	45
Paño B					
eje C-D/1-2;3-4	6.05	0.40 m	15	2	30
eje C-D/2-3	2.40	0.40 m	6	1	6
Paño C					
eje B-C/1-4	6.05	0.40 m	15	3	45
Paño D-Volado					
eje A-B/1-4	1.88	0.40 m	5	3	15
Sub-total (Und)					141
# Pisos					5
Total (Und)					705

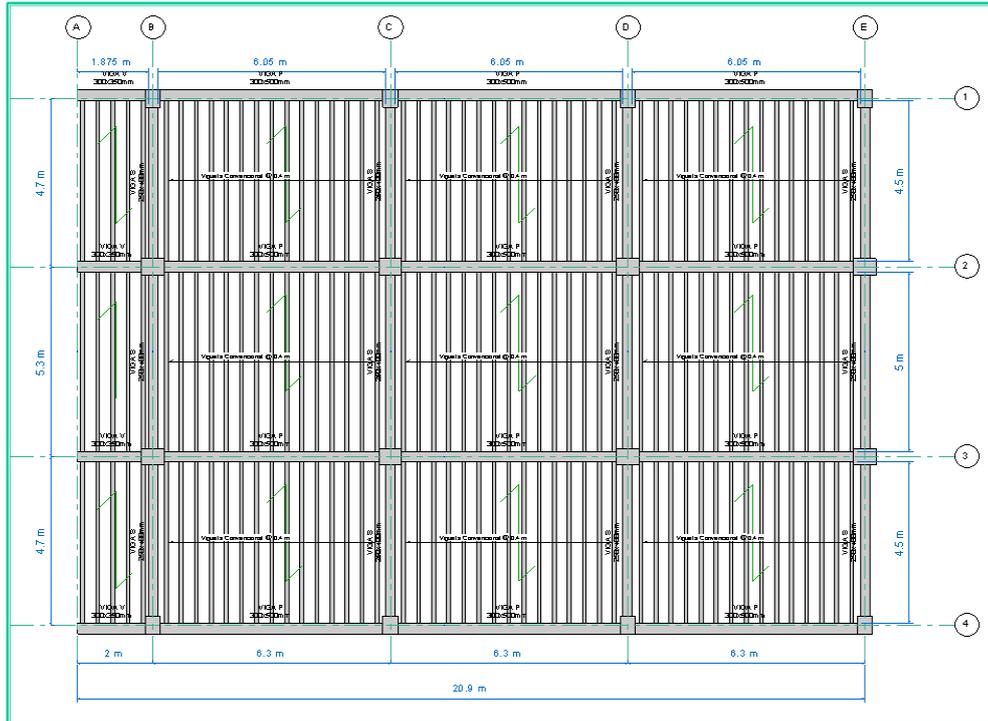
Gráfico 49: Vista de viguetas convencionales 1-5 piso



Elaboración Propia

Metrado del 6 piso					
	Ancho	Espacio	Cantidad	# Veces	Sub-Total
Paño A					
eje D-E/1-4	6.05	0.40 m	15	3	45
Paño B					
eje C-D/1-4	6.05	0.40 m	15	3	45
Paño C					
eje B-C/1-4	6.05	0.40 m	15	3	45
Paño D Volado					
eje A-B/1-4	1.88	0.40 m	5	3	15
Sub-Total(Und)					150
# Pisos					1
Total (Und)					150

Gráfico 50: Vista de viguetas convencionales 6 piso



Elaboración Propia

N° pisos	Viguetas Convencionales
1-5 piso	705 und
6 piso	150 und
Total (Und)	855 und

4.2.1.3 Bloques huecos de arcilla (und)

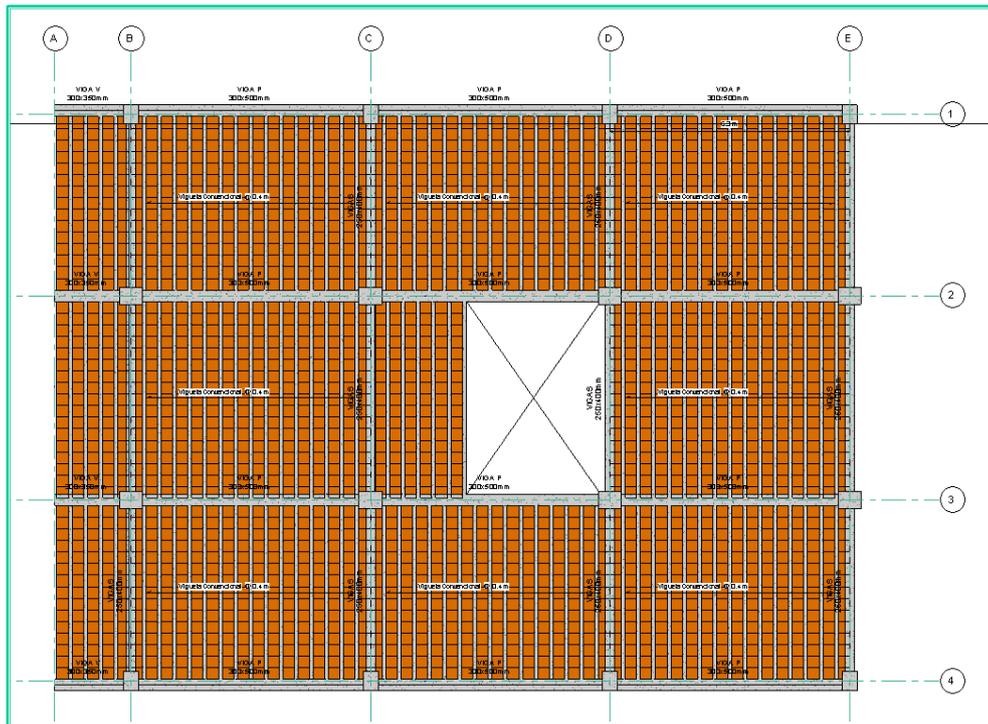
A continuación, se calculará la cantidad de ladrillos huecos de arcilla por metro cuadrado de losa aligerada:

$$C = \frac{1}{(A + V) * L} = \frac{1}{0.40 * 0.30} = 9 \text{ und/m}^2$$

Donde:

- C= cantidad de ladrillo (und/m²)
- L= longitud de ladrillo hueco (m)
- A= Ancho de ladrillo hueco, 0.30m estándar
- V= Ancho de la vigueta, 0.10 m

Gráfico 51: Vista de bloques de arcilla 1-5 piso



Elaboración Propia

Gráfico 52: Vista de bloques de arcilla 6 piso



Elaboración Propia

N° pisos	Área (m2)	Ladrillos (und/m2)	Cantidad (und)
1er	262.20	9	2,360
2do	262.20	9	2,360
3ro	262.20	9	2,360
4to	262.20	9	2,360
5to	262.20	9	2,360
6to	280.50	9	2,525
Total	1,591.50	Sub-Total	14,325
		Desperdicio 3%	14,754.75
		Total (Und)	14,755.00

4.2.1.4 Volumen de concreto pre-mezclado $F'c=210\text{kg/m}^3$ (m3)

Espesor de losa (cm)	Concreto m3xm2
17 cm	0.080
20 cm	0.087545
25 cm	0.1000
30 cm	0.112575

Volumen de Concreto 1-5 piso						
Descripción	# Veces	Larga	Ancho	Área	Factor m3/m2	Parcial
PAÑO A						
eje D-E/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45	0.10	5.455
eje D-E/2-3	1	6.05	5.00	30.25	0.10	3.025
PAÑO B						
eje C-D/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45	0.10	5.445
eje C-D/2-3	1	2.40	5.00	12.00	0.10	1.200
PAÑO C						
eje B-C/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45	0.10	5.445
eje B-C/2-3	1	6.05	5.00	30.25	0.10	3.025
PAÑO D-Volado						
eje A-B/1-2,3-4	2	1.88	4.50	16.92	0.10	1.692
eje A-B/2-3	1	1.88	5.00	9.40	0.10	0.940
Volumen de Concreto (m3).						26.22
Desperdicio (1%)						26.48
Número de Pisos						5
Volumen de Concreto (m3).						132.40

Volumen de Concreto 6 piso						
Descripción	# Veces	Larga	Ancho	Sub total.	Factor m3/m2	Parcial
PAÑO A						
eje D-E/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45	0.10	5.445
eje D-E/2-3	1	6.05	5.00	30.25	0.10	3.025
PAÑO B						
eje C-D/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45	0.10	5.445
eje C-D/2-3	1	6.05	5.00	30.25	0.10	3.025
PAÑO C						
eje B-C/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45	0.10	5.445
eje B-C/2-3	1	6.05	5.00	30.25	0.10	3.025
PAÑO D-Volado						
eje A-B/1-2,3-4	2	1.88	4.50	16.92	0.10	1.692
eje A-B/2-3	1	1.88	5.00	9.40	0.10	0.940
Volumen de Concreto (m3).						28.04
Desperdicio (1%)						28.32
Número de Pisos						1
Volumen de Concreto (m3).						28.32

N° pisos	Volumen de Concreto
1-5 piso	132.40 m ³
6 piso	28.32 m ³
Total (m³)	161.00 m³

4.2.1.5 Acero de refuerzo (kg)

Metrado de Refuerzo de viguetas 1-5 piso									
Descripción	Cant.	Tipo	#	Long.	Ø	1/4	3/8	1/2	5/8
Paño A									
eje D-E/1-4	15	Corrido Ext.	2	5.05	1/2	-	-	151.50	-
	15	Corrido Cent.	1	5.55	1/2	-	-	83.25	-
	15	Bastón	2	1.40	1/2	-	-	42.00	-
	15	Balancín	2	3.45	1/2	-	-	103.50	-
	15	Balancín	2	1.90	3/8	-	57.00	-	-
Paño B									
eje C-D/1-4	6	Corrido Ext.	2	5.05	1/2	-	-	60.60	-
	6	Corrido Cent.	1	5.55	1/2	-	-	33.30	-
	6	Bastón	2	1.40	1/2	-	-	16.80	-
	6	Balancín	2	3.45	1/2	-	-	41.40	-

	6	Balancín	2	1.90	3/8	-	22.80	-	-
eje C-D/1-2,3-4	9	Corrido Cent.	2	5.55	1/2	-	-	99.90	-
	9	Bastón	2	1.40	1/2	-	-	25.20	-
	9	Balancín	2	1.78	1/2	-	-	31.95	-
	9	Balancín	2	1.03	3/8	-	18.45	-	-
Paño C						-	-	-	-
eje B-C/1-4	15	Corrido Ext.	2	5.05	1/2	-	-	151.50	-
	15	Corrido Cent.	1	5.55	1/2	-	-	83.25	-
	15	Bastón	2	1.40	1/2	-	-	42.00	-
	15	Balancín	2	3.45	1/2	-	-	103.50	-
	15	Balancín	2	1.90	3/8	-	57.00	-	-
Paño D-Volado						-	-	-	-
eje A-B/1-4	5	Corrido Ext.	2	5.05	1/2	-	-	55.00	-
	5	Corrido Cent.	1	5.55	1/2	-	-	27.75	-
	5	Bastón	2	1.40	1/2	-	-	16.25	-
	5	Balancín	2	3.45	1/2	-	-	34.50	-
	5	Balancín	2	1.90	3/8	-	19.00	-	-
Temperatura						-	-	-	-
eje A-E/1-2, 3-4	18	Temperatura	2	21.55	1/4	775.80	-	-	-
eje A-C/2-3	20	Temperatura	1	11.13	1/4	222.50	-	-	-
eje D-E/2-3	20	Temperatura	1	6.50	1/4	130.00	-	-	-
		Sub-Total ml.				1,128.30	174.25	1,203.15	-
		Peso por ml.				0.22	0.56	0.99	1.56
		Sub total en Kg.				249.02	97.58	1,190.04	-
		Desperdicio (5%)				261.47	102.46	1,249.54	-
		Sub-Total Acero (Kg).				1,614.00			
		Número de Pisos				5.00			
		Total Acero (Kg)				8,070.00			

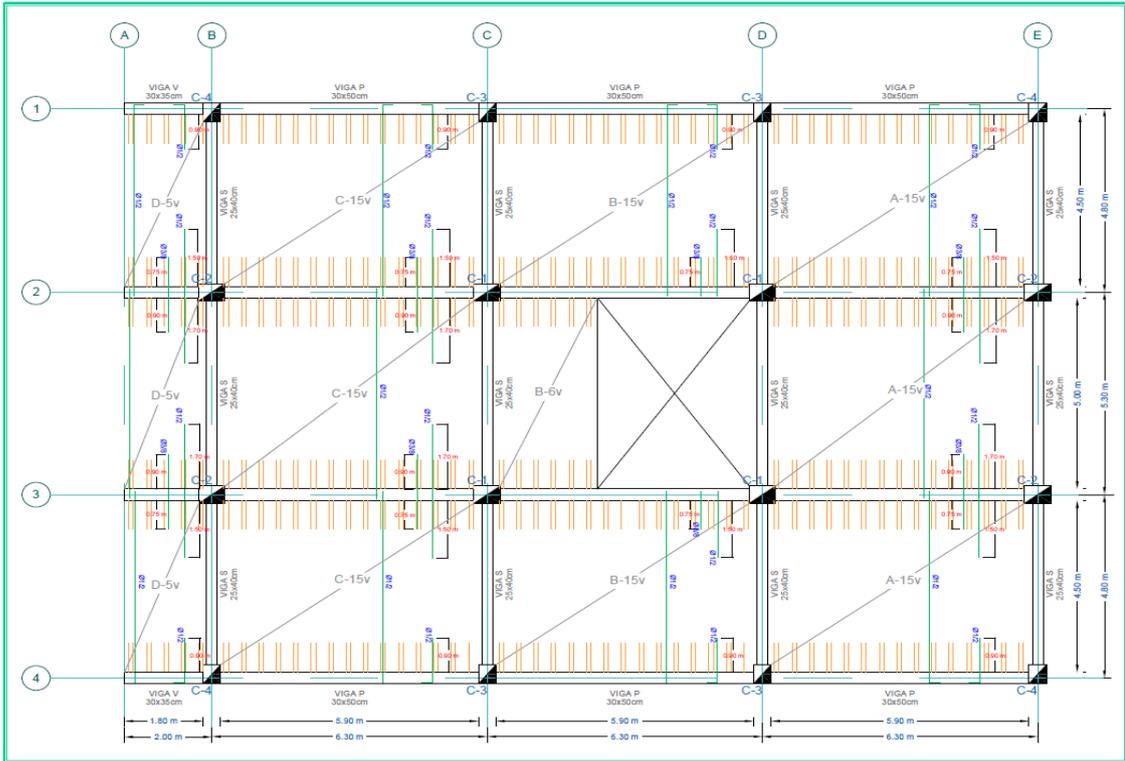
Metrado de Refuerzo de viguetas 6 piso									
Descripción	Cant.	Tipo	#	Long.	Ø	1/4	3/8	1/2	5/8
Paño A									
eje D-E/1-4	15	Corrido Ext.	2	5.05	1/2	-	-	151.50	-
	15	Corrido Cent.	1	5.55	1/2	-	-	83.25	-
	15	Bastón	2	1.40	1/2	-	-	42.00	-
	15	Balancín	2	3.45	1/2	-	-	103.50	-
	15	Balancín	2	1.90	3/8	-	57.00	-	-
Paño B									
eje C-D/1-4	15	Corrido Ext.	2	5.05	1/2	-	-	151.50	-

	15	Corrido Cent.	1	5.55	1/2	-	-	83.25	-
	15	Bastón	2	1.40	1/2	-	-	42.00	-
	15	Balancín	2	3.45	1/2	-	-	103.50	-
	15	Balancín	2	1.90	3/8	-	57.00	-	-
Paño C						-	-	-	-
eje B-C/1-4	15	Corrido Ext.	2	5.05	1/2	-	-	151.50	-
	15	Corrido Cent.	1	5.55	1/2	-	-	83.25	-
	15	Bastón	2	1.40	1/2	-	-	42.00	-
	15	Balancín	2	3.45	1/2	-	-	103.50	-
	15	Balancín	2	1.90	3/8	-	57.00	-	-
Paño D-Volado						-	-	-	-
eje A-B/1-4	5	Corrido Ext.	2	5.05	1/2	-	-	55.00	-
	5	Corrido Cent.	1	5.55	1/2	-	-	27.75	-
	5	Bastón	2	1.40	1/2	-	-	16.25	-
	5	Balancín	2	3.45	1/2	-	-	34.50	-
	5	Balancín	2	1.90	3/8	-	19.00	-	-
Temperatura						-	-	-	-
eje A-E/1-2, 3-4	18	Temperatura	2	21.55	1/4	775.80	-	-	-
eje A-E/2-3	20	Temperatura	1	21.55	1/4	431.00	-	-	-
Sub-Total ml.						1206.80	190.00	1274.25	-
Peso por ml.						0.22	0.56	0.99	1.56
Sub total en Kg.						266.34	106.40	1260.36	-
Desperdicio (5%)						279.66	111.72	1,323.38	-
Sub-Total Acero (Kg).						1,715.00			
Número de Pisos						1.00			
Total Acero (Kg)						1,715.00			

Cantidad de refuerzo por diámetro			
N° Pisos	1/4"	3/8"	1/2"
1-5 piso	1,307.35	512.30	6,247.70
6 piso	279.66	111.72	1,323.38
Sub-Total (kg)	1,588.00	625.00	7,572.00
Total (kg)	9,785.00		

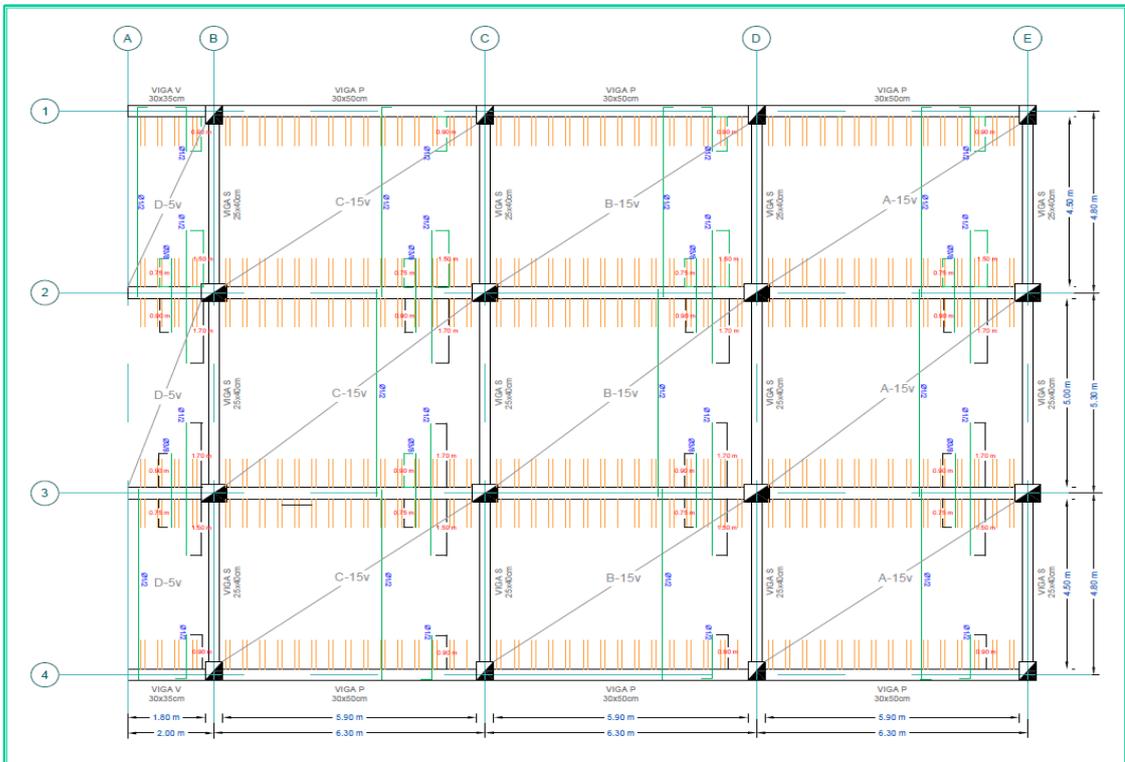
N° pisos	Cantidad de Refuerzo
1-5 piso	8,070.00
6 piso	1,715.00
Total (kg)	9,785.00

Gráfico 53: Refuerzo Convencional del 1-5to piso



Elaboración Propia

Gráfico 54: Refuerzo Convencional del 6to piso



Elaboración Propia

4.2.1.6 Tarrajeo de cielo raso (m2)

Descripción	#	Largo	Ancho	Área
Metrado del 1-5 Piso				
PAÑO A				
eje D-E/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje D-E/2-3	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO B				
eje C-D/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje C-D/2-3	1	2.40	5.00	12.00
PAÑO C				
eje B-C/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje B-C/2-3	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO D-Volado				
eje A-B/1-2,3-4	2	1.88	4.50	16.92
eje A-B/2-3	1	1.88	5.00	9.40
Área (m2).				262.20
Número de Pisos				5
Total (m2).				1,311.00

Descripción	#	Largo	Ancho	Área
Metrado del 6 Piso				
PAÑO A				
eje D-E/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje D-E/2-3	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO B				
eje C-D/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje C-D/2-4	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO C				
eje B-C/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje B-C/2-3	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO D-Volado				
eje A-B/1-2,3-4	2	1.88	4.50	16.92
eje A-B/2-3	1	1.88	5.00	9.40
Área (m2).				280.50
Número de Pisos				1
Total (m2).				280.50

N° pisos	Área de cielo raso(m2)
1er – 5to piso	1,311.00
6to piso	280.50
Total	1,591.50

4.2.1.7 Resumen de Metrado

DESCRIPCION	
Encofrado	Und
Tablones 1.5"*8"	141.00
Soleras 2"*4"	76.00
Puntales 4"*4"	887.00
Frisos 1.5"*8"	3.00
Aporte Unitario	Pie² /m²
Cantidad de encofrado	8.86
Viguetas	Und
Viguetas convencionales	855.00
Material Aligerante	Und
Bloque 30*30*20	14,755.00
Concreto	M³
F'c=210kg/m³	
Concreto pre-mezclado	161.00
Barras Corrugadas	Kg
Refuerzo de 1/4"	1,588.00
Refuerzo de 3/8"	625.00
Refuerzo de 1/2"	1,323.38
Acero Total	9,785.00
Cielo Raso	M²
Área para tarrajeo	1,591.50



4.2.2. Presupuesto

Presupuesto

Presupuesto	1101001	EDIFICACIO MULTIFAMILIAR - "LA MOLINA"					
Subpresupuesto	001	ESTRUCTURAS					
Cliente	RIVERA GRANADOS, DIEGO PERCY				Costo al	01/11/2016	
Lugar	JUNIN - HUANCAYO - HUANCAYO						
Item	Código	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
01		ESTRUCTURAS				231,877.19	
01.01		CONCRETO ARMADO				231,877.19	
01.01.01		SISTEMA ALIGERADO CONVENCIONAL				231,877.19	
01.01.01.01	010106020202-1101001-01	ENCOFRADO NORMAL DE LOSAS ALIGERADAS	m2	1,591.50	40.76	64,869.54	
01.01.01.02	010106050108-1101001-01	DESENCOFRADO DE ALIGERADO	m2	1,591.50	5.63	8,960.15	
01.01.01.03	010107010106-1101001-01	ACERO CORRUGADO PROMEDIO, Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	9,785.00	3.61	35,323.85	
01.01.01.04	010106120105-1101001-01	LADRILLO HUECO DE ARCILLA H=0.20m PARA LOSA ALIGERADA	und	14,755.00	3.39	50,019.45	
01.01.01.05	010105020504-1101001-01	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS ALIGERADAS f'c=210 kg/cm2	m3	161.00	244.08	39,296.88	
01.01.01.06	010109010401-1101001-01	TARRAJEO DE CIELORASO	m2	1,591.50	20.08	31,957.32	
01.01.01.07	010305010202-1101001-01	FLETE TERRESTRE	ser	1.00	1,450.00	1,450.00	
		COSTO DIRECTO				231,877.19	
		GASTOS GENERALES (15%CD)				34,781.58	
		UTILIDAD (10%CD)				23,187.72	

		SUBTOTAL				289,846.49	
		IMPUESTO (IGV 18%)				52,172.37	
						=====	
		PRESUPUESTO TOTAL				342,018.86	

SON : TRESCIENTOS CUARENTIDOS MIL DIECIOCHO Y 86/100 NUEVOS SOLES

4.2.3. Análisis de precios unitarios

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1101001	EDIFICACION MULTIFAMILIAR - "LA MOLINA"						
Subpresupuesto	001	ESTRUCTURAS						
Partida	01.01.01.01	ENCOFRADO NORMAL DE LOSAS ALIGERADAS						
Rendimiento	m2/DIA	12.0000	EQ.	12.0000	Costo unitario directo por : m2		40.76	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0667	13.13	0.88	
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.6667	10.65	7.10	
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.6667	8.78	5.85	
							13.83	
	Materiales							
0201040001	PETROLEO D-2		gal		0.0500	8.73	0.44	
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8		kg		0.1200	4.20	0.50	
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"		kg		0.1900	4.03	0.77	
0231010001	MADERA TORNILLO		p2		8.8600	2.80	24.81	
							26.52	
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	13.83	0.41	
							0.41	
Partida	01.01.01.02	DESENCOFRADO DE ALIGERADO						
Rendimiento	m2/DIA	36.0000	EQ.	36.0000	Costo unitario directo por : m2		5.63	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.2222	8.78	1.95	
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.4444	7.93	3.52	
							5.47	
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	5.47	0.16	
							0.16	
Partida	01.01.01.03	ACERO CORRUGADO PROMEDIO, Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60						
Rendimiento	kg/DIA	350.0000	EQ.	350.0000	Costo unitario directo por : kg		3.61	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0023	13.13	0.03	

0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0229	10.65	0.24
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0229	8.78	0.20
						0.47

Materiales

02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0700	4.20	0.29
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0700	2.58	2.76
						3.05

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.47	0.02
03013300020002	CIZALLA ELECTRICA DE FIERRO	hm	0.3200	0.0073	9.00	0.07
						0.09

Partida **01.01.01.04** **LADRILLO HUECO DE ARCILLA H=0.20m PARA LOSA ALIGERADA**

Rendimiento	und/DIA	1,300.0000	EQ.	1,300.0000	Costo unitario directo por : und	3.39
-------------	----------------	-------------------	-----	-------------------	----------------------------------	-------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0006	13.13	0.01
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0062	10.65	0.07
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0062	8.78	0.05
0101010005	PEON	hh	9.0000	0.0554	7.93	0.44
						0.57
Materiales						
02160100040003	LADRILLO PARA TECHO 8H DE 20X30X30 cm	und		1.0000	2.80	2.80
						2.80
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.57	0.02
						0.02

Partida **01.01.01.05** **CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS ALIGERADAS f'c=210 kg/cm2**

Rendimiento	m3/DIA	100.0000	EQ.	100.0000	Costo unitario directo por : m3	244.08
-------------	---------------	-----------------	-----	-----------------	---------------------------------	---------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	4.0000	0.3200	10.65	3.41
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.1600	8.78	1.40
0101010005	PEON	hh	5.0000	0.4000	7.93	3.17
						7.98
Materiales						
0201030001	GASOLINA	gal		0.1500	8.14	1.22
02190100010010	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 kg/cm2	m3		1.0200	224.58	229.07
02190500010001	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO	m3		1.0200	5.30	5.41
						235.70
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	7.98	0.24
03012900010004	VIBRADOR A GASOLINA	día	2.0000	0.0200	8.00	0.16
						0.40

Partida	01.01.01.06		TARRAJEO DE CIELORASO				
Rendimiento	m2/DIA	10.0000	EQ.	10.0000	Costo unitario directo por : m2	20.08	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ		hh	0.1000	0.0800	13.13	1.05
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.8000	10.65	8.52
0101010005	PEON		hh	0.7500	0.6000	7.93	4.76
							14.33
Materiales							
02070200010001	ARENA FINA		m3		0.0330	27.12	0.89
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.0054	8.00	0.04
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol		0.1780	17.63	3.14
0231010001	MADERA TORNILLO		p2		0.4340	2.80	1.22
							5.29
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	14.33	0.43
03010600020005	REGLA DE ALUMINIO DE DIFERENTES MEDIDAS		und		0.0020	15.00	0.03
							0.46

Partida	01.01.01.07		FLETE TERRESTRE				
Rendimiento	ser/DIA	1.0000	EQ.	1.0000	Costo unitario directo por : ser	1,450.00	
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Subcontratos							
0424010005	SC MOVILIZACION DE MATERIALES		glb		1.0000	1,450.00	1,450.00
							1,450.00

4.2.4. Precio y cantidad de recursos

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra	1101001	EDIFICACION MULTIFAMILIAR - "LA MOLINA"			
Subpresupuesto	001	ESTRUCTURAS			
Fecha	01/11/2016				
Lugar	120101	JUNIN - HUANCAYO - HUANCAYO			
Código	Recurso		Unidad	Precio S/.	Parcial S/.
MANO DE OBRA					
0101010002	CAPATAZ		hh	264.8315	13.13
0101010003	OPERARIO		hh	2,701.3296	10.65
0101010004	OFICIAL		hh	1,756.0011	8.78
0101010005	PEON		hh	2,543.9896	7.93
					67,837.93
MATERIALES					
0201030001	GASOLINA		gal	24.1500	8.14
0201040001	PETROLEO D-2		gal	79.5750	8.73
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8		kg	190.9800	4.20
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16		kg	684.9500	4.20
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60		kg	10,469.9500	2.58
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"		kg	302.3850	4.03
02070200010001	ARENA FINA		m3	52.5195	27.12
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3	8.5941	8.00
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol	283.2870	17.63
02160100040003	LADRILLO PARA TECHO 8H DE 20X30X30 cm		und	14,755.0000	2.80
02190100010010	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 kg/cm2		m3	164.2200	224.58
02190500010001	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO		m3	164.2200	5.30
0231010001	MADERA TORNILLO		p2	14,791.4010	2.80
					159,769.51
EQUIPOS					
03010600020005	REGLA DE ALUMINIO DE DIFERENTES MEDIDAS		und	3.1830	15.00
03012900010004	VIBRADOR A GASOLINA		día	3.2200	8.00
03013300020002	CIZALLA ELECTRICA DE FIERRO		hm	71.4305	9.00
					716.38
SUBCONTRATOS					
0424010005	SC MOVILIZACION DE MATERIALES		glb	1.0000	1,450.00
					1,450.00
				Total	S/.
					229,773.82

4.2.5. Presupuesto desagregado

Presupuesto Desagregado

Presupuesto **1101001** EDIFICACIO MULTIFAMILIAR - "LA MOLINA"

Subpresupuesto **001** ESTRUCTURAS
 Cliente **RIVERA GRANADOS, DIEGO PERCY**
 Lugar **JUNIN - HUANCAYO - HUANCAYO**

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Mano de Obra	Material	Equipo	Subcontrato	Parcial S/.
01	ESTRUCTURAS				67,837.93	159,769.51	2,842.85	1,450.00	231,877.19
01.01	CONCRETO ARMADO				67,837.93	159,769.51	2,842.85	1,450.00	231,877.19
01.01.01	SISTEMA ALIGERADO CONVENCIONAL				67,837.93	159,769.51	2,842.85	1,450.00	231,877.19
01.01.01.01	ENCOFRADO NORMAL DE LOSAS ALIGERADAS	m2	1,591.50	40.76	22,010.05	42,197.35	660.31		64,869.54
01.01.01.02	DESENCOFRADO DE ALIGERADO	m2	1,591.50	5.63	8,713.47		261.17		8,960.15
01.01.01.03	ACERO CORRUGADO PROMEDIO, Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	9,785.00	3.61	4,649.30	29,889.26	872.82		35,323.85
01.01.01.04	LADRILLO HUECO DE ARCILLA H=0.20m PARA LOSA ALIGERADA	und	14,755.00	3.39	8,375.91	41,314.00	252.31		50,019.45
01.01.01.05	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS ALIGERADAS fc=210 kg/cm2	m3	161.00	244.08	1,285.55	37,947.48	64.30		39,296.88
01.01.01.06	TARRAJEO DE CIELORASO	m2	1,591.50	20.08	22,803.65	8,421.42	731.94		31,957.32
01.01.01.07	FLETE TERRESTRE	ser	1.00	1,450.00				1,450.00	1,450.00
	COSTO DIRECTO								231,877.19
	GASTOS GENERALES (15%CD)								34,781.58
	UTILIDAD (10%CD)								23,187.72
	SUBTOTAL								289,846.49
	IMPUESTO (IGV 18%)								52,172.37
	PRESUPUESTO TOTAL								342,018.86

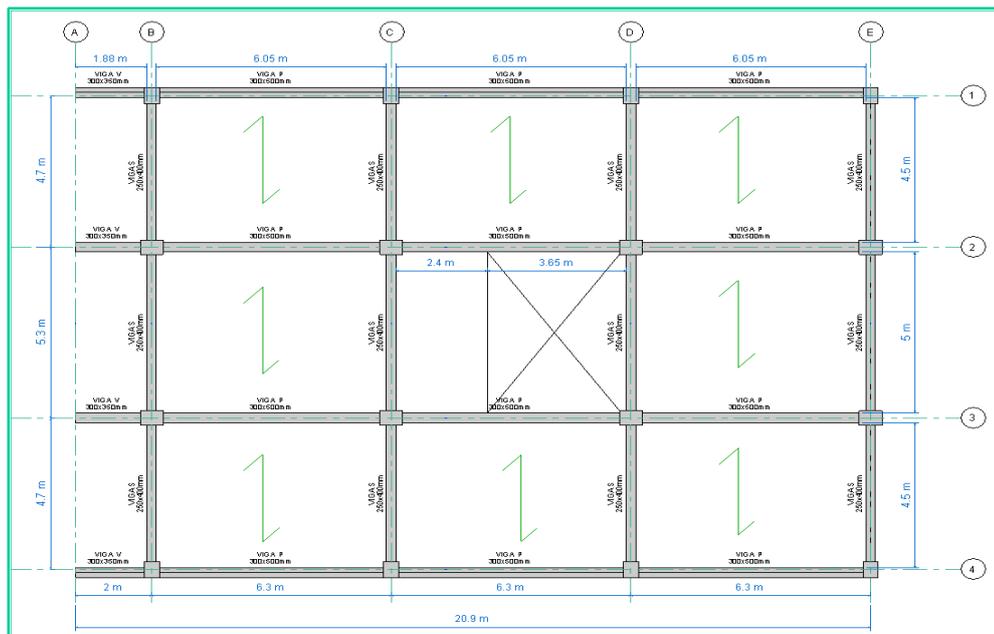
SON : TRESCIENTOS CUARENTIDOS MIL DIECIOCHO Y 86/100 NUEVOS SOLES

4.2.6. Metrado del sistema aligerado Vigacero

4.2.6.1 Encofrado y desencofrado (m2)

Descripción	#	Largo	Ancho	Área
Metrado del 1-5 Piso				
PAÑO A				
eje D-E/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje D-E/2-3	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO B				
eje C-D/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje C-D/2-3	1	2.40	5.00	12.00
PAÑO C				
eje B-C/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje B-C/2-3	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO D-Volado				
eje A-B/1-2,3-4	2	1.88	4.50	16.92
eje A-B/2-3	1	1.88	5.00	9.40
Área (m2).				262.20
Número de Pisos				5
Total (m2).				1,311.00

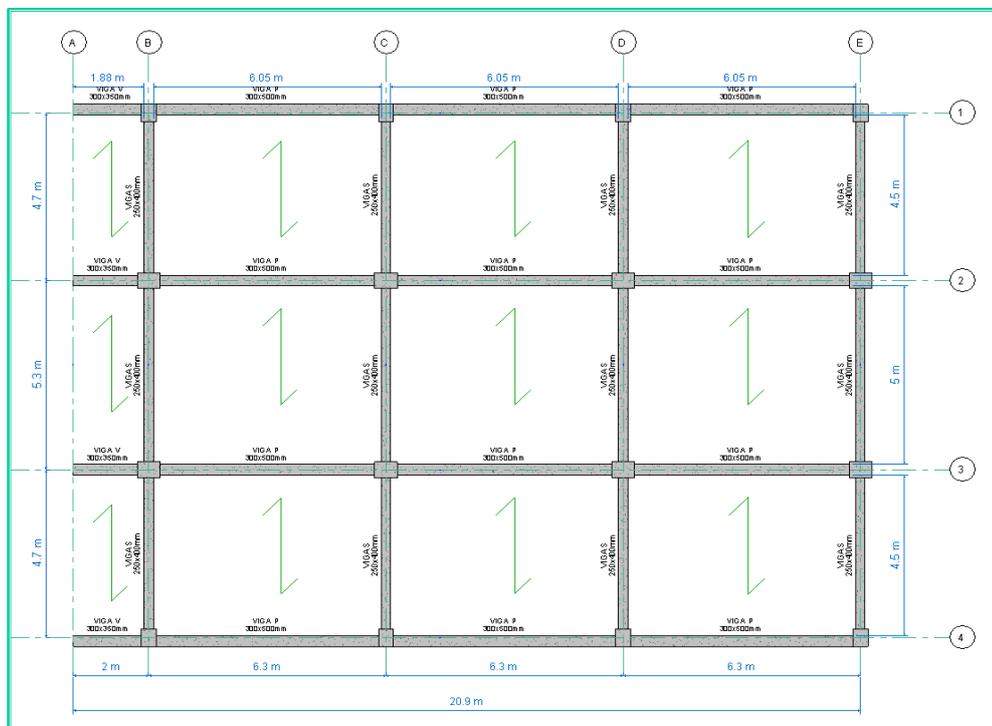
Gráfico 55: Vista de planta sistema vigacero 1-5 piso



Elaboración Propia

Descripción	#	Largo	Ancho.	Área
Metrado del 6 Piso				
PAÑO A				
eje D-E/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje D-E/2-3	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO B				
eje C-D/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje C-D/2-4	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO C				
eje B-C/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje B-C/2-3	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO D-Volado				
eje A-B/1-2,3-4	2	1.88	4.50	16.92
eje A-B/2-3	1	1.88	5.00	9.40
Área (m2).				280.50
Número de Pisos				1
Total (m2).				280.50

Gráfico 56: Vista de planta sistema vigacero 6 piso

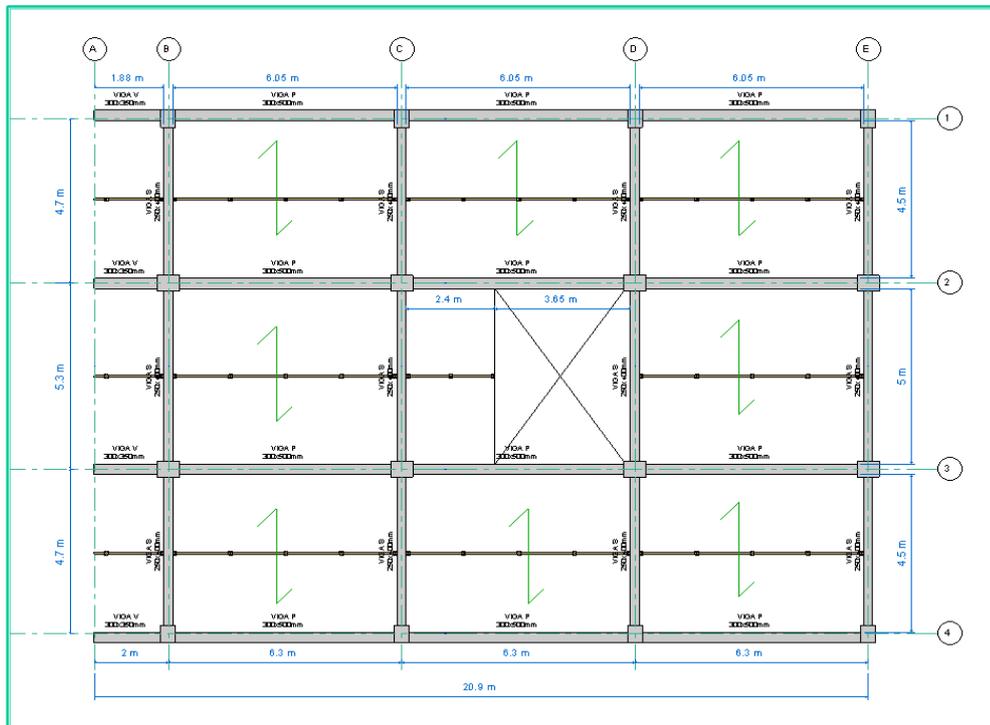


Elaboración Propia

N° pisos	Área de encofrado(m2)
1er – 5to piso	1,311.00
6to piso	280.50
Total	1,591.50

Para calcular el aporte unitario de encofrado de este sistema pre-fabricado se debe de tener en que este sistema solo requiere vigas soleras a partir de una luz de 4.40 m colocándose a la mitad de la luz y puntales cada 1.50m.

Gráfico 57: Vista de soleras y puntales



Elaboración Propia

Cantidad De Elementos De Encofrado			
Descripción	Puntales @1.50	Soleras 1/paño	Frisos
	4"x4"	2"x4"	1.5"x8"
PAÑO A			
eje D-E/1-2,3-4	10	2	0
eje D-E/2-3	5	1	0
PAÑO B			
eje C-D/1-2,3-4	10	2	0
eje C-D/2-3	3	1	0

PAÑO C			
eje B-C/1-2,3-4	10	2	0
eje B-C/2-3	5	1	0
PAÑO D-Volado			
eje A-B/1-2,3-4	4	2	2
eje A-B/2-3	2	1	1
Total 1-5 piso (und)	49	12	3

Aporte Unitario De Material De Encofrado			
Descripción	Puntales @1.50	Soleras 1/paño	Frisos
Sección (pulg)	4"x4"	2"x4"	1.5"x8"
Sección (pie)	1.33	0.67	1.00
PAÑO A			
eje D-E/1-2,3-4	109.00	26.00	0.00
eje D-E/2-3	55.00	13.00	0.00
PAÑO B			
eje C-D/1-2,3-4	109.00	26.00	0.00
eje C-D/2-3	33.00	5.00	0.00
PAÑO C			
eje B-C/1-2,3-4	109.00	26.00	0.00
eje B-C/2-3	55.00	13.00	0.00
PAÑO D-Volado			
eje A-B/1-2,3-4	44.00	8.00	100.00
eje A-B/2-3	22.00	4.00	50.00
Cantidad por tipo	536.00	121.00	150.00
Total (pie²)		807.00	
Desperdicio (10%)		888.00	
Área a encofrar		262.20	
# Usos		6.00	
Aporte Unitario		0.56	

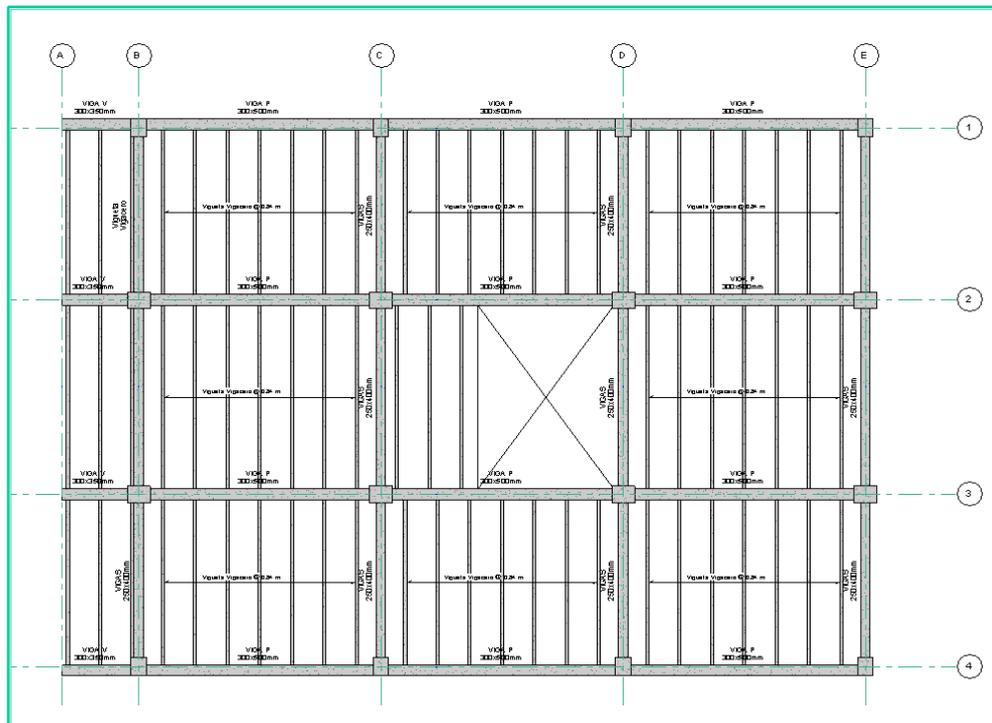
4.2.6.2 Viguetas pre-fabricadas de acero galvanizado (und)

Teniendo en cuenta las características técnicas como: la mayor cuantía de acero y su elevada capacidad de carga ultima de diseño por vigueta,

por tanto, su elevada resistencia le confiere la ventaja de espaciar las viguetas cada 84 cm.

Metrado del 1-5 Piso					
	Ancho	Espacio	Cantidad	# Veces	Sub-Total
Paño A					
eje D-E/1-4	6.05	0.84 m	7	3	21
Paño B					
eje C-D/1-2;3-4	6.05	0.84 m	7	2	14
eje C-D/2-3	2.40	0.84 m	3	1	3
Paño C					
eje B-C/1-4	6.05	0.84 m	7	3	21
Paño D-Volado					
eje A-B/1-4	1.88	0.84 m	3	3	9
Sub-total (Und)					68
# Pisos					5
Total (Und)					340

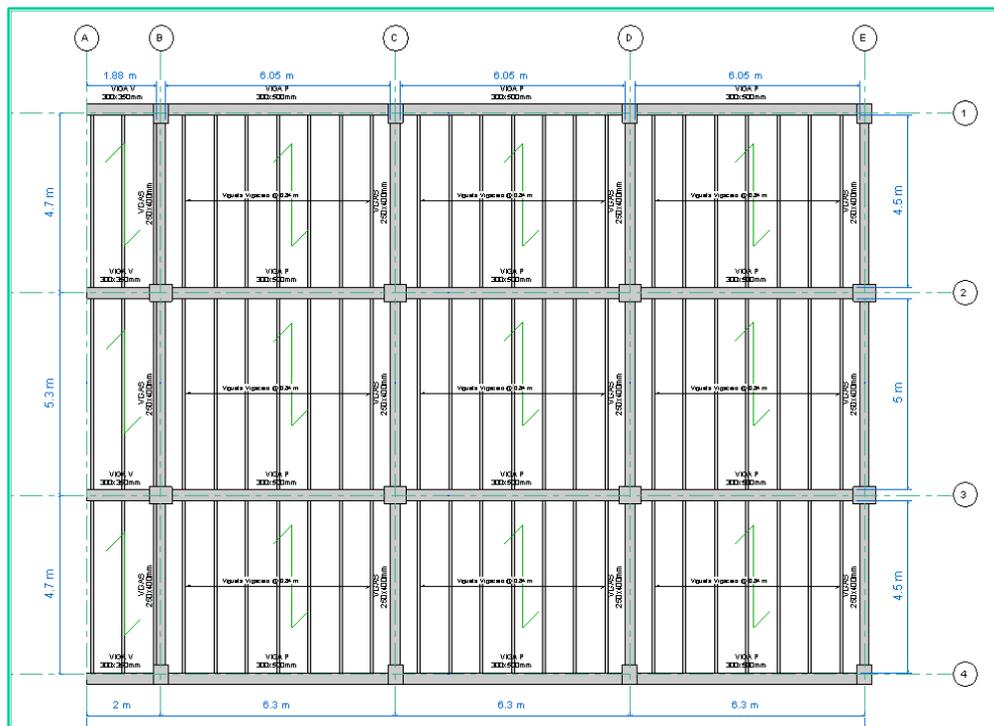
Gráfico 58: Vista de viguetas vigacero 1-5 piso



Elaboración Propia

Piso Típico 6 Piso					
Paño A	Ancho	Espaciamiento	Cantidad Und	# Veces	Sub-Total
eje D-E/1-4	6.05	0.84 m	7	3	21
Paño B					
eje C-D/1-4	6.05	0.84 m	7	3	21
Paño C					
eje B-C/1-4	6.05	0.84 m	7	3	21
Paño D-Volado					
eje A-B/1-4	1.88	0.84 m	3	3	9
Sub-Total(Und)					72
# Pisos					1
Total (Und)					72

Gráfico 59: Vista de vigetas vigacero 6 piso



Elaboración Propia

N° pisos	Vigetas Vigacero
1-5 piso	340 und
6 piso	72 und
Total (Und)	412 und

N° Pisos	Área de aligerado (m2)	Cantidad (und)
1er	262.20	329
2do	262.20	329
3ro	262.20	329
4to	262.20	329
5to	262.20	329
6to	280.50	349
Sub-Total		1994.00
Total (Desperdicio 1%)		2014.00

4.2.6.4 Volumen de concreto pre-mezclado $F'c=210\text{kg/m}^3$ (m3)

Espesor de losa (cm)	Concreto m3xm2
20 cm	0.066
25 cm	0.071
30 cm	0.076

Volumen de Concreto 1-5 piso						
Descripción	# Veces	Larga	Ancho	Área	Factor m3/m2	Parcial
PAÑO A						
eje D-E/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45	0.071	3.87
eje D-E/2-3	1	6.05	5.00	30.25	0.071	2.15
PAÑO B						
eje C-D/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45	0.071	3.87
eje C-D/2-3	1	2.40	5.00	12.00	0.071	0.85
PAÑO C						
eje B-C/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45	0.071	3.87
eje B-C/2-3	1	6.05	5.00	30.25	0.071	2.15
PAÑO D-Volado						
eje A-B/1-2,3-4	2	1.88	4.50	16.92	0.071	1.20
eje A-B/2-3	1	1.88	5.00	9.40	0.071	0.67
Volumen de Concreto (m3).						18.61
Desperdicio (1%)						18.80
Número de Pisos						5
Volumen de Concreto (m3).						94.00

Volumen de Concreto 6 piso						
Descripción	# Veces	Larga	Ancho	Sub total.	Factor m3/m2	Parcial
PAÑO A						
eje D-E/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45	0.071	3.87
eje D-E/2-3	1	6.05	5.00	30.25	0.071	2.15
PAÑO B						
eje C-D/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45	0.071	3.87
eje C-D/2-3	1	6.05	5.00	30.25	0.071	2.15
PAÑO C						
eje B-C/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45	0.071	3.87
eje B-C/2-3	1	6.05	5.00	30.25	0.071	2.15
PAÑO D-Volado						
eje A-B/1-2,3-4	2	1.88	4.50	16.92	0.071	1.20
eje A-B/2-3	1	1.88	5.00	9.40	0.071	0.67
Volumen de Concreto (m3).						20.00
Desperdicio (1%)						20.20
Número de Pisos						1
Volumen de Concreto (m3).						20.20

N° pisos	Volumen de Concreto
1-5 piso	94.00 m ³
6 piso	20.20 m ³
Total (m³)	114.20 m³

4.2.6.5 Acero de refuerzo Negativo (kg)

Metrado de Refuerzo de viguetas 1-5 piso								
Descripción	Cant.	Forma	veces	Long.	Ø	1/4	3/8	1/2
Paño A								
eje D-E/1-4	7	Bastón	2	1.40	1/2	-	-	19.60
	7	Balancín	2	3.45	1/2	-	-	48.30
	7	Balancín	2	1.90	3/8	-	26.60	-
Paño B								
eje C-D/1-4	3	Bastón	2	1.40	1/2	-	-	8.40
	3	Balancín	2	3.45	1/2	-	-	20.70
	3	Balancín	2	1.90	3/8	-	11.40	-
eje C-D/1-4 (Tragaluz)	4	Bastón	2	1.40	1/2	-	-	11.20
	4	Balancín	2	1.98	1/2	-	-	15.80
	4	Balancín	2	1.23	3/8	-	9.80	-

Paño C						-	-	-
eje B-C/1-4	7	Bastón	2	1.40	1/2	-	-	19.60
	7	Balancín	2	3.45	1/2	-	-	48.30
	7	Balancín	2	1.90	3/8	-	26.60	-
Paño D-Volado						-	-	-
eje A-B/1-4	3	Bastón	2	1.40	1/2	-	-	8.40
	3	Balancín	2	3.45	1/2	-	-	20.70
	3	Balancín	2	1.90	3/8	-	11.40	-
Temperatura						-	-	-
eje A-E/1-2, 3-4	18	Temperatu	2	21.55	1/4	775.80	-	-
eje A-`C/2-3	20	Temperatu	1	11.13	1/4	222.50	-	-
eje D-E/2-3	20	Temperatu	1	6.50	1/4	130.00	-	-
Sub-Total ml.						1,128.30	85.80	221.00
Peso por ml.						0.22	0.56	0.99
Sub total en Kg.						249.02	48.05	218.59
Desperdicio (5%)						261.47	50.45	229.52
Sub-Total Acero (Kg).						542.00		
Número de Pisos						5.00		
Total Acero (Kg)						2,710.00		

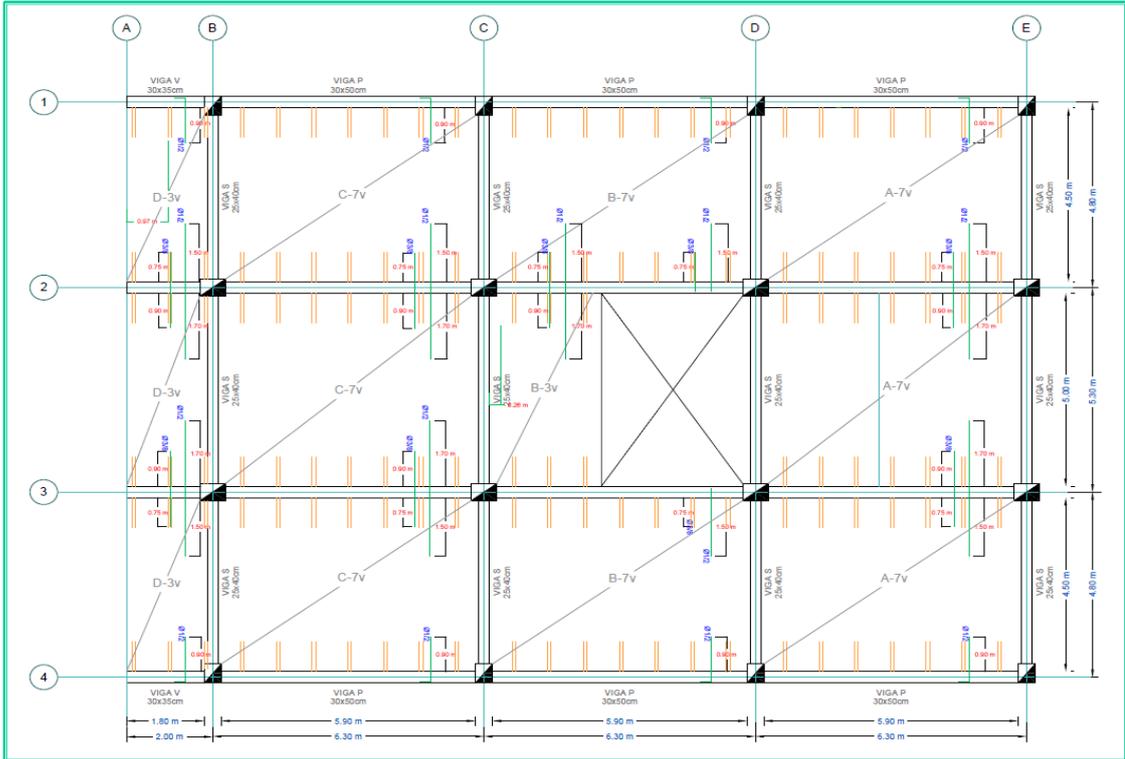
Metrado de Refuerzo de viguetas 6 piso								
Descripción	Cant.	Forma	veces	Long.	Ø	1/4	3/8	1/2
Paño A						-	-	-
eje D-E/1-4	7	Bastón	2	1.40	1/2	-	-	19.60
	7	Balancín	2	3.45	1/2	-	-	48.30
	7	Balancín	2	1.90	3/8	-	26.60	-
Paño B						-	-	-
eje C-D/1-4	7	Bastón	2	1.40	1/2	-	-	19.60
	7	Balancín	2	3.45	1/2	-	-	48.30
	7	Balancín	2	1.90	3/8	-	26.60	-
Paño C						-	-	-
eje B-C/1-4	7	Bastón	2	1.40	1/2	-	-	19.60
	7	Balancín	2	3.45	1/2	-	-	48.30
	7	Balancín	2	1.90	3/8	-	26.60	-
Paño D-Volado						-	-	-
eje A-B/1-4	3	Bastón	2	1.40	1/2	-	-	8.40
	3	Balancín	2	3.45	1/2	-	-	20.70
	3	Balancín	2	1.90	3/8	-	11.40	-
Temperatura						-	-	-

eje A-E/1-2, 3-4	18	Temperatura	2	21.55	1/4	775.80	-	-
eje A-E/2-3	20	Temperatura	1	21.55	1/4	431.00	-	-
Sub-Total ml.						1,206.80	87.40	223.10
Peso por ml.						0.22	0.56	0.99
Sub total en Kg.						266.34	48.94	220.67
Desperdicio (5%)						279.66	51.39	231.70
Sub-Total Acero (Kg).						562.75		
Número de Pisos						1.00		
Total Acero (Kg)						563.00		

Cantidad de refuerzo por diámetro			
N° Pisos	1/4"	3/8"	1/2"
1-5 piso	1,307.35	252.25	1,147.60
6 piso	279.66	51.39	231.70
Sub-Total (kg)	1,588.00	305.00	1,380.00
Total (kg)	3,273.00		

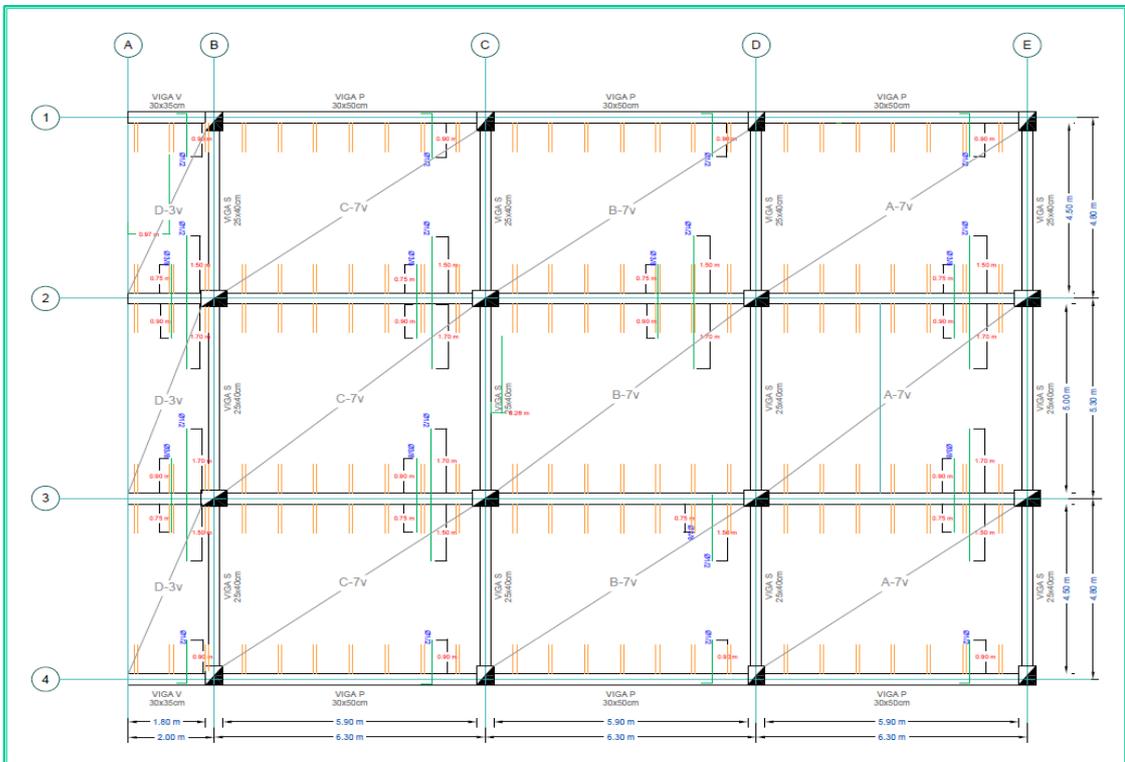
N° pisos	Cantidad de Refuerzo
1-5 piso	2,710.00
6 piso	563.00
Total (m³)	3,273.00

Gráfico 62: Refuerzo Vigacero del 1-5to piso



Elaboración Propia

Gráfico 63: Refuerzo Vigacero del 6to piso



Elaboración Propia

4.2.6.6 Tarrajeo de cielo raso (m2)

Descripción	#	Largo	Ancho	Área
Medrado del 1-5 Piso				
PAÑO A				
eje D-E/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje D-E/2-3	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO B				
eje C-D/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje C-D/2-3	1	2.40	5.00	12.00
PAÑO C				
eje B-C/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje B-C/2-3	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO D-Volado				
eje A-B/1-2,3-4	2	1.88	4.50	16.92
eje A-B/2-3	1	1.88	5.00	9.40
Área (m2).				262.20
Número de Pisos				5
Total (m2).				1,311.00

Descripción	#	Largo	Ancho	Área
Medrado del 6 Piso				
PAÑO A				
eje D-E/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje D-E/2-3	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO B				
eje C-D/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje C-D/2-4	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO C				
eje B-C/1-2,3-4	2	6.05	4.50	54.45
eje B-C/2-3	1	6.05	5.00	30.25
PAÑO D-Volado				
eje A-B/1-2,3-4	2	1.88	4.50	16.92
eje A-B/2-3	1	1.88	5.00	9.40
Área (m2).				280.50
Número de Pisos				1
Total (m2).				280.50

N° pisos	Área de cielo raso(m2)
1er – 5to piso	1,311.00
6to piso	280.50
Total	1,591.50

4.2.6.7 Resumen de Metrado

DESCRIPCION	
Encofrado	Und
Soleras 2"*4"	12.00
Puntales 4"*4"	4900
Frisos 1.5"*8"	3.00
Aporte Unitario	Pie² /m²
Cantidad de encofrado	0.56
Viguetas	Und
Viguetas Vigacero	412.00
Material Aligerante	Und
EPS 75*1000*20	2,014.00
Concreto	M³
F'c=210kg/m³	
Concreto pre-mezclado	114.20
Barras Corrugadas	Kg
Refuerzo de 1/4"	1,588.00
Refuerzo de 3/8"	305.00
Refuerzo de 1/2"	1,380.00
Acero Total	3,273.00
Cielo Raso	M²
Área para tarrajeo	1,591.50



4.2.7. Presupuesto

Presupuesto

Presupuesto **1301001 EDIFICIO MULTIFAMILIAR - "LA MOLINA"**

Subpresupuesto **001 ESTRUCTURAS**

Cliente **RIVERA GRANADOS, DIEGO PERCY**

Costo al **01/11/2016**

Lugar **JUNIN - HUANCAYO - HUANCAYO**

Item	Código	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01		ESTRUCTURAS				207,571.87
01.01		CONCRETO ARMADO				207,571.87
01.01.01		SISTEMA ALIGERADO VIGACERO				207,571.87
01.01.01.01	010106020202-1301001-01	ENCOFRADO NORMAL DE LOSAS ALIGERADAS	m2	1,591.50	3.89	6,190.94
01.01.01.02	010106050108-1301001-01	DESENCOFRADO DE ALIGERADO	m2	1,591.50	1.36	2,164.44
01.01.01.03	010107010106-1301001-01	ACERO CORRUGADO PROMEDIO, Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	3,273.00	2.31	7,560.63
01.01.01.04	010107020401-1301001-01	COLOCACION DE VIGUETAS DE ACERO GALVANIZADO 1.5 MM	und	412.00	160.90	66,290.80
01.01.01.05	010106120106-1301001-01	CASETONES DE POLIESTIRENO EPS RANURADO PARA TECHO ALIGERADO h=0.25 m	und	2,014.00	30.14	60,701.96
01.01.01.06	010105020504-1301001-01	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS ALIGERADAS fc=210 kg/cm2	m3	114.20	244.08	27,873.94
01.01.01.07	010109010401-1301001-01	TARRAJEO DE CIELORASO	m2	1,591.50	22.66	36,063.39
01.01.01.08	010305010202-1301001-01	FLETE TERRESTRE	ser	1.00	2,877.30	2,877.30
		COSTO DIRECTO				209,723.40
		GASTOS GENERALES (15%CD)				31,458.51
		UTILIDAD (10%CD)				20,972.34

		SUBTOTAL				262,154.25
		IMPUESTO (IGV 18%)				47,187.77
						=====
		PRESUPUESTO TOTAL				309,342.02

SON : TRESCIENTOS NUEVE MIL TRESCIENTOS CUARENTIDOS Y 02/100 NUEVOS SOLES

4.2.8. Análisis de precios unitarios

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1301001	EDIFICIO MULTIFAMILIAR - "LA MOLINA"					
Subpresupuesto	001	ESTRUCTURAS				Fecha presupuesto	01/11/2016
Partida	01.01.01.01	ENCOFRADO NORMAL DE LOSAS ALIGERADAS					
Rendimiento	m2/DIA	90.0000	EQ. 90.0000		Costo unitario directo por : m2		3.89
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0089	13.13	0.12	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0889	10.65	0.95	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0889	8.78	0.78	
							1.85
	Materiales						
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8	kg		0.0500	4.20	0.21	
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"	kg		0.0500	4.03	0.20	
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.5600	2.80	1.57	
							1.98
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.85	0.06	
							0.06
Partida	01.01.01.02	DESENCOFRADO DE ALIGERADO					
Rendimiento	m2/DIA	150.0000	EQ. 150.0000		Costo unitario directo por : m2		1.36
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0533	8.78	0.47	
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.1067	7.93	0.85	
							1.32
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.32	0.04	
							0.04
Partida	01.01.01.03	ACERO CORRUGADO PROMEDIO, Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60					
Rendimiento	kg/DIA	350.0000	EQ. 350.0000		Costo unitario directo por : kg		2.31
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0023	13.13	0.03	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0229	10.65	0.24	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0229	8.78	0.20	
							0.47
	Materiales						

02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16	kg		0.0400	4.20	0.17
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60	kg		1.0700	1.35	1.44
						1.61

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	0.47	0.02
03013300020002	CIZALLA ELECTRICA DE FIERRO	hm	1.0000	0.0229	9.00	0.21
						0.23

Partida **01.01.01.04** **COLOCACION DE VIGUETAS DE ACERO GALVANIZADO 1.5 MM**

Rendimiento	und/DIA	180.0000	EQ.	50.0000	Costo unitario directo por : und	160.90
-------------	----------------	-----------------	-----	----------------	-------------------------------------	---------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0044	13.13	0.06
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0444	10.65	0.47
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0444	8.78	0.39
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.1778	7.93	1.41
						2.33

Materiales

0216020011	VIGUETA DE ACERO GALVANIZADO	und		1.0000	158.50	158.50
						158.50

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.33	0.07
						0.07

Partida **01.01.01.05** **CASETONES DE POLIESTIRENO EPS PARA TECHO ALIGERADO h=0.25 m**

Rendimiento	und/DIA	300.0000	EQ.	1,300.0000	Costo unitario directo por : und	30.14
-------------	----------------	-----------------	-----	-------------------	-------------------------------------	--------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	Mano de Obra					
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0027	13.13	0.04
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0267	10.65	0.28
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0267	8.78	0.23
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.1067	7.93	0.85
						1.40

Materiales

02160100160004	CASETONES DE POLIESTIRENO RANURADO DE 20 cm	und		1.0000	28.70	28.70
						28.70

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.40	0.04
						0.04

Partida **01.01.01.06** **CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS ALIGERADAS f'c=210 kg/cm2**

Rendimiento	m3/DIA	100.0000	EQ.	100.0000	Costo unitario directo por : m3	244.08
-------------	---------------	-----------------	-----	-----------------	------------------------------------	---------------

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
---------------	----------------------------	---------------	------------------	-----------------	-------------------	--------------------

Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	4.0000	0.3200	10.65	3.41	
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.1600	8.78	1.40	
0101010005	PEON	hh	5.0000	0.4000	7.93	3.17	
							7.98

Materiales							
0201030001	GASOLINA	gal		0.1500	8.14	1.22	
02190100010010	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 kg/cm2	m3		1.0200	224.58	229.07	
02190500010001	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO	m3		1.0200	5.30	5.41	
							235.70

Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	7.98	0.24	
03012900010004	VIBRADOR A GASOLINA	día	2.0000	0.0200	8.00	0.16	
							0.40

Partida **01.01.01.07** **TARRAJEO DE CIELORASO**

Rendimiento **m2/DIA** **10.0000** EQ. **10.0000** Costo unitario directo por : **22.66**
m2

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010002	CAPATAZ	hh	0.1000	0.0800	13.13	1.05	
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.8000	10.65	8.52	
0101010005	PEON	hh	0.7500	0.6000	7.93	4.76	
							14.33
Materiales							
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0330	27.12	0.89	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0080	8.00	0.06	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)	bol		0.1780	17.63	3.14	
0231010001	MADERA TORNILLO	p2		0.4340	2.80	1.22	
0292030002	MALLA DE GALLINERO-COCADA 3/4"	m2		1.0000	2.56	2.56	
							7.87
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	14.33	0.43	
03010600020005	REGLA DE ALUMINIO DE DIFERENTES MEDIDAS	und		0.0020	15.00	0.03	
							0.46

Partida **01.01.01.08** **FLETE TERRESTRE**

Rendimiento **ser/DIA** EQ. Costo unitario directo por : **2,877.30**
ser

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Subcontratos							
0424010005	SC MOVILIZACION DE MATERIALES	glb		1.0000	2,877.30	2,877.30	
							2,877.30

4.2.9. Precio y cantidad de recurso

Precios y cantidades de recursos requeridos por tipo

Obra	1301001	EDIFICIO MULTIFAMILIAR - "LA MOLINA"					
Subpresupuesto	001	ESTRUCTURAS					
Fecha	01/11/2016						
Lugar	120101	JUNIN - HUANCAYO - HUANCAYO					
Código	Recurso		Unidad	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
MANO DE OBRA							
0101010002	CAPATAZ		hh	156.2629	13.13	2,051.73	
0101010003	OPERARIO		hh	1,598.2467	10.65	17,021.33	
0101010004	OFICIAL		hh	391.6016	8.78	3,438.26	
0101010005	PEON		hh	1,458.5405	7.93	11,566.23	
						34,077.55	
MATERIALES							
0201030001	GASOLINA		gal	17.1300	8.14	139.44	
02040100010001	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 8		kg	79.5750	4.20	334.22	
02040100010002	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO N° 16		kg	130.9200	4.20	549.86	
0204030001	ACERO CORRUGADO fy = 4200 kg/cm2 GRADO 60		kg	3,502.1100	1.35	4,727.85	
02041200010005	CLAVOS PARA MADERA CON CABEZA DE 3"		kg	79.5750	4.03	320.69	
02070200010001	ARENA FINA		m3	52.5195	27.12	1,424.33	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3	12.7320	8.00	101.86	
0213010001	CEMENTO PORTLAND TIPO I (42.5 kg)		bol	283.2870	17.63	4,994.35	
02160100160004	CASETONES DE POLIESTIRENO DE 20 cm		und	2,014.0000	24.70	49,745.80	
0216020011	VIGUETA DE ACERO GALVANIZADO		und	412.0000	158.50	65,302.00	
02190100010010	CONCRETO PREMEZCLADO F'C=210 kg/cm2		m3	116.4840	224.58	26,159.98	
02190500010001	SERVICIO DE BOMBA PARA CONCRETO PREMEZCLADO		m3	116.4840	5.30	617.37	
0231010001	MADERA TORNILLO		p2	1,581.9510	2.80	4,429.46	
0292030002	MALLA DE GALLINERO-COCADA 3/4"		m2	1,591.5000	2.56	4,074.24	
						170,977.45	
EQUIPOS							
03010600020005	REGLA DE ALUMINIO DE DIFERENTES MEDIDAS		und	3.1830	15.00	47.75	
03012900010004	VIBRADOR A GASOLINA		día	2.2840	8.00	18.27	
03013300020002	CIZALLA ELECTRICA DE FIERRO		hm	74.9517	9.00	674.57	
						740.59	
SUBCONTRATOS							
0424010005	SC MOVILIZACION DE MATERIALES		glb	1.0000	2,877.30	2,877.30	
						2,877.30	
					Total	S/.	208,672.89

4.2.10. Presupuesto desagregado

Presupuesto Desagregado

Presupuesto	1301001	EDIFICIO MULTIFAMILIAR - "LA MOLINA"							Costo al	01/11/2016
Subpresupuesto	001	ESTRUCTURAS								
Cliente	RIVERA GRANADOS, DIEGO PERCY									
Lugar	JUNIN - HUANCAYO - HUANCAYO									
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Mano de Obra	Material	Equipo	Subcontrato	Parcial S/.	
01	ESTRUCTURAS				34,077.55	170,977.45	1,793.78	2,877.30	207,571.87	
01.01	CONCRETO ARMADO				34,077.55	170,977.45	1,793.78	2,877.30	207,571.87	
01.01.01	SISTEMA ALIGERADO VIGACERO				34,077.55	170,977.45	1,793.78	2,877.30	207,571.87	
01.01.01.01	ENCOFRADO NORMAL DE LOSAS ALIGERADAS	m2	1,591.50	3.89	2,935.02	3,150.38	88.33		6,190.94	
01.01.01.02	DESENCOFRADO DE ALIGERADO	m2	1,591.50	1.36	2,091.40		63.02		2,164.44	
01.01.01.03	ACERO CORRUGADO PROMEDIO, Fy=4200 kg/cm2 GRADO 60	kg	3,273.00	2.31	1,555.16	5,277.71	751.49		7,560.63	
01.01.01.04	COLOCACION DE VIGUETAS DE ACERO GALVANIZADO 1.5 MM	und	412.00	160.90	960.13	65,302.00	28.80		66,290.80	
01.01.01.05	CASETONES DE POLIESTIRENO RANURADO PARA TECHO ALIGERADO h=0.25 m	und	2,014.00	30.14	2,820.33	57,801.80	84.59		60,701.96	
01.01.01.06	CONCRETO PREMEZCLADO LOSAS ALIGERADAS f'c=210 kg/cm2	m3	114.20	244.08	911.86	26,916.79	45.61		27,873.94	
01.01.01.07	TARRAJEO DE CIELORASO	m2	1,591.50	26.37	22,803.65	12,528.77	731.94		36,036.39	
01.01.01.08	FLETE TERRESTRE	ser	1.00	2,877.30				2,877.30	2,877.30	
	COSTO DIRECTO								209,723.40	
	GASTOS GENERALES (15%CD)								31,458.51	
	UTILIDAD (10%CD)								20,972.34	
	SUBTOTAL								262,154.25	
	IMPUESTO (IGV 18%)								47,187.77	
	PRESUPUESTO TOTAL								309,342.02	

SON : TRESCIENTOS NUEVE MILTRESECIENTOS CUARENTI DOS Y 02/100 NUEVOS SOLES

4.3. Tiempo de ejecución

La programación del proceso constructivo es una configuración pormenorizada de la marcha futura de la obra. Es el ordenamiento secuencial las tareas necesarias para ejecutar la obra teniendo en cuenta su interdependencia y la disponibilidad de recursos.

La programación de obra permite establecer cómo se realizará la obra, y asignar los recursos necesarios para cada trabajo. Permite determinar la duración, fecha de inicio y fin de cada tarea, el tiempo total que insumirá la ejecución de la obra, las tareas más importantes o críticas y las que disponen de flexibilidad en el uso del tiempo.

El procedimiento de determinar la duración de cada sistema aligerado se organiza en las siguientes etapas:

Etapas I: Planeamiento

Se realiza un ordenamiento siguiendo aproximadamente la secuencia del proceso constructivo. Si bien podría ser otro el orden, éste es el que brinda una mayor facilidad de lectura de la programación. Conformar:

¿Qué debe hacerse y en qué orden?

Paso 1: Listado y ordenamiento de las operaciones.

Etapas II: Programación

En esta etapa aparece el factor tiempo. Al calcular los tiempos de duración de cada tarea y realizar la sumatoria según la diagramación o secuencia planificada, se podrá determinar fecha de comienzo y fin de cada operación y conocer el tiempo total de duración de la obra. Esta etapa es la respuesta a las siguientes preguntas:

¿Cuánto dura cada operación?

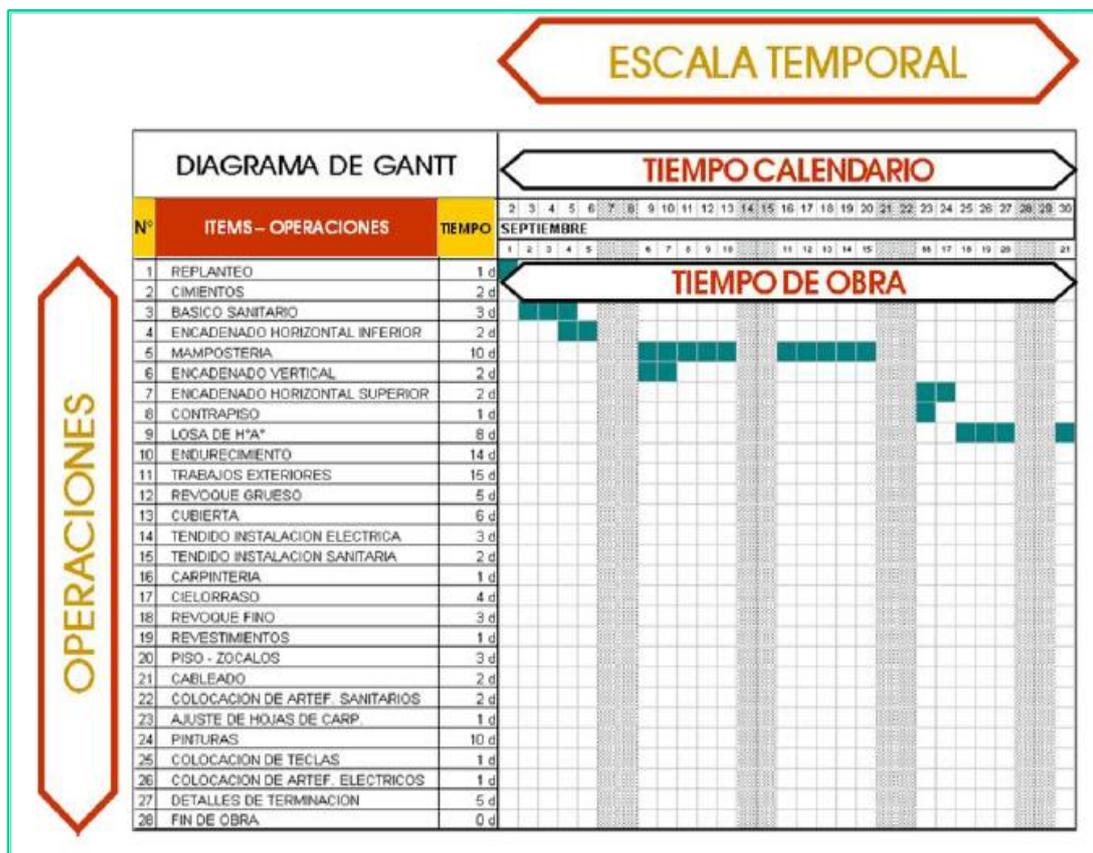
Paso 2: Calculo de la duración de cada operación

Paso 3: Diagramación de la secuencia lógica de operaciones determinando:

Diagrama de Gantt es un **plan de avance de tareas**. Un **diagrama de barras** que permite graficar en una escala temporal la programación de la obra.

Es un gráfico de coordenadas; en las ordenadas se ubican las **operaciones** subdivididas en tantas como la obra necesite siguiendo la secuencia lógica acorde a la técnica de ejecución; y en las abscisas se coloca el **tiempo** de ejecución en la unidad elegida, dependiendo de la envergadura de la obra y de la profundidad del análisis a realizar.

Gráfico 64: Diagrama de Gantt



Fuente: Universidad Nacional de Tucumán

4.3.1. Planeación de actividades

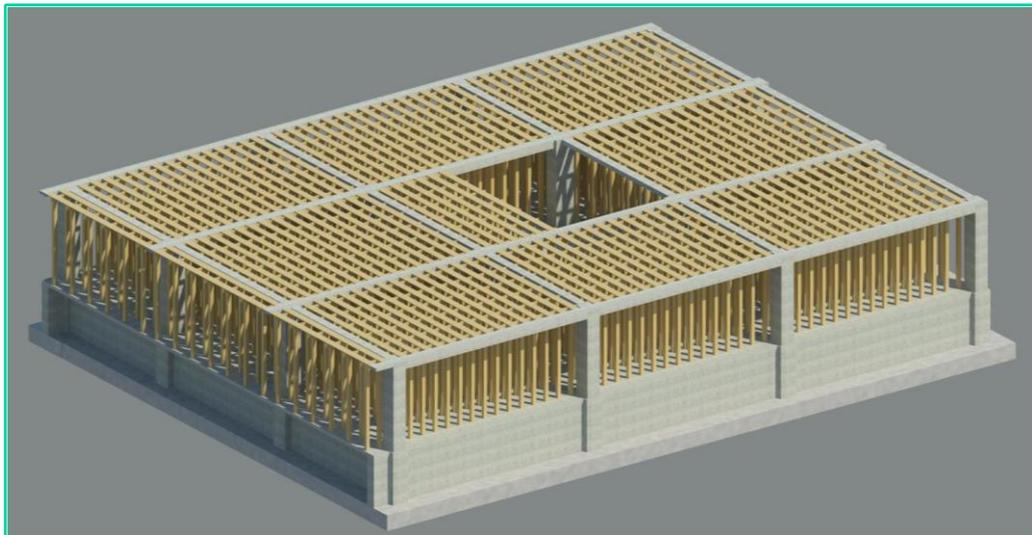
Tabla 5: Proceso constructivo del sistema aligerado convencional

Proceso constructivo		
Precede	Actividad	Sigue
-	Encofrado normal de losa aligerada	Colocación de Ladrillo Hueco de 20x30x30 cm
Encofrado normal de losa aligerada	Colocación de Ladrillo Hueco de 20x30x30 cm	Refuerzo de Acero Corrugado $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
Colocación de Ladrillo Hueco de 20x30x30 cm	Refuerzo de Acero Corrugado $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	Refuerzo de Acero de temperatura $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$
Refuerzo de Acero Corrugado $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	Refuerzo de Acero de temperatura $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	Concreto Pre-mezclado en Obra $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$
Refuerzo de Acero de temperatura $F_y=4200 \text{ kg/cm}^2$	Concreto Pre-mezclado en Obra $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	Curado de Concreto Pre-mezclado $F'c= 210\text{kg/cm}^2$
Concreto Pre-mezclado en Obra $F'c=210 \text{ kg/cm}^2$	Curado de Concreto Pre-mezclado $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	Desencofrado de normal de losa Aligerada
Curado de Concreto Pre-mezclado $F'c= 210 \text{ kg/cm}^2$	Desencofrado de normal de Losa Aligerada	Tarrajeo de cielo raso

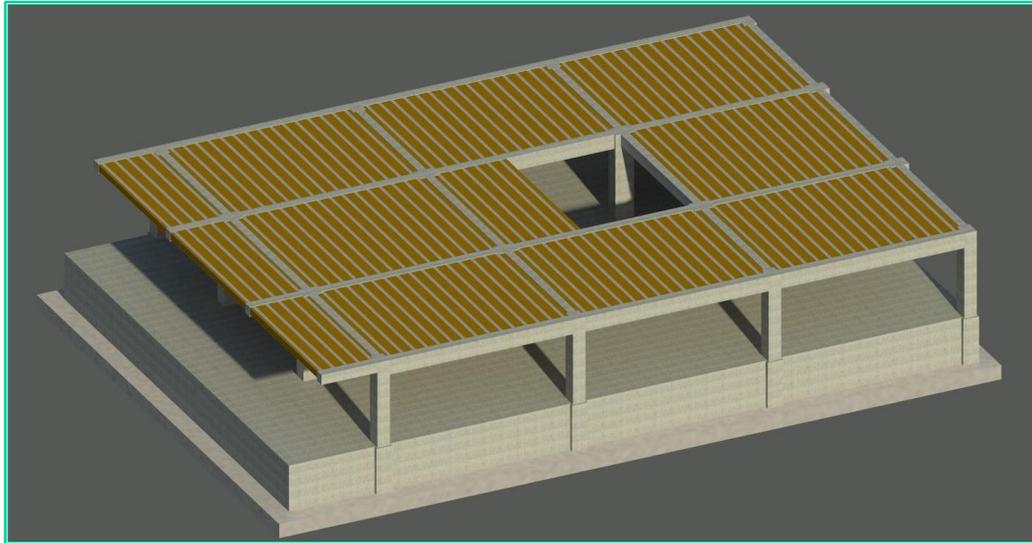
Fuente: Elaboración Propia

La programación de las actividades para su instalación son las siguientes:

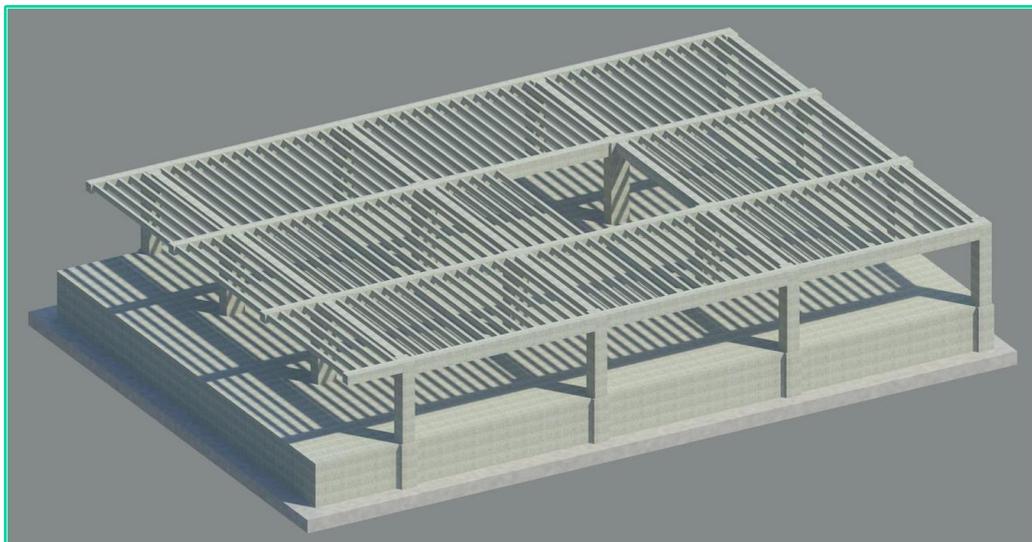
1. Inicia desde el montaje del encofrado como cimbra de contacto para el asentado de las viguetas, bloques de arcilla y concreto pre-mezclado.



2. Luego sigue la colocación de los bloques de arcilla alineados de acuerdo al espesor de las viguetas y dispuestos paralelamente a la menor distancia entre luces.

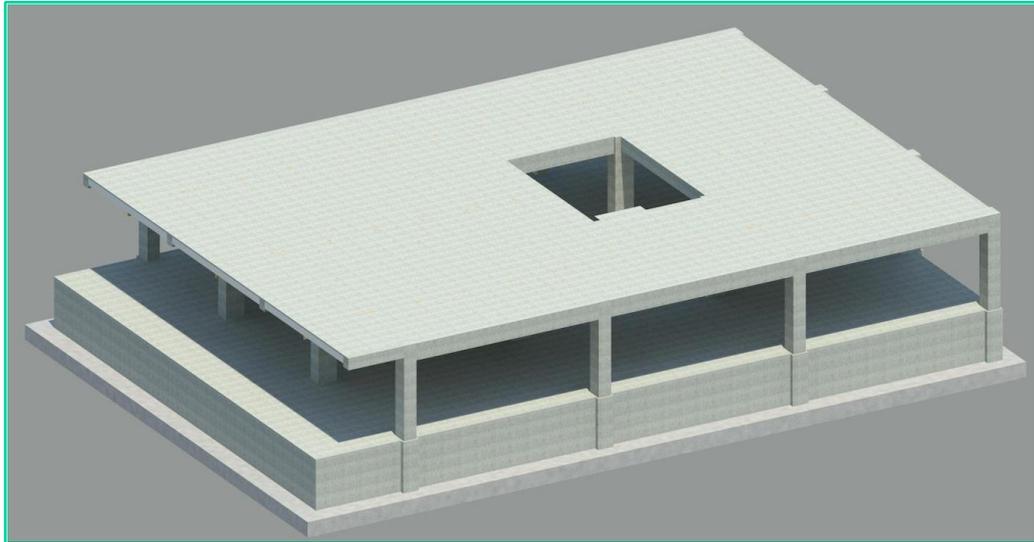


3. El refuerzo de las viguetas que cubren las luces de la losa se disponen en refuerzos positivos para tomar los esfuerzos de tracción en el centro de la luz y refuerzo negativo para tomar los esfuerzos de tracción en los extremos y apoyos para ambos casos está prohibido el empalme por traslape en la zona central.



4. El refuerzo por temperatura es una actividad sencilla pues se colocan refuerzos de $\frac{1}{4}$ " asegurados perpendiculares al refuerzo negativo el cual debe estar ubicado al medio de la losa mediante distanciadores, para controlar adecuadamente los esfuerzos por contracción y temperatura presentes en la losa.

5. Se prevé contar con concreto pre-mezclado para un vaciado más controlado y una dosificación más acertada, por lo que se debe verificar los alineamientos de los bloques de arcilla que deben estar húmedos para evitar variaciones por humedad y la disposición adecuada de las instalaciones eléctricas como sanitarias referidas a los planos.



6. Finalmente, la losa debe quedar lo más nivelada posible, con un acabado rugoso. Horas después del vaciado se debe de realiza el proceso de curado el cual debe prolongarse los 7 días posteriores, esto evitará las rajaduras y hará que el concreto alcance una resistencia adecuada. Culminada esta labor se procederá al desencofrado de las losas, pero previendo de dejar puntales cada cierto tramo.
7. Después del desencofrado se procederá al tarrajeo convencional de los paños que hayan sido desencofrados los cuales deben presentar una superficie casi lisa y nivelada.

Tabla 6: Proceso constructivo del sistema vigacero

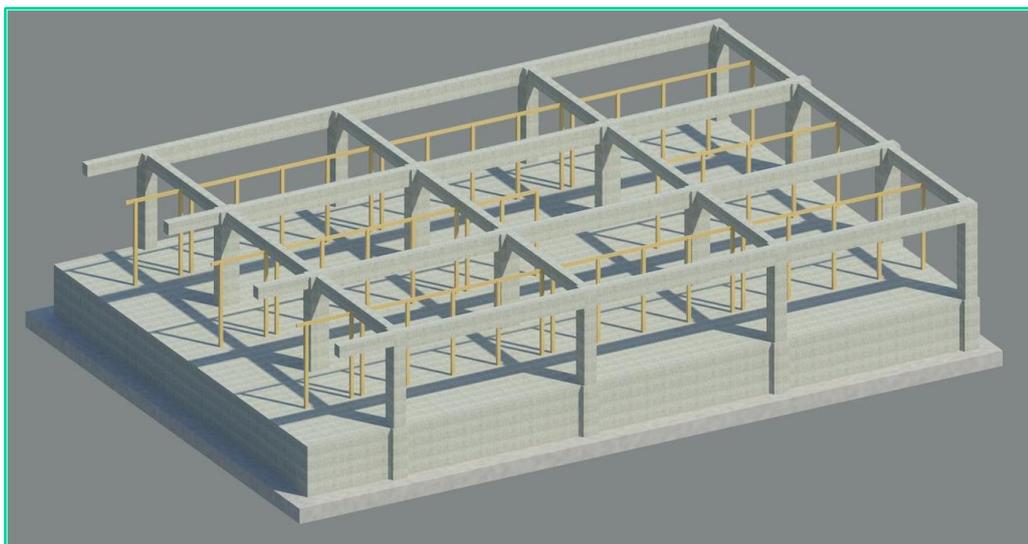
Proceso constructivo		
Precede	Actividad	Sigue
-	Apuntalamiento de las viguetas de acero galvanizado	Montaje de viguetas de acero galvanizado de 1.5mm
Apuntalamiento de las viguetas de acero galvanizado	Montaje de viguetas de acero galvanizado de 1.5mm	Colocación de casetones de poliestireno de 75x 20x100 cm

Colocación de casetones de poliestireno de 75x20x100 cm	Refuerzo de Acero Negativo $F_y=4200$ kg/cm ²	Refuerzo de Acero de temperatura $F_y=4200$ kg/cm ²
Refuerzo de Acero Negativo $F_y=4200$ kg/cm ²	Refuerzo de Acero de temperatura $F_y=4200$ kg/cm ²	Concreto Pre-mezclado en Obra $F'_c=280$ kg/cm ²
Refuerzo de Acero de temperatura $F_y=4200$ kg/cm ²	Concreto Pre-mezclado en Obra $F'_c=280$ kg/cm ²	Curado de Concreto Pre-mezclado $F'_c= 280$ kg/cm ²
Concreto Pre-mezclado en Obra $F'_c=280$ kg/cm ²	Curado de Concreto Pre-mezclado $F'_c= 280$ kg/cm ²	Desencofrado de Losa Aligerada
Curado de Concreto Pre-mezclado $F'_c= 280$ kg/cm ²	Desencofrado de Losa Aligerada	Tarrajeo de cielo raso

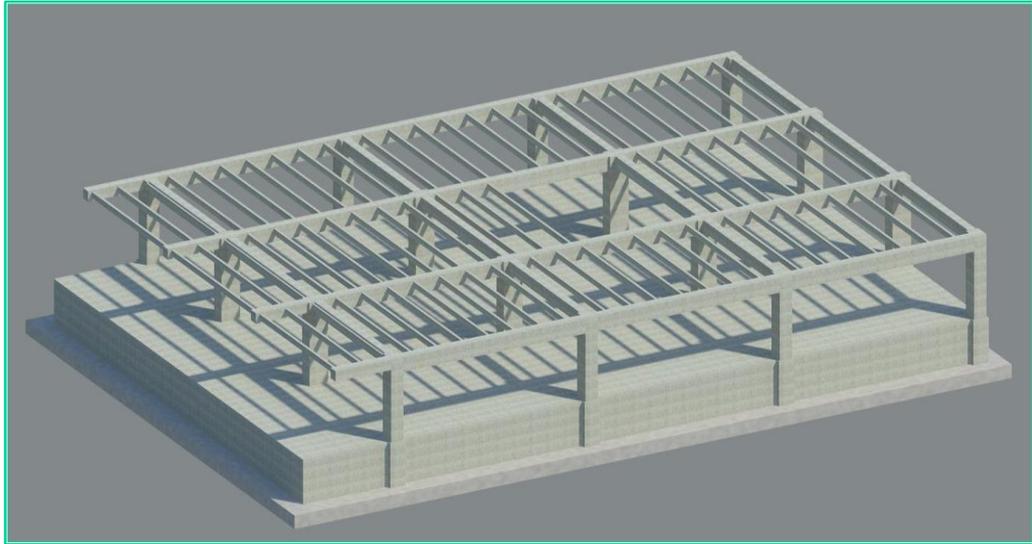
Elaboración Propia

Contar con un sistema auto soportable y conformado por materiales pre-fabricados agiliza el proceso constructivo además de reducir los tiempos muertos según se indica en la descripción de sus resultados.

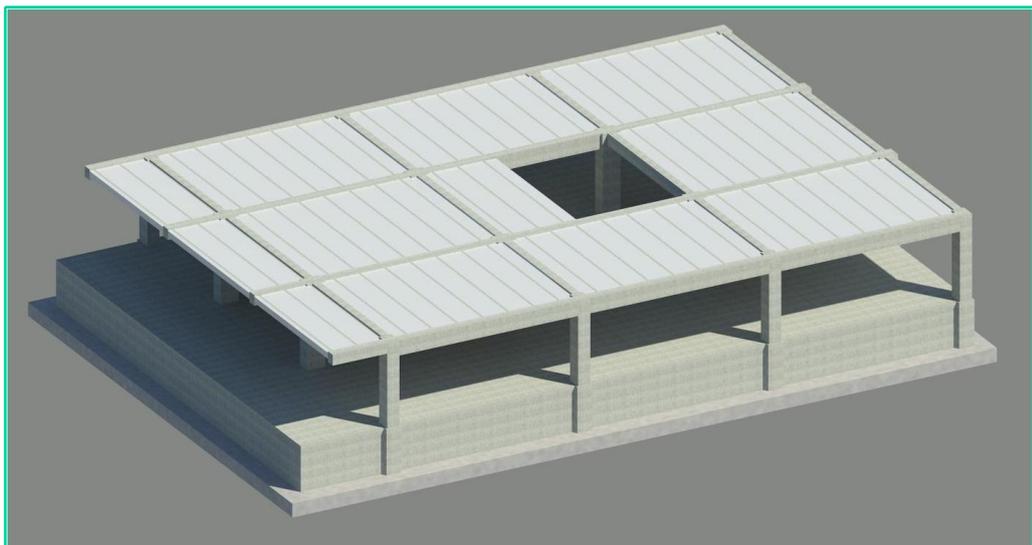
1. Como se mencionó al ser un sistema auto soportable y eliminar la cimbra contacto, pues únicamente requieren de un apuntalamiento al centro de los claros, para luces mayores a 4.40m, lo que las vuelve mucho más económicas y que puedan construirse mucho más rápido comparado del sistema aligerado convencional.



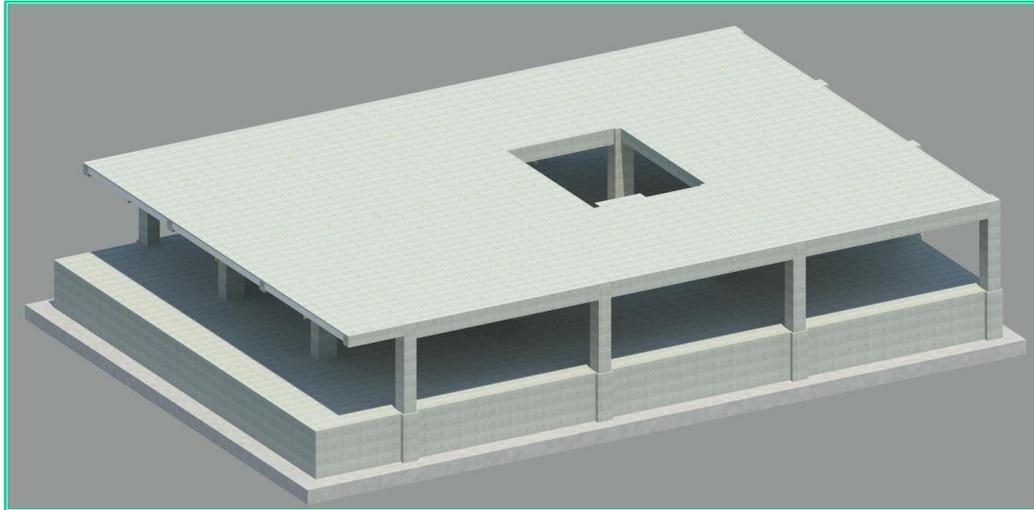
2. El montaje de las viguetas pre-fabricadas es una actividad practica por la fácil maniobralidad para su instalación sin necesitar mucho esfuerzo en pro de aumentar el rendimiento de mano de obra, garantizando el cumplimiento de los espesores de la vigueta.



3. Contar con elementos livianos como el casetón de poliestireno agiliza su instalación con el menor número de operaciones y esfuerzo, contribuyendo a reducir el tiempo de ejecución.



4. Al igual que el sistema aligerado convencional la instalación del refuerzo negativo y por temperatura es necesaria para controlar los esfuerzos generados bajo condiciones de servicio y por la contracción del concreto por la variación de temperatura, actividades que también forman parte de su proceso constructivo.
5. Se prevé contar con concreto pre-mezclado para un vaciado más controlado y una dosificación más acertada, por lo que se debe verificar los alineamientos de los bloques de arcilla que deben estar húmedos para evitar variaciones por humedad y la disposición adecuada de las instalaciones eléctricas como sanitarias referidas a los planos.



6. De la misma que el sistema convencional el tiempo de curado debe de mantenerse por los próximos 7 días siguientes al vaciado.
7. La ventaja de requerir solo apuntalamiento implica un área más aprovechable para los acabados de cieloraso, el cual puede realizarse sin ningún inconveniente al día siguiente del vaciado, lo cual depende del encargado de obra. Para la durabilidad del acabado de cielo raso se recomienda colocar como refuerzo una malla de gallinero.

4.3.2. Programación de actividades

Tabla 7: Duración de cada actividad del sistema convencional

Sistema Convencional de Losa Aligerada				
Actividades	Unidad	Metrado	Rendimiento	Tiempo Unitario
Encofrado normal de losa aligerada	m ²	262.20	12 m ² /día	22 días
Colocación de Ladrillo Huevo de 20x30x30 cm	und	2,360.00	1,300 und/día	02 días
Refuerzo de Acero Corrugado Fy=4200 kg/cm ²	kg	1,614.00	350 kg/día	05 días
Concreto Pre-mezclado en Obra F'c=280kg/cm ²	m ³	26.48	100 m ³ /día	01 días
Desencofrado de normal de Losa Aligerada	m ²	262.20	36 m ² /día	07 días
Tarrajeo de cielo raso	m ²	262.20	10 m ² /día	27 días

Elaboración Propia

Tabla 8: Duración de cada actividad del sistema vigacero

Sistema de Losa Aligerada Vigacero				
Actividades	Unidad	Metrado	Rendimiento	Tiempo Unitario
Apuntalado de losa aligerada	m ²	262.20	90 m ² /día	03 días
Colocación de viguetas pre-fabricadas de acero galvanizado 1.5 mm	und	68.00	180 und/día	01 días
Colocación de casetones de poliestireno de alta densidad 75*100*20	und	329.00	300 und/día	02 días
Refuerzo de Acero Corrugado Fy=4200 kg/cm ²	kg	542.00	350 kg/día	02 días
Concreto Pre-mezclado en Obra F'c=280kg/cm ²	m ³	18.80	100 m ³ /día	01 días
Desencofrado normal de Losa Aligerada	m ²	262.20	150 m ² /día	02 días
Tarrajeo de cielo raso	m ²	262.20	10 m ² /día	27 días

Elaboración Propia

4.3.3. Programación con Ms Project

La programación se realizará con el programa MS Project, donde las secuencias de actividades, se representará gráficamente con el diagrama de Gantt y las vinculaciones serán del tipo:

1. Finalizar para comenzar, cuando se completa una actividad y comienza la siguiente (TIPO A).
2. Comenzar para comenzar, cuando dos actividades se inician al mismo tiempo (TIPO B).
3. Finalizar para finalizar, cuando dos actividades se completan al mismo tiempo (TIPO C).

Como regla práctica, las relaciones tipo "finalizar para comenzar" deben representar entre el 90 y el 95 por ciento de las relaciones, el tipo "comenzar para comenzar" debe abarcar entre el 3 y el 7 por ciento y el tipo "finalizar para finalizar" debe significar entre del 2 y el 3 por ciento.

- Inicio de ejecución para el 1er piso : 02/01/2017

4.3.4. Programación del sistema convencional de losa aligerada

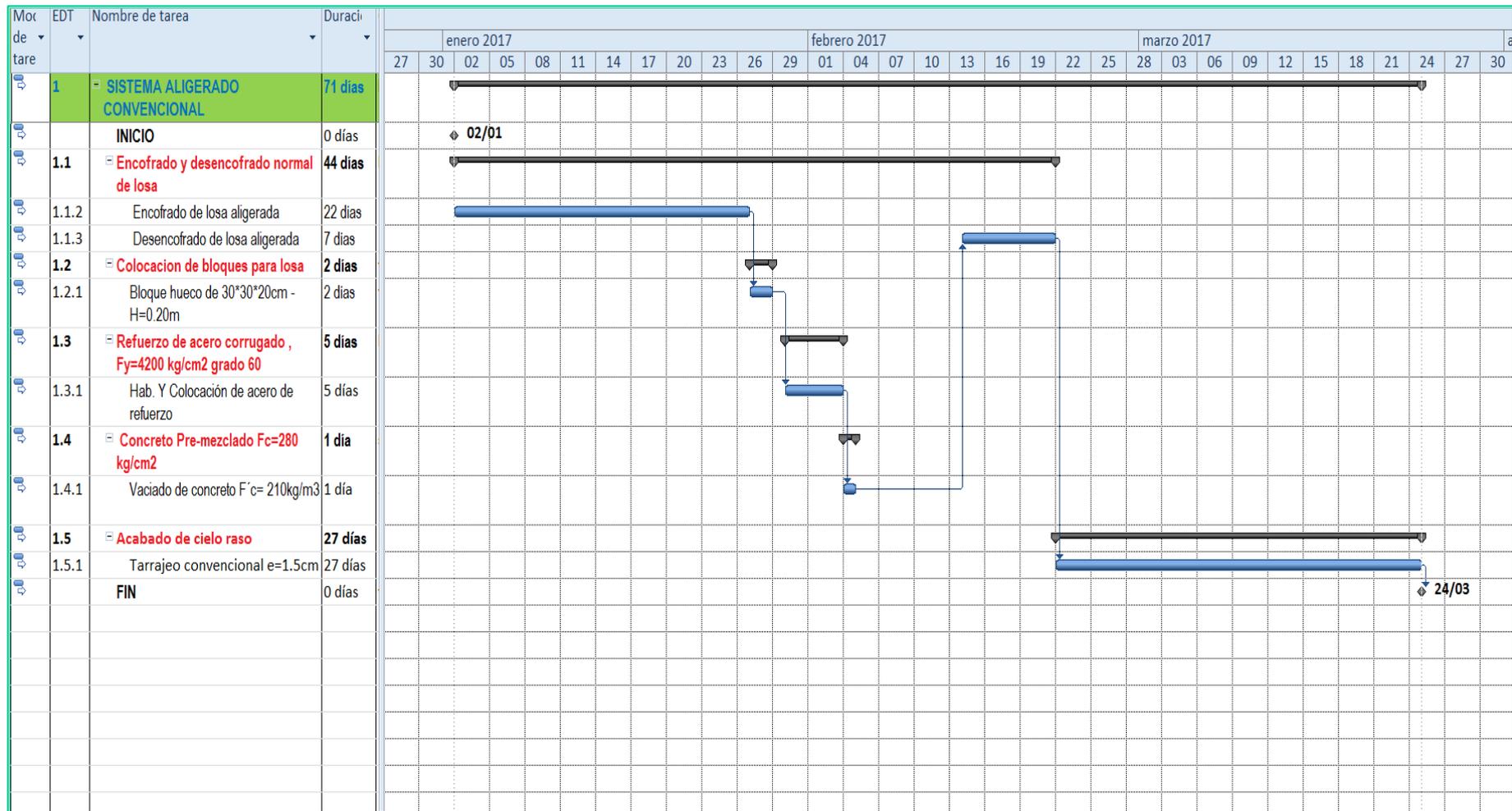


Tabla 9: Programación del sistema aligerado convencional

4.3.5. Programación del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero

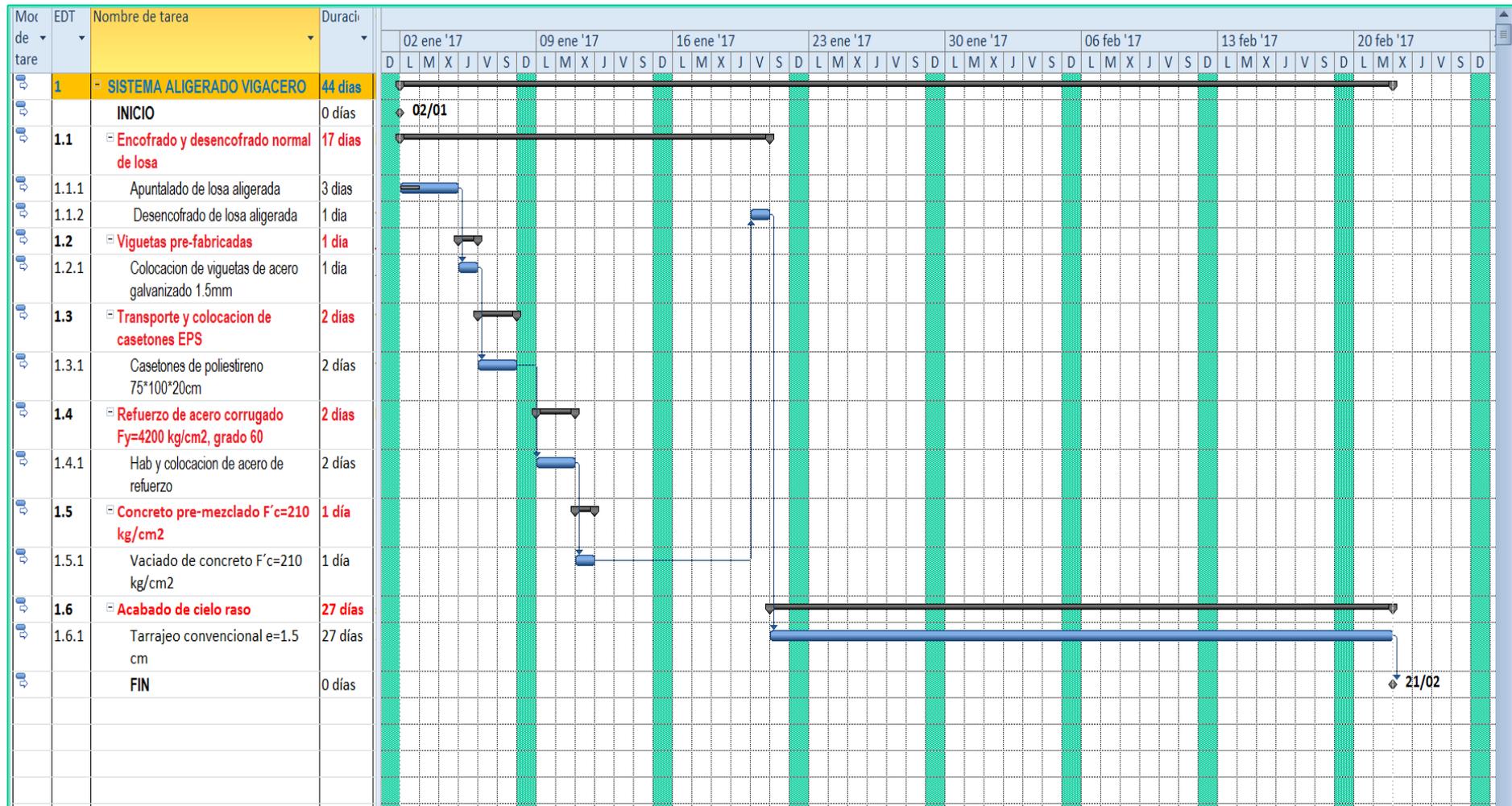


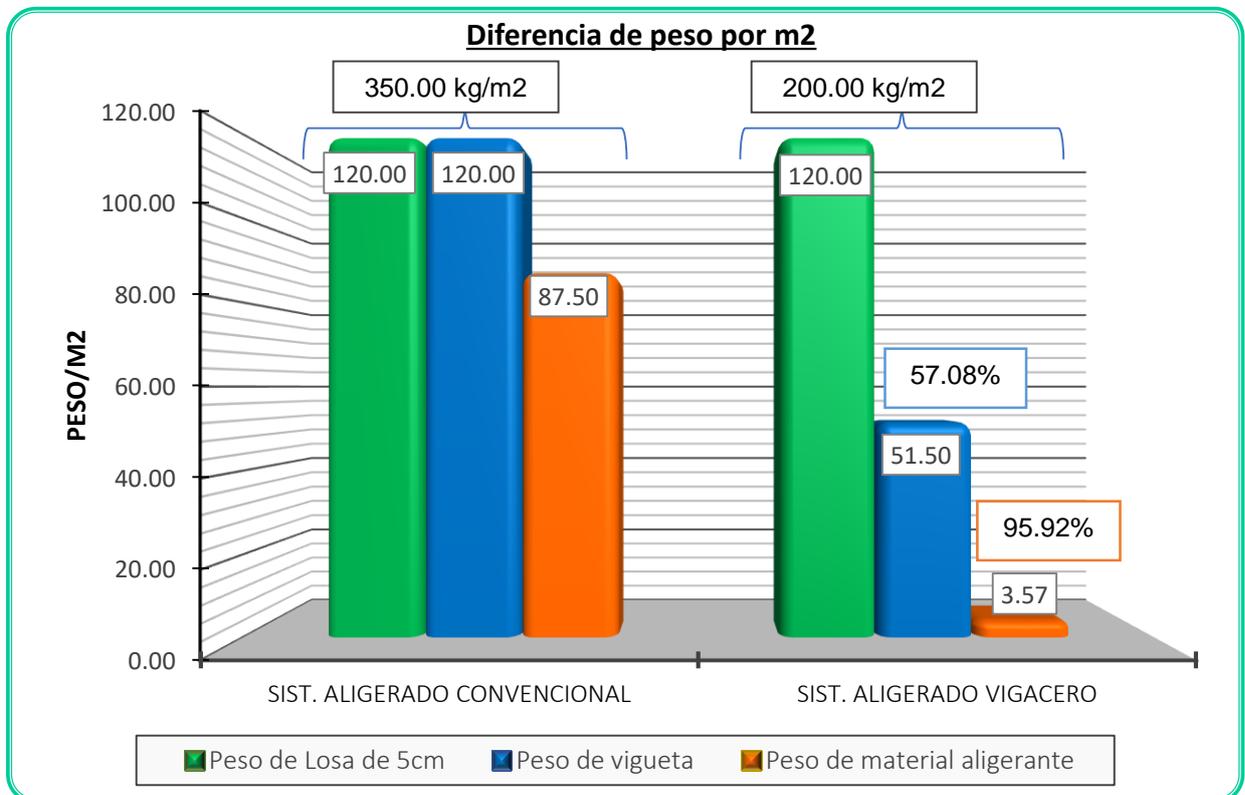
Tabla 10: Programación del sistema aligerado vigacero

CAPITULO V DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Comparación entre características técnicas

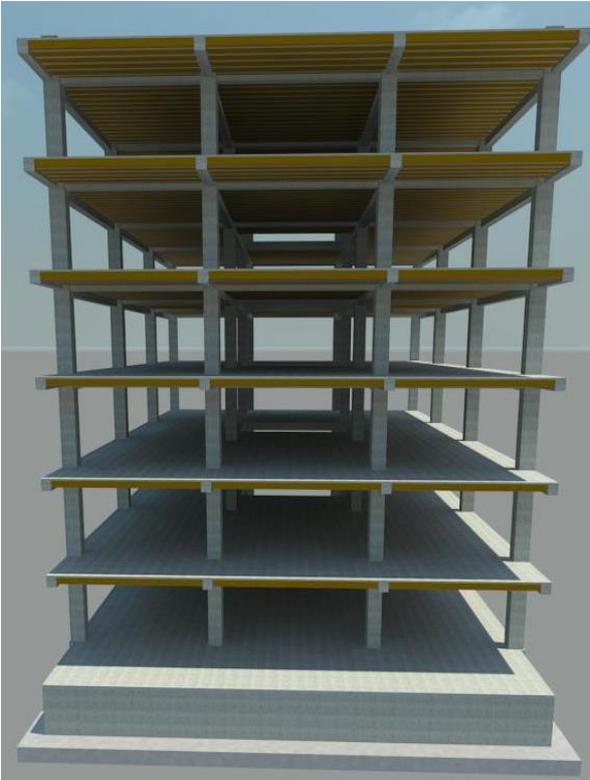
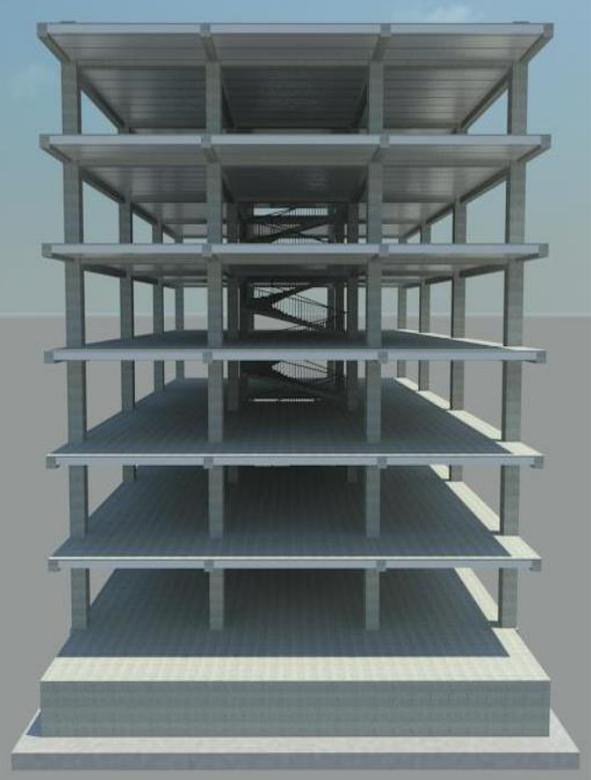
5.1.1. Peso propio por metro cuadrado

Gráfico 65: Comparación del peso propio/m²



Elaboración Propia

Tabla 11: Diferencias entre el peso/piso de la edificación

Sistema Convencional			Sistema Propuesto		
Peso Unitario = 350.00 kg/m ²			Peso Unitario = 200.00 kg/m ²		
					
# Pisos	Metrado	P.U.=350 kg/m ² (a)	P.U.=200 kg/m ² (b)	Brecha (c)=(a)-(b)	% Brecha (d)=(c)/(a)
1 ^{er} Piso	262.20	91,770.00	55,440.00	39,330.00	42.86 %
2 ^{do} Piso	262.20	91,770.00	55,440.00	39,330.00	42.86 %
3 ^{er} Piso	262.20	91,770.00	55,440.00	39,330.00	42.86 %
4 ^{to} Piso	262.20	91,770.00	55,440.00	39,330.00	42.86 %
5 ^{to} Piso	262.20	91,770.00	55,440.00	39,330.00	42.86 %
6 ^{to} Piso	280.50	98,175.00	56,100.00	42,075.00	42.86 %
	Total=	557.025 Tn	318.30 Tn	238.725	42.86 %

Fuente: Elaboración Propia

Interpretación:

Los resultados de los cálculos (**tabla N°6 - pág. 83**), que se muestran en el **grafico N°44**, indican que el sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero es **42.86%** más ligero, que el sistema convencional con una diferencia de **150 kg/m2**. Este resultado se debe: a la amplia separación

entre viguetas (84 cm de eje a eje) permitiendo reducir el consumo de concreto de **0.100 a 0.071 m³/m²**, consiguiendo reducir el peso de viguetas en un **57.08%**, y a la alta densidad del casetón de EPS, que reduce su peso en **95.92%** en relación a los bloques de arcilla del sistema convencional.

Estos valores de peso/m², al ser consignados en la edificación de 6 pisos, como se muestra en la **tabla N°13**, reduce el peso por piso aproximadamente en **40.70 Tn** y en toda la estructura **238.725 Tn** en relación al sistema convencional.

5.2. Comparación del costo directo

5.2.1. Cantidad de consumo de material

Tabla 12: Consumo detallado de material

Sistema Aligerado Convencional			Sistema Aligerado Vigacero		
Concreto Pre-Mezclado – Desp. 1%			Concreto Pre-Mezclado - Desp. 1%		
Volumen de Concreto :	0.100 m ³ /m ²		Volumen de Concreto :	0.071 m ³ /m ²	
Concreto (1er-5to)	26.48 m ³ /piso	132.40	Concreto (1er-5to)	18.80 m ³ /piso	94.00
Concreto (6to)		28.32	Concreto (6to)		20.20
Metrado : (m³)		161.00	Metrado : (m³)		114.20
Bloque hueco de arcilla – Desp. 3%			Casetones De Poliestireno (EPS) – Desp. 3%		
Dimensiones :	20x30x30		Dimensiones :	75x20x100	
Bloques (1er-5to)	2,360 und/piso	12,154.00	Casetón (1er-5to)	329 und/piso	1,645.00
Bloques (6to)		2,600.00	Casetón (6to)		349.00
Metrado : (und)		14,755.00	Metrado : (und)		2,014.00
# Viguetas Convencionales			# Vigueta Vigacero		
Separaciones @ 0.40 m			Separaciones @ 0.84 m		
Viguetas (1er-5to)	141und/piso	705.00	Viguetas (1er-5to)	68 und/piso	340.00
Viguetas (6to)		150.00	Viguetas (6to)		72.00
Metrado : (und)		855.00	Metrado : (und)		412.00
Acero De Refuerzo – Desp. 5%			Acero De Refuerzo – Desp. 5%		
Refuerzo			Refuerzo		
Acero (1er-5to)	1,614 kg/piso	8,075.00	Acero (1er-5to)	542 kg/piso	2,710.00
Acero (6to)		1,715.00	Acero (6to)		562.00

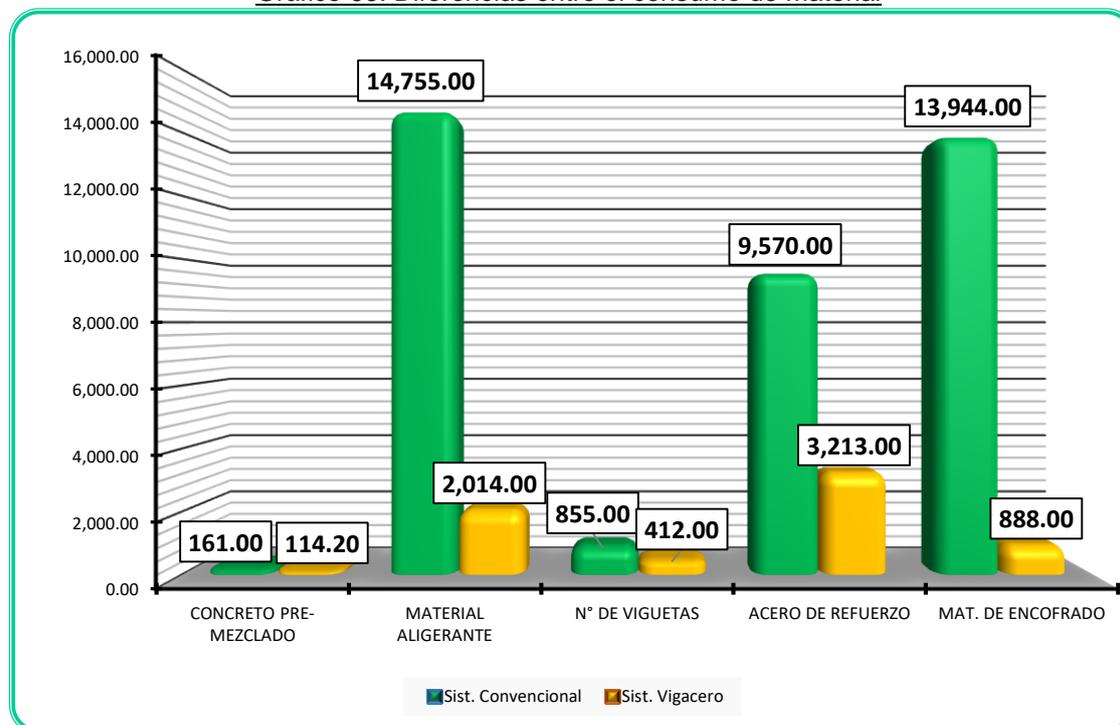
Metrado : (Kg)		9,785.00	Metrado : (Kg)		3,273.00
Encofrado Convencional (Desp. 10%)			Apuntalado Ln > 4.40 m (Desp. 10%)		
Tablones (und)	141	2,149.00	Tablones (und)	0	0.00
Soleras (und)	76	777.00	Soleras (und)	12	121.00
Puntales (und)	887	9,700.00	Puntales (und)	49	536.00
Friso (und)	3	150.00	Friso (und)	3	150.00
Metrado : (pie²)		13,944.00	Metrado : (pie²)		888.00
Aporte Unitario:		8.86	Aporte Unitario:		0.56

Tabla 13: Consumo total de material

Descripción	Und	Sistema Convencional (a)	Sistema Vigacero (b)	Brecha (c) = (a) - (b)	Brecha % (d) = (c) / (a)
Concreto pre-mezclado	m ³	161.00	114.20	46.80	29.07%
Material aligerante	und	14,755.00	2,014.00	12,741.00	86.35%
# Viguetas	und	855.00	412.00	443.00	52.93%
Acero de refuerzo	kg	9,785.00	3,273.00	6,512.00	66.55%
Encofrado	Pie ²	13,944.00	888.00	13,056	93.63%

Elaboración Propia

Gráfico 66: Diferencias entre el consumo de material



Elaboración Propia

Interpretación: Del **gráfico N°66** se tiene los siguientes resultados para la edificación de 6 pisos:

1. Al reducir el factor de volumen de concreto de $0.100 \text{ m}^3/\text{m}^2$ a $0.071 \text{ m}^3/\text{m}^2$, el sistema pre-fabricado vigacero disminuye el consumo de concreto pre-mezclado en un **29.07%**, esto es **46.80 m³** totales en comparación al sistema convencional de losa aligerada.
2. La mayor dimensión del casetón EPS de alta densidad en relación a los bloques de arcilla reduce el número de unidades requeridas en un **86.35%**, esto es **12,741 und** totales en comparación al sistema convencional de losa aligerada.
3. La amplia separación entre viguetas pre-fabricadas de acero galvanizado de 40 cm a 84 cm, de eje a eje, reduce el número de unidades en un **52.93%**, esto es **443 und** totales en comparación al sistema convencional de losa aligerada.
4. La mayor cantidad área útil de acero (**3.60 cm²**), de la vigueta de acero galvanizado, limita el uso de refuerzo sólo en apoyos exteriores (bastones) e intermedios (balancines), para el sistema pre-fricado de losa aligerada vigacero. Siendo posible reducir el refuerzo en un **66.55%**, esto es **6,512 kg** totales, en comparación al sistema convencional de losa aligerada.
5. El sistema vigacero al eliminar la cimbra de contacto con la disposición de las viguetas pre-fabricadas y de requerir sólo apuntalamiento para luces mayores a 4.40 m. Es posible reducir el consumo de material de encofrado en un **93.63%**, esto es **13,056 p²** totales en comparación al sistema convencional de losa aligerada.
6. Para la partida de acabado de cielo raso de ambos sistemas aligeradas no se mencionarán en este apartado ya que por igual cubren el área de 1,591.50 m².

5.2.2. Comparación del costo directo

Tabla 14: Costo Directo del Sist. Aligerado convencional

Descripción	Und.	Metrado	C.U S/.	Parcial S/.
Encofrado de losa aligerada	m2	1,591.50	40.76	64,869.54
Desencofrado de losa aligerada	m2	1,591.50	5.63	8,960.15
Acero corrugado promedio, Fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	9,785.00	3.61	35,323.85
Ladrillo hueco de Arcilla H=0.20m	und	14,755.00	3.39	50,019.45
Concreto pre-mezclado F'c=210 kg/cm2	m3	161.00	244.08	39,296.88
Tarrajeo de cieloraso	m2	1,591.50	20.08	31,957.32
Flete terrestre	serv	1.00	1,450.00	1,4500.00
Costo directo				231,877.19
Gastos Generales (15% CD)				34,781.58
Utilidad (10% CD)				<u>23,187.72</u>
Sub-Total				289,846.49
Impuesto (18%)				<u>52,172.37</u>
Presupuesto Total				342,018.86

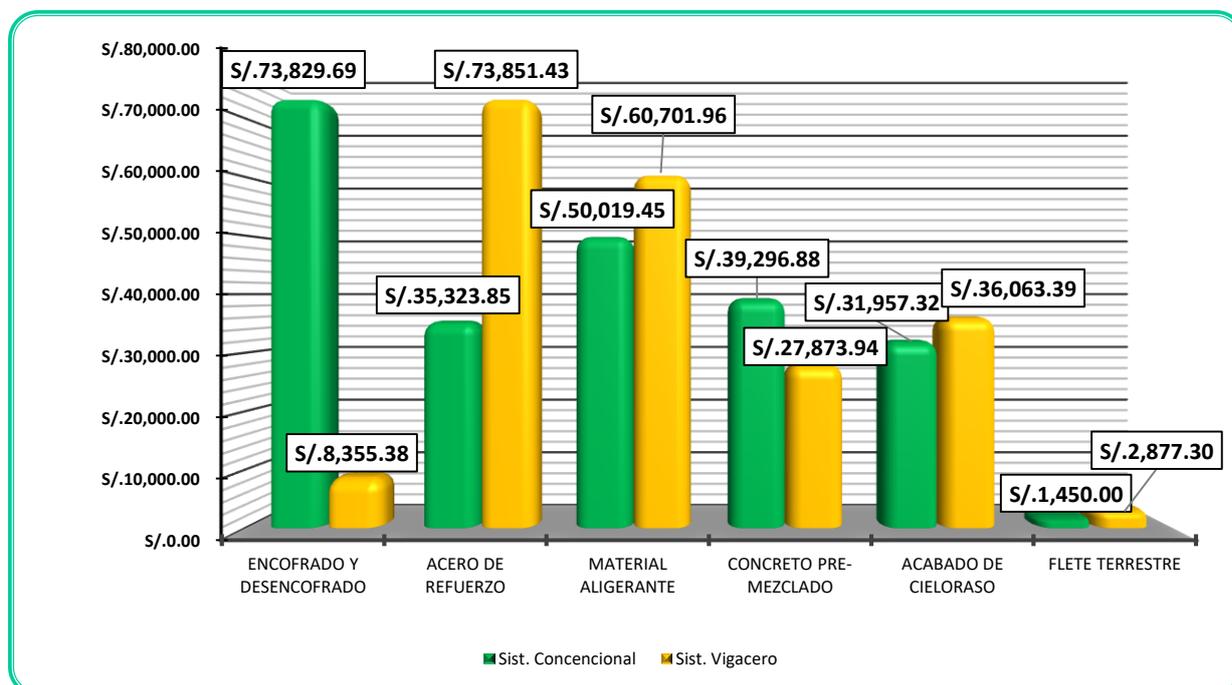
Tabla 15: Costo directo del Sist. Aligerado vigacero

Descripción	Und.	Metrado	C.U S/.	Parcial S/.
Encofrado de losa aligerada	m2	1,591.50	3.89	6,190.94
Desencofrado de losa aligerada	m2	1,591.50	1.36	2,164.44
Acero corrugado promedio, Fy=4200 kg/cm2 grado 60	kg	3,273.00	2.31	7,560.63
Viguetas de acero galvanizado 1.5 mm	und	412.00	160.90	66,290.80
Casetones de poliestireno ranurado H=0.20	und	2,014.00	30.14	60,701.96
Concreto pre-mezclado F'c=210 kg/cm2	m3	114.20	244.08	27,873.94
Tarrajeo de cieloraso	m2	1,591.50	22.66	36,063.39
Flete terrestre	serv	1.00	2,877.30	2,877.30
Costo directo				209,723.40
Gastos Generales (15% CD)				31,458.51
Utilidad (10% CD)				<u>20,972.34</u>
Sub-Total				262,154.25
Impuesto (18%)				<u>47,187.77</u>
Presupuesto Total				309,342.02

Tabla 16: Resumen del presupuesto

Descripción	Sistema Convencional (a)	Sistema Vigacero (b)	Brecha (c) = (a) - (b)	Brecha % (d) = (c) / (a)
Encofrado y desencofrado	S/. 73,829.69	S/. 8,355.38	S/.65,474.31	88.68 %
Acero de refuerzo	S/. 35,323.85	S/. 73,851.43	-S/. 38,527.58	-109.07 %
Material aligerante	S/. 50,019.45	S/. 60,701.96	-S/. 10,682.51	-21.36%
Concreto premezclado	S/. 39,296.88	S/. 27,873.94	S/.11,422.94	29.07 %
Tarrajeo de cieloraso	S/. 31,957.32	S/. 36,063.39	-S/. 4,106.07	-12.85 %
Flete terrestre	S/. 1,450.00	S/. 2,877.30	-S/.1,427.30	-98.48%
Costo Directo	S/. 231,877.19	S/. 209,723.40	S/. 22,153.79	9.55%

Gráfico 67: Diferencias del costo directo de los sistemas aligerados



Elaboración propia

Interpretación: De gráfico N°67 se tiene los siguientes resultados del costo directo para la edificación de 6 pisos:

1. El sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero al limitar el uso de encofrado a solo apuntalamiento, permite reducir el costo de la partida de encofrado y desencofrado en **88.68%**, esto es **s/. 65,474.31** en comparación con el sistema convencional de losa aligerada.
2. Conjuntamente considerando el acero de refuerzo negativo más las viguetas pre-fabricadas de acero galvanizado que conforman el refuerzo positivo, el sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero duplica el costo en un **109.07 %** más, que el sistema convencional de losa aligerada, este aumento se debe principalmente al costo de las viguetas mencionadas.
3. La relación directa en cuanto a mejoras técnicas y costo se ve reflejado en cuanto a los casetones ranurados EPS de alta densidad; pues registran un costo de **21.36%** más que los bloques convencionales de arcilla, esto es **s/. 10,682.51** en comparación con el sistema convencional de losa aligerada.
4. Reducir el factor de volumen de concreto por el amplio espacio y menor espesor entre viguetas, con el sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero, permite reducir su costo en un **29.07%**, esto es **s/. 11,422.94** en comparación con el sistema convencional de losa aligerada.
5. El ranurado de los casetones de EPS confieren una mejor adherencia para el tarrajeo convencional, a diferencia del casetón de superficie lisa que requiere una pasta de adherencia adicional, por tal la diferencia solo es un **12.85%**, esto es **s/. 4,106.07** en comparación con el sistema convencional de losa aligerada.
6. En cuanto a los servicios de transporte de materiales el sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero registra una elevación de costo del **98.48%**, esto debido a que los materiales que integran son producidos sólo en lima en comparación de los materiales del sistema convencional de losa aligerada que pueden conseguirse en Huancayo.

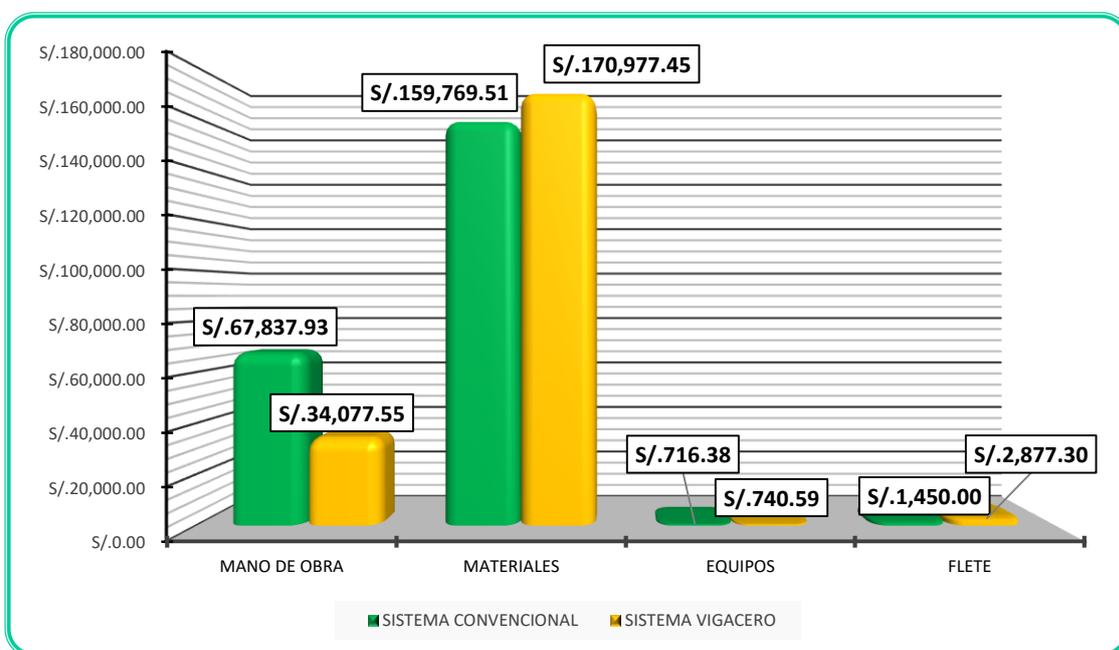
Para tener una visión más específica y clara sobre los registros de costo directo de cada sistema aligerado, se distribuirán estos costos en

relación a los recursos de mano de obra, materiales y equipos respectivamente.

Tabla 17: Costos de recursos

Descripción	Sistema Convencional (a)	Sistema Vigacero (b)	Brecha (c) = (a) - (b)	Brecha % (d) = (c) / (a)
Mano de obra	S/. 67,837.93	S/. 34,077.55	S/. 33,760.38	49.77 %
Materiales	S/.159,769.51	S/.170,977.45	S/. 11,207.94	-7.02 %
Equipos	S/. 716.38	S/.740.59	S/. 24.21	-3.38 %
Flete Terrestre	S/.1,450.00	S/.2,877.30	S/. 1,427.30	-98.43 %
TOTAL	S/. 229,773.82	S/. 208,672.89	S/. 21,100.93	9.18 %

Gráfico 68:Diferencias del costo de recursos de obra



Elaboración propia

Interpretación:

El gráfico N°68, se tiene que los recursos más importancia son: mano de obra y materiales, para el primer caso el sistema pre-fabricado vigacero requiere una menor intervención de mano de obra por su práctica y fácil instalación reduciendo su costo en un **49.77%**, sin embargo, es viceversa

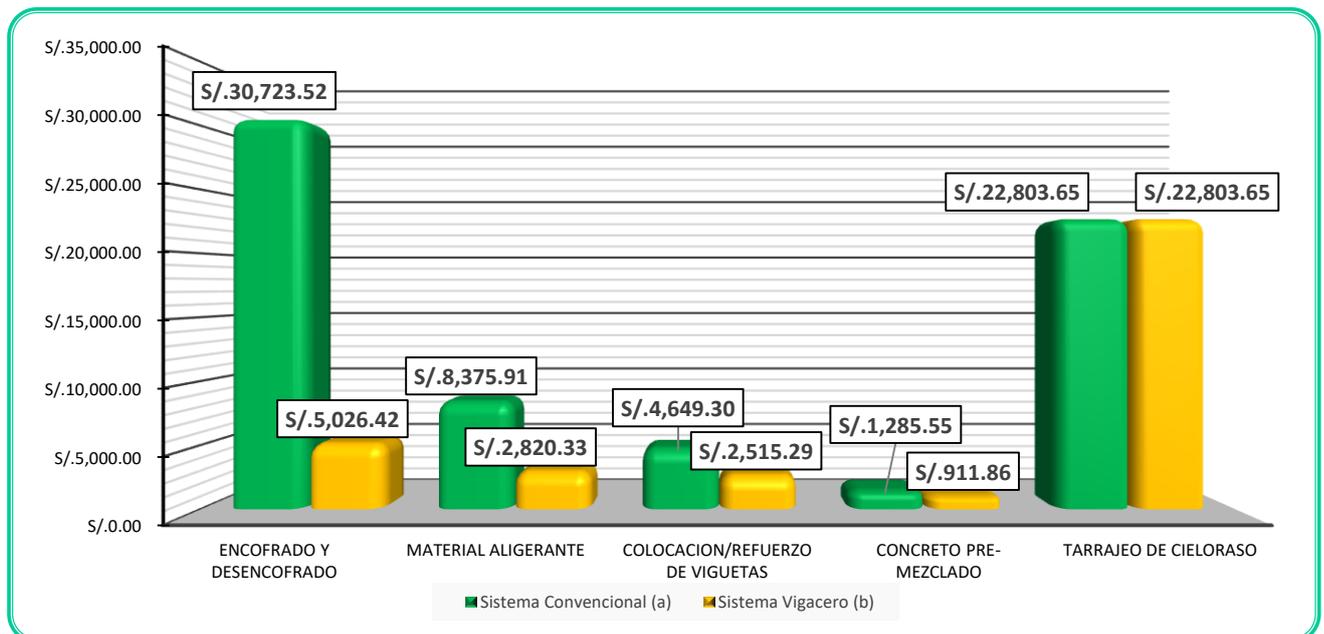
para el caso de materiales por las mejoras técnicas que reflejan los materiales, registrando un **7.02%** más que el sistema convencional.

5.2.2.1. Costo de Mano de Obra

Tabla 18: Diferencias del costo de mano de obra

Descripción	Sistema Convencional (a)	Sistema Vigacero (b)	Brecha (c) = (a) - (b)	Brecha % (d) = (c) / (a)
Encofrado y desencofrado	S/.30,723.52	S/.5,026.42	S/.25,697.10	83.64%
Material aligerante	S/.8,375.91	S/.2,820.33	S/.5,555.58	66.33%
Colocación y Refuerzo de viguetas	S/.4,649.30	S/.2,515.29	S/.2,134.01	45.90%
Concreto pre-mezclado	S/.1,285.55	S/.911.86	S/.373.69	29.07%
Tarrajeo de cieloraso	S/.22,803.65	S/.22,803.65	S/.0.00	0.00 %
Total	S/.67,837.93	S/.34,077.55	S/.33,760.38	49.77%

Gráfico 69: Indicadores del costo de mano de obra



Elaboración propia

Interpretación:

El **grafico N°69**, refleja que el sistema pre-fabricado de losa aligerada al ser un sistema práctico y de fácil instalación reduce el costo total de mano de obra en un **49.77%**, esta diferencia es producto de:

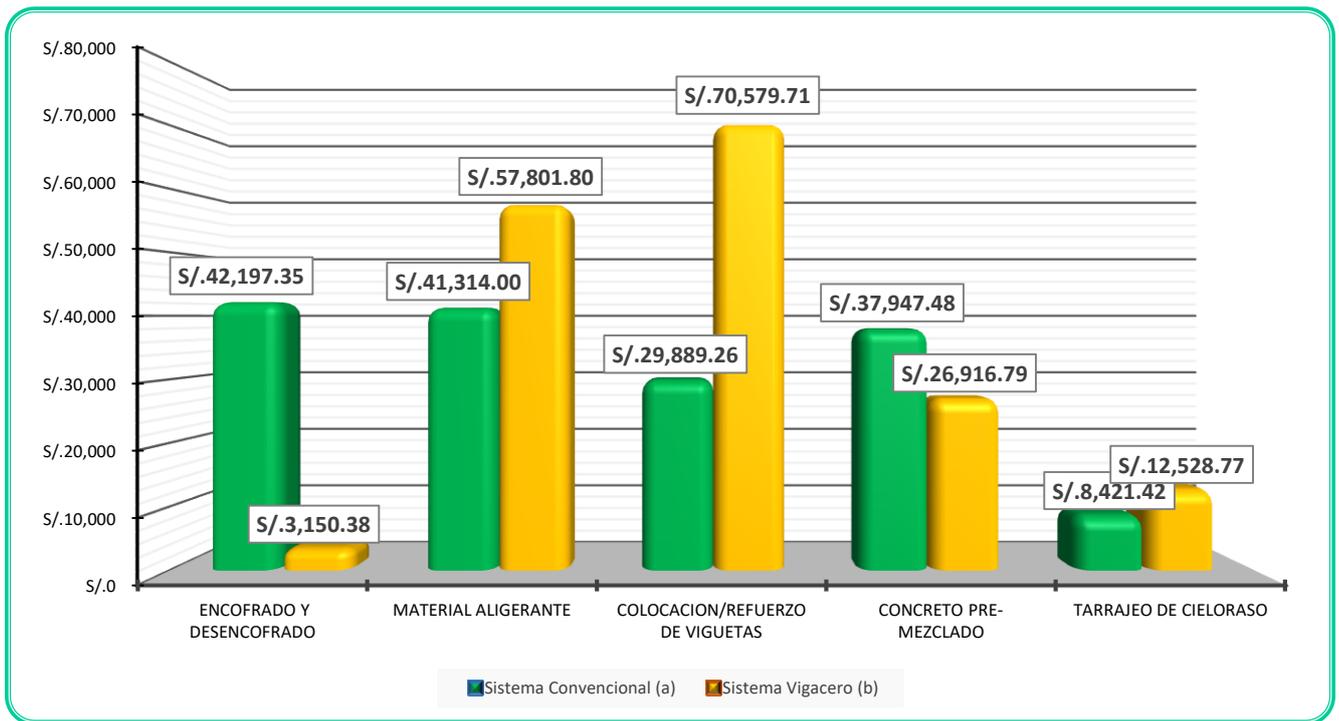
1. Requerir solo apuntalamiento para luces mayores a 4.40 m es posible reducir el costo de mano de obra en un **83.64 %**, esto es **s/. 25,697.10** en comparación con las actividades de encofrado necesario para el sistema convencional de losa aligerada.
2. Contar con materiales más livianos y reducir el número de operaciones para la colocación de casetón de EPS, es posible reducir el costo de mano de obra en un **66.33%**, esto es **s/. 5,555.58** en comparación con las elevadas operaciones y esfuerzo para colocar los bloques de arcilla para el sistema convencional de losa aligerada.
3. La práctica instalación de viguetas pre-fabricadas de acero galvanizado y de requerir solo refuerzo en la zona negativa, se reduce el costo de mano de obra en un **45.90%**, esto es **s/. 2,134.01** en comparación con las actividades de refuerzo en el sistema convencional de losa aligerada.
4. Requerir menos consumo de concreto indica reducir el costo de mano de obra con el sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero, en un **29.07%** esto es **s/. 373.69** en comparación con el sistema convencional de losa aligerada.
5. Contar con casetones de alta densidad como aligerante no implica trabajos adicionales para el acabado del cielo raso por tal la partida de cielo raso para ambos sistemas de entrepiso se mantiene a la par.

5.2.2.2. Costo de Materiales

Tabla 19: Diferencias del costo de material

Descripción	Sistema Convencional (a)	Sistema Vigacero (b)	Brecha (c) = (a) - (b)	Brecha % (d) = (c) / (a)
Encofrado y desencofrado	S/.42,197.35	S/.3,150.38	S/.39,046.97	92.53%
Material aligerante	S/.41,314.00	S/.57,801.80	-S/.16,487.80	-39.91%
Colocación/Refuerzo de viguetas	S/.29,889.26	S/.70,579.71	-S/.40,690.45	-136.14%
Concreto pre-mezclado	S/.37,947.48	S/.26,916.79	S/.11,030.69	29.07%
Tarrajeo de cieloraso	S/.8,421.42	S/.12,528.77	-S/.4,107.35	-48.77%
Total	S/.159,769.51	S/.170,977.45	-S/.11,207.94	-7.02%

Gráfico 70: Indicadores del costo de materiales



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

El **grafico N°70**, refleja que el sistema pre-fabricado de losa aligerada al mejorar su aspecto técnico refleja un leve incremento del costo total de materiales en un **7.02%**, esta diferencia es producto:

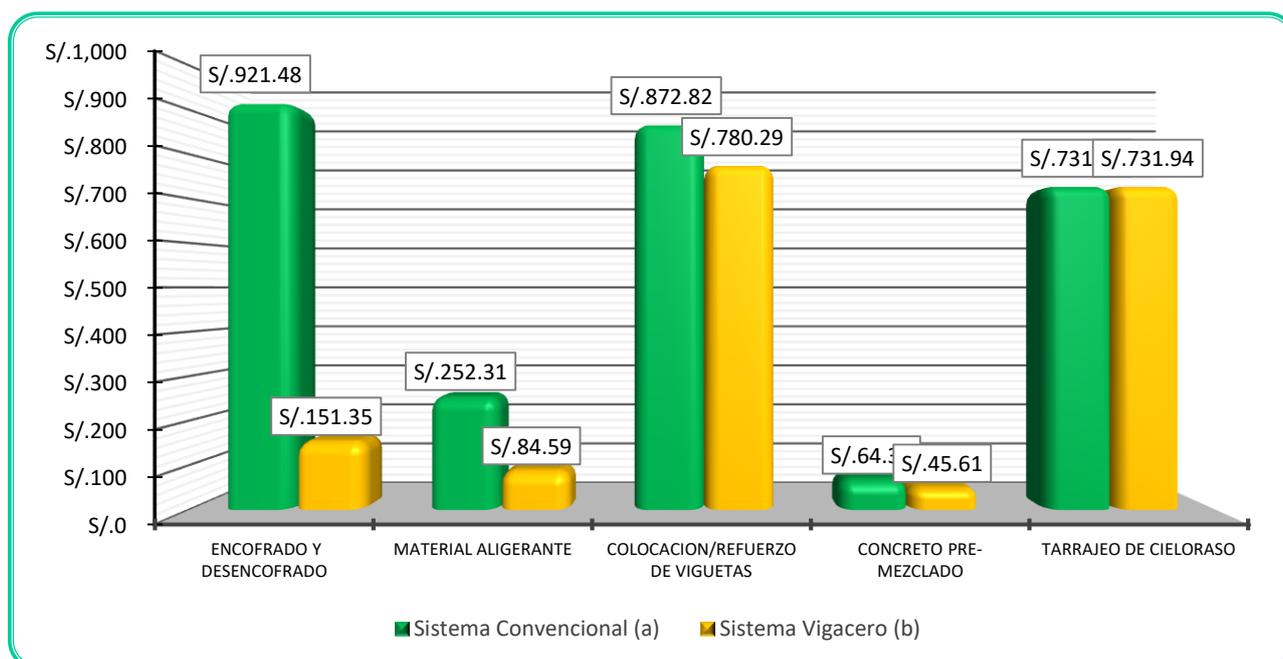
Principalmente del costo de las viguetas pre-fabricadas y el refuerzo de estas, con un aumento del **136.14%** esto es **s/. 40,690.45**; del casetón ranurado de EPS de alta densidad en un **39.91%** y de los acabados de cielo raso por la malla adicional en un **48.77%**, en comparación a los materiales del sistema convencional de losa aligerada. Sin embargo, eliminar el fondo de encofrado reduce el costo de material de encofrado en un **92.53%**, esto es **s/. 39,046.97**, y la amplia separación reduce el consumo de concreto en un **29.07%** esto es **s/. 11,030.69**.

5.2.2.3. Costo de Equipos

Tabla 20: Diferencias del costo de equipo

Descripción	Sistema Convencional (a)	Sistema Vigacero (b)	Brecha (c) = (a) - (b)	Brecha % (d) = (c) / (a)
Encofrado y desencofrado	S/.921.48	S/.151.35	S/.770.13	83.58%
Material aligerante	S/.252.31	S/.84.59	S/.167.72	66.47%
Colocación/Refuerzo de viguetas	S/.872.82	S/.780.29	S/.92.53	10.60%
Concreto pre-mezclado	S/.64.30	S/.45.61	S/.18.69	29.07%
Tarrajeo de cieloraso	S/.731.94	S/.731.94	S/.0.00	0.00%
Total	S/.2,842.85	S/.1,793.78	S/.1,049.07	36.90%

Gráfico 71: Indicadores del costo de equipos



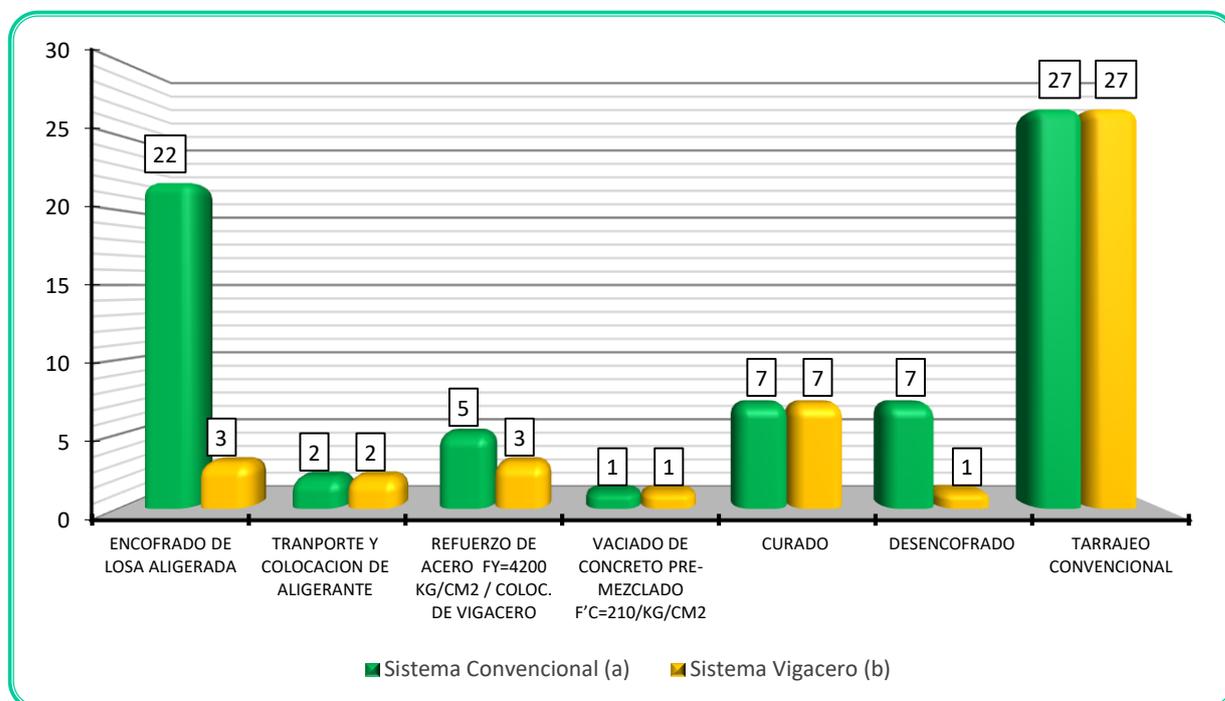
Elaboración propia

5.3. Comparación del tiempo de ejecución

Tabla 21: Diferencias del tiempo de ejecución para el 1er piso

Descripción	Sistema Convencional (a)	Sistema Vigacero (b)	Brecha (c) = (a) - (b)	Brecha % (d) = (c) / (a)
Encofrado de losa aligerada	22 días	03 días	-19 días	86.36 %
Transporte y colocación de material aligerante	02 días	02 días	0 días	0.00 %
Refuerzo de acero corrugado fy=4200 kg/cm ² / colocación de viguetas vigacero	05 días	01 días + 02 días	-02 días	40.00 %
Vaciado de Concreto pre-mezclado F'c=210/kg/cm ²	01 días	01 días	0 días	0.00 %
Curado de losa aligerada	07 días	07 días	0 días	0.00 %
Desencofrado de losa aligerada	07 días	01 días	-06 días	85.71 %
Tarrajeo convencional de cielo raso e=1.5cm	27 días	27 días	00 días	0.00 %
Programación 1er piso	71 días	44 días	27 días	38.03 %

Gráfico 72: Indicador del tiempo de ejecución por piso



Elaboración propia

Interpretación: Definidas las actividades y secuencias del proceso constructivo de cada sistema aligerado, **tabla N°7 y N°8** Del cual, el sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero al integrar procesos innovadores, permite reducir el tiempo de ejecución en un **38.03%**, por ser un sistema práctico y de fácil instalación, en comparación con el sistema convencional de losa aligerada. Esta diferencia se debe a:

1. Al ser un sistema que no requiere en ningún caso encofrado, sólo apuntalamiento en luces mayores a 4.40 m, permite reducir sustancialmente las actividades de encofrado convencional en un 86.36% esto es 19 días.
2. La ligereza de los casetones de poliestireno de alta densidad a diferencia de los bloques de arcilla le confiere una óptima trabajabilidad para las actividades de colocación y transporte, que va a la par con el sistema convencional.
3. La ligereza de las viguetas pre-fabricadas de acero galvanizado favorece su maniobrabilidad para su instalación además del requerimiento de refuerzo solo en zonas donde los necesite, de acuerdo a cálculos, reduciendo las labores de trabajo a sólo 2 días, esto es un 40% menos en comparación con el sistema convencional de losa aligerada.
4. Para ambos sistemas aligerados la duración, de las actividades de vaciado de concreto pre-premezclado son prácticamente las mismas que solo difieren en cuanto al consumo de concreto. Para ambos casos las condiciones de curado son las mismas.
5. La superficie ranurada del casetón cola de milano no implica actividades complementarias, por tal, el acabado de cielo raso con el sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero demanda el mismo tiempo que el sistema convencional.

5.4. Discusión de Resultados

Lo que se pretendió alcanzar con el desarrollo de esta investigación es ahondar acerca de las diferencias del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero frente al sistema convencional, en cuanto al peso por metro cuadrado, costo directo y tiempo de ejecución; a fin de validar o rechazar las hipótesis planteadas y de llenar el vacío acerca del nivel de aporte que ofrece este sistema innovador, que integra procesos innovadores para mejorar y/o superar los alcances del sistema convencional de losa aligerada.

Los resultados obtenidos de la presente investigación son válidos y confiables ya que la información fue recopilada y analizada según alcances normativos que se maneja en la construcción, además de la información referida al sistema vigacero. Luego de realizar el análisis descriptivo de ambos sistemas de losa aligerada, se constató que los resultados obtenidos después de la aplicación del sistema propuesto son positivos, garantizando la confiabilidad de los datos a juicio de un experto para validar la tabla comparativa que sirvió de instrumento para validar las hipótesis.

5.5. Cuadro comparativo general para las losas de entrepiso.

DESCRIPCION	SISTEMA ALIGERADO CONVENCIONAL	SISTEMA PRE-FABRICADO DE LOSA ALIGERADA VIGACERO	DIFERENCIAS DE LAS LOSAS DE ENTREPISO
CARACTERISTICA TÉCNICA - PESO/M²	<ul style="list-style-type: none"> • Peso parcial de 350.00 kg/m² • Peso del proyecto 557.025 Tn • Wu de 444.00 kg/ml 	<ul style="list-style-type: none"> • Peso parcial de 200.00 kg/m² • Peso del proyecto 318.30 Tn • Wu de 756.00 kg/ml 	Reduce el peso por m ² en un 42.86% , lo que contribuye a disminuir las cargas impuestas sobre la cimentación. Además, la vigueta pre-fabricada es 70.27% más resistente que la convencional.
CONSUMO DE MATERIAL	Concreto pre-mezclado = 161.00 m ³ # Ladrillo de techo = 14,755 und # Viguetas = 855 und Acero de refuerzo = 9,585 kg Madera = 13,944 pie ²	Concreto pre-mezclado = 114.20 m ³ # Casetones EPS = 2,014 und # Viguetas = 412 und Acero de refuerzo = 3,273 kg Pie2 de madera = 888 pie ²	Reduce el consumo de material para: Concreto pre-mezclado = 29.07% # Casetones EPS = 86.35% # Viguetas = 52.93% Acero de refuerzo = 66.55% Pie2 de madera = 93.63%
COSTO DIRECTO	Costo Directo = S/. 231,877.19 Mano de obra = S/. 67,837.93 Materiales = S/. 159,769.51 Equipos = S/. 716.38 Flete = S/. 1,450.00	Costo Directo = S/. 209,723.40 Mano de obra = S/. 34,077.55 Materiales = S/. 170,977.45 Equipos = S/. 740.59 Flete = S/. 2,877.30	Reduce el costo del: Costo Directo = 9.55 % Mano de obra = 49.77% Materiales = -7.02% Equipos = -3.38% Flete = -98.43%
TIEMPO DE EJECUCIÓN	Demanda una ejecución de 71 días por piso, principalmente por las labores de encofrado, el tiempo de espera para desencofrar y el mismo desencofrado.	Demanda una ejecución de 44 días por piso porque requiere sólo apuntalamiento, materiales ligeros que facilitan su instalación y poder realizar el acabado de cielo raso al día siguiente del vaciado de concreto.	Sistema eficiente y de mayor rendimiento que permite contribuir a reducir el tiempo de ejecución de entrepiso en un 38.03% a diferencia del sistema convencional.

Gráfico 73: Cuadro comparativo general

Luego de realizar el análisis comparativo correspondiente se concluyó que las mejoras obtenidas de la aplicación del sistema con viguetas prefabricadas de acero galvanizadas a una edificación piloto de 6 pisos para uso de vivienda, son considerablemente ventajosos, confirmando entonces, las hipótesis planteadas.

Queda comprobado entonces que se puede mejorar las capacidades técnicas al reducir el peso por metro cuadrada, reducir el consumo de material en beneficio del costo directo total del proyecto, mejorar el rendimiento durante el proceso constructivo y reduciendo el tiempo de programación para ejecutar un piso.

Con los resultados obtenidos este sistema innovador puede ser aplicado en losas de entrepiso con luces de hasta 8 m de longitud sin encofrado en todo tipo de obra; en edificios: institucionales, residenciales, comerciales y de cualquier forma y tamaño, hospitales y en cubiertas de bodegas y naves de uso industrial, con un mejor comportamiento ante cargas de servicio, la no utilización de encofrado facilita la construcción y reduce considerablemente la inversión y el tiempo de ejecución. Asimismo, los resultados obtenidos pueden servir para otras investigaciones futuras que pretendan profundizar el tema en mención y/o difundir acerca de la importancia que amerita la innovación tecnológica en el sector construcción.

CONCLUSIONES

1. El sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero si representa una alternativa ventajosa por los óptimos resultados, que contribuyen de forma efectiva y positiva a la construcción de losas de entrepiso de una edificación de 6 pisos, frente al uso del sistema convencional de losa aligerada.
2. La versatilidad de las mejoras técnicas de las viguetas y el casetón de EPS que integra el sistema pre-fabricada de losa aligerada vigacero permite reducir el peso/m² hasta un 42.86% el peso propio de los entrepisos de una edificación de 6 pisos. Además, propone amplificar la resistencia de la vigueta por ml en un 70.27% por la óptima cantidad de refuerzo, esto permite un mejor comportamiento ante cargas de servicio, fuerzas horizontales y contribuir a reducir las dimensiones de las cimentaciones. **Ver tabla N°5,13 (pág. 80,132) y tabla N°6 (pág. 80).**
3. El sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero propone rebajar el costo directo en un 9.55%, consiguiendo un ahorro s/. 22,153.79 para la edificación de 6 pisos. Este margen principalmente es gracias a la reducción potencial del 88.68% del costo de encofrado, del 29.07% del concreto pre-mezclado y el 49.77% del costo de mano de obra. Resultando como beneficio económico para el constructor como para el propietario. **Ver tabla N°18 y N°19 (pág.137,139).**
4. La ventaja más destacada del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero es agilizar los tiempos de montaje simplificando los procesos de trabajo, mejorando el desempeño de mano de obra al tratar con elementos livianos y anular tiempos muertos, para el desarrollo de un trabajo continuo y organizado. De manera general entonces es posible reducir el tiempo de ejecución del entrepiso en 27 días principalmente por ser un sistema auto soportante que no requiere encofrado. **Ver tabla N°11,12 y 23 (pág.129,130 y 145)**

RECOMENDACIONES

1. Propiciar el uso del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero en un entorno donde se prevé una creciente proyección de edificaciones como Huancayo resultaría provechoso para estar acorde a los nuevos desafíos que implica el sector construcción en el rubro inmobiliario a la actualidad y a la vez, como un medio para mantenerse al día tecnológicamente.
2. Al momento de elegir este sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero se deberá tener presente los alcances técnicos de este sistema, como la posibilidad de aumentar la resistencia por metro cuadrado al reducir la separación de viguetas de 84 cm 69 cm, entre otros c. Pues el costo del sistema no siempre prima sobre las consideraciones antes mencionadas.
3. Tener presente que la implementación de nuevo sistema constructivos no siempre resulta en un ahorro económico que depende de las características propias de cada estructura, pues generalmente a mayor sea el grado de nivel de innovación presenten mayor será la inversión, pero también mayores serán los beneficios que se pueden obtener de ella, por tal se recomienda siempre realizar un balance económico.
4. Proponer el uso de este sistema pre-fabricado, para proyectos que demanden cronogramas limitados de obra, pues es donde, más propicio resulta poder reducir los gastos que guarden relación con el tiempo de ejecución, es decir los gastos variables y la ventaja de una rápida recuperación del capital invertido.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Ghio Castillo, V., & Bascuñan Walker, R. (1998). *Innovacion Tecnologica Ahora es cuando*. Santiago de Chile.
2. Serpell B., A. (1987). *Innovacion tecnologica en la construccion*. Santiago de Chile.
3. Paye Anco, A. A., Peña Castillo, J., & Franco Sánchez, J. (2014). *Propuesta para la utilizacion de losas de entrepisos pre-fabricadas*. Lima, Perú: Escuela de Postgrado, Univercidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
4. Ramos Rugel, M. (2002). *Análisis técnico y económico de losas de entrepiso*. Piura, Perú: Universidad de Piura.
5. Gonzalo Sánchez, V. (20 de 10 de 2015). Observatorio Tecnologico de la Construccion.
6. Bakens, W. (2000). Acta del X Congreso Trienal del Consejo Internacional para la investigacion de edificios. *Construccion Tecnologica* (págs. 538-546). Washington, D.C: Bakens.
7. Pérez Estañol, M., & Ochoa, R. (2016). Pre-fabricacion base del cambio de la construccion. *Construccion y tecnologia*.
8. Arcotecho Perú, S. (2016). *Manual de instalacion del Sistema de losa aligerada con viguetas pre-fabricadas de acero galvanizado*. Lima, Perú.
9. Norma Internacional. (ASTM). *American Society for Testing and Materials*.
10. American Concrete Institute. (1985). Metodo de los Coeficientes 318-83.
11. Norma Tecnica de Edificaciones. (2009). *E0.20 Cargas*. Lima, Peru: Ministerios de Vivienda Construccion y Saneamiento.
12. Norma Tecnica de Edificaciones. (2009). *E0.60 Concreto Armado*. Lima, Perú: Ministerio de Vivienda Construccion y Saneamiento.

ANEXOS

Anexo N°1: Resultado del ensayo a flexión del sistema vigacero a cargo del Laboratorio de Estructuras de la Universidad Pontificia Universidad Católica del Perú



Ventajas del Sistema VIGACERO:

1. Económico, rápido y fácil de instalar.
2. No requiere encofrados, solo se apuntala para luces libres a partir de 4.50 ml.
3. Viguetas más livianas y más resistentes.
4. Fácil de transportar, manipular y apilar.
5. Se puede utilizar en todos los sistemas constructivos.
6. Por tener un menor peso por metro cuadrado que un aligerado convencional, el sistema estructural tiene una mejor respuesta ante un sismo.

RESULTADOS OBTENIDOS EN EL LABORATORIO

DE ESTRUCTURAS DE LA P.U.C.P.

Diseño de la losa de 3m de luz, simplemente apoyada.

Vigueta de altura 9 cm, casetón de altura 12 cm, losa superior de 4 cm, peralte total de 16 cm, espaciamiento entre viguetas de 84 cm. Las nervaduras internas de concreto son de 8 cm. de ancho por 12 cm de altura.

Peso unitario del concreto = 2400 kg/m^3
Peso unitario del casetón = 15 kg/m^3

Carga muerta:

- | | |
|-----------------|---|
| - losa superior | $2400 \times 0.04 = 96 \text{ kg/m}^2$ |
| - nervadura | $2400 \text{ kg/m}^3 \times 0.12 \text{ m} \times 0.08 \text{ m} / 0.84 \text{ m} = 27.43 \text{ kg/m}^2$ |
| - Vigueta | $4.86 \text{ kg/ml} / 0.84 \text{ m} = 5.79 \text{ kg/m}^2$ |
| - Casetón | $15 \text{ kg/m}^3 \times 0.12 \text{ m} / 0.84 \text{ m} = 2.14 \text{ kg/m}^2$ |
| - Acabados | 100 kg/m^2 |

Total carga muerta $w_m = 131.4 + 100 = 231.4 \text{ kg/m}^2$

Carga viva: Según Norma E.020 Cargas, para viviendas $w_v = 200 \text{ kg/m}^2$

Carga última de diseño de la losa $w_u = 1.4 w_m + 1.7 w_v = 663.9 \text{ kg/m}^2$

Carga última de diseño para una vigueta $w_{uv} = 0.84 w_u = 557.7 \text{ kg/m}$


DANIEL ROBERTO QUIUN WONG
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 28114

Diseño por flexión de una vigueta de 3m de luz:

$$\text{Momento de diseño } \mu(3\text{m}) = wuv L^2 / 8 = \mathbf{627 \text{ kg-m}}$$

Para el ensayo de laboratorio de esta losa, se ensamblaron una vigueta central y dos medias viguetas a ambos lados. Esto implica que las cargas se distribuyen entre una vigueta entera y dos medias viguetas, por lo cual se asume que actúan como dos viguetas para efectos de resistencia y deformaciones.

En base a las curvas de carga y deformaciones obtenidas del ensayo, se puede tomar el estado asociado a la fluencia como el que define la capacidad del espécimen. En el gráfico de momento curvatura experimental, la posfluencia de la losa da un momento de 24.80 kN-m = **2530 kg-m**, que dividido entre dos viguetas efectivas da **1265 kg-m** de momento resistente experimental. Este resultado supera el momento de diseño μ para la vigueta de **627 kg-m** por un factor de 2.

Como referencia, según la tabla del sistema VIGACERO, la losa de **h=0.16m** para la luz de 4m, resiste 300 kg/m² de carga viva.

Resultado de ensayos de la vigueta vigacero

En el ensayo de carga monotónica, se aplicó una carga P dividida en dos cargas iguales de valor P/2 a los tercios de la luz libre (1.05 m de cada apoyo). Las cargas totales P obtenidas en el ensayo fueron:

Carga de fluencia Pf = 30 kN
Carga máxima Pm = 36 kN
Carga de rotura Pr = 34 kN

Estado al final de los ensayos:




DANIEL ROBERTO QUIJÓN WONG
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 28114

Anexo N°2:

Tabla de diseño de espesores de losas con el sistema aligerado vigacero, en relacion a la magnitud de la sobrecarga y la luz libre.



Fuente: Manual de Instalación Vigacero

Anexo N°3:

tabla del sistema pre-fabricado de losa aligerada para la estimación de la carga última de diseño en relación al espesor de losa y la luz libre..

CARGA ULTIMA (Kg/m ²) SEPARACION ENTRE VIGUETAS 0.84m							
Espesor de concreto 4cm			Espesor del concreto 5 cm				
LUZ (m)	H = 9 cm	H = 12 cm	H = 15 cm	H = 20 cm	H = 25 cm	H = 30 cm	H = 33 cm
3,00	1807	2522	3104				
3,10	1638	2362	2907				
3,20	1489	2217	2728				
3,30	1358	2085	2565				
3,40	1241	1964	2416				
3,50	1138	1853	2280				
3,60	1046	1752	2155				
3,70	963	1636	2040				
3,80	889	1510	1934				
3,90	823	1397	1836				
4,00	762	1295	1746	1913	1950	2322	
4,10	708	1202	1662	1821	1856	2210	
4,20	659	1118	1584	1735	1769	2106	
4,30		1042	1511	1656	1688	2009	
4,40		973	1443	1581	1612	1919	
4,50		909	1379	1512	1541	1835	
4,60		851	1320	1447	1475	1756	
4,70		798	1243	1386	1413	1682	
4,80		749	1167	1329	1354	1613	
4,90		704	1097	1275	1300	1547	
5,00		663	1033	1224	1248	1486	
5,10			973	1177	1200	1428	
5,20			918	1132	1154	1374	
5,30			867	1090	1111	1323	
5,40			820	1050	1070	1274	
5,50			776	1012	1032	1228	
5,60				976	995	1185	
5,70				942	961	1143	
5,80				910	928	1104	
5,90				879	896	1067	
6,00				850	867	1032	
6,10				823	839	998	
6,20				786	812	966	
6,30				749	786	936	
6,40				714	762	907	
6,50				682	739	879	
6,60				651	716	853	
6,70					695	828	
6,80					675	803	
6,90					655	780	
7,00					637	756	
7,10					619	737	
7,20						717	
7,30						697	
7,40						678	
7,50						660	
7,60							543 (*)
7,70							526(*)
7,80							510(*)
7,90							495(*)
8,00							480(*)

(*) Para estas luces consultar con nuestro Departamento Técnico.

Fuente: Manual de Instalación Vigacero

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	OPERACIONALIZACION	METODOLOGÍA
<p>¿Cuál es el nivel de aporte del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero y del sistema convencional, de una edificación de 6 pisos en Huancayo?</p> <p><u>Problema Específico</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuál es la diferencia de peso/m² del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016? 2. ¿Cuál es el costo directo del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos Huancayo, 2016? 3. ¿Cuánto tiempo demandará ejecutar el sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos Huancayo, 2016? 	<p>Comparar el nivel de aporte del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional para alcanzar mejores resultados en la construcción de losa de entrepiso de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016.</p> <p><u>Objetivos Específicos</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Determinar la diferencia de peso/m² del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016. 2. Calcular el costo directo del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016. 3. Establecer el tiempo que demanda ejecutar el sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016. 	<p>El sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero, constituye una alternativa ventajosa como losa de entrepiso vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo.</p> <p><u>Hipótesis Específicas</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero disminuirá en un 30% el peso/m² vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016. 2. Se incrementará el costo directo del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016. 3. Se reducirá a la mitad, el tiempo de ejecución con el sistema pre-fabricado de losa aligerada vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016. 	<p><u>Variable Independiente</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero. 2. Sistema convencional de losa aligerada. <p><u>Dimensiones</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Geometría de viguetas 2. Características de materiales 3. Proceso Constructivo. <p><u>Variable Dependiente</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Característica técnica. 2. Evaluación económica. 3. Programación de obra <p><u>Dimensiones</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Peso propio 2. Costo directo 3. Tiempo de ejecución. 	<p><u>Tipo:</u> Aplicada o Tecnológica</p> <p><u>Enfoque:</u> Enfoque Cuantitativo</p> <p><u>Nivel:</u> Descriptivo- Explicativo</p> <p><u>Diseño:</u> No experimental</p> <p><u>Población:</u> Todas las edificaciones de 6 pisos del distrito de Huancayo destinadas al uso de viviendas y/u oficinas</p> <p><u>Muestra:</u> El tipo de muestra es no probabilística o dirigida, eligiendo por conveniencia una losa aligerada de 25cm de una edificación multifamiliar de 6 pisos en San Carlos – Distrito de Huancayo.</p>