

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SEDES SAPIENTIAE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**



Análisis comparativo técnico-económico entre losas aligeradas  
convencionales y losas con sistema viga acero en viviendas  
unifamiliares

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA  
OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

**AUTORA**

Noemith Barboza Vallejos

**ASESOR**

Manuel Ismael Laurencio Luna

Rioja, Perú  
2023

**METADATOS COMPLEMENTARIOS****Datos del autor**

Nombres	NOEMITH
Apellidos	BARBOZA VALLEJOS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	71114219
Número de Orcid (opcional)	

**Datos del asesor**

Nombres	MANUEL ISMAEL
Apellidos	LAURENCIO LUNA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	42362708
Número de Orcid (obligatorio)	0000-0002-5992-0202

**Datos del Jurado****Datos del presidente del jurado**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

**Datos del segundo miembro**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

**Datos del tercer miembro**

Nombres	
Apellidos	
Tipo de documento de identidad	DNI
Número del documento de identidad	

**Datos de la obra**

Materia*	Análisis comparativo, convencional, viga acero, ACI, técnico-económico, ejecución.
Campo del conocimiento OCDE Consultar el listado: <a href="#">enlace</a>	<a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a>
Idioma (Normal ISO 639-3)	SPA - español
Tipo de trabajo de investigación	Trabajo de Suficiencia Profesional
País de publicación	PE - PERÚ
Recurso del cual forma parte (opcional)	
Nombre del grado	Ingeniero Civil
Grado académico o título profesional	Título Profesional
Nombre del programa	Ingeniería Civil
Código del programa Consultar el listado: <a href="#">enlace</a>	732016

\*Ingresar las palabras clave o términos del lenguaje natural (no controladas por un vocabulario o tesoro).

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ACTA N° 004-2024-UCSS-FI/TPICIV**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

Los Olivos, 29 de febrero de 2024

Siendo el día martes 29 de febrero de 2024, en la Universidad Católica Sedes Sapientiae, se realizó la evaluación y calificación del siguiente informe de Trabajo de Suficiencia Profesional.

**Análisis comparativo técnico-económico entre losas aligeradas convencionales y losas con sistema viga acero en viviendas unifamiliares**

Presentado por la bachiller en Ciencias de la Ingeniería Civil de la Filial Rioja: Nueva Cajamarca:

**BARBOZA VALLEJOS, NOEMITH**

Ante la comisión evaluadora de especialistas conformado por:

BANCES MEZA, ALCIBIADES  
CARMENATES HERNANDEZ, DAYMA

Luego de haber realizado las evaluaciones y calificaciones correspondientes la comisión lo declara:

**APROBADO**

En mérito al resultado obtenido se expide la presente acta con la finalidad que el Consejo de Facultad considere se le otorgue a la Bachiller BARBOZA VALLEJOS, NOEMITH el Título Profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

En señal de conformidad firmamos,



Ing. BANCES MEZA, ALCIBIADES  
Evaluador especialista 1



Dra. CARMENATES HERNÁNDEZ, DAYMA SADAMI  
Evaluador especialista 2

## Anexo 2

### CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR(A) DE TESIS / INFORME ACADÉMICO/ TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/ TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL CON INFORME DE EVALUACIÓN DEL SOFTWARE ANTIPLAGIO

Los Olivos, 01 de febrero de 2024

Señor

Marco Antonio Coral Ygnacio

Presidente de la Comisión Ejecutora del Programa de Titulación por Trabajo de Suficiencia Profesional  
Facultad de Ingeniería

Universidad Católica Sedes Sapientiae

Reciba un cordial saludo.

Sirva el presente para informar que el informe de trabajo de suficiencia profesional, bajo mi asesoría, con título: **“Análisis comparativo técnico-económico entre losas aligeradas convencionales y losas con sistema viga acero en viviendas unifamiliares”**, presentado por BARBOZA VALLEJOS, NOEMITH con código 2014101665 y DNI: 71114219 para optar el título profesional de Ingeniero Civil, ha sido revisado en su totalidad por mi persona y **CONSIDERO** que el mismo se encuentra **APTO** para ser evaluado y calificado por la comisión evaluadora de especialistas.

Asimismo, para garantizar la originalidad del documento en mención, se le ha sometido a los mecanismos de control y procedimientos antiplagio previstos en la normativa interna de la Universidad, **cuyo resultado alcanzó un porcentaje de similitud de 7 %** \* Por tanto, en mi condición de asesor, firmo la presente carta en señal de conformidad y adjunto el informe de similitud del Sistema Antiplagio Turnitin, como evidencia de lo informado.

Sin otro particular, me despido de usted. Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Manuel Ismael Laurencio Luna', is centered on the page.

---

MANUEL ISMAEL LAURENCIO LUNA

DNI N°: 42362708

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5992-0202>

Facultad de Ingeniería - UCSS

\* De conformidad con el artículo 8°, del Capítulo 3 del Reglamento de Control Antiplagio e Integridad Académica para trabajos para optar grados y títulos, aplicación del software antiplagio en la UCSS, se establece lo siguiente:

Artículo 8°. Criterios de evaluación de originalidad de los trabajos y aplicación de filtros

El porcentaje de similitud aceptado en el informe del software antiplagio para trabajos para optar grados académicos y títulos profesionales, será máximo de veinte por ciento (20%) de su contenido, siempre y cuando no implique copia o indicio de copia.

## Resumen

El presente trabajo realiza un análisis comparativo técnico-económico entre losas aligeradas convencionales y losas con sistema vigacero en viviendas. Para ello se analiza si la edificación cumple los requisitos para el análisis según el método de coeficientes ACI, se busca comparar el diseño y costos en un sistema vigacero y un sistema convencional. El trabajo compara dos edificaciones; la primera de tipo vivienda taller; y la segunda para uso comercial y departamentos inmobiliarios, ambas edificaciones inicialmente se diseñaron con sistema convencional, pero se construyeron con sistema viga acero. Los resultados muestran que para la edificación 01 según el metrado de cargas se obtuvo una diferencia en peso de 160.90 kg/m<sup>2</sup>, y en la edificación 02 un peso de 194.70 kg/m<sup>2</sup>, en el diseño de acero el área requerida fue inferior al área colocada, en ambas edificaciones; en el presupuesto hubo una diferencia de costos de S/, 995.80 y S/. 2444.75 respectivamente, respecto a los tiempos de ejecución se obtuvo una diferencia de cinco y nueve días.

*Palabras clave:* Análisis comparativo, convencional, viga acero, ACI, técnico-económico, ejecución.

### **Abstrac**

The present work carries out a comparative technical-economic analysis between conventional lightweight slabs and slabs with a steel beam system in homes. To do this, it is analyzed whether the building meets the requirements for the analysis according to the ACI coefficient method, seeking to compare the design and costs in a steel beam system and a conventional system. The work compares two buildings; the first is a workshop housing type; and the second for commercial use and real estate apartments, both buildings were initially designed with a conventional system, but were built with a steel beam system. The results show that for building 01, according to the load metering, a difference in weight of 160.90 kg/m<sup>2</sup> was obtained, and in building 02 a weight of 194.70 kg/m<sup>2</sup>, in the steel design the required area was less than the area placed, in both buildings; In the budget there was a cost difference of S/, 995.80 and S/. 2444.75 respectively, with respect to the execution times, a difference of five and nine days was obtained.

*Keywords:* Comparative analysis, conventional, steel beam, ACI, technical-economic, execution.

## Índice

Resumen.....	2
Abstrac .....	3
Índice de tablas .....	6
Índice de figuras.....	10
Introducción .....	12
Trayectoria del autor .....	15
Descripción de la empresa .....	15
Estructura organizativa de la empresa .....	16
Áreas y funciones desempeñadas.....	17
Experiencia profesional realizada en la organización.....	18
Problemática .....	21
Planteamiento del problema.....	21
Definición del problema .....	21
Pregunta general.....	22
Preguntas específicas .....	22
Objetivo general.....	23
Objetivos específicos .....	23
Justificación .....	23
Alcances y limitaciones .....	24
Marco teórico .....	26
Antecedentes .....	26
Antecedentes internacionales.....	26

Antecedentes nacionales .....	28
Bases teóricas.....	31
Definición de términos.....	42
Propuesta de solución .....	44
Metodología de la solución.....	44
Desarrollo de la solución .....	45
Factibilidad técnica - operativa.....	123
Factibilidad técnica .....	123
Factibilidad operativa.....	123
Cuadro de inversión .....	124
Análisis de resultados .....	126
Análisis costos - beneficio .....	126
Aportes más destacables a la institución.....	139
Conclusiones.....	140
Recomendaciones .....	143
Anexos .....	148

## Índice de Tablas

Tabla 1. Características técnicas de vigueta vigacero.....	38
Tabla 2. Características de los casetones de EPS .....	39
Tabla 3. Clasificación de edificaciones residenciales.....	41
Tabla 4. Datos para diseño de losa convencional 01 .....	49
Tabla 5. metrado de carga muerta en losa convencional 01 .....	51
Tabla 6. Carga viva para losa convencional 01 .....	52
Tabla 7. Momentos en tramos y apoyos losa convencional 01.....	53
Tabla 8. Cálculo de área de acero (-) en Apoyos en losa convencional 01 .....	55
Tabla 9. Resumen de área de acero negativo (-) en losa convencional 01 .....	56
Tabla 10. Cálculo de área de acero (+) en losa convencional 01.....	57
Tabla 11. Resumen de área de acero positivo (+) en losa convencional 01 .....	58
Tabla 12. Metrado de encofrado en losa aligerada convencional 01 .....	59
Tabla 13. Cantidad de elementos para encofrado convencional en edificación 01 .....	59
Tabla 14. Cantidad de viguetas en losa aligerada convencional.....	60
Tabla 15. Metros lineales en viguetas edificación 01 .....	60
Tabla 16. Cantidad de ladrillo en losa aligerada convencional .....	61
Tabla 17. Cantidad de concreto en viguetas .....	62
Tabla 18. Cantidad de concreto en losa aligerada 01.....	62
Tabla 19. Cantidad de acero en viguetas de losa aligerada convencional .....	63
Tabla 20. Cantidad de kilogramos acero de temperatura en losa aligerada convencional .....	63
Tabla 21. Datos de diseño para losa vigacero en edificación 01 .....	67
Tabla 22. Metrado de carga muerta en losa vigacero 01 .....	68

Tabla 23. Momentos en tramos y apoyos de losa vigacero 01 .....	69
Tabla 24. Diseño de acero en apoyos vigacero edificación 01 .....	71
Tabla 25. Resumen de colocación de acero negativo en losa vigacero 01 .....	71
Tabla 26. Cálculo de momentos positivos en sistema vigacero losa 01 .....	72
Tabla 27. Metrado de superficie encofrado para losa con vigacero vivienda 01 .....	73
Tabla 28. Cantidad de viguetas prefabricadas vivienda 1 .....	74
Tabla 29. Cantidad de metros lineales en viguetas prefabricadas vivienda 1 .....	74
Tabla 30. Cantidad de casetones EPS para vivienda 1 .....	75
Tabla 31. Cantidad de concreto en viguetas prefabricadas vivienda 1 .....	76
Tabla 32. Concreto en losa aligerada sistema viga acero vivienda 1 .....	76
Tabla 33. Cantidad de kilogramos de acero de diámetro ½” en losa viga acero .....	77
Tabla 34. Malla de acero de temperatura de diámetro 1/4”, para losa vigacero vivienda 1 .....	77
Tabla 35. Datos de diseño en losa convencional 02 .....	83
Tabla 36. Metrado de carga muerta en losa convencional 02 .....	84
Tabla 37. Resumen de cargas de diseño en losa convencional 02 .....	85
Tabla 38. Momentos negativos en losa convencional 02 .....	86
Tabla 39. Momentos positivos en losa convencional 02 .....	87
Tabla 40. Cálculo de área de acero (-) en losa convencional 02 .....	88
Tabla 41. Resumen de acero negativo en losa convencional 02 .....	89
Tabla 42. Momentos positivos en losa convencional 02 .....	90
Tabla 43. Resumen de acero positivo en losa convencional 02 .....	91
Tabla 44. Metrado de encofrado en entrepiso tradicional de edificación 2 .....	91
Tabla 45. Cantidad de elementos para encofrado en edificación 2 .....	93

Tabla 46. Cantidad de viguetas en losa aligerada convencional en edificación 2 .....	94
Tabla 47. Metros lineales en viguetas tradicionales edificación 02.....	95
Tabla 48. Cantidad de ladrillo en losa aligerada convencional edificación 02.....	96
Tabla 49. Cantidad de concreto en viguetas y vigas de amarre en los ductos y alero .....	97
Tabla 50. Cantidad de concreto en losa aligerada edificación 2.....	98
Tabla 51. Cantidad de acero en viguetas de losa aligerada convencional 02 .....	99
Tabla 52. Cantidad de kg para acero de temperatura.....	101
Tabla 53. Datos de diseño para losa vigacero edificación 02 .....	104
Tabla 54. Cargas de diseño para losa vigacero edificación 02 .....	105
Tabla 55. Resumen de cargas de diseño losa vigacero 02 .....	106
Tabla 56. Cálculo de momentos negativo en vigacero edificación 02 .....	107
Tabla 57. Cálculo de momentos positivos en losa vigacero edificación 02 .....	108
Tabla 58. Detalle de cálculo de acero negativo en losa vigacero 02 .....	109
Tabla 59. Resumen de acero negativo colocado en vigacero losa 02.....	110
Tabla 60. Detalle de cálculo de acero positivo en losa vigacero edificación 02 .....	111
Tabla 61. Metrado de superficie encofrado para losa aligerada con vigacero viv. 2.....	112
Tabla 62. Cantidad de elementos para encofrado en edificación 02.....	113
Tabla 63. Cantidad de viguetas prefabricadas edificación 2.....	115
Tabla 64. Cantidad de metros lineales en viguetas prefabricadas vivienda 2.....	116
Tabla 65. Cantidad de casetones EPS para vivienda 2 .....	117
Tabla 66. Cantidad de concreto en viguetas prefabricadas y vigas de amarre en ductos vivienda 2.....	118
Tabla 67. Concreto en losa aligerada sistema viga acero vivienda 2.....	119

Tabla 68. Cantidad de kilogramos de acero en losa vigacero edificación 02 .....	120
Tabla 69. ....	121
Tabla 70. Inversión en el desarrollo del trabajo de suficiencia profesional.....	124
Tabla 71. Cálculo de peso propio de losa aligerada edificación 01 .....	128
Tabla 72. Cálculo de peso propio de losa aligerada edificación 02.....	129
Tabla 73. Cargas intervinientes en el análisis estructural edificación 01 .....	131
Tabla 74. Cálculo de momentos flectores y área de acero en edificación 01 .....	131
Tabla 75. Cargas intervinientes en el análisis estructural de la edificación 02.....	132
Tabla 76. Comparación de momentos flectores y área de acero positivo en edificación 02 .....	133
Tabla 77. Comparación del uso de materiales para encofrado en edificación 01 .....	134
Tabla 78. Comparación de la cantidad de materiales de ambos sistemas en la edificación 02 .	135

## Índice de Figuras

Figura 1. Estructura organizativa de la entidad Consultora Constructora Jerusalén .....	16
Figura 2. Losa de concreto armado.....	32
Figura 3. Ilustración de losa unidireccional .....	34
Figura 4. Ilustración de losa en dos direcciones .....	35
Figura 5. Vista en elevación de vigueta .....	36
Figura 6. Composición del sistema de vigas de acero .....	37
Figura 7. Detalle de vigueta prefabricada.....	38
Figura 8. Detalles de casetón de poliestireno.....	39
Figura 9. Ubicación de la edificación 01 .....	46
Figura 10. Plano de 2D de losa para análisis de vivienda 01.....	47
Figura 11. Coeficientes para diseño de losa convencional 01 .....	48
Figura 12. Luces de losa en diseño en vivienda 01.....	49
Figura 13. Peraltes mínimos de vigas no prees forzadas o losas reforzadas en una dirección ...	49
Figura 14. Cálculo de momentos edificación 01 .....	53
Figura 15. Dimensiones de acero comercial .....	56
Figura 16. Detalle de corte y colocación de acero en vigueta losa convencional 01.....	58
Figura 17. Presupuesto de obra para losa aligerada convencional vivienda 1 .....	64
Figura 18. Plano de losa aligerada del sistema vigacero vivienda 1.....	65
Figura 19. Predimensionamiento de losa vigacero 01 .....	66
Figura 20. Determinación del peso propio de losa vigacero edificación 01 .....	68
Figura 21. Momentos en sistema vigacero edificación 01.....	70
Figura 22. Área de acero y distancia entre viguetas vigacero.....	73

Figura 23. Presupuesto total con sistema vigacero de losa aligerada vivienda 01 .....	78
Figura 24. Tiempo de ejecución de obra en losa aligerada con sistema vigacero vivienda 1 ....	79
Figura 25. Localización y ubicación del proyecto en análisis .....	80
Figura 26. Plano de losa aligerada convencional edificación 02 .....	81
Figura 27. Coeficientes para diseño de losa convencional 02 .....	82
Figura 28. Luces de los tramos edificación 02 .....	82
Figura 29. Colocación de acero en vigueta convencional 02.....	91
Figura 30. Presupuesto total con sistema tradicional de entrepiso 02 .....	101
Figura 31. Plano de losa aligerada del sistema vigacero edificación 02.....	102
Figura 32. Predimensionamiento de la losa sistema vigacero edificación 02.....	103
Figura 33. Peso propio de losa vigacero edificación 02 .....	105
Figura 40. Presupuesto total con sistema vigacero de losa aligerada vivienda 02 .....	122
Figura 35. Cuantificación económica en edificación 01.....	135
Figura 36. Cuantificación económica de la edificación 02.....	136
Figura 37. Comparación del tiempo de ejecución de losas en edificación 01 .....	137
Figura 38. Comparación del tiempo de ejecución de losas en edificación 02 .....	138

## Introducción

El Instituto Nacional de Estadística e informática (INEI) en diciembre del 2022 realizó la publicación de un informe técnico en el que hablan acerca del crecimiento de la producción peruana en un 0.86%, teniéndose como base diciembre del 2021, siendo los responsables de este incremento productivo los servicios de transporte y almacenamiento, servicio de alojamiento y restaurantes, el movimiento comercial, la construcción, la minería e hidrocarburos, entre otros; además también en el informe técnico dieron a conocer que las inversiones en el sector constructivo incrementó un 2.96%, y esto se reflejó en el índice de aumento en el avance físico de obras públicas en un (15.17%), donde la industria de la construcción de edificios tuvo un comportamiento dinámico.

Teniendo en cuenta los crecientes requerimientos del mercado, surge la necesidad de introducir nuevas tecnologías para la construcción de losas de techo, entepiso o cubierta; en el que permite alcanzar estándares técnicos con mayores beneficios constructivos y menores costes, permitiendo la versatilidad de la estructura aliviando el peso de esta, logrando mayor crecimiento vertical, redundando en un aumento de rentabilidad y eficiencia.

Aunque este es un tema importante en el movimiento económico reciente a nivel nacional, hay poca información en la región San Martín y en el país sobre nuevos enfoques tecnológicos relacionados con los materiales utilizados en las edificaciones de cubiertas de techos, es decir, en términos de horas hombre y tiempo de finalización del proyecto; no sólo se analiza desde el punto de vista técnico, también se relaciona con el aspecto económico, que en muchos casos determina la elección de los materiales utilizados, de esta manera se puede obtener una perspectiva más amplia en la implementación y ejecución del proyecto.

La losa, según el reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) en su normativa E.060. Concreto Armado publicado en el año 2019 están definidas como un elemento estructural de grosor reducido respecto a otras superficies usado como cubierta o piso, frecuentemente armado horizontal en una o dos rumbos según el tipo de soportes que hay, también utilizado como membrana rígida para mantener la integridad estructural para resistir sismos y cargas horizontales; por lo tanto las losas cumplen funciones como transferir a paredes o vigas la carga de pulidos, carga propia, carga de muebles, carga de humanos, etc; también transmite las fuerzas que producen los sismos a las paredes; además une los elementos estructurales como las hileras, vigas para funciones en conjunto.

El sistema constructivo tradicional de techo de losa liviana consiste en hormigón armado (elaborado a partir de áridos como grava, arena gruesa, agua y reforzado con barras de acero), ladrillos huecos, se colocan vigas reforzadas para reducir o aligerar su peso; el tipo techo separa diferentes pisos de una casa o edificio; también son más utilizados en la industria de la construcción porque son más livianos, más económicos y tienen mejor soporte a la deflexión y flexión. (Rodríguez, 2021), el encofrado de este tipo de losas consiste en colocar soleras y tabloncillos sobre estas para respaldar los ladrillos y servir como base de las viguetas.(Encofrado de Losa Aligerada | Aceros Arequipa, n.d.).

Por otro lado el sistema no convencional es un sistema de cubierta de techo compuesto por viguetas de acero galvanizado estructural y cajas de poliestireno EPS de alta consistencia, que ayudan a construir paneles livianos de manera más eficiente (Vigacero-Viguetas prefabricadas, n.d.);el encofrado en este tipo de losas “se respalda sobre las vigas principales secundarias de concreto, placas de concreto, y junto con casetones de EPS, armadura de temperatura y concreto forman un diafragma resistente”(vigacero - viguetas prefabricadas de

acero, n.d.) Además, se puede decir que la losa aligerada de viguetas y bovedilla son autoportantes, lo que significa que se elimina el encofrado y sólo hay que apoyarlos en la mitad del vano, lo que los hace más económicos y rápidos de construir. Comparados con el sistema convencional, son una excelente opción para construcciones con luces pequeñas, por ejemplo, viviendas (Rodríguez, 2021)

En el libro, titulado cualidades de las edificaciones privadas y los hogares de acceso a servicios básicos, difundido en diciembre del 2018 y realizado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), menciona que la evolución del número de viviendas en los últimos 24 años, el crecimiento de la última década es particularmente indicativo del auge de la edificación y su vínculo con la economía peruana.

Actualmente en el mundo de la construcción se viene innovando nuevos materiales de construcción, con la finalidad de ahorrar los recursos sin disminuir la calidad de las mismas por lo que se ha incorporado en el mercado un sistema de losas aligeradas, sin embargo, la población que desea construir no puede tomar una mejor opción, no conocen los beneficios y desventajas de los nuevos sistemas existentes en el mercado. Por lo que al hacer una evaluación comparativo técnico-económico de losas aligeradas con sistema convencional vs sistema viga acero en viviendas unifamiliares ayudará a tomar la mejor opción por parte de la población que desea construir.

## **Trayectoria del Autor**

### **Descripción de la Empresa**

La empresa Consultora Constructora Jerusalén S.A.C. con Registro Único de Contribuyente (RUC) N° 20607252549 constituida en el año 2021, con su domicilio fiscal en la Av. Dos Olivos N° 371- ciudad de Segunda Jerusalén-Azunguillo, distrito de Elías Soplín Vargas, provincia de Rioja, departamento San Martín; teniendo como gerente general Sr. José Flores Chetilán. La empresa está formada por un grupo de personas con alta cualificación profesional y amplia experiencia en la el levantamiento de edificaciones; por otra parte, la entidad ofrece la edificación de viviendas particulares y viviendas sociales, tanto como subcontrata como directamente en alquiler. Asimismo, cuentan con un estándar elevado en la construcción de viviendas con entrepiso no convencionales como lo es el sistema viga acero, que consta de viguetas prefabricadas de acero galvanizado y material de poliestireno expandido (EPS) de alta consistencia (Vigacero-Viguetas Prefabricadas de Acero, n.d.); viviendas relacionadas a sistemas de entrepisos con viguetas prefabricadas de acero y material de poliestireno expandido (EPS) conocidos como sistema Viga Acero. Brindando servicio de calidad al sector privado, además brindan servicio de diseño de planos, saneamiento físico legal de predios, dirigido a todo público.

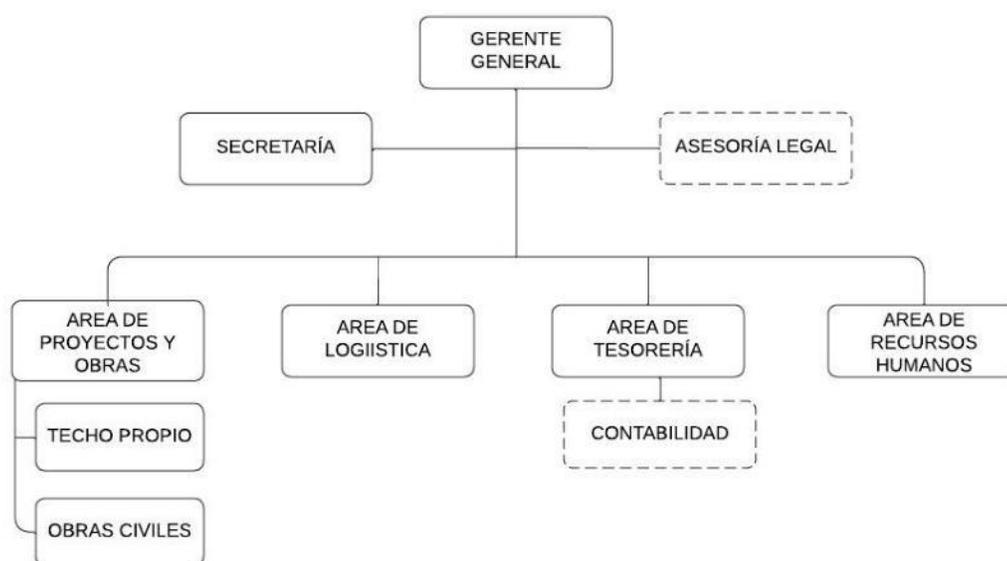
Su misión es satisfacer la necesidad de construcción, planeamiento y diseño, ofreciendo propuestas que brinden confianza, con el objetivo de que el usuario logre un buen aprovechamiento al momento de invertir, impulsados por su cultura de servicio, transparencia, confiabilidad y calidad.

La visión de la empresa es de mantenerse competitiva dentro del mercado, siendo reconocida por su característica resaltante de transparencia, cobrando el precio justo y siendo una empresa diferente a las demás por su capacidad de liderazgo y confiabilidad.

### Estructura Organizativa de la Empresa

**Figura 1.**

*Estructura organizativa de la entidad Consultora Constructora Jerusalén*



*Nota.* Estructura organizativa de la entidad Consultora Constructora Jerusalén S.A.C.

El área Gerencia General se encarga de administrar la empresa, liderar, negociar las opciones de negocio y/o trabajo que se tenga al momento de realizar los trabajos, además organiza los equipos de trabajo, traza las metas de la empresa, colabora y negocia con proveedores; además supervisa y califica el desenvolvimiento de las funciones del recurso humano de todas las áreas.

El área de Secretaría se encarga del apoyo administrativo de todas las áreas, además elabora informes, ordena y organiza los documentos en mención, apoya a las áreas a recordarles

las fechas de entrega de los proyectos los pendientes, también agenda citas con clientes, proveedores.

El área Asesoría Legal se encarga de revisar los contratos corporativos, desarrollándose de manera externa.

El área Proyectos y obras tiene dos dependencias, el área de Techo Propio, y área de Obras Civiles; el área de Techo Propio se encarga, de la gestión administrativa de la entidad técnica con el fondo mi vivienda, además de preparar los expedientes exclusivamente para el programa de módulos sociales; por otro lado el área de obras civiles se encarga de desarrollar los trabajos de clientes particulares ajenos a techo propio, pero que incluyen trabajos de consultoría, elaboración de planos, expedientes de saneamientos urbanos, y la supervisión de la construcción de edificaciones que la empresa tenga en ejecución.

El área de logística se encarga de las compras y adquisición de productos, ya sea para la oficina o para los proyectos que tenga la empresa.

El área de tesorería se encarga de administrar los recursos económicos de la empresa, administra la caja chica, realiza los pagos al personal, adjunta toda la documentación para el área contable. Por otro lado, el área de contabilidad se realiza de manera externa; encargada de realizar las declaraciones tributarias.

El área de recursos humanos se encarga de evaluar si la empresa requiere mayor personal, o disminución de personal; cuando se realiza contrato de mayor personal, se encarga de la revisión de los Currículos y entrevistas.

### **Áreas y Funciones Desempeñadas**

Se desarrolló las funciones laborales de Ingeniería Civil en el área de Proyectos y obras, las cuales fueron:

Responsable del área: coordinar con el encargado de las dependencias sobre la gestión de los trabajos en curso, además se realizó la gestión del programa de techo propio, se acompañaba al gerente a visualizar los proyectos en ejecución, y en las entrevistas con los clientes.

Se desarrolló las entrevistas con clientes que llegaban a la oficina para la ejecución de las losas aligeradas, mostrándoles la comparación de las diferencias de los costos con sistemas de viga acero y sistema convencional, ya que la empresa también estaba enfocada en la ejecución del trabajo de viga acero en la zona. Por otro lado, se realizaba los siguientes trabajos:

- Elaborar diseño de planos
- Expedientes para licencias de construcción en la modalidad A
- Supervisión del correcto proceso constructivo de las obras en ejecución.
- Programar y manejar cuadrillas de personal en la construcción.
- Realizar el presupuesto del costo de las construcciones de las viviendas en proceso de ejecución.

Además, se obtuvo experiencia en otra empresa llamado Grupo Inmobiliario Jerisauriel en el área de como desarrollando las siguientes funciones

- Residente de campo en la ejecución de viviendas básicas sociales del programa Techo Propio liderado por el fondo mi vivienda S.A. en la modalidad de construcción de sitio propio.

### **Experiencia profesional realizada en la organización**

Este autor adquirió trayectoria profesional en el sector privado en la entidad Consultora Constructora Jerusalén S.A.C., desarrollando actividades laborales como personal de campo y también de oficina, elaborando expedientes para licencias de construcción en modalidad A, con fines habitacionales- comerciales.

Además, se ha adquirido experiencia en la construcción de proyectos de edificación, no solo enfocados a viviendas, sino también a la construcción de escuelas, locales comerciales, estando a cargo de la gestión administrativa de estos, y de la logística en general.

También en el desarrollo de funciones en oficina elaboraron expedientes para licencia de construcción, dicho expediente contiene solicitud, anexos de Formulario Único de Edificación (FUE) para permisos de construcción, memorias descriptivas de las especialidades según al tipo de licencia y planos de cada especialidad tales como ubicación y localización, arquitectura, estructura, instalaciones eléctricas e instalaciones sanitarias; también se elaboraron expedientes enfocados a conformidad de obra, dicho expediente contiene anexo FUE, planos visados otorgados por la municipalidad, en caso haya existido modificaciones que no hayan estado contemplado en los planos de licencia de al momento de construir, se anexo los planos modificados, también se realizó diseño de acero según el cálculo de momentos.

También se realizó el cálculo del costo de todo el proyecto en base al análisis unitario de mano de obra y metrado, brindando al usuario la cuantificación de material que va a necesitar en la construcción y el monto total de la ejecución.

Por otro lado, al desarrollar las actividades en las obras en campo, se verificó que la ejecución de la construcción se desarrolle de acuerdo a los planos entregados a los maestros de obra, también se tuvo en cuenta el avance físico de las construcciones por partidas ejecutadas. Se exigió siempre a los maestros y demás personal obrero los cuidados necesarios al ejecutar una edificación tales como los recubrimientos mínimos que se debe tener en el acero, en especial en partidas que estaban en contacto con el suelo; recomendando y concientizando a los propietarios que realicen el curado de la obra en ejecución.

En la ejecución de viviendas privadas con sistema no convencional de losas aligeradas como lo es sistema no convencional que consiste en el uso de viguetas prefabricadas y casetones de poliestireno, se capacitó al personal sobre la técnica de construcción en el sistema, ya que muchos de ellos no están capacitados con la modalidad de construcción.

También se verificó el avance y rendimiento del personal en la edificación de módulos de sociales que el Grupo Inmobiliario Jerisauriel ejecutaba, llevando un control de materiales.

## **Problemática**

### **Planteamiento del Problema**

Actualmente en el Perú se está desarrollando económicamente influenciado por la industria de la construcción dando realce las construcciones para servicio habitacional, siendo este el responsable del crecimiento urbano, y la poca disponibilidad de terreno urbano en las ciudades con mayor concentración poblacional aumenta la demanda de la construcción en crecimiento vertical.

En el departamento de San Martín, específicamente en la provincia de Rioja según el resultado de los censos nacionales del año 2017 publicado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) registró un aumento anual de la población del 1.6%, siendo la tercera provincia con mayor crecimiento poblacional después de las provincias de Mariscal Cáceres y San Martín; este crecimiento poblacional genera una gran necesidad del servicio habitacional en todo su territorio provincial, pero en especial en los distritos de Nueva Cajamarca y Elías Soplín Vargas, distritos que constantemente reciben inmigrantes; esta situación genera un dinamismo demográfico, económico y social en los distritos, por lo que genera la necesidad de ampliar su territorio catastral, incluyendo la diversificación de construcción de viviendas unifamiliares.

Muchas familias optan por el crecimiento vertical siendo un cambio paulatino y positivo para diferentes ciudades, ya que este tipo de crecimientos brindan una impresión de desarrollo en una ciudad.

### **Definición del problema**

Las construcciones para el uso de viviendas unifamiliares cada vez son más frecuentes, sin embargo, las opciones para el crecimiento horizontal se ven afectada cada vez más, ya que las

inmobiliarias venden lotes urbanos con las mínimas dimensiones, afectando así a las familias que cuentan con varios integrantes extenderse horizontalmente.

Por lo tanto, sienten la necesidad de generar el crecimiento vertical, sin embargo, al optar por esta opción les es imposible realizar las construcciones, ya que, al momento de calcular el costo total de la edificación, se ven afectados económicamente. por consiguiente, se busca analizar y comparar los aspectos técnico-económicos de nuevos sistemas y técnicas de construcción que ingresan al mercado de las edificaciones.

Actualmente en las edificaciones se viene innovando mejores sistemas de construcción con la finalidad de generar un crecimiento vertical disminuyendo, no solamente en viviendas unifamiliares, sino que en todos los aspectos concernientes a construcción; por lo tanto, la construcción con materiales reutilizables es cada vez más frecuente, tal es el caso de las construcciones con viguetas prefabricadas y uso de casetones.

Sin embargo, en la población actual no saben por la opción más adecuada a optar, ya que no tienen definido sus beneficios y desventajas a utilizar este sistema; por lo tanto, en el desarrollo del presente trabajo se conocerán las comparaciones técnico -económico con entresijos y losas aligeradas con sistema no convencional viga acero y viguetas prefabricadas.

### ***Pregunta general***

¿En qué medida el análisis comparativo técnico-económico entre losas aligeradas convencionales y losas con sistema viga acero en viviendas unifamiliares en la provincia de Rioja influirá al momento de elegir por un sistema constructivo?

### ***Preguntas específicas***

¿Cuál es la diferencia en peso por m<sup>2</sup> entre losas aligeradas convencionales y losas con sistema viga acero?

¿Cómo diseñar estructuras de losas aligeradas convencionales y de losas aligeradas con sistema viga acero?

¿Cuánto es la diferencia del presupuesto de la obra entre losas aligeradas convencionales y losas con sistema viga acero?

¿Qué diferencia existe en periodo de ejecución entre losas aligeradas convencionales y losas con sistema viga acero?

### **Objetivo General**

Realizar el análisis comparativo técnico-económico entre losas aligeradas convencionales y losas con sistema viga acero en viviendas unifamiliares.

### **Objetivos Específicos**

Determinar la diferencia en peso por m<sup>2</sup> entre losas aligeradas convencionales y losas con sistema viga acero.

Elaborar el diseño estructural de losas aligeradas convencionales y de losas aligeradas con sistema viga acero.

Determinar la diferencia en el presupuesto de obra entre losas aligeradas convencionales y losas con sistema viga acero.

Calcular y comparar el periodo de ejecución entre losas aligeradas convencionales y losas con sistema viga acero.

### **Justificación**

El aspecto económico es una de las deficiencias más notables al momento de realizar una construcción con crecimiento vertical de las viviendas unifamiliares que desean extenderse, por lo que se busca analizar los aspectos técnicos y económicos en los sistemas de losas aligeradas

convencionales con respecto a losas aligeradas con nuevos sistemas de construcción que se ofertan en el mercado.

Por ello, es relevante mencionar que actualmente existen mitos y estereotipos sobre los nuevos sistemas de construcción que se viene ofertando, ya que la población a quien va dirigida estos productos no conoce las especificaciones técnicas y económicas, Por tanto, es una obra importante para la sociedad.

Por ello, en este trabajo a la hora de decidirse por un sistema constructivo se ofrecerá la mejor solución técnica y económica, además, se entenderán las ventajas y desventajas de ambos sistemas para poder ampliar los horizontes a la hora de elegir una opción constructiva. (Santiago Espinoza, 2018)

Por otro lado, el trabajo desarrollado dentro la empresa como diseñar el espesor de losa fue de mucha ayuda para la misma, ya que con este diseño y los cálculos realizados se demostraba a la población usuaria que el sistema vigacero es un sistema confiable disminuyendo su masa símica considerablemente, permitiendo a la población aumentar los niveles de sus edificaciones, estos diseños desarrollados permitieron a la empresa ganar mayor cantidad de clientes de la construcción de losas.

### **Alcances y Limitaciones**

En el presente trabajo se expondrá los pasos a realizar para un diseño según las normativas vigentes del reglamento Nacional de edificaciones norma E.020 y E.060, también se calculará la carga muerta de la estructura representado por  $\text{kg/m}^2$ , adicionado a ello se calculará la duración de la ejecución de una losa aligerada convencional y no convencional, se determinará el presupuesto de horas hombre en ambos sistemas, esta comparación se realizará para 2 viviendas ubicadas, la primera está ubicada en el Jr. Edén S/N Sector Monte Carmelo-Segunda

Jerusalén ésta vivienda cuenta con las dimensiones 8.50 m x 18.30m, equivalente a un área de 155.55 m<sup>2</sup> y la otra edificación se encuentra ubicada en el Jr. Bolognesi, entre las calles Jr. Tacna y Jr. Iquitos en el Distritito de Nueva Cajamarca, dicha vivienda cuenta con las dimensiones de 6.00 m x 16.40 m; siendo equivalente a un área techa de 98.40 m<sup>2</sup>; y la; para ambas viviendas se adquiere el material de la zona costera, especialmente de la ciudad de Lima.

Las limitaciones que se ha tenido en el trabajo son las creaciones de plantillas para calcular la cantidad de materiales que se van a utilizar en diferentes viviendas, y además apreciar el costo real de los materiales ya que la cotización se realiza en dólares (\$). Por otro lado, los proveedores de este sistema están ubicados fuera de la región. Por lo tanto, está es la limitante que se ha tenido al ejercer el trabajo como profesional.

## Marco Teórico

### Antecedentes

#### *Antecedentes internacionales*

(Paola Arias-Salazar & Sebastián Naranjo-Bustos, 2022) describieron los tipos de cubiertas postensadas que se pueden construir, con sus insumos y herramientas aplicadas en su vaceado; determinando la existencia y costos de estos insumos en la ciudad. El autor menciona que actualmente existen diseños contemporáneos, obligando a los profesionales a estar actualizados con respecto a programas de modelamiento y a métodos constructivos a nivel internacional y ser aplicados en la localidad, como lo es las cubiertas postensadas. Por lo consiguiente, realizó una investigación cuantitativa descriptiva a través de la observación y análisis documental. Como resultado, el techo plano de concreto postensado proporcionó ahorros del 13% al 30%, y los beneficios de usar el sistema de techo postensado de sistema dual fueron \$209,246.31, o 9.87% del total del valor del trabajo. Además, el autor observó que la ganancia del techo plano postensado fue de \$8348,10, que es un 17,30% menor que la ganancia del techo liviano. La cual concluyó que al utilizar un sistema de concreto postensado contribuya a la reducción de las secciones estructurales y con ello la carga muerta de la edificación, contrarrestando así los movimientos telúricos.

(Velásquez, 2019), plasmó el incremento de la resistencia a la tensión del concreto, insertando esfuerzos que soporte a la tracción producidas por las sobrecargas y cargas muertas en el elemento rígido estructural.

En el campo de la ingeniería hay muchos inconvenientes, una de ellas es la fisuración del hormigón por problemas de diseño en las losas. Por lo expuesto el autor realizó una investigación de tipo cuantitativa aplicando el principio documental, con el método inductivo para las

conclusiones a partir de enunciados observados; como resultado, encontró que la cubierta convencional tenía grandes tensiones de flexión, es decir, había grandes momentos positivos y negativos en relación con la fuerza de punzonado sobre la cubierta, el autor evidenció que estas tensiones son absorbidas por las vigas en T y en L, organizando así la sección para que tenga tirantes en cada dirección. Las deflexiones positivas y negativas de las losas postensadas se probaron en diversas condiciones y los resultados estuvieron por debajo de los límites permisibles, lo que indica beneficios en concreto, barrillas de construcción, horas hombre y encofrado ya que el sistema redujo significativamente estas posiciones. Se concluyó que los métodos tradicionales de diseño de losas se pueden utilizar para demostrar que el hormigón pretensado es un problema de construcción de edificios complejo, poco práctico e ineficiente y que el principio de diseño de losas conectadas postensadas es simple y eficaz. Con una base respaldada por la investigación y la práctica, las losas postensadas pueden servir como una opción de diseño a los sistemas convencionales.

Casco & Majano (2019), Se realizó un análisis comparativo en base a la seguridad y costo de distintos sistemas de entrepisos en edificaciones de El Salvador. Hoy en día hay una diversidad de sistemas de losas aligeras que vienen reemplazando el sistema convencional, dentro de ellas está los sistemas de entrepiso con losas prefabricadas, éstas son más livianas y de menor costo, además ayudan a reducir los esfuerzos generados por los sismos como también a poder reducir las medidas de la cimentación de la estructura, es por ello que los autores realizaron una investigación descriptiva, en la cual compararon los sistemas de entrepiso, tales como, losa en una sola dirección, losa en dos direcciones, Copresa, Galvadeck, teniendo como resultado el costo unitario total por área para cada sistema; el sistema de losa en una dirección tuvo un costo de \$ 60.24, la losa en dos direcciones \$72.13, Copresa \$41.27 y el sistema

Galvadeck \$ 28.88, con estos resultados llegaron a la conclusión que el sistema de entrepiso más rentable es el sistema Galvadeck.

(Caraguay Gómez, 2018), indagó, diseñó y propuso losas modulares ferrocemento prefabricadas con carpeta colaborativas para brindar soluciones a los niveles y techos de viviendas sociales. Se han realizado varios estudios en países de América del Sur como Colombia, Cuba, México entre otros, y creen que el fibrocemento se ha usado en la construcción de edificaciones de servicio al público entre 15 y 20 años dando buenos resultados en la construcción de losas. Por tal motivo el autor realizó una investigación cuantitativa con análisis paramétrico enfocándose en revisiones bibliográficas en temas relacionados con la investigación. Por consiguiente, realizó ensayos de flexión y permeabilidad al ferrocemento en sección horizontal y parabólica; lo cual obtuvo resultados que la sección parabólica fue más eficiente ya que requería de menos material; por lo tanto, el cálculo del costo por metro cuadrado de entrepiso se debe usar el concreto premezclado de 28 Mega Pascales (28 Mpa) ya que en la ciudad donde se desarrolló el estudio tiene un precio fijo por metro cubico (m<sup>3</sup>) influyendo también el análisis de los rendimientos. Lo cual describe que en herramientas se tiene un ahorro del 5% y también reducción en las horas hombre y materiales utilizados. Llegando a la conclusión que techos de fibrocemento, cuyo coste es ligeramente superior a los techos de zinc y teja, brindan Las condiciones de vida son similares a las de un techo de hormigón, pero el precio es 2,9 veces menor que el de un techo de hormigón.

### ***Antecedentes Nacionales***

Ocampo y Tarrillo (2021), en su indagación hecha en la localidad de Moyobamba tuvieron como objetivo “definir el análisis comparativo del sistema constructivo no convencional losa Vigacero, frente al sistema convencional”. En la ciudad de Moyobamba la gran mayoría de

construcciones utilizan el sistema liviano unidireccional para el sistema de entrepisos. En función a lo mencionado líneas arriba los autores realizaron una investigación cuya metodología fue del tipo aplicada, en la cual tuvieron como resultado que el sistema no convencional tiene una resistencia a la flexión de 4.07 toneladas – metro, el tiempo de ejecución es 35% menos que el convencional y concluyeron que el sistema Vigacero cumplía con los requisitos del Reglamento Nacional de Construcción y era un 7,66% más económico que los sistemas tradicionales de losa aligerada.

(Espinoza, 2018) determinó la evaluación técnico comparativo entre el sistema no tradicional (viga acero) (casetones EPS) y el sistema tradicional (ladrillo de techo), en el Centro Comercial el Apolo, en el distrito de Yanacancha, Provincia Pasco-Pasco. En el Perú la población está creciendo, y con ella la necesidad de una vivienda segura para la familia, por lo que fue necesario para el autor realizar un estudio comparativo de sistemas de losas y elegir el más adecuado. Crear sistemas eficientes, eficaces y adecuados cuando sea necesario, utilizando el coste de cada sistema como punto de comparación. Por tal motivo, se realizó una indagación cuantitativa aplicada mediante un diseño explicativo- no experimental. La toma de datos se realizó a través de la observación y la recolección del registro de costos, horas hombre y la instalación del sistema de la cubierta liviana conformadas por una familia privada con propósitos mercantiles el Apolo para determinar el costo/beneficio. Como resultado se obtuvo: Que en el primer nivel del edificio el sistema convencional tuvo un costo de S/. 35 574.23 y el sistema viga acero S/. 32 910.95 generando un ahorro de S/. 2 663.28 demostrando un ahorro de S/. 13.32 por metro cuadrado, también se evidencia una reducción del tiempo de ejecución en sistema convencional demora la ejecución 19 días y el sistema viga acero 16 días, además haciendo la comparación entre sistemas en cuanto a acero se utiliza en viga acero 545 más de costo que el

tradicional, en concreto se ahorra un 33% con sistema viga acero, en cuanto a ladrillo se ahorra un 84% con el sistema viga acero, en cuanto a encofrado se ahorra un 54% con el sistema viga acero y tarrajeo se ahorra 33% con el sistema viga acero. Concluyendo, que según el análisis de costos el Sistema Vigacero tiene un beneficio en costo por área de Techo S/ 12.68/m<sup>2</sup>, además también concluye que el tiempo del desarrollo constructivo de la cubierta aligerada es de: 12 días, es decir 16% de ahorro en el tiempo de ejecución con respecto a losa Convencional, por otro lado, el autor concluye que el beneficio en carga muerta de toda la edificación es de 88.8 toneladas, En comparación con los edificios tradicionales, el sistema de vigas de acero es un 13,25% más ligero y tiene una mayor resistencia a los terremotos. Con base en pruebas de flexión en laboratorio de estructuras de la PUCP, los autores también concluyeron que el desempeño sísmico del sistema de vigas de acero mejoró en un 32% en comparación con los sistemas convencionales.

(Vásquez, 2018), El objetivo fue realizar una evaluación del costo, tiempo de ejecución y estándares técnicos de un sistema de techo relativamente liviano en comparación con un sistema de techo de viguetas prefabricadas para una casa de cuatro pisos en la urbe de Trujillo.

El autor indica que la industria de la edificación en el Perú es una de las actividades más dinámicas de la economía, estando ligado con el desarrollo poblacional incidiendo en el crecimiento de las inversiones. Por ello, las empresas se esfuerzan por mejorar sus métodos y procesos para asegurar los beneficios y generar mayores ganancias, el autor indica que para que se pueda lograr, deben innovar e incentivar nuevas filosofías constructivas aplicando metros nuevos en los procesos constructivos. Por tal razón, realizó una investigación cuantitativa mediante un diseño no experimental descriptivo. Los datos lo tomaron a través de la revisión documentaria, siendo sacados de los planos mediante el software AutoCAD, e indagación sobre

nuevos procesos constructivos que pueda reemplazar al sistema tradicional de losa aligerada. Por lo investigado los resultados fueron: La cuantía del volumen de concreto por la superficie de cubierta liviana, es menor en el sistema no convencional con respecto al sistema convencional, reduce el empleo de concreto en un 29.14%, contando con un ahorro de 9.23%, el sistema no convencional reduce la cuantía de acero por área, lo que simboliza un 59.5% reducción de fierro frente a la técnica tradicional. Concluye que, el sistema Vigacero incide directamente en el costo del proyecto, después de que el autor ha evaluado los costos de las actividades, el costo de reducción de en el sistema vigacero es de S/. 8 435.42 sin incorporar el Impuesto General a las Ventas. Esto demostrando que el sistema no tradicional es más factible.

### **Bases Teóricas**

En cuanto a la base teórica, se buscaron conceptos de diferentes autores para justificar variables tales como cubierta aligerada tradicional, cubierta aligerada con acero estructural y datos técnicos-económicos de los respectivos tamaños.

### ***Losas***

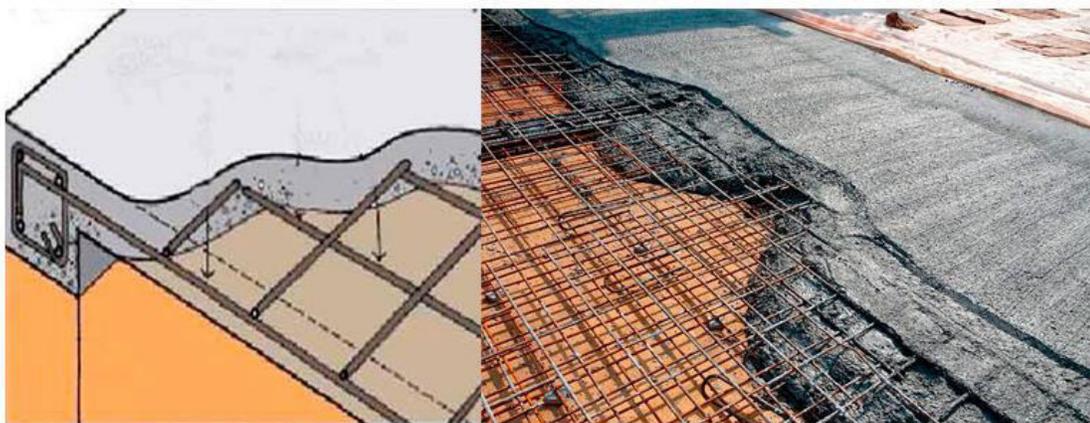
La NTE E.060, define una losa como un elemento rígido de espesor reducido respecto a otras dimensiones utilizado como cubierta, generalmente horizontal y reforzado en una o dos direcciones según el patrón de soporte existente, de modo que pueda actuar como un tabique rígido para soportar los elementos estructurales, con respecto a cargas sísmicas horizontales. Las losas son componentes estructurales rígidos monolíticos que ayudan para separar los pisos o niveles de una edificación y son construidas y diseñadas en forma de vigas sucesivas, transfiriendo cargas a las vigas de soporte, muros de carga y columnas. Estos elementos soportan la carga muerta de la estructura y sobrecargas conocidas como cargas vivas.

Además, se puede decir que el elemento estructural de la losa es lo más delicado en una construcción ya que un solo error al colocar el acero y sobrecargar la estructura ocasionaría el colapso inmediato, sin la necesidad de que haya sismo, sino que al momento de realizarse el desencofrado de la losa u en el peor de los casos al momento de realizarse el vaciado del concreto (Espinoza, 2018). Existen diferentes tipos de losas, cada una se adecua de acuerdo a sus necesidades constructivas, mencionamos las más usadas:

**Losa de hormigón armado:** Es un elemento estructural formado por hormigón y acero corrugado, la cual, es empleada para colocar cubiertas. La función del acero es absorber los esfuerzos de tracción y el hormigón absorbe los esfuerzos de compresión; este tipo de cubiertas están considerados como las más delicadas en el mundo de las edificaciones (Ingeniería y Construcción Lima, n.d.), ya que se pueden provocar fisuras, y por su exceso de carga puede colapsar al momento de un sismo.

## **Figura 2.**

*Losa de concreto armado*



*Nota.* tomado de (<https://bloqueras.org/losa-de-concreto-armado/>)

**Losas aligeradas:** Este tipo de losas se identifican por ser más ligeras que las de concreto armado, facilitando su manipulación y reduce el peso total de la estructura, además está

compuesta por fierro corrugado y concreto en sus secciones estructurales y también por aligerantes como: poliestireno expandido, casetones, ladrillo de arcilla, bovedilla de cerámica, entre otros.

Losas con elementos prefabricados: Este tipo de losas está compuesto por concreto armado y otros elementos que fueron fabricados fuera del trabajo de edificación, es decir que su fabricación se desarrolló antes de haber llegado a la edificación, por ejemplo: Bovedilla y Vigüeta, Hebel, entre otros. Este sistema constructivo se diferencia por estar apoyado en un solo sentido. (Ingeniería y Construcción Lima, n.d.)

Además, los sistemas prefabricados aumentan la productividad en los procesos constructivos en el que influye diferentes factores en la toma de decisiones tanto por los inversores y constructores, dichos factores son el costo y el tiempo, ya que esto ayuda a optar por un sistema de construcción con metodologías de prefabricación, según como se indica en el Journal of Building Engineering en el artículo de (Shahpari et al., 2020).

### ***Funciones de una losa***

Función arquitectónica. Su función arquitectónica es de separar y diferenciar un nivel de otro en las edificaciones formando así los pisos y definiendo las alturas en la verticalidad de los edificios; garantizando el confort y la necesidad de los que lo habitan cumpliendo las características de aislamiento acústico y térmico, impidiendo la visibilidad de un nivel a otro.

Función estructural. Las cubiertas de entrepiso son aptas para sostener los pesos vivos del mobiliario, equipos y tránsito de personas; también sostienen el peso propio de la cubierta y el pulido. También puede actuar como una membrana rígida para la estructura que soporta la función sísmica y actuar como un todo para cumplir la función sísmica general (Santiago Espinoza, 2018).

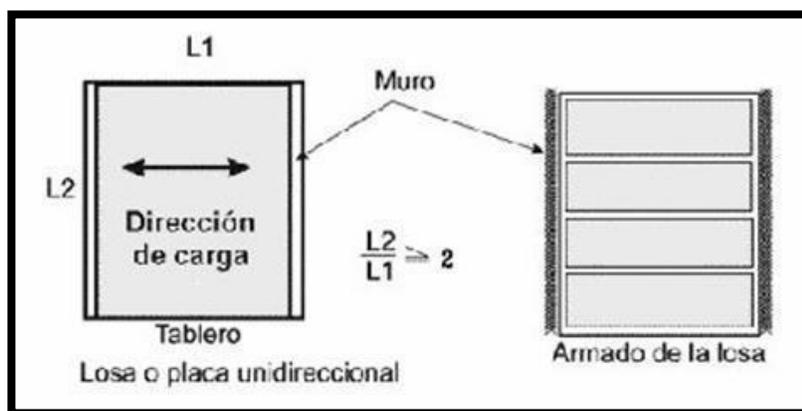
Según la Normativa American Concrete Institute (NORMA A.C.I. -1, 2014), se clasifica a las losas según su tipo de respaldo:

- Losa sencillamente respaldada
- Losa con un lateral constante
- Losa respaldada en ambos laterales constante
- Losas en alero.

Losas en una dirección. Son losas donde las cargas se transfieren en una dirección a la estructura o a vigas o muros de carga (Santiago Espinoza, 2018), además su característica más resaltante de esta losa es que la luminosidad más amplia(L) entre la luminosidad más pequeña (B) es superior a 2. Por otro lado, se conoce como losa unidireccional si la superficie horizontal de la losa ejerce una carga de manera uniforme permitiendo que el momento flector actúe en una sola dirección.

### Figura 3.

*Ilustración de losa unidireccional*

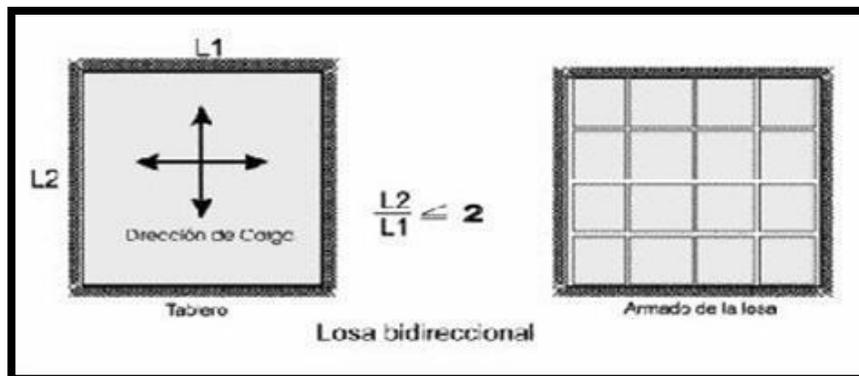


*Nota.* Extraído de Código ACI sección 318. Pág. 94

Losa bidireccional. Este tipo de losas se apoyan en sus cuatro lados ya sea en muros portante o vigas, distribuyendo la carga en dos direcciones, la relación entre las luces largas y más cortas es inferior a 2, provocando la flexión en dos direcciones perpendiculares.

**Figura 4.**

*Ilustración de losa en dos direcciones*



*Nota:* Extraído de Código ACI sección 318. Pág. 96

#### ***Recubrimiento mínimo de acero en losa***

El recubrimiento se define como la protección de la barra de acero de construcción al contacto directo con la intemperie o aire libre, evitándose el proceso de deterioro y corrosión o envejecimiento del acero, por lo que impide la disminución de su grado de resistencia de la barrilla de acero; razón por la cual el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú indica que se debe considerar los siguientes recubrimientos en un concreto no prees forzado realizado in situ:

Concreto no al aire libre ni adyacente al suelo:

Losas, paredes o muros y viguetas:

Barrillas de 1 11/16" y 2 1/4" ..... 40 mm (4cm)

Barillas de 1 3/8" y menores ..... 20 mm (2 cm)

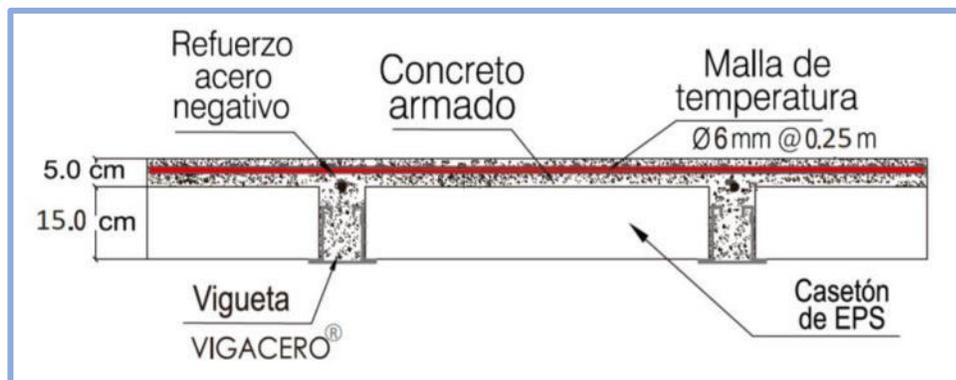
(NTE E.060 Concreto Armado, 2009)

### ***Losas aligeradas de Vigacero:***

Vigacero es una técnica de construcción no convencional de cubierta liviana conformada por viguetas prefabricadas de fierro recubierto estructural, fabricadas en baja temperatura en diseño de T opuesta contando con dimensiones de 9 cm de alto, 13 cm de amplitud incluido las alas de la vigueta, las alas tienen una dimensión de 2.5 cm a cada lado donde se apoya el casetón de poliestireno, dejando la dimensión neta de la vigueta de 8.0 cm; también está conformada de concreto armado y Tecnopor de poliestireno de alta densidad (EPS) (Arcotecho Perú, 2018).

### **Figura 5.**

*Vista en elevación de vigueta*



*Nota.* Extraído del Manual técnico de vigacero-2018 (Arcotecho Perú, 2018)

**Figura 6.**

*Composición del sistema de vigas de acero*



*Nota.* Extraído del Manual técnico de vigacero-2018 (Arcotecho Perú, 2018)

### ***Especificaciones técnicas de los materiales del sistema vigacero***

Viguetas Prefabricadas. Las viguetas que conforman el sistema estructural de losa vigacero, se caracterizan por ser viguetas de tipo “T” invertida fabricadas en frío. El material de fabricación de las viguetas preelaboradas es de fierro estructural reforzado de espesor (e) 1.5 mm, con dimensiones de altura (h) 9 cm, ancho (b) 13 cm; contando con un peso de 4.80 kg/ml; el límite de fluencia  $F'y$  es de  $2350 \text{ kg/cm}^2$ ; las distancias entre viguetas son de 84 cm, si se requiere de mayor distancia la luz de la losa se puede colocar las viguetas hasta una distancia de 69 cm de extremo a extremo, con casetones de 60 cm.(Arcotecho Perú, 2018)

**Figura 7.***Detalle de vigueta prefabricada*

*Nota.* Extraído del Manual técnico de vigacero-2018 (Arcotecho Perú, 2018)

**Tabla 1.***Características técnicas de vigueta vigacero*

<b>Características de la vigueta</b>	
Dimensiones	h= 9cm * bw= 13 cm* b1= 2.5 cm*
Peso	4.80 kg/ml*
Espesor	1.5 mm*
Normas	ASTM A1011 ASTM A1008 ASTM A 653
F'y	min 2530 kg/cm <sup>2</sup>
Luz libre máxima	8.00 m
Luz máxima sin puntales	3.00 m
	* Valores nominales

*Nota.* extraído de Manual técnico de Vigacero-2018 (Arcotecho Perú, 2018),

Casetón de Poliestireno. Los casetones que conforman la losa aligerada de vigacero no cumplen una función estructural, pero si inciden el peso propio de la losa, aliviando la misma en semejanza a la técnica tradicional de cubierta liviana; la presentación del poliestireno son

casetones lisos, casetón pre-tarrajeado y casetón cola de milano en las tres presentaciones es de color blanco, reemplazando al ladrillo en losa convencional; sus dimensiones del casetón son de largo 1.00 m \* 0.75 m de ancho; o de 2.00 m de largo\* 0.60 m de ancho. Este casetón cuenta con una densidad de 15 kg/m<sup>3</sup>; el peso por unidad del casetón depende el espesor del mismo; su característica resultante del casetón de vigacero es que es un material incombustible, contiene un agente químico que no le permite la expansión del fuego en caso de combustión.

### Figura 8.

*Detalles de casetón de poliestireno*



El casetón de poliestireno expandido EPS, reemplaza al ladrillo de arcilla.

*Nota.* Extraído del Manual técnico de Vigacero-2018 (Arcotecho Perú, 2018)

### Tabla 2.

*Características de los casetones de EPS*

<b>Cualidades físicas de los supercasetones de EPS</b>	
Dimensiones	Largo: 1.00 ó 2.00 m Ancho: 75 ó 60 cm Espesor: de 9, 12, 15, 20 a 30 cm
Peso máximo por unidad	1.0 kg/casetón estándar e=9 cm 1.7 kg/casetón estándar e=15 cm
Densidad	15 kg/m <sup>3</sup>
Color	Blanco

acabado	Lisos, ranurados o pre-tarrajeado
Comportamiento físico químico (*)	Material incombustible, que contine agente ignífugo (no propaga llama), auto extinguable
(*) Certificado por ensayos en la UNI-Mayo2014	

*Nota.* Extraído del Manual técnico de Vigacero-2018 (Arcotecho Perú, 2018)

Bondades del Sistema Vigacero: se especifican las más importantes a partir de los aportes de publicadas por la empresa Arcotecho Perú (Arcotecho Perú, 2018).

- Debido a que el sistema es más liviano, rápido y fácil de instalar, tiene mejor resistencia a los movimientos telúricos.
- Disminución del uso de pies derechos debido a que las viguetas del sistema son más resistentes, por lo que la existencia de tramos inferiores a 4.40 metros lineales no requiere encofrados.
- Menor uso de materiales y alquiler de equipos, ya que son fáciles y rápidos de ensamblar por su bajo peso, brindando mayor eficiencia al rendimiento de horas hombre.
- Cuenta con buen desempeño para el aislamiento de temperatura y sonido.
- Bajas probabilidades de accidentes.
- Mayores ganancias para el constructor ya que el sistema reduce el tiempo de montaje y ensamblado de la cubierta.
- Disminución del porcentaje de desperdicio, la aplicación del sistema en mención reduce la huella de carbono.
- Facilita el transporte a nivel nacional ya que cuenta con medidas personalizadas para cada edificación y de peso liviano.

## ***Vivienda***

La vivienda es la célula del desarrollo en una comunidad y núcleo para la expansión urbana; la conformidad de la vivienda y las propiedades circundantes asegura una adecuada adaptación y también el pleno aprovechamiento de los recursos que proporciona el entorno (PUCP, 2023), porque de las condiciones ambientales depende la felicidad del hogar. Además el Instituto Vasco de Estadística define una casa estructuralmente separada que, por la forma en que está construida, reformada, alterada o adaptada, está destinada a ser ocupada por personas o, aunque no lo sea, es residencia permanente de una persona.

La norma A.020 define a la vivienda como un edificio destinado al alojamiento de personas individuales o de grupos de familias, con espacios, dimensiones, características para cubrir las carencias y usos de higiene, recreación, manutención y reuniones, situaciones de garantía y salubres (Ministerio de Vivienda Construcción y saneamiento, 2021). Además, menciona que las viviendas se clasifican en dos grupos bien diferenciados, el detalle se muestra en la tabla 3.

### **Tabla 3.**

#### *Clasificación de edificaciones residenciales*

<b>Clasificación</b>	<b>Tipología</b>
Edificación para grupos familiares	Vivienda unifamiliar
	Vivienda bifamiliar
	Quinta
	Vivienda Taller
	Vivienda multifamiliar
Edificación para grupos de individuos	Conjunto habitacional/residencial
	Vivienda de uso colectivo

*Nota:* Extraído de Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE)-Norma A-020 (2021)

## **Definición de Términos**

**Vivienda unifamiliar:** Es una construcción de una vivienda que pertenece a un núcleo familiar, brindando comodidades de seguridad estructural y confort.

**Análisis técnico:** Es hacer una evaluación de la parte estructural de una edificación basados en la norma E-060 concreto armado del Reglamento Nacional de Edificaciones.

**Análisis económico:** Es hacer una evaluación de cuánto son los recursos presupuestarios con los que se cuenta para realizar una construcción.

**Losa vigacero:** Una losa vigacero es un sistema estructural de una edificación que cumple la función de entrepiso en una construcción, y está conformada por viguetas de acero estructural grado 60 prefabricadas en “T” invertida, y de casetones de poliestireno de alta resistencia.

**Losa aligerada:** Es el entrepiso de una edificación que permite la diferenciación de niveles y que cumple una función estructural dentro de la edificación, siendo más ligeras con respecto a otro tipo de losas.

**Entrepiso:** Es la losa o techo que cumple la función de dividir un nivel de otro en una edificación, sirviendo como cubierta para un nivel y de superficie o suelo para el nivel adyacente.

**Casetón:** Es un producto hecho a base de poliestireno expandido que es usado en una losa aligerada de sistema vigacero, contando con una densidad de 15 kg/m<sup>3</sup>.

**Vigueta:** Son piezas portantes de cargas de losa a los muros.

**Vigueta prefabricada:** Son elementos fabricados fuera de la construcción.

**Carga:** Es una fuerza aplicados sobre un elemento estructural.

**Carga viva:** Es la fuerza que se aplica sobre la losa al momento de ser ocupada la edificación, pudiendo ser personas, muebles, entre otros en forma temporal.

Carga inerte: Es el peso muerto de la edificación siendo estas permanentes y actúan después del desencofrado de una losa.

## Propuesta de Solución

### Metodología de la Solución

Para que se realice el desarrollo del trabajo en mención se analizará 2 edificaciones; la primera edificación será de una vivienda-taller; y la segunda será de una edificación con usos comerciales e inmobiliaria (departamentos); cada edificación tendrá una evaluación en ambos sistemas en estudio, es decir techo aligerado tradicional y no tradicional (vigacero). Se detallan las actividades y el procedimiento para cada una de ellas.

1. Diseño de entrepiso de viguetas con ladrillo y sistema de entrepiso de viguetas prefabricadas con casetones, teniendo en cuenta los criterios de diseño que indica la normativa E 060-Concreto Armado del RNE.
  - Se analizará si la edificación cumple los requisitos para el análisis por el método de coeficientes ACI.
  - Se realizará el prediseño de la altura del entrepiso aligerado.
  - Cálculo de cantidad de cargas distribuidas aplicada.
  - Cálculo del momento de flexión
  - Cálculo del área de acero
2. Cálculo de materiales por m<sup>2</sup> en una losa aligerada convencional y sistema vigacero.
3. Presupuesto de horas hombre por m<sup>2</sup> para el armado y vaciado de mezcla de agregados y cemento en todas las estructuras que intervienen en la construcción de un entrepiso en sistema convencional y sistema vigacero.
4. Se determinará el periodo de ejecución de la losa aligerada tradicional y losa vigacero.

## Desarrollo de la solución

Para realizar el desarrollo de la solución al problema mencionado líneas arriba se iniciará describiendo las características físicas de las construcciones a analizar.

### *Análisis de la Vivienda 1: Vivienda – taller*

Es una vivienda unifamiliar que está proyectado estructuralmente para 2 pisos; el primer piso cuenta con espacio para vivienda y negocio propio, por ello está clasificado como vivienda taller; y el segundo piso también está destinado para vivienda que será construido posteriormente. Inicialmente el proyecto fue diseñado para ser ejecutado con un entrepiso convencional, pero se construyó con losa aligerada de viguetas prefabricadas – vigacero. Por lo tanto, se analizará y comparará el diseño y costos en ambos sistemas de losas, es decir; sistema vigacero y sistema convencional.

#### Ubicación y localización

Dirección : Jr. Edén

Mz/Lt : Mz. “D”/ Lote N° 07

Sector : Monte Carmelo-Segunda Jerusalén - distrito Elías Soplín Vargas - Rioja-San Martín

#### Descripción de arquitectónica de la vivienda-Taller

1 local Comercial

2 dormitorios

1 cocina Comedor

2 servicios Higiénicos

1 escalera

**Figura 9.***Ubicación de la edificación 01*

*Nota.* En el grafico se muestra la ubicación donde se desarrolló la losa aligerada no convencional

Descripción estructural de la vivienda taller con sistema de losa aligerada convencional:

Área construida : 16.60 m x 8.50 m = 141.10 m<sup>2</sup>

Área techada : 18.30 m x 8.50 m = 155.55 m<sup>2</sup>

Vigas de función principal : 0.30 m x 0.35 m

Vigas de función Secundaria : 0.30 m x 0.20 m

Sección de columnas : 0.30 m x 0.30 m

Altura de losa (H) : 0.17 m con sistema convencional

Altura de losa (H) : 0.15 m con sistema vigacero.

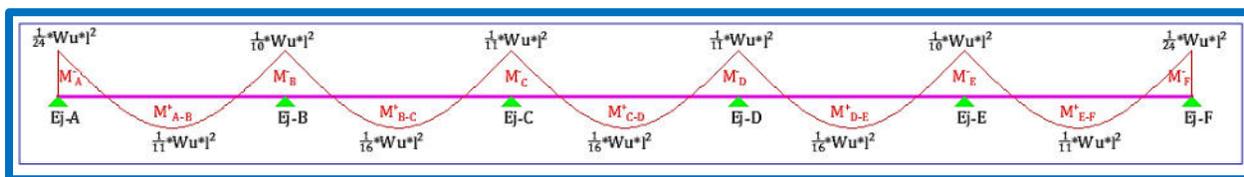
Espesor de muro : 0.15 m

Altura de nivel de piso : 3.50 m



**Figura 11.**

*Coefficientes para diseño de losa convencional 01*



*Nota.* Coeficientes ACI para losa de 07 tramos

### ***Análisis del cumplimiento de las condiciones A.C.I.***

- Existencia más de dos tramos en el plano a Analizar: Cuenta con 2 tramos de luces (2.96 m cada una para diseño de losa) - *Si reúne las condiciones.*
- Las luces de 2 tramos adyacentes son iguales o la luz mayor no excede al 20% de la luz menos adyacente: (*Luz Mayor = luz menor; 2.96 m / 2.96 m = 1*)- *Si reúne las condiciones*
- Las cargas son distribuidas uniformemente, no existan cargas concentradas: (*no existe ninguna carga puntual*) - *si reúne las condiciones*
- La sobrecarga aplicada (CV) no debe ser superior a tres veces al peso propio (CM):

$$\frac{CV}{CM} < 3 \rightarrow \frac{200 \frac{Kg}{m^2}}{550 \frac{Kg}{m^2}} = 0.36, \text{ Si reúne las condiciones}$$

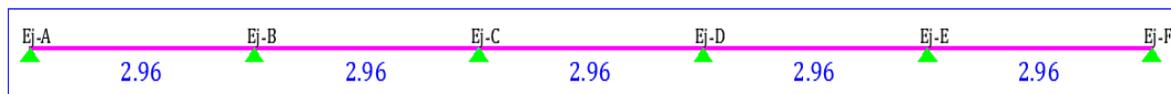
- Los elementos estructurales son prismáticos y tienen una sección constante: *la sección de la viga es la misma en todos los tramos -si reúne las condiciones*

### ***Predimensionamiento de altura de Losa***

Para realizar el predimensionamiento de altura de losa contamos con un factor en función a la luz del tramo más largo de la losa a analizar. Se tiene en cuenta las condiciones de predimensionamiento según la (E.060-Concreto-Armado-Sencico, 2019).

**Figura 12.**

*Luces de losa en diseño en vivienda 01*



*Nota.* Elaboración Propia

Para el predimensionamiento del espesor de losas se usará las condiciones que especifica el R.N.E. en la Figura 13.

**Figura 13.**

*Peraltes mínimos de vigas no prees forzadas o 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	$\frac{\ell}{16}$	$\frac{\ell}{18,5}$	$\frac{\ell}{21}$	$\frac{\ell}{8}$

*Nota.* Fuente, tabla 9.1 de (E.060-Concreto-Armado-Sencico, 2019)

$$l = 2.96 \text{ m} \rightarrow h = \frac{l}{21}; \frac{l}{18.5}$$

$$h = \frac{2.96}{21} = 0.14\text{m};$$

$$h = \frac{2.96}{18.5} = 0.16\text{m}$$

Por lo tanto, se diseña con el valor  $h = 0.17 \text{ m}$ .

Donde:

$l$ = luz con mayor longitud

$h$ = Espesor o peralte de losa

$r$ = recubrimiento de losa

$d=h-r$ ; peralte efectivo

$b_e$ = ancho del ala de viga

$b_w$ = ancho del alma de viga

$F'_c$ = resistencia a la compresión del concreto

$F'_y$ = Limite de fluencia del acero

$$r = 3 \text{ cm}; d = 17 \text{ cm} - 3 \text{ cm} = 14 \text{ cm}$$

#### Tabla 4.

*Datos para diseño de losa convencional 01*

Ítem	Datos
Luz ( $l$ )	2.96 m
peralte de losa ( $h$ )	17 cm
Separación de viga	40 cm
R (recubrimiento)	3 cm
$d$	14 cm
$b_e$	40 cm
$b_w$	10 cm
$F'_c$	210 kg/cm <sup>2</sup>
$F'_y$	4200 kg/cm <sup>2</sup>

Nota. Elaboración propia

#### *Cálculo de cargas de losa en vivienda convencional 01*

Peso propio por metro cuadrado (CM), el diseño de losa se realizará por 1.00 m

- Distancia entre vigas: 0.40 m
- Peso de viga por metro:  $2400 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * 0.10\text{m} * 0.12\text{m} = 28.80 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$
- Peso de ladrillo :  $6.70 \frac{\text{kg}}{\text{und}}$

- Peso de losa :  $0.05m * 2400 \frac{kg}{m^3} = 120.00 \frac{kg}{m^2}$
- Peso de vigueta :  $\frac{28.80 \frac{kg}{m}}{0.40 m} = 72.00 \frac{kg}{m^2}$
- Ladrillos de arcilla :  $6.70 \frac{kg}{und} * 8.33 \frac{und}{m^2} = 55.81 \frac{kg}{m^2}$

Total, carga muerta de losa aligerada por  $m^2 = 247.81 \text{ kg/m}^2$ . Sin embargo, según el RNE. E.020-Cargas, menciona que el peso propio por  $m^2$  para una altura de losa con  $h=0.17 \text{ m}$  se debe considerar  **$280.00 \text{ kg/m}^2$** . Por lo tanto, se consideró lo que indica la normativa vigente.

Metrado de cargas que influyen en el diseño de losa convencional 01. Las cargas que influyen en un diseño, son las cargas muertas o peso propio y cargas vivas o sobrecargas.

#### A. Carga muerta

**Tabla 5.**

*metrado de carga muerta en losa convencional 01*

<b>Descripción</b>	<b>Pesos</b>
Peso propio de losa	280.00 $\text{kg/m}^2$
Peso de piso terminado	120.00 $\text{kg/m}^2$
Peso de tabiquería	100.00 $\text{kg/m}^2$
Cielo raso	50.00 $\text{kg/m}^2$
<b>Total, peso carga muerta (Wm)</b>	<b>550.00 <math>\text{kg/m}^2</math></b>

*Nota.* Elaboración propia

Para calcular el peso en vigueta se calculará de la siguiente forma:

$$W_{vigueta} = W_m * sep. vigueta = 550 \frac{kg}{m^2} * 0.40m = 220 \frac{kg}{m}$$

- B. Carga viva o sobrecarga. Según (E-020 CARGAS, 2020) indica la sobrecarga que se debe tener en cuenta según el tipo de edificación, el plano en análisis será para la edificación tipo vivienda taller, por lo consiguiente tendrá una sobrecarga de 200.00 kg/m<sup>2</sup>.

**Tabla 6.**

*Carga viva para losa convencional 01*

<b>Descripción</b>	<b>Pesos</b>
Peso para vivienda unifamiliar	200.00 kg/m <sup>2</sup>
<b>Total, peso carga muerta (Wv)</b>	<b>200.00 kg/m<sup>2</sup></b>

*Nota.* Elaboración propia

$$W_{vigueta} = W_v * sep. vigueta = 200 \frac{kg}{m^2} * 0.40m = 80 \frac{kg}{m}$$

Al obtener las cargas muertas y vivas en las viguetas, se procede a calcular la resistencia requerida mínima ( $W_u$ ) para cálculo de momento y diseño de acero según como indica la norma (E.060-Concreto-Armado-Sencico, 2019)

El esfuerzo requerido para el peso propio (CM) y sobrecarga (CV) será:

$$U = 1.4 CM + 1.7 CV$$

$$W_u = 1.4 \left( 220 \frac{kg}{m} \right) + 1.7 \left( 80 \frac{kg}{m} \right)$$

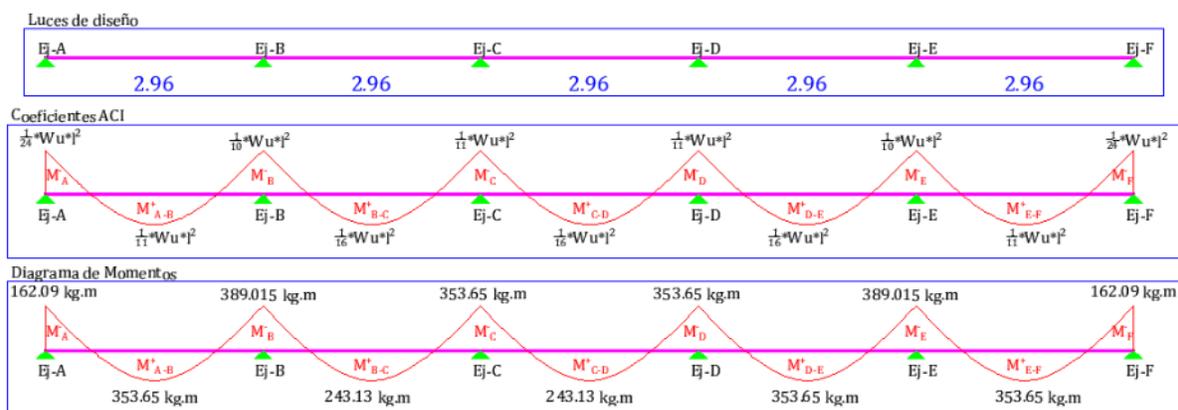
$$W_u = 444.00 \frac{kg}{m} \text{ Carga de resistencia última}$$

### ***Cálculo de Momentos en Edificación 01 Sistema Convencional***

El cálculo de momentos sirve para diseñar el área de acero que se utilizará en el plano, para eso se usará la siguiente fórmula  $M_u = W_u * l^2 * coef$ ; los datos se indican en la figura 11 y 12.

**Tabla 7.***Momentos en tramos y apoyos losa convencional 01*

Momentos en Apoyos	Momentos en tramos
Apoyo A=Apoyo F:	Tramo A-B= Tramo E-F
$M_u = 444 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (2.96\text{m})^2 * \frac{1}{24} = 162.089 \text{ kg. m}$ $M_u = 16,208.96 \text{ kg. cm}$	$M_u = 444 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (2.96\text{m})^2 * \frac{1}{11} = 353.65 \text{ kg. m}$ $M_u = 35,365.00 \text{ kg. cm}$
Apoyo B=Apoyo E:	Tramo B-C= Tramo C-D=tramo D-E
$M_u = 444 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (2.96\text{m})^2 * \frac{1}{10} = 389.015 \text{ kg. m}$ $M_u = 38,901.504 \text{ kg. cm}$	$M_u = 444 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (2.96\text{m})^2 * \frac{1}{16} = 243.134 \text{ kg. m}$ $M_u = 24,313.44 \text{ kg. cm}$
Apoyo C=Apoyo D:	
$M_u = 444 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (2.96\text{m})^2 * \frac{1}{11} = 353.65 \text{ kg. m}$ $M_u = 35,365.00 \text{ kg. cm}$	

*Nota. Elaboración propia***Figura 14.***Cálculo de momentos edificación 01**Nota. Elaboración propia*

### *Cálculo de Área de Acero en Vivienda 01 Sistema Convencional*

Para la cantidad del acero requerido se debe tener en consideración los momentos flectores aplicados por vigueta, y se aplica las siguientes formulas:

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * F'y * (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * M_u}{\phi * 0.85 * F'c * b_w}} \rightarrow \text{para apoyos o } A_s(-)$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * M_u}{\phi * 0.85 * F'c * b_e}} \rightarrow \text{para tramos o } A_s(+)$$

Para el cálculo del acero mínimo negativo en apoyos es 4/3 del acero calculado según

E.060- Acápite 10.5.3

$$A_{smin} = \frac{4}{3} * A_s$$

Para el cálculo de acero mínimo positivo en tramos según E.060-subtitulo 10.5.2 es

$A_{smin} = \frac{0.22 * \sqrt{F'c}}{F'y} * b_w * d$ ; pero según el apartado 10.5.3 de la misma norma se aplicará la

formula  $A_{smin} = \frac{0.7 * \sqrt{F'c}}{F'y} * b_w * d$ .

Donde:

Mu= momento aplicado

$\phi = 0.90$  – diseño a flexión según E.060

$A_{smin}$  = acero mínimo

$A_s$  = acero calculado

También se consideran datos de la tabla 4

## Cálculo de acero negativo o en apoyos

**Tabla 8.**

Cálculo de área de acero (-) en Apoyos en losa convencional 01

Apoyo	Cálculo de $a$	Cálculo de área de acero
Apoyo A y	$a = 14 - \sqrt{14^2 - \frac{2 * 16,208.96}{0.90 * 0.85 * 210 * 10}}$	$A_s = \frac{16,208.96}{0.90 * 4200 * (14 - \frac{0.74}{2})}$
Apoyo F	$a = 0.74 \text{ cm}$	$A_s = 0.315 \text{ cm}^2$ $A_{smin} = \frac{4}{3} * 0.315 = 0.42 \text{ cm}^2$
Apoyo B y	$a = 14 - \sqrt{14^2 - \frac{2 * 38,901.504}{0.90 * 0.85 * 210 * 10}}$	$A_s = \frac{38,901.504}{0.90 * 4200 * (14 - \frac{1.852}{2})}$
Apoyo E	$a = 1.852 \text{ cm}$	$A_s = 0.787 \text{ cm}^2$ $A_{smin} = \frac{4}{3} * 0.787 = 1.05 \text{ cm}^2$
Apoyo C y	$a = 14 - \sqrt{14^2 - \frac{2 * 35,365.00}{0.90 * 0.85 * 210 * 10}}$	$A_s = \frac{35,365.00}{0.90 * 4200 * (14 - \frac{1.672}{2})}$
Apoyo D	$a = 1.672 \text{ cm}$	$A_s = 0.711 \text{ cm}^2$ $A_{smin} = \frac{4}{3} * 0.711 = 0.95 \text{ cm}^2$

Nota. Elaboración propia

Según como indica la tabla 8; el área de acero mínimo es mayor que el área de acero calculado  $A_{smin} > A_s$ , por lo tanto, se considerará el área de acero mínimo.

## Resumen y colocación de acero negativo según diámetros comerciales

**Figura 15.***Dimensiones de acero comercial*

Designación de la barra corrugada	Peso métrico nominal kg/m	Dimensiones nominales			Dimensiones resaltes (mm)		
		Diámetro mm	Área sección nominal	Perímetro nominal mm	Espaciamiento promedio máximo	Altura promedio mínimo	Separación (GAP) 12% del perímetro nominal máxima
6 mm	0.220	6.0	28	18.8	4.2	0.24	2.35
8 mm	0.395	8.0	50	25.1	5.6	0.32	3.14
3/8"	0.560	9.5	71	29.9	6.7	0.38	3.60
12 mm	0.888	12.0	113	37.7	8.4	0.48	4.71
1/2"	0.994	12.7	129	39.9	8.8	0.51	4.90
5/8"	1.552	15.9	199	49.9	11.1	0.71	6.1
3/4"	2.235	19.1	284	59.8	13.3	0.97	7.3
1"	3.973	25.4	510	79.8	17.8	1.27	9.7
1 3/8"	7.907	35.8	1006	112.5	25.1	1.80	13.7

Nota!: La variación permisible en el peso métrico no excederá el 6% por debajo del peso nominal.

Nota. Recuperado de Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A., (2019)

**Tabla 9.***Resumen de área de acero negativo (-) en losa convencional 01*

Apoyos	Momentos	Acero requerido	Acero mínimo	Acero colocado
Apoyo A	162.089 kg.m	$A_s = 0.315 \text{ cm}^2$	$A_{s\text{min}} = 0.42 \text{ cm}^2$	1Ø3/8"
Apoyo B	389.015 kg.m	$A_s = 0.787 \text{ cm}^2$	$A_{s\text{min}} = 1.05 \text{ cm}^2$	1Ø1/2"
Apoyo C	353.65 kg.m	$A_s = 0.711 \text{ cm}^2$	$A_{s\text{min}} = 0.95 \text{ cm}^2$	1Ø1/2"
Apoyo D	353.65 kg.m	$A_s = 0.711 \text{ cm}^2$	$A_{s\text{min}} = 0.95 \text{ cm}^2$	1Ø1/2"
Apoyo E	389.015 kg.m	$A_s = 0.787 \text{ cm}^2$	$A_{s\text{min}} = 1.05 \text{ cm}^2$	1Ø1/2"
Apoyo F	162.089 kg.m	$A_s = 0.315 \text{ cm}^2$	$A_{s\text{min}} = 0.42 \text{ cm}^2$	1Ø3/8"

Nota. diámetro de barra ( $\emptyset$ )

Sin embargo, en el proyecto se optó por uniformizar la utilización de acero, en todos los apoyos y se utilizó barras de diámetros de Ø1/2".

Cálculo de acero positivo, es decir en los tramos

**Tabla 10.**

*Cálculo de área de acero (+) en losa convencional 01*

Tramo	Cálculo de $a$	área de acero positivo
Tramo AB y	$a = 14 - \sqrt{14^2 - \frac{2 * 35,365.00}{0.90 * 0.85 * 210 * 40}}$	$A_s = \frac{16,208.96}{0.90 * 4200 * (14 - \frac{0.74}{2})}$
Tramo EF	$a = 0.399 \text{ cm}$	$A_s = 0.678 \text{ cm}^2$
		$A_{smin} = \frac{0.7 * \sqrt{210}}{4200} * 10 * 14$
		$A_{smin} = 0.34 \text{ cm}^2$
Tramo BC, Tramo CD y Tramo DE	$a = 14 - \sqrt{14^2 - \frac{2 * 24,313.44}{0.90 * 0.85 * 210 * 40}}$	$A_s = \frac{24,313.44}{0.90 * 4200 * (14 - \frac{0.273}{2})}$
	$a = 0.273 \text{ cm}$	$A_s = 0.464 \text{ cm}^2$
		$A_{smin} = \frac{0.7 * \sqrt{210}}{4200} * 10 * 14$
		$A_{smin} = 0.34 \text{ cm}^2$

Nota. Elaboración propia

Según como indica la **tabla 10**; el área de acero mínimo es menor que el área de acero calculado  $A_{smin} < A_s$ , por lo tanto, se considerará el área de acero calculado

Resumen y colocación de acero positivo según diámetros comerciales

**Tabla 11.**

*Resumen de área de acero positivo (+) en losa convencional 01*

<b>Apoyos</b>	<b>Momentos</b>	<b>Acero requerido</b>	<b>Acero mínimo</b>	<b>Acero colocado</b>
Tramo AB	353.65 kg.m	$A_s = 0.678 \text{ cm}^2$	$A_{s\text{min}} = 0.34\text{cm}^2$	1Ø3/8"
Tramo BC	243.13 kg.m	$A_s = 0.464 \text{ cm}^2$	$A_{s\text{min}} = 0.34 \text{ cm}^2$	1Ø1/8"
Tramo CD	243.13 kg.m	$A_s = 0.464 \text{ cm}^2$	$A_{s\text{min}} = 0.34 \text{ cm}^2$	1Ø1/8"
Tramo DE	243.13 kg.m	$A_s = 0.464 \text{ cm}^2$	$A_{s\text{min}} = 0.34 \text{ cm}^2$	1Ø1/8"
Tramo EF	353.65 kg.m	$A_s = 0.678 \text{ cm}^2$	$A_{s\text{min}} = 0.34\text{cm}^2$	1Ø3/8"

*Nota.* diámetro de barra ( $\emptyset$ )

Sin embargo, en el proyecto se optó por uniformizar la utilización de acero, en tramos y apoyos y se utilizó barras de diámetros de  $\emptyset 1/2"$ . Para acero positivo se consideró acero corrido de  $\emptyset 1/2"$ .

**Figura 16.**

*Detalle de corte y colocación de acero en vigueta losa convencional 01*

**Costo directo de losa aligerada convencional de vivienda 1**

Metrado de encofrado y desencofrado en losa aligerada tradicional

**Tabla 12.***Metrado de encofrado en losa aligerada convencional 01*

Descripción	und	cantidad	largo (m)	ancho (m)	total (m2)
Eje 1-3/Eje A-E	m2	8	3.85	2.96	91.17
Eje 1-2/ Eje E-F	m2	1	3.85	2.96	11.40
Eje 2-3/Eje E-F	m2	1	2.96	0.95	2.81
Eje 2-3/Eje E-F	m2	1	1.86	1.41	2.62
Eje 2-3/Eje E-F	m2	1	1.20	1.20	1.44
Voladizo eje 1-2	m2	2	3.85	0.85	6.55
Voladizo eje 1-2	m2	2	3.85	0.85	6.55
<b>Total, m2 para encofrado</b>					<b>122.53</b>

*Nota.* Elaboración propia. Indica la cantidad de área para encofrado de losa aligerada vivienda 1

*Cuantificación de elementos para encofrado convencional en edificación 01***Tabla 13.***Cantidad de elementos para encofrado convencional en edificación 01*

Descripción	und	pie derecho @ 0.80 m	soleras @ 0.80 m	tablas @ 0.40 m	Fris os
Eje 1-3/Eje A-E	und	160	32.00	72.00	0.00
Eje 1-2/ Eje E-F	und	20	4.00	9.00	0.00
Eje 2-3/Eje E-F	und	4	4.00	2.00	0.00
Eje 2-3/Eje E-F	und	4	2.00	3.00	1.00
Eje 2-3/Eje E-F	und	4	2.00	3.00	1.00
Voladizo eje 1-2	und	10	2.00	5.00	2.00
Voladizo eje 1-2	und	10	2.00	5.00	2.00
<b>Total, elementos de encofrado</b>		<b>212.00</b>	<b>48.00</b>	<b>99.00</b>	<b>6.00</b>

*Cantidad de Viguetas en Losa Aligerada Convencional Edificación*

**Tabla 14.**

*Cantidad de viguetas en losa aligerada convencional*

<b>Descripción</b>	<b>und</b>	<b>Ancho</b>	<b>Cantidad</b>	<b>N° Veces</b>	<b>Total</b>
Eje 1-3/Eje A-E	und	3.85	9	8	72
Eje 1-2/ Eje E-F	und	3.85	9	1	9
Eje 2-3/Eje E-F	und	3.85	9	1	9
Eje 2-3/Eje E-F	und	3.85	9	1	9
Eje 2-3/Eje E-F	und	3.85	9	1	9
Voladizo eje 1-2	und	3.85	9	2	18
Voladizo eje 1-2	und	3.85	9	2	18
<b>Total, viguetas a utilizar en losa convencional</b>					<b>144</b>

**Tabla 15.**

*Metros lineales en viguetas edificación 01*

<b>Descripción</b>	<b>und</b>	<b>Largo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>N° Veces</b>	<b>Total</b>
Eje 1-3/Eje A-E	und	2.96	9	8	213.12
Eje 1-2/ Eje E-F	und	2.96	9	1	26.64
Eje 2-3/Eje E-F	und	2.96	9	1	26.64
Eje 2-3/Eje E-F	und	2.96	9	1	26.64
Eje 2-3/Eje E-F	und	2.96	9	1	26.64
Voladizo eje 1-2	und	2.96	9	2	53.28
Voladizo eje 1-2	und	2.96	9	2	53.28
<b>Total, metros lineales de viguetas</b>					<b>426.24</b>

### *Metrado de Ladrillo Cocido de Arcilla*

Se cuantificó la cantidad de ladrillo que ingresará en toda la losa aligerada tradicional.

$$C = \frac{1}{(A + V) * L} = \frac{1}{(0.30 + 0.10)m * 0.30m} = 8.33 \frac{\text{und}}{\text{m}^2}$$

C= número de ladrillo por m2

A= Ancho de ladrillo en metros (m)

V= Ancho de vigueta en metros (m)

L= Longitud de ladrillo en metros (m)

$$C = 8.33 \frac{\text{und}}{\text{m}^2} * 1.05 = 8.75 \frac{\text{und}}{\text{m}^2} \cong 9 \frac{\text{und}}{\text{m}^2}$$

**Tabla 16.**

*Cantidad de ladrillo en losa aligerada convencional*

<b>Descripción</b>	<b>und</b>	<b>área</b>	<b>cant.</b>	<b>Total</b>
			<b>Ladrillo</b>	
Eje 1-3/Eje A-E	und	91.17	9.00	820.51
Eje 1-2/ Eje E-F	und	11.40	9.00	102.56
Eje 2-3/Eje E-F	und	2.81	9.00	25.31
Eje 2-3/Eje E-F	und	2.62	9.00	23.60
Eje 2-3/Eje E-F	und	1.44	9.00	12.96
Voladizo eje 1-2	und	6.55	9.00	58.91
Voladizo eje 1-2	und	6.55	9.00	58.91
<b>Total, ladrillo para losa</b>				<b>1103.00</b>

*Metrado de Concreto en Losa Aligerada y Viguetas*

**Tabla 17.**

*Cantidad de concreto en viguetas*

<b>Descripción</b>	<b>und</b>	<b>N°</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>	<b>Total</b>
		<b>viguetas</b>				
Eje 1-3/Eje A-E	m3	72	2.96	0.1	0.12	2.56
Eje 1-2/ Eje E-F	m3	9	2.96	0.1	0.12	0.32
Eje 2-3/Eje E-F	m3	9	0.95	0.1	0.12	0.10
Eje 2-3/Eje E-F	m3	9	1.41	0.1	0.12	0.15
Eje 2-3/Eje E-F	m3	9	1.20	0.1	0.12	0.13
Voladizo eje 1-2	m3	18	0.85	0.1	0.12	0.18
Voladizo eje 1-2	m3	18	0.85	0.1	0.12	0.18
<b>Total, m3 de concreto en viguetas</b>						<b>3.63</b>

**Tabla 18.**

*Cantidad de concreto en losa aligerada 01*

<b>Descripción</b>	<b>und</b>	<b>N° Veces</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>	<b>Total</b>
Eje 1-3/Eje A-E	m3	8	3.85	2.96	0.05	4.56
Eje 1-2/ Eje E-F	m3	1	3.85	2.96	0.05	0.57
Eje 2-3/Eje E-F	m3	1	2.96	0.95	0.05	0.14
Eje 2-3/Eje E-F	m3	1	1.86	1.41	0.05	0.13
Eje 2-3/Eje E-F	m3	1	1.20	1.20	0.05	0.07
Voladizo eje 1-2	m3	2	3.85	0.85	0.05	0.33
Voladizo eje 1-2	m3	2	3.85	0.85	0.05	0.33
<b>Total, concreto en losa Aligerada</b>						<b>6.13</b>

Según detalle de las tablas 17 y 18, indican la cantidad de volumen de concreto que se utilizará solamente en losa y viguetas, mas no incluye el concreto de vigas.

### *Acero de Refuerzo Losa Tradicional Vivienda 01*

Consecuentemente, la **tabla 19**, detalla la cantidad de acero en kilogramos (Kg) que se necesitará para edificar una losa aligerada tradicional de la vivienda 1.

**Tabla 19.**

*Cantidad de acero en viguetas de losa aligerada convencional*

<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cant.</b>	<b>N° Veces</b>	<b>Largo</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total. (1/2")</b>
Eje 1-2/eje A-F	As. Corrido	9	1	18.50	166.50	164.84
Eje 1-2/eje A-F	As. Refuerzo	9	1	12.00	108.00	106.92
Eje 2-3/eje A-E	As. Corrido	2	1	18.50	37.00	36.63
Eje 2-3/eje A-E	As. Refuerzo	2	1	12.00	24.00	23.76
Eje 2-3/eje A-E	As. Corrido	7	1	14.15	99.05	98.06
Eje 2-3/eje A-E	As. Refuerzo	7	1	9.00	63.00	62.37
Eje 2-3/Eje E-F	As. Corrido	6	1	3.00	18.00	17.82
Eje 2-3/Eje E-F	As. Refuerzo	6	1	3.00	18.00	17.82
<b>Total, acero de 1/2" en viguetas de losa Aligerada en Kg</b>						<b>528.21</b>

### *Acero de temperatura en entrepiso convencional edificación 01*

En la **tabla 20** se presenta la cantidad de acero de temperatura que se utilizaría con el sistema convencional colocada cada 0.25 m (@ 0.25) de un diámetro de 1/4".

**Tabla 20.**

*Cantidad de kilogramos acero de temperatura en losa aligerada convencional*

<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>N° Veces</b>	<b>Largo</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total. (1/4")</b>
Eje 1-3/eje A-F	As. Temp.	74	1	8.60	636.40	159.10
<b>Total, de kg de acero de temperatura diámetro de 1/4" para losa aligerada</b>						<b>159.10</b>

**Presupuesto de Losa Aligerada Convencional Vivienda 1**

**Figura 17.**

*Presupuesto de obra para losa aligerada convencional vivienda 1*

<b>PRESUPUESTO DE LOSA ALIGERADA CONVENCIONAL VIVIENDA 1</b>						
Obra :	CONSTRUCCION DE LOSA ALIGERADA CONVENCIONAL					
Propietario :	Miguel Suclupe					
Ubicación :	Jr. Eden -Segunda Jerusalén- Elías Soplín Vargas-Rioja					
Especialidad :	Estructura					Fecha: 24-jun-21
ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	P. PARCIAL	P. TOTAL	
<b>01</b>	<b>LOSA ALIGERADA e= 0.17 m</b>					
01.01	CONCRETO $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> EN LOSA ALIGERADA	M3	9.76	S/ 207.17	S/	2,021.00
01.02	ENCOFRADO NORMAL EN LOSA ALIGERADA	M2	122.53	S/ 76.50	S/	9,373.44
01.03	DESENCOFRADO NORMAL EN LOSA ALIGERADA	M2	122.53	S/ 20.00	S/	2,450.57
01.04	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> EN LOSA ALIGERADA	KG	687.31	S/ 4.27	S/	2,931.50
01.05	LADRILLO HUECO DE ARCILLA 15x30x30 EN LOSA ALIGERADA	UND	1,103.00	S/ 3.20	S/	3,529.60
	<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>S/ 20,306.11</b>
	Gastos Generales (8%)				S/	1,624.49
	Utilidad (10%)				S/	2,030.61
	SUBTOTAL				S/	23,961.21
	IMPUESTO (IGV 18%)				S/	-
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				S/	<b>23,961.21</b>

*Nota.* Elaboración propia

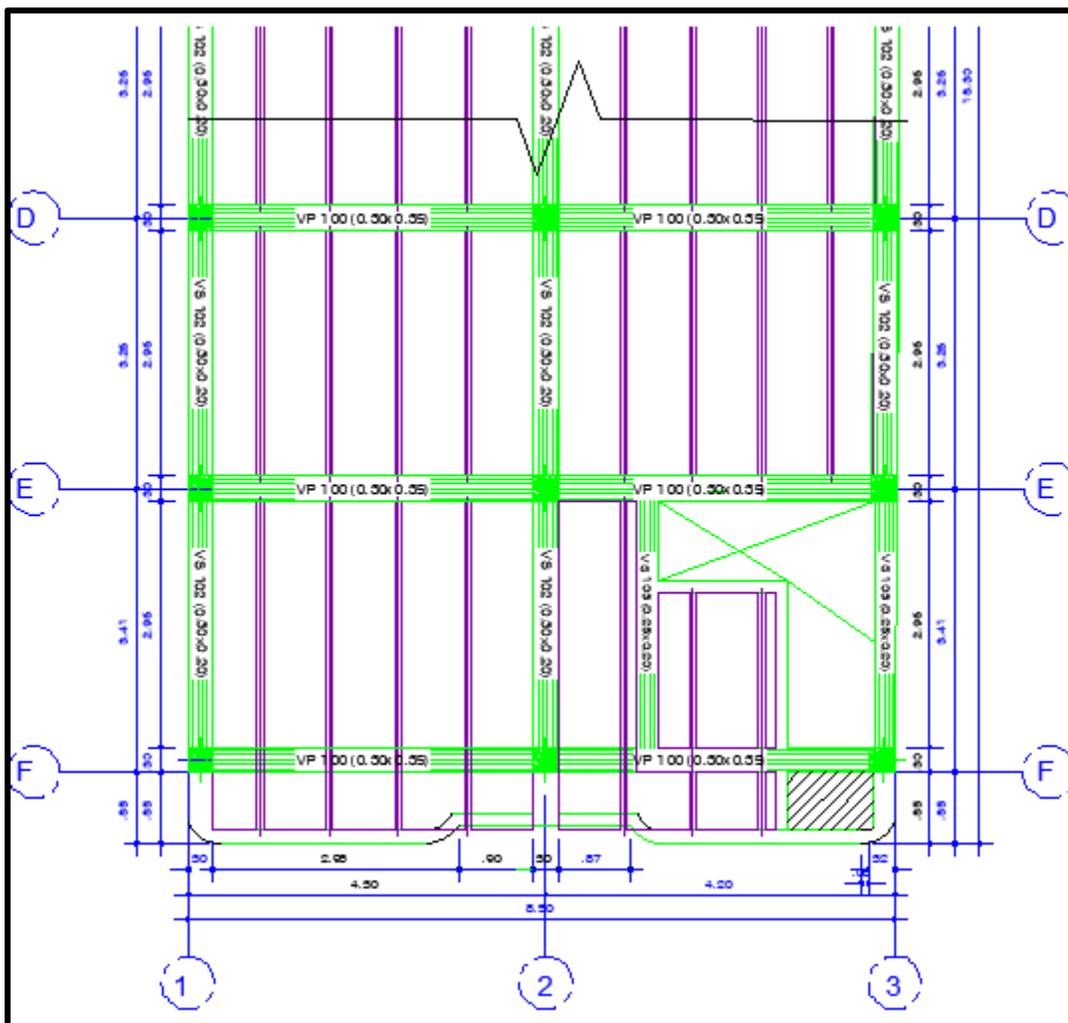
**Tiempo de Ejecución de Losa Aligerada más Elementos Estructurales Intervinientes.**

Para realizar la programación de obra para la ejecución de losa aligerada convencional, se tuvo en cuenta el tiempo de ejecución de la colocación de acero, encofrado y llenado de concreto en vigas principales, secundarias y de amarre, calculándose en un tiempo de 22 días hábiles y 25 días calendarios tal como se presenta en el **anexo 05.A**

*Análisis de losa aligerada con sistema vigacero vivienda 1*

**Figura 18.**

*Plano de losa aligerada del sistema vigacero vivienda 1*



El entrepiso con sistema vigacero de la edificación 01 también se analizará con el método de coeficiente para el cálculo de momentos, los coeficientes se detallan en la **figura 11**.

### *Predimensionamiento de Losa con Sistema Vigacero*

Para el predimensionamiento de losas con sistema vigacero se considera lo especificado por el Manual técnico de vigacero, detallado en anexo 01, que está en función a las luces y sobrecarga.

Para la edificación 01 se tendrá una sobrecarga de 200 kg/cm<sup>2</sup>, ya que el uso será de vivienda y tiene una longitud de tramo de 2.96 m.

### **Figura 19.**

*Predimensionamiento de losa vigacero 01*

ACERO GALVANIZADO ESPESOR 1.50 mm									
DISTANCIA ENTRE EJES DE VIGUETAS ES 0.84 m y CASETON DE 0.75 m									
Sobrecarga kg/m <sup>2</sup>									
Luz (m)	100	200	300	400	500	600	700	800	
	e = 4 cm			e = 5 cm					
2.0									
2.2									
2.4									
2.6	LOSA DE H = 13 cm			LOSA DE H = 14 cm					
2.8	LOSA DE H = 13 cm			LOSA DE H = 14 cm					
3.0	LOSA DE H = 13 cm			LOSA DE H = 14 cm					
3.2	LOSA DE H = 13 cm			LOSA DE H = 14 cm					
3.4	LOSA DE H = 13 cm			LOSA DE H = 14 cm					
3.6	LOSA DE H = 13 cm			LOSA DE H = 14 cm					
3.8	LOSA DE H = 13 cm			LOSA DE H = 14 cm					
4.0	LOSA DE H = 13 cm			LOSA DE H = 14 cm					
4.2	LOSA DE H = 13 cm			LOSA DE H = 20 cm			LOSA DE H = 25 cm (*)		
4.4	LOSA DE H = 13 cm			LOSA DE H = 20 cm			LOSA DE H = 25 cm (*)		

Por lo tanto, el peralte de la losa aligerada con sistema vigacero de la edificación 01 será

$$l = 2.96 \text{ m}$$

$$h = 13 \text{ cm}, e = 4 \text{ cm}$$

La losa se diseña con  $h = 13 \text{ cm}$

Respecto a los datos de diseño se muestran los valores en la tabla 21.

**Tabla 21.**

*Datos de diseño para losa vigacero en edificación 01*

Ítem	Datos
Luz (l)	2.96 m
peralte de losa (h)	13 cm
Separación de vigueta	84 cm
r (recubrimiento)	2 cm
d	11 cm
be	84 cm
bw	13 cm
F'c	210 kg/cm <sup>2</sup>
F'y	2,530 kg/cm <sup>2</sup>

Donde:

l= luz con mayor longitud

h= Espesor o peralte de losa

r= recubrimiento de losa

d=h-r; peralte efectivo

be= ancho del ala de vigueta

bw= ancho del alma de vigueta

F'c= resistencia a la compresión del concreto

F'y= Limite de fluencia del acero

$r = 2 \text{ cm}; d = 13 \text{ cm} - 2 \text{ cm} = 11 \text{ cm}$

### Metrado de Cargas

Para realizar el metrado de cargas del sistema vigacero, se tiene en consideración los pesos especificados en las especificaciones técnicas del sistema vigacero, del **anexo 3.C**.

#### A. Carga muerta por metro cuadrado (CM)

### Figura 20.

*Determinación del peso propio de losa vigacero edificación 01*

			vigueta	Casetón de Poliestireno expandido (EPS)			Concreto en Obra		PESO PARCIAL	
	Espesor de losa H	Espacio	Peso	Casetón	Largo	Vol	Peso	Vol		Peso
	cm	m	Kg/m	und	m	m <sup>3</sup>	Kg	m <sup>3</sup>		Kg
VIGUETAS PREFABRICADAS VIGACERO® CASETON DE EPS DENSIDAD 15 Kg/m <sup>3</sup>	13	0.84	4.8	1	1.0	0.068	1.01	0.047	113.3	119.1
	16	0.84	4.8	1	1.0	0.090	1.35	0.058	139.2	145.4
	20	0.84	4.8	1	1.0	0.113	1.69	0.062	148.8	155.3
	25	0.84	4.8	1	1.0	0.150	2.25	0.066	158.4	165.5
	30	0.74	4.8	1	1.0	0.163	2.44	0.070	168.0	175.2

### Tabla 22.

*Metrado de carga muerta en losa vigacero 01*

Descripción	Carga muerta
Peso propio de losa	119.10 kg/m <sup>2</sup>
Peso de piso terminado	100.00 kg/m <sup>2</sup>
Peso de tabiquería	100.47 kg/m <sup>2</sup>
Cielo raso	50.00 kg/m <sup>2</sup>
<b>Total, peso carga muerta (Wm)</b>	<b>369.57 kg/m<sup>2</sup></b>

*Nota.* Elaboración Propia

Para calcular el peso en vigueta se calculará de la siguiente forma:

$$W_{vigueta} = W_m * sep. vigueta = 369.57 \frac{kg}{m^2} * 0.84m = 310.44 \frac{kg}{m}$$

#### B. Sobrecarga en vigacero

Según el R.N.E (E-020 CARGAS, 2020) se considerará una sobrecarga de  $200 \text{ kg/m}^2$ , ya que el uso será para vivienda.

$$W_{\text{vigüeta}} = W_v * \text{sep. vigüeta} = 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} * 0.84\text{m} = \mathbf{168.00 \frac{\text{kg}}{\text{m}}}$$

Al obtener el peso propio y sobrecarga por vigüeta, se procede a amplificar y poder calcularlos momentos.

$$U = 1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV}$$

$$W_u = 1.4 \left( 310.44 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right) + 1.7 \left( 168.00 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \right)$$

$$\mathbf{W_u = 720.22 \frac{\text{kg}}{\text{m}}} \rightarrow \text{se diseñará los momentos con esta carga}$$

### ***Cálculo de Momentos en Edificación 01 Sistema Vigacero***

El cálculo de momentos se realizará por el método de los coeficientes, como se muestran en las figuras 11 y la longitud de las luces en la figura 12.

#### **Tabla 23.**

#### *Momentos en tramos y apoyos de losa vigacero 01*

Momentos en Apoyos	Momentos en tramos
<p>Apoyo A=Apoyo F:</p> $M_u = 720.22 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (2.96\text{m})^2 * \frac{1}{24} * 10^2 \frac{\text{cm}}{\text{m}}$ $M_u = 26,292.831 \text{ kg. cm}$	<p>Tramo A-B= Tramo E-F</p> $M_u = 720.22 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (2.96\text{m})^2 * \frac{1}{11} * 10^2 \frac{\text{cm}}{\text{m}}$ $M_u = 57,366.178 \text{ kg. cm}$
<p>Apoyo B=Apoyo E:</p> $M_u = 720.22 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (2.96\text{m})^2 * \frac{1}{10} * 10^2 \frac{\text{cm}}{\text{m}}$ $M_u = 63,102.796 \text{ kg. cm}$	<p>Tramo B-C= Tramo C-D=tramo D-E</p> $M_u = 720.22 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (2.96\text{m})^2 * \frac{1}{16} * 10^2 \frac{\text{cm}}{\text{m}}$ $M_u = 39,439.247 \text{ kg. cm}$
<p>Apoyo C=Apoyo D:</p> $M_u = 720.22 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (2.96\text{m})^2 * \frac{1}{11} * 10^2 \frac{\text{cm}}{\text{m}}$	

---

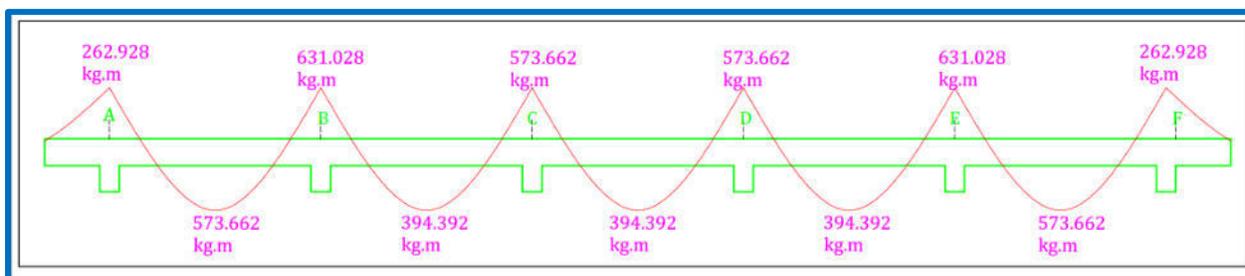

$$M_u = 57,366.178 \text{ kg. cm}$$


---

*Nota.* A la formula se multiplica por  $10^2$  por el cambio de unidades

**Figura 21.**

*Momentos en sistema vigacero edificación 01*



***Cálculo de Área de Acero en Vivienda 01 Sistema Vigacero.***

Para el cálculo de acero en el sistema prefabricado se usará las mismas formulas y mismos criterios de calculo que el sistema convencional, pero con los datos de la **tabla 21**, pero para cálculo de acero negativo es decir en los apoyos, se diseñará con  $F'y=4200 \text{ kgm}^2$  ya que se usa acero corrugado de grado 60, el acero que se usa en losa convencional.

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * F'y * (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * M_u}{\phi * 0.85 * F'c * bw}} \rightarrow \text{para apoyos o } A_s(-)$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * M_u}{\phi * 0.85 * F'c * be}} \rightarrow \text{para tramos o } A_s(+)$$

Donde:

$M_u$ = momento aplicado

$\phi = 0.90$  – diseño a flexión según E.060

$A_{smin}$  = acero mínimo

$A_s$  = acero calculado

**Tabla 24.**

*Diseño de acero en apoyos vigacero edificación 01*

Apoyo	Cálculo de $a$	Cálculo de área de acero
Apoyo A y	$a = 11 - \sqrt{11^2 - \frac{2 * 26,292.831}{0.90 * 0.85 * 210 * 13}}$	$A_s = \frac{26,292.831}{0.90 * 4200 * (11 - \frac{1.211}{2})}$
Apoyo F	$a = 1.211 \text{ cm}$	$A_s = 0.67 \text{ cm}^2$
Apoyo B y	$a = 11 - \sqrt{11^2 - \frac{2 * 63,102.796}{0.90 * 0.85 * 210 * 13}}$	$A_s = \frac{63,102.796}{0.90 * 4200 * (11 - \frac{3.217}{2})}$
Apoyo E	$a = 3.217 \text{ cm}$	$A_s = 1.78 \text{ cm}^2$
Apoyo C y	$a = 11 - \sqrt{11^2 - \frac{2 * 57,366.178}{0.90 * 0.85 * 210 * 13}}$	$A_s = \frac{57,366.178}{0.90 * 4200 * (11 - \frac{2.872}{2})}$
Apoyo D	$a = 2.872 \text{ cm}$	$A_s = 1.5 \text{ cm}^2$

*Nota.* No se calcula  $A_{smin}$ , ya que el cálculo de  $a < 5$

Se colocará los diámetros de acuerdo a la figura 15

**Tabla 25.**

*Resumen de colocación de acero negativo en losa vigacero 01*

Apoyos	Momentos (-)	Acero requerido	Acero colocado
Apoyo A	262.928 kg.m	$A_s = 0.67 \text{ cm}^2$	1Ø1/2"
Apoyo B	631.028 kg.m	$A_s = 1.78 \text{ cm}^2$	1Ø1/2" + 1Ø3/8"
Apoyo C	573.662 kg.m	$A_s = 1.59 \text{ cm}^2$	1Ø1/2" + 1Ø3/8"

Apoyo D	573.662 kg.m	$A_s = 1.59 \text{ cm}^2$	1Ø1/2" + 1Ø3/8"
Apoyo E	631.028 kg.m	$A_s = 1.78 \text{ cm}^2$	1Ø1/2" + 1Ø3/8"
Apoyo F	262.928 kg.m	$A_s = 0.67 \text{ cm}^2$	1Ø1/2"

Después de haber calculado el acero negativo, se procede a calcular el acero positivo

**Tabla 26.**

*Cálculo de momentos positivos en sistema vigacero losa 01*

Tramo	Cálculo de $a$	área de acero positivo
Tramo AB y	$a = 11 - \sqrt{11^2 - \frac{2 * 57,366.178}{0.90 * 0.85 * 210 * 84}}$	$A_s = \frac{57,366.178}{0.90 * 2530 * (11 - \frac{0.393}{2})}$
Tramo EF	$a = 0.393 \text{ cm}$	$A_s = 2.33 \text{ cm}^2$
Tramo BC, Tramo CD	$a = 11 - \sqrt{11^2 - \frac{2 * 39,439.247}{0.90 * 0.85 * 210 * 84}}$	$A_s = \frac{39,439.247}{0.90 * 2530 * (11 - \frac{0.269}{2})}$
y Tramo DE	$a = 0.269 \text{ cm}$	$A_s = 1.59 \text{ cm}^2$

*Nota.* La vigueta vigacero tiene un área de  $6 \text{ cm}^2$

Sin embargo, la vigueta de acero estructural prefabricada del esfuerzo a la fluencia  $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ , cuenta con un área de acero de  $6 \text{ cm}^2$  (Arcotecho Perú, 2018), sobrepasándose la cantidad de área que se requiere para las viguetas.

**Figura 22.**

Área de acero y distancia entre viguetas vigacero.



Nota. Extraído de (Arcotecho Perú, 2018)

### **Presupuesto de Losa Aligerada Sistema Vigacero de Vivienda 1**

Metrado de superficie para entablado y desentablado en entrepiso de vigacero

**Tabla 27.**

Metrado de superficie encofrado para losa con vigacero vivienda 01

descripción	und	cantidad	largo (m)	ancho (m)	total (m2)
Eje 1-2/Eje B-C	m2	1	2.96	0.85	2.52
Eje 2-3/ Eje F	m2	1	1.40	0.85	1.19
<b>Total, m2 para encofrado</b>					<b>3.71</b>

Nota. Metrado en vivienda 01

Metros lineales en viguetas prefabricadas de vigacero vivienda 1. A continuación, en la tabla 28 y 29 se muestra la cantidad y los metros lineales de viguetas prefabricadas a utilizar en losa aligerada sistema vigacero.

Se calcula la cantidad de metros lineales de viguetas a utilizar, también se añade 1 aditivo protector de vigueta que vende la misma empresa quien provee el material, dicho aditivo se llama MOPAFIX (Arcotecho Perú, 2018).

**Tabla 28.**

*Cantidad de viguetas prefabricadas vivienda 1*

Descripción	und	Largo	Cantidad	N° Veces	N° elementos	Total
Eje 1-3/Eje A-B	ml	4.08	1	2	4	8
Eje 1-3/Eje B-E	ml	3.06	3	2	4	24
Eje 1-2/Eje E-F	ml	4.08	1	1	4	4
Eje 2-3/Eje E-F	ml	4.08	1	1	1	1
Eje 2-3/Eje E-F	ml	2.98	1	1	2	2
<b>Cantidad de viguetas prefabricadas sistema vigacero</b>						<b>39</b>

**Tabla 29.**

*Cantidad de metros lineales en viguetas prefabricadas vivienda 1*

Descripción	und	Largo	Cantidad	N° Veces	N° elementos	Total
Eje 1-3/Eje A-B	ml	4.08	1	2	4	32.64
Eje 1-3/Eje B-E	ml	3.06	3	2	4	73.44
Eje 1-2/Eje E-F	ml	4.08	1	1	4	16.32
Eje 2-3/Eje E-F	ml	4.08	1	1	1	4.08
Eje 2-3/Eje E-F	ml	2.98	1	1	2	5.96
<b>Total, metros lineales en viguetas prefabricadas sistema vigacero</b>						<b>132.44</b>

Cantidad de casetones EPS

$$cas = \frac{1}{(A + V) * L} = \frac{1}{(0.75 + 0.08) * 1} = 1.20 \frac{und}{m^2}$$

Cas= número de casetones por m<sup>2</sup>

A= Ancho de casetón en metros (m)

V= Ancho de vigueta en metros (m)

L= Longitud de casetón en metros (m)

Por lo tanto, se tiene que se necesitará comprar 153 casetones para cubrir toda la losa aligerada, tal como se evidencia en la **Tabla 30**.

**Tabla 30.**

*Cantidad de casetones EPS para vivienda 1*

Descripción	und	Largo	Ancho	N° Veces	Cant/m <sup>2</sup>	Total
Eje 1-3/Eje A-B	und	3.85	3.81	2.00	1.2	35.20
Eje 1-2/Eje B-C	und	2.96	2.75	1.00	1.2	9.77
Eje 1-3/Eje B-E	und	3.85	2.96	5.00	1.2	68.38
Eje 1-2/Eje E-F	und	3.85	3.81	1.00	1.2	17.60
Eje 2-3/Eje E-F	und	3.81	0.95	1.00	1.2	4.34
Eje 2-3/Eje E-F	und	2.71	1.41	3.82	1.2	17.52
<b>Total, cantidad de casetones para losa vigacero vivienda 1</b>						<b>153.00</b>

*Nota.* Elaboración propia

Cuantificación de concreto en viguetas y losa liviana del sistema vigacero vivienda 1. Para el vaco de concreto en las viguetas prefabricadas de losa aligerada se necesitará de 0.95 m<sup>3</sup> de material, tal como se muestra en la tabla 31, y para el vaco de losa aligerada de necesitará de 6.15 m<sup>3</sup> de concreto, incluyendo losa maciza que se contempló en el proyecto se evidencia en la tabla 32.

**Tabla 31.***Cantidad de concreto en viguetas prefabricadas vivienda 1.*

Descripción	und	largo	ancho	altura	Total
Eje 1-3/Eje A-B	m3	32.64	0.08	0.09	0.24
Eje 1-3/Eje B-E	m3	73.44	0.08	0.09	0.53
Eje 1-2/Eje E-F	m3	16.32	0.08	0.09	0.12
Eje 2-3/Eje E-F	m3	4.08	0.08	0.09	0.03
Eje 2-3/Eje E-F	m3	5.96	0.08	0.09	0.04
<b>Concreto de m3 en viguetas prefabricadas vivienda 1</b>					<b>0.95</b>

Nota. Elaboración propia

**Tabla 32.***Concreto en losa aligerada sistema viga acero vivienda 1*

Descripción	und	N° veces	largo	ancho	altura	Total
Eje 1-3, 1-2/Eje A-B, Eje E-F	m3	3	3.81	3.85	0.04	1.76
Eje 1-2/Eje B-C	m3	1	2.96	2.75	0.04	0.33
Eje 1-2/Eje B-C (Losa Maciza)	m3	1	2.96	0.85	0.15	0.38
Eje 1-3/Eje B-E	m3	5	2.96	3.85	0.04	2.28
Eje 2-3/Eje E-F	m3	1	3.96	0.9	0.04	0.14
Eje 2-3/Eje E-F	m3	1	2.86	1.41	0.04	0.16
Eje 2-3/Eje E-F (Losa Maciza)	m3	1	1.1	0.85	0.15	0.14
<b>Concreto en Losa aligerada sistema vigacero vivienda 1</b>						<b>5.19</b>

## *Cuantificación de Acero de Refuerzo Negativo en Losa Aligerada Sistema Vigacero Vivienda*

### *1.*

En la tabla 33, se muestra el metrado de acero a compresión a utilizarse en la losa aligerada con sistema vigacero.

**Tabla 33.**

*Cantidad de kilogramos de acero de diámetro 1/2" en losa viga acero*

Descripción	Tipo	Cantida d	Nº Veces	Larg o	Parcial	Total. (1/2")
Eje 1-2/eje A-F	As. Negativo	4	1	12.00	48.00	47.52
Eje 2-3/eje A-E	As. Negativo	4	1	9.00	36.00	35.64
Eje 2-3/Eje E-F	As. Negativo	1	1	3.00	3.00	2.97
Eje 2-3/Eje E-F	As. Negativo	2	1	3.00	6.00	5.94
<b>Total, acero de 1/2" en viguetas de losa Aligerada en Kg</b>						<b>92.07</b>

*Nota.* Elaboración propia

### *Acero de temperatura en losa vigacero 01*

La malla de acero según (Arcotecho Perú, 2018), se colocará en ambos sentidos con el acero de diámetro 6mm o de diámetro 1/4", para la cual se ha calculado según detalla la **tabla 34**.

**Tabla 34.**

*Malla de acero de temperatura de diámetro 1/4", para losa vigacero vivienda 1.*

Descripción	Tipo	Cantidad	Nº Veces	Largo	Parcial	Total. (1/4")
Eje 1-3/eje A-F	As. Temp.	35	1	18.60	651.00	162.75
Eje A-F/eje 1-3	As. Temp.	75	1	8.60	645.00	161.25
<b>Total, acero de temperatura diámetro de 1/4" para losa aligerada</b>						<b>324.00</b>

*Nota.* Elaboración Propia

## Presupuesto de obra con sistema vigacero de losa aligerada

El costo del sistema viga acero incluye el Impuesto general a la venta (I.G.V.) de los materiales ya que se compra de otra región que no está excluido del impuesto mencionado, sin embargo, no incluye el IGV de la construcción, además disminuye los gastos generales y utilidad ya que solamente es del ensamblaje del sistema.

### Figura 23.

*Presupuesto total con sistema vigacero de losa aligerada vivienda 01*

PRESUPUESTO DE LOSA ALIGERADA CON SISTEMA VIGACERO DE VIVIENDA 1						
Obra	: CONSTRUCCION DE LOSA ALIGERADA SISTEMA VIGACERO					
Propietario	Miguel Suclupe					
Ubicación	: Jr. Eden -Segunda Jerusalén- Elias Soplin Vargas-Rioja					
Especialidad	: Estructura		Fecha:	24-jun-21		
ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	P. PARCIAL	P. TOTAL	
01	LOSA ALIGERADA e= 0.17 m					
01.01	CONCRETO $f_c=210$ kg/cm <sup>2</sup> EN LOSA ALIGERADA	M3	6.14	S/ 207.17	S/	1,272.04
01.02	VIGUETAS PREFABRICADAS PARA LOSA VIGACERO	ml	132.44	S/ 59.49	S/	7,878.89
01.03	ENSAMBLADO Y COLOCACION DE EPS	und	153.00	S/ 37.78	S/	5,779.75
01.04	ACERO DE REFUERZO $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> EN LOSA VIGACERO	KG	92.07	S/ 4.27	S/	392.69
01.05	ACERO DE TEMPERATURA $f_y=4200$ kg/cm <sup>2</sup> EN LOSA VIGACERO	KG	324.00	S/ 4.27	S/	4,000.00
	FLETE TERRESTRE PARA LAS VIGUETAS Y CASETONES	Glb			S/	1,000.00
	<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>S/ 20,323.37</b>
	Gastos Generales (5%)				S/	1,016.17
	Utilidad (8%)				S/	1,625.87
	<b>SUBTOTAL</b>					<b>S/ 22,965.41</b>

*Nota.* Elaboración propia

## Tiempo de ejecución de obra con sistema vigacero de losa aligerada

Al realizar el análisis de programación de obra para la ejecución del entrepiso con sistema vigacero, se tuvo en cuenta el tiempo de ejecución del ensamblado de viguetas prefabricadas más casetones, disminuyéndose el tiempo de carpintería y desentablado de losa aligerada, pero si se consideró el tiempo en el vaciado de concreto en vigas de función principal, secundarias y de amarre, calculándose en un tiempo de 17 días hábiles y 19 días calendarios tal como se presenta en la Figura. 24.



Calles : Entre las calles Jr. Tacna- y Jr. Iquitos

Localidad : Nueva Cajamarca - Distrito Nueva Cajamarca – provincia Rioja-  
departamento San Martín.

### Figura 25.

*Localización y ubicación del proyecto en análisis*



*Nota.* En el grafico se muestra la ubicación donde se desarrolló la segunda losa aligerada con sistema vigacero.

### *Descripción de Arquitectónica de la Tienda Comercial-Departamentos.*

- 1 local Comercial
- 1 mezanine
- 1 área de diseño y atención al publico
- 2 servicios Higiénicos
- 1 escalera a mezanine
- 1 escalera a niveles superiores de manera externa.

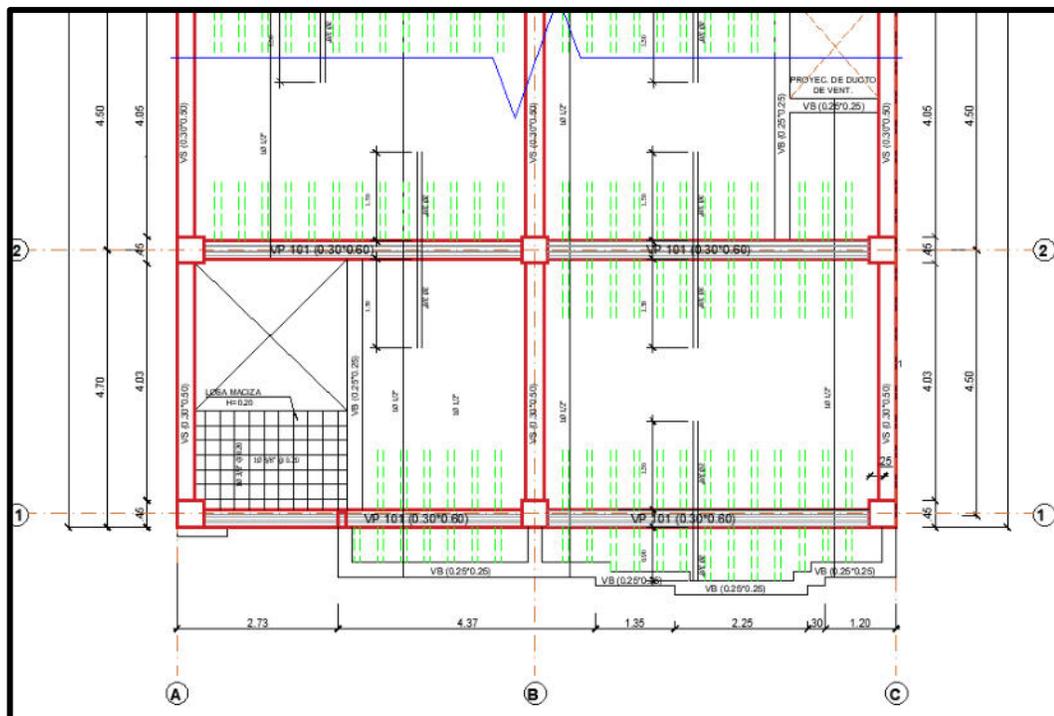
## Descripción Estructural del Local Comercia e Inmobiliaria con Sistema de Entrepiso

### Convencional:

Área construida	: 12.20 m x 30.95 m = 377.59 m <sup>2</sup>
Área techada	: 18.30 m x 8.50 m = 384.223 m <sup>2</sup>
Vigas de función principal	: 0.30 m x 0.60 m
Vigas de función secundaria	: 0.25 m x 0.50 m
Sección de columnas	: 0.45 m x 0.45 m
Altura de losa (H)	: 0.25 m de losa convencional
Altura de losa (H)	: 0.20 m de losa sistema vigacero
Altura de muro	: 0.15 m

**Figura 26.**

*Plano de losa aligerada convencional edificación 02*



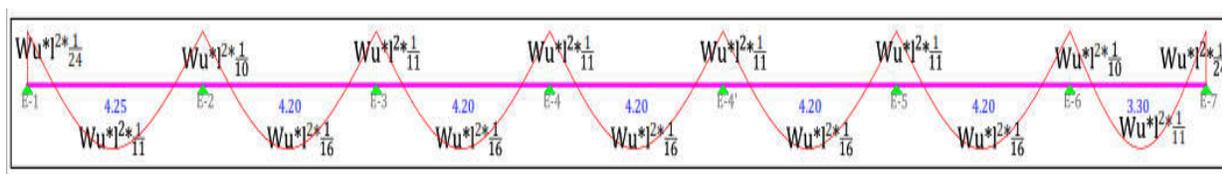
*Nota.* Elaboracion propia, detalle **Anexo 06**

### ***Diseño por el Método de Coeficientes A.C.I.***

Está construcción también se realizó el diseño por el método de coeficientes analizado en la vivienda 01, en la que cumple con las condiciones que menciona el RNE Norma E-060- Concreto Armado (*NTE E.060 Concreto Armado*, 2009).

### **Figura 27.**

*Coeficientes para diseño de losa convencional 02*

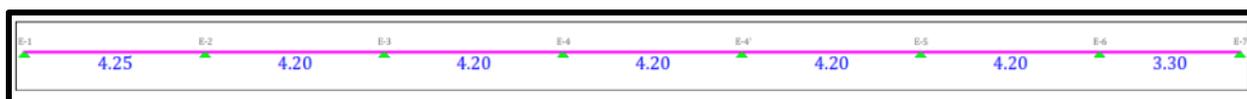


*Nota.* factor para el cálculo de momentos según ACI.

### ***Análisis del Cumplimiento de Condiciones A.C.I.***

### **Figura 28.**

*Luces de los tramos edificación 02*



*Nota.* Elaboración propia

Cumple con todos los requisitos para los coeficientes ACI.

### ***Predimensionamiento de Altura de Entrepiso Edificación 02***

Al realizar el predimensionamiento de altura de entrepiso se realizó con la fórmula matemática que indica en la **figura 13**, siendo “L” la luz del tramo más largo.

$$l = 4.25 \text{ m} \rightarrow h = \frac{l}{21}; \frac{l}{18.5}$$

$$h = \frac{4.25}{21} = 0.20\text{m};$$

$$h = \frac{4.25}{18.5} = 0.23m$$

Por lo tanto, se diseña con el valor  $h = 0.25 m$ .

**Tabla 35.**

*Datos de diseño en losa convencional 02*

Ítem	Datos
Luz (l)	4.25 m
peralte de losa (h)	25 cm
Separación de vigueta	40 cm
R (recubrimiento)	3 cm
d	14 cm
be	40 cm
bw	10 cm
F'c	210 kg/cm <sup>2</sup>
F'y	4200 kg/cm <sup>2</sup>

Donde:

l= luz con mayor longitud

h= Espesor o peralte de losa

r= recubrimiento de losa

d=h-r; peralte efectivo

be= ancho del ala de vigueta

bw= ancho del alma de vigueta

F'c= resistencia a la compresión del concreto

F'y= Limite de fluencia del acero

$r = 3 \text{ cm}; d = 25\text{cm} - 3\text{cm} = 22 \text{ cm}$

### Cuantificación de cargas

Carga muerta por metro cuadrado (CM)

- Distancia entre viguetas: 0.40 m
- Peso de vigueta por metro:  $2400 \frac{kg}{m^3} * 0.10m * 0.20m = 48.00 \frac{kg}{m}$
- Masa de ladrillo de arcilla:  $10.00 \frac{kg}{und}$
- Carga muerta de losa :  $0.05m * 2400 \frac{kg}{m^3} = 120.00 \frac{kg}{m^2}$
- Peso de vigueta :  $\frac{48.00 \frac{kg}{m}}{0.40 m} = 120.00 \frac{kg}{m^2}$
- Ladrillos de arcilla :  $10.00 \frac{kg}{und} * 9.00 \frac{und}{m^2} = 90.00 \frac{kg}{m^2}$

Total, la carga muerta del entrepiso por m<sup>2</sup>= 330.00 kg/m<sup>2</sup>

Sin embargo, según el RNE. E.020-Cargas, menciona que el peso propio por m<sup>2</sup> para una altura de entrepiso de h=0.25 m se debe considerar **350.00 kg/m<sup>2</sup>**. Por lo que se considerará lo que indica la normativa.

#### Tabla 36.

*Metrado de carga muerta en losa convencional 02*

Descripción	Pesos
Peso propio de losa	350.00 kg/m <sup>2</sup>
Peso de piso terminado	120.00 kg/m <sup>2</sup>
Peso de tabiquería	100.00 kg/m <sup>2</sup>
Cielo raso	50.00 kg/m <sup>2</sup>
<b>Total, peso carga muerta (Wm)</b>	<b>620.00 kg/m<sup>2</sup></b>

*Nota.* Elaboración propia

Para calcular el peso en vigueta se calculará de la siguiente forma:

$$W_{vigüeta} = W_m * sep. vigüeta = 620 \frac{kg}{m^2} * 0.40m = 248 \frac{kg}{m}$$

Según (E-020 CARGAS, 2020) indica la carga viva o sobrecarga que se debe tener en cuenta según el tipo de edificación, el plano en análisis será para hoteles, razón por la cual tendrá una sobrecarga de 200.00 kg/m<sup>2</sup>.

$$W_{vigüeta} = W_v * sep. vigüeta = 200 \frac{kg}{m^2} * 0.40m = 80 \frac{kg}{m}$$

La amplificación de cargas de acuerdo a (E.060-Concreto-Armado-Sencico, 2019) para el esfuerzo último solicitado en peso propio (CM) y sobrecargas (CV) es:

$$U = 1.4 CM + 1.7 CV$$

$$W_u = 1.4 \left( 248 \frac{kg}{m} \right) + 1.7 \left( 80 \frac{kg}{m} \right)$$

$$W_u = 483.20 \frac{kg}{m} \text{ Carga de resistencia última}$$

### Tabla 37.

*Resumen de cargas de diseño en losa convencional 02*

Descripción	Pesos
Carga muerta en vigüeta	248.00 kg/m <sup>2</sup>
Sobrecarga en vigüeta	80.00 kg/m <sup>2</sup>
<b>Total, carga amplificada</b>	<b>483.20 kg/m<sup>2</sup></b>

### *Cálculo de Momentos Edificación 02 Sistema Convencional*

El cálculo de momentos sirve para diseñar el área de acero que se utilizará en la construcción y se indicará en el plano, para eso se usará la siguiente fórmula  $M_u = W_u * l_2 * coef$ , para encontrar todos los momentos en los apoyos y tramos.

**Tabla 38.***Momentos negativos en losa convencional 02*

<b>Momentos en Apoyos</b>
<b>Apoyo 1</b>
$M_u = 483.20 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (4.25\text{m})^2 * \frac{1}{24} = 363.658 \text{ kg. m}$
$M_u = 36,365.833 \text{ kg. cm}$
<b>Apoyo 2</b>
$M_u = 483.20 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * \left(\frac{4.25 + 4.20}{2}\right)^2 * \frac{1}{10} = 862.542 \text{ kg. m}$
$M_u = 86,254.22 \text{ kg. cm}$
<b>Apoyo 3=Apoyo 4=apoyo 4', apoyo 5</b>
$M_u = 483.20 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (4.20\text{m})^2 * \frac{1}{11} = 774.877 \text{ kg. m}$
$M_u = 77,487.71 \text{ kg. cm}$
<b>Apoyo 6</b>
$M_u = 483.20 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * \left(\frac{4.20 + 3.30}{2}\right)^2 * \frac{1}{10} = 679.50 \text{ kg. m}$
$M_u = 67,950.00 \text{ kg. cm}$
<b>Apoyo 7</b>
$M_u = 483.20 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (3.30\text{m})^2 * \frac{1}{24} = 219.252 \text{ kg. m}$
$M_u = 21,925.20 \text{ kg. cm}$

*Nota. Elaboración propia*

**Tabla 39.***Momentos positivos en losa convencional 02*

<b>Momentos en Tramos</b>
Tramo 1-2
$M_u = 483.20 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (4.25\text{m})^2 * \frac{1}{11} = 793.436 \text{ kg. m}$
$M_u = 79,343.64 \text{ kg. cm}$
Tramo 2-3=tramo 3-4=tramo 4-4'=tramos 4'-5=tramo 5-6
$M_u = 483.20 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 4.20^2 * \frac{1}{16} = 532.728 \text{ kg. m}$
$M_u = 53,272.80 \text{ kg. cm}$
Tramo 6-7
$M_u = 483.20 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (3.30\text{m})^2 * \frac{1}{11} = 328.878 \text{ kg. m}$
$M_u = 32,877.80 \text{ kg. cm}$

*Nota.* Elaboración propia***Cálculo de área de acero edificación 02 método convencional.***

Para calcular el área de acero requerido se debe tener en cuenta los momentos flectores aplicados por vigueta, se aplican las siguientes formulas

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * F'y * (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * M_u}{\phi * 0.85 * F'c * bw}} \rightarrow \text{para apoyos o } A_s(-)$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * M_u}{\phi * 0.85 * F'c * be}} \rightarrow \text{para tramos o } A_s(+)$$

Para el cálculo del acero mínimo negativo en apoyos es 4/3 del acero calculado según

E.060- Acápite 10.5.3

$$A_{smin} = \frac{4}{3} * A_s$$

Para el cálculo de acero mínimo positivo en tramos según E.060-subtitulo 10.5.2 es

$$A_{smin} = \frac{0.22 * \sqrt{F'c}}{F'ry} * b_w * d; \text{ pero según el apartado 10.5.3 de la misma norma se aplicará la}$$

$$\text{formula } A_{smin} = \frac{0.7 * \sqrt{F'c}}{F'ry} * b_w * d.$$

**Tabla 40.**

*Cálculo de área de acero (-) en losa convencional 02*

Apoyo	Cálculo de a	Cálculo de área de acero
Apoyo 1	a	$A_s = \frac{36,365.833}{0.90 * 4200 * (22 - \frac{1.054}{2})}$
	$= 22 - \sqrt{22^2 - \frac{2 * 36,365.833}{0.90 * 0.85 * 210 * 10}}$	$A_s = 0.448 \text{ cm}^2$
	a = 1.054 cm	$A_{smin} = \frac{4}{3} * 0.448 = 0.597 \text{ cm}^2$
Apoyo 2	a	$A_s = \frac{86,254.22}{0.90 * 4200 * (22 - \frac{2.593}{2})}$
	$= 22 - \sqrt{22^2 - \frac{2 * 86,254.22}{0.90 * 0.85 * 210 * 10}}$	$A_s = 1.102 \text{ cm}^2$
	a = 2.593 cm	$A_{smin} = \frac{4}{3} * 1.102 = 1.47 \text{ cm}^2$
Apoyo 3 y apoyo 4 y apoyo 4', apoyo 5	a	$A_s = \frac{77,487.71}{0.90 * 4200 * (22 - \frac{2.314}{2})}$
	$= 22 - \sqrt{22^2 - \frac{2 * 77,487.71}{0.90 * 0.85 * 210 * 10}}$	$A_s = 0.983 \text{ cm}^2$
	a = 2.314 cm	$A_{smin} = \frac{4}{3} * 0.983 = 1.31 \text{ cm}^2$

---

	$a = 22 - \sqrt{22^2 - \frac{2 * 67,950.00}{0.90 * 0.85 * 210 * 10}}$ $a = 2.014 \text{ cm}$	$A_s = \frac{67,950.00}{0.90 * 4200 * (22 - \frac{2.014}{2})}$ $A_s = 0.856 \text{ cm}^2$ $A_{smin} = \frac{4}{3} * 0.856 = 1.41 \text{ cm}^2$
Apoyo 07	$a = 22 - \sqrt{22^2 - \frac{2 * 21,925.20}{0.90 * 0.85 * 210 * 10}}$ $a = 0.629 \text{ cm}$	$A_s = \frac{21,925.20}{0.90 * 4200 * (22 - \frac{0.629}{2})}$ $A_s = 0.267 \text{ cm}^2$ $A_{smin} = \frac{4}{3} * 0.267 = 0.357 \text{ cm}^2$

---

**Tabla 41.**

*Resumen de acero negativo en losa convencional 02*

Apoyo	As calculado y/o mínimo	Acero colocado
Apoyo 1	$A_{smin} = 0.597 \text{ cm}^2$	2Ø3/8"
Apoyo 2	$A_{smin} = 1.47 \text{ cm}^2$	2Ø3/8"
Apoyo 3	$A_{smin} = 1.31 \text{ cm}^2$	2Ø3/8"
Apoyo 4	$A_{smin} = 1.31 \text{ cm}^2$	2Ø3/8"
Apoyo 4'	$A_{smin} = 1.31 \text{ cm}^2$	2Ø3/8"
Apoyo 5	$A_{smin} = 1.31 \text{ cm}^2$	2Ø3/8"
Apoyo 6	$A_{smin} = 1.41 \text{ cm}^2$	2Ø3/8"
Apoyo 7	$A_{smin} = 0.357 \text{ cm}^2$	2Ø3/8"

Luego se procede al cálculo de acero positivo en la losa

**Tabla 42.***Momentos positivos en losa convencional 02*

Tramo	Cálculo de a	Área de acero positivo
Tramo 1-2	<b>a</b>	$A_s = \frac{79,343.64}{0.90 * 4200 * (22 - \frac{0.658}{2})}$
	$= 22 - \sqrt{22^2 - \frac{2 * 79,343.64}{0.90 * 0.85 * 210 * 40}}$	$A_s = 0.968 \text{ cm}^2$
	a = 0.658 cm	$A_{s\text{min}} = \frac{0.7 * \sqrt{210}}{4200} * 10 * 22$ $A_{s\text{min}} = 0.531 \text{ cm}^2$
Tramo 2-3 tramo 3-4 tramo 4-4' tramos 4'-5 tramo 5-6	<b>a</b> $= 22 - \sqrt{22^2 - \frac{2 * 53,272.804}{0.90 * 0.85 * 210 * 40}}$ a = 0.38 cm	$A_s = \frac{53,272.804}{0.90 * 4200 * (22 - \frac{0.38}{2})}$ $A_s = 0.695 \text{ cm}^2$
Tramo 6-7	<b>a</b> $= 22 - \sqrt{22^2 - \frac{2 * 32,877.80}{0.90 * 0.85 * 210 * 40}}$ a = 0.234 cm	$A_s = \frac{32,877.80}{0.90 * 4200 * (22 - \frac{0.234}{2})}$ $A_s = 0.40 \text{ cm}^2$

*Nota.* Para todos los tramos el acero mínimo es el mismo

Resumen de acero colocado positivo en losa convencional 02

**Tabla 43.**

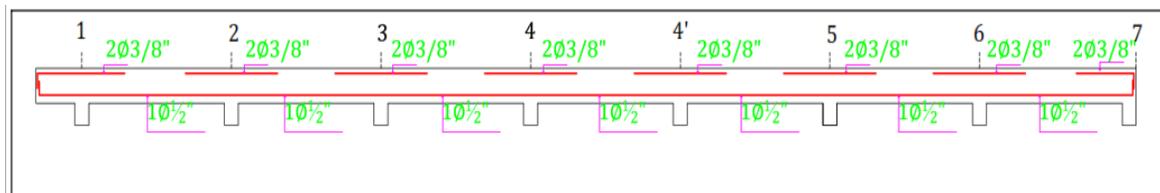
*Resumen de acero positivo en losa convencional 02*

Tramos	As calculado y/o mínimo	Acero colocado
Tramo 1-2	$A_s = 0.968\text{cm}^2$	1Ø1/2"
Tramo 2-3	$A_s = 0.695\text{ cm}^2$	1Ø1/2"
Tramo 3-4'	$A_s = 0.695\text{ cm}^2$	1Ø1/2"
Tramo 4'-5	$A_s = 0.695\text{ cm}^2$	1Ø1/2"
Tramo 5-6	$A_s = 0.695\text{ cm}^2$	1Ø1/2"
Tramo 6-7	$A_{s\text{min}} = 531\text{ cm}^2$	1Ø1/2"

Para el acero positivo se debe diseñar un con acero corrido, por lo que se optó colocar barras con diámetros de 1/2" que cumple para todo el diseño y ya no colocar refuerzos.

**Figura 29.**

*Colocación de acero en vigueta convencional 02*



*Nota.* Se colocó el acero de acuerdo a la tabla 41 y 43

La longitud de desarrollo del acero para viguetas en acero negativo se calculará con  $L/3$

### ***Presupuesto de losa aligerada convencional de vivienda 2***

Metrado de encofrado y desencofrado en entrepiso tradicional

**Tabla 44.**

*Metrado de encofrado en entrepiso tradicional de edificación 2*

Descripción	und	cantidad	largo (m)	ancho (m)	total (m2)
Eje A-B/ Eje 1-2	m2	1	4.25	2.80	11.90

Eje A-B/ Eje 2-5	m2	4	4.20	5.62	94.42
Eje A-B/ Eje 5-6	m2	1	4.20	3.63	15.23
Eje A-B/ Eje 5-6	m2	1	2.98	2.00	5.96
Eje A-B/ Eje 6-7	m2	1	3.31	3.80	12.56
Eje A-B/ Eje 6-7	m2	1	1.60	1.60	2.56
Eje B-C/Eje 1-2 (Alero)	m2	1	0.75	5.76	0.75
Eje B-C/Eje 1-2, Eje 4-6	m2	4	4.25	5.60	95.20
Eje B-C/Eje 2-3	m2	1	4.20	3.95	16.59
Eje B-C/Eje 2-3	m2	1	2.18	1.50	3.27
Eje B-C/Eje 3-4	m2	1	4.20	3.70	15.54
Eje B-C/Eje 3-4	m2	1	2.73	1.55	4.23
Eje B-C/Eje 6-7	m2	1	3.30	3.68	12.14
Eje B-C/Eje 6-7	m2	1	2.10	0.80	1.68
Eje B-C/Eje 6-7	m2	1	3.30	0.95	3.14
<b>Losa maciza</b>					
Eje A-B/ Eje 1-2	m2	1	1.68	2.60	4.37
<b>Vigas de amarre en ductos de losa</b>					
Eje A-B/Eje 1-2	m2	1	4.25	0.25	1.06
Eje A-B/Eje 5-6	m2	1	5.95	0.25	1.49
Eje A-B/Eje 6-7	m2	1	4.90	0.25	1.23
Eje B-C/Eje 2-3	m2	1	5.70	0.25	1.43
Eje B-C/Eje 3-4	m2	2	5.75	0.25	1.44
Eje B-C/Eje 6-7	m2	1	5.05	0.25	1.26
<b>Descripción</b>	<b>und</b>	<b>cantidad</b>	<b>largo (m)</b>	<b>ancho (m)</b>	<b>total (m2)</b>
<b>Borde de losa</b>					
Eje A-B/ Eje 1-2 (Losa maciza)	m2	1	5.20	0.25	1.30
Eje A-B/ Eje 5-6	m2	1	2.75	0.25	0.69
Eje A-B/ Eje 6-7	m2	1	3.05	0.25	0.76
Eje A-C (Alero)	m2	1	10.77	0.25	2.69
Eje A-B/ Eje 2-3	m2	1	3.21	0.25	0.80

Eje A-B/ Eje 3-4	m2	2	1.67	0.25	0.42
Eje A-B/ Eje 6-7	m2	1	2.45	0.25	0.61
<b>Total, m2 para encofrado</b>					<b>314.70</b>

*Nota.* Elaboración propia

Metrado de elementos para encofrado en edificación 2

**Tabla 45.**

*Cantidad de elementos para encofrado en edificación 2*

Descripción	und	Largo	Ancho	pie	soleras	tablas	Frisos
				derecho @ 0.80 m	@ 0.80 m	@ 0.40 m	
Eje A-B/ Eje 1-2	und	4.25	2.80	19.00	6.00	11.00	2.00
Eje A-B/ Eje 2-5	und	4.20	5.62	148.00	6.00	21.00	0.00
Eje A-B/ Eje 5-6	und	4.20	3.63	24.00	6.00	14.00	0.00
Eje A-B/ Eje 5-6	und	2.98	2.00	10.00	4.00	7.00	1.00
Eje A-B/ Eje 6-7	und	3.31	3.80	20.00	5.00	13.00	0.00
Eje A-B/ Eje 6-7	und	1.60	1.60	4.00	2.00	5.00	1.00
Eje B-C/Eje 1-2 (Alero)	und	0.75	5.76	7.00	1.00	16.00	2.00
Eje B-C/Eje 1-2, Eje 4-6	und	4.25	5.60	149.00	6.00	21.00	0.00
Descripción	und	Largo	Ancho	pie	soleras	tablas	Frisos
				derecho @ 0.80 m	@ 0.80 m	@ 0.40 m	
Eje B-C/Eje 2-3	und	4.20	3.95	26.00	6.00	15.00	0.00
Eje B-C/Eje 2-3	und	2.18	1.50	6.00	3.00	5.00	1.50
Eje B-C/Eje 3-4	und	4.20	3.70	25.00	6.00	14.00	2.00
Eje B-C/Eje 3-4	und	2.73	1.55	7.00	4.00	6.00	0.00
Eje B-C/Eje 6-7	und	3.30	3.68	19.00	5.00	13.00	1.00

Eje B-C/Eje 6-7	und	2.10	0.80	3.00	3.00	3.00	0.00
Eje B-C/Eje 6-7	und	3.30	0.95	5.00	5.00	4.00	0.00
<b>Losa maciza</b>							
Eje A-B/ Eje 1-2	und	1.68	2.60	7.00	3.00	8.00	0.00
<b>Vigas de amarre en ductos de losa</b>							
Eje A-B/Eje 1-2	und	4.25	0.25	2.00	0.00	2.00	0.00
Eje A-B/Eje 5-6	und	5.95	0.25	3.00	0.00	2.00	0.00
Eje A-B/Eje 6-7	und	4.90	0.25	2.00	0.00	2.00	0.00
Eje B-C/Eje 2-3	und	5.70	0.25	3.00	0.00	2.00	0.00
Eje B-C/Eje 3-4	und	5.75	0.25	5.00	0.00	2.00	0.00
Eje B-C/Eje 6-7	und	5.05	0.25	2.00	0.00	2.00	0.00
<b>Borde de losa</b>							
Eje A-B/ Eje 1-2 (Losa maciza)	und	5.20	0.25	0.00	0.00	2.00	1.00
Eje A-B/ Eje 5-6	und	2.75	0.25	0.00	0.00	1.00	1.00
Eje A-B/ Eje 6-7	und	3.05	0.25	0.00	0.00	2.00	1.00
Eje A-C (Alero)	und	10.77	0.25	0.00	0.00	4.00	1.00
Eje A-B/ Eje 2-3	und	3.21	0.25	0.00	0.00	2.00	1.00
Eje A-B/ Eje 3-4	und	1.67	0.25	0.00	0.00	1.00	1.00
Eje A-B/ Eje 6-7	und	2.45	0.25	0.00	0.00	1.00	1.00
<b>Total, de elementos de encofrado</b>		<b>52.79</b>	<b>496.00</b>	<b>71.00</b>	<b>201.00</b>	<b>17.50</b>	

Cantidad de viguetas en losa aligerada convencional

**Tabla 46.**

*Cantidad de viguetas en losa aligerada convencional en edificación 2*

Descripción	und	Ancho	Cantidad	N° Veces	Total
Eje A-B/ Eje 1-2	ml	2.80	7	1.00	7.00
Eje A-B/ Eje 2-5	ml	5.62	14	1.00	14.00

Eje A-B/ Eje 5-6	ml	3.63	9	1.00	9.00
Eje A-B/ Eje 5-6	ml	2.00	5	1.00	5.00
Eje A-B/ Eje 6-7	ml	3.80	9	1.00	9.00
Eje A-B/ Eje 6-7	ml	1.60	4	1.00	4.00
Eje B-C/Eje 1-2 (Alero)	ml	5.76	14	1.00	14.00
Eje B-C/Eje 1-2, Eje 4-6	ml	5.60	14	2.00	28.00
Eje B-C/Eje 2-3	ml	3.95	9	1.00	9.00
Eje B-C/Eje 2-3	ml	1.50	3	1.00	3.00
Eje B-C/Eje 3-4	ml	3.70	9	1.00	9.00
Eje B-C/Eje 3-4	ml	1.55	3	1.00	3.00
Eje B-C/Eje 6-7	ml	3.68	9	1.00	9.00
Eje B-C/Eje 6-7	ml	0.80	2	1.00	2.00
Eje B-C/Eje 6-7	ml	0.95	2	1.00	2.00
<b>Total, ml viguetas a utilizar en losa convencional</b>					<b>127.00</b>

**Tabla 47.***Metros lineales en viguetas tradicionales edificación 02*

Descripción	und	Largo	Cantidad	N° Veces	Total
Eje A-B/ Eje 1-2	ml	4.25	7.00	1.00	29.75
Eje A-B/ Eje 2-5	ml	4.20	14.00	4.00	235.20
Eje A-B/ Eje 5-6	ml	4.20	9.00	1.00	37.80
Eje A-B/ Eje 5-6	ml	2.98	5.00	1.00	14.90
Eje A-B/ Eje 6-7	ml	3.31	9.00	1.00	29.75
Eje A-B/ Eje 6-7	ml	1.60	4.00	1.00	6.40
Eje B-C/Eje 1-2 (Alero)	ml	0.75	14.00	1.00	10.50
Eje B-C/Eje 1-2, Eje 4-6	ml	4.25	14.00	4.00	238.00
Eje B-C/Eje 2-3	ml	4.20	9.00	1.00	37.80
Eje B-C/Eje 2-3	ml	2.18	3.00	1.00	6.54
Eje B-C/Eje 3-4	ml	4.20	9.00	1.00	37.80
Eje B-C/Eje 3-4	ml	2.73	3.00	1.00	8.19

Eje B-C/Eje 6-7	ml	3.30	9.00	1.00	29.70
Eje B-C/Eje 6-7	ml	2.10	2.00	1.00	4.20
Eje B-C/Eje 6-7	ml	3.30	2.00	1.00	6.60
<b>Total, ml viguetas a utilizar en losa convencional</b>					<b>733.13</b>

*Nota.* Elaboración propia

### ***Metrado de Ladrillo Cocido de Arcilla***

Se cuantificó las unidades de ladrillo que ingresará en todo el entrepiso de la edificación

02

$$C = \frac{1}{(A + V) * L} = \frac{1}{(0.30 + 0.10)m * 0.30m} = 8.33 \frac{\text{und}}{\text{m}^2}$$

C= número de ladrillo por m<sup>2</sup>

A= Ancho de ladrillo en metros (m)

V= Ancho de vigueta en metros (m)

L= Longitud de ladrillo en metros (m)

$$C = 8.33 \frac{\text{und}}{\text{m}^2} * 1.05 = 8.75 \frac{\text{und}}{\text{m}^2} \cong 9 \frac{\text{und}}{\text{m}^2}$$

A la cantidad se multiplica por el 5%, considerado para desperdicio.

**Tabla 48.**

*Cantidad de ladrillo en losa aligerada convencional edificación 02*

<b>Descripción</b>	<b>und</b>	<b>área</b>	<b>cant.</b>	<b>Total</b>
			<b>Ladrillo</b>	
Eje A-B/ Eje 1-2	und	11.90	9	108.00
Eje A-B/ Eje 2-5	und	94.42	9	850.00
Eje A-B/ Eje 5-6	und	15.23	9	138.00
Eje A-B/ Eje 5-6	und	5.96	9	54.00

Eje A-B/ Eje 6-7	und	12.56	9	114.00
Eje A-B/ Eje 6-7	und	2.56	9	24.00
Eje B-C/Eje 1-2 (Alero)	und	0.75	9	7.00
Eje B-C/Eje 1-2, Eje 4-6	und	95.20	9	857.00
Eje B-C/Eje 2-3	und	16.59	9	150.00
Eje B-C/Eje 2-3	und	3.27	9	30.00
Eje B-C/Eje 3-4	und	15.54	9	140.00
Eje B-C/Eje 3-4	und	4.23	9	39.00
Eje B-C/Eje 6-7	und	12.14	9	110.00
Eje B-C/Eje 6-7	und	1.68	9	16.00
Eje B-C/Eje 6-7	und	3.14	9	29.00
<b>Total, ladrillo para losa</b>				<b>2666.00</b>

*Nota.* Elaboración propia

Metrado de concreto en losa aligerada y viguetas

**Tabla 49.**

*Cantidad de concreto en viguetas y vigas de amarre en los ductos y alero*

Descripción	und	N° viguetas	Largo	Ancho	Altura	Total
Eje A-B/ Eje 1-2	m3	7.00	4.25	0.1	0.2	0.60
Eje A-B/ Eje 2-5	m3	14.00	4.20	0.1	0.2	1.18
Eje A-B/ Eje 5-6	m3	9.00	4.20	0.1	0.2	0.76
Eje A-B/ Eje 5-6	m3	5.00	2.98	0.1	0.2	0.30
Eje A-B/ Eje 6-7	m3	9.00	3.31	0.1	0.2	0.59
Eje A-B/ Eje 6-7	m3	4.00	1.60	0.1	0.2	0.13
Eje B-C/Eje 1-2 (Alero)	m3	14.00	0.75	0.1	0.2	0.21
Eje B-C/Eje 1-2, Eje 4-6	m3	14.00	4.25	0.1	0.2	1.19
Eje B-C/Eje 2-3	m3	9.00	4.20	0.1	0.2	0.76
Eje B-C/Eje 2-3	m3	3.00	2.18	0.1	0.2	0.13

Eje B-C/Eje 3-4	m3	9.00	4.20	0.1	0.2	0.76
Eje B-C/Eje 3-4	m3	3.00	2.73	0.1	0.2	0.16
Eje B-C/Eje 6-7	m3	9.00	3.30	0.1	0.2	0.59
Eje B-C/Eje 6-7	m3	2.00	2.10	0.1	0.2	0.08
Eje B-C/Eje 6-7	m3	2.00	3.30	0.1	0.2	0.13
Vigas de amarre en ductos de losa						
Eje A-B/Eje 1-2	m3	1.00	4.25	0.25	0.2	0.21
Eje A-B/Eje 5-6	m3	1.00	5.95	0.25	0.2	0.30
Eje A-B/Eje 6-7	m3	1.00	4.90	0.25	0.2	0.25
Eje B-C/Eje 2-3	m3	1.00	5.70	0.25	0.2	0.29
Eje B-C/Eje 3-4	m3	2.00	5.75	0.25	0.2	0.58
Eje B-C/Eje 6-7	m3	1.00	5.05	0.25	0.2	0.25
Eje A-C (Alero)	m3	1.00	10.77	0.25	0.2	0.54
<b>Total, de volumen de concreto en viguetas + vigas de amarre en ductos y alero</b>						<b>9.97</b>

**Tabla 50.**

*Cantidad de concreto en losa aligerada edificación 2*

Descripción	und	N° Veces	Largo	Ancho	Altura	Total
Eje A-B/ Eje 1-2	m3	1	4.25	2.80	0.05	0.60
Eje A-B/ Eje 2-5	m3	4	4.20	5.62	0.05	4.72
Eje A-B/ Eje 5-6	m3	1	4.20	3.63	0.05	0.76
Eje A-B/ Eje 5-6	m3	1	2.98	2.00	0.05	0.30
Eje A-B/ Eje 6-7	m3	1	3.31	3.80	0.05	0.63
Eje A-B/ Eje 6-7	m3	1	1.60	1.60	0.05	0.13
Eje B-C/Eje 1-2 (Alero)	m3	1	0.75	5.76	0.05	0.04
Eje B-C/Eje 1-2, Eje 4-6	m3	4	4.25	5.60	0.05	4.76
Eje B-C/Eje 2-3	m3	1	4.20	3.95	0.05	0.83
Eje B-C/Eje 2-3	m3	1	2.18	1.50	0.05	0.16

Eje B-C/Eje 3-4	m3	1	4.20	3.70	0.05	0.78
Eje B-C/Eje 3-4	m3	1	2.73	1.55	0.05	0.21
Eje B-C/Eje 6-7	m3	1	3.30	3.68	0.05	0.61
Eje B-C/Eje 6-7	m3	1	2.10	0.80	0.05	0.08
Eje B-C/Eje 6-7	m3	1	3.30	0.95	0.05	0.16
<b>Losa maciza</b>						
Eje A-B/ Eje 1-2	m3	1	1.68	2.60	0.25	1.09
<b>Vigas de amarre en ductos de losa</b>						
Eje A-B/Eje 1-2	m3	1	4.25	0.25	0.05	0.05
Eje A-B/Eje 5-6	m3	1	5.95	0.25	0.05	0.07
Eje A-B/Eje 6-7	m3	1	4.90	0.25	0.05	0.06
Eje B-C/Eje 2-3	m3	1	5.70	0.25	0.05	0.07
Eje B-C/Eje 3-4	m3	2	5.75	0.25	0.05	0.14
Eje B-C/Eje 6-7	m3	1	5.05	0.25	0.05	0.06
<b>Total, concreto en losa Aligerada</b>						<b>16.32</b>

### *Acero de Refuerzo Losa Aligerada Convencional*

Se detalla la cantidad de acero en Kg., en la **tabla 51**, que se necesitará para el proceso constructivo del entrepiso tradicional en la edificación 02.

**Tabla 51.**

*Cantidad de acero en viguetas de losa aligerada convencional 02*

Descripción	Tipo	N° Veces	Largo	Parcial	Total. (1/2")	Total. (3/8")
Eje A-B/ Eje 1-2	As. Corrido	7.00	4.25	29.75	29.45	
	As.refuerzo	7.00	3.5	49.00		27.44
Eje A-B/ Eje 2-5	As. Corrido	14.00	4.20	58.80	58.21	
	As.refuerzo	14.00	3.00	84.00		47.04
Eje A-B/ Eje 5-6	As. Corrido	9.00	4.20	37.80	37.42	

	As.refuerzo	9.00	3.00	54.00		30.24
Eje A-B/ Eje 5-6	As. Corrido	5.00	3.00	15.00	14.85	
	As.refuerzo	5.00	3.00	30.00		16.80
Eje A-B/ Eje 6-7	As. Corrido	9.00	3.31	29.75	29.45	
	As.refuerzo	9.00	3.00	54.00		30.24
Eje A-B/ Eje 6-7	As. Corrido	4.00	1.60	6.40	6.34	
	As.refuerzo	4.00	1.60	12.80		7.17
Eje B-C/Eje 1-2 (Alero)	As. Corrido	14.00	0.80	11.20	11.09	
	As.refuerzo	14.00	0.8	22.40		12.54
Eje B-C/Eje 1-2, Eje 4-6	As. Corrido	14.00	4.25	59.50	58.91	
	As.refuerzo	14.00	3.00	84.00		47.04
Eje B-C/Eje 2-3	As. Corrido	9.00	4.20	37.80	37.42	
	As.refuerzo	9.00	3.00	54.00		30.24
Eje B-C/Eje 2-3	As. Corrido	3.00	2.18	6.54	6.47	
	As.refuerzo	3.00	2.18	13.08		7.32
Eje B-C/Eje 3-4	As. Corrido	9.00	4.20	37.80	37.42	
	As.refuerzo	9.00	3.00	54.00		30.24
<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>	<b>N° Veces</b>	<b>Largo</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total. (1/2")</b>	<b>Total. (3/8")</b>
Eje B-C/Eje 3-4	As. Corrido	3.00	2.73	8.19	8.11	
	As.refuerzo	3.00	2.73	16.38		9.17
Eje B-C/Eje 6-7	As. Corrido	9.00	3.30	29.70	29.40	
	As.refuerzo	9.00	3.00	54.00		30.24
Eje B-C/Eje 6-7	As. Corrido	2.00	2.10	4.20	4.16	
	As.refuerzo	2.00	2.10	8.40		4.70
Eje B-C/Eje 6-7	As. Corrido	2.00	3.30	6.60	6.53	
	As.refuerzo	2.00	3.00	12.00		6.72
<b>Total, acero de refuerzo en viguetas de losa Aligerada en Kg</b>					<b>375.23</b>	<b>337.15</b>

### Acero de Temperatura Para Entrepiso Tradicional Edificación 02

**Tabla 52.**

Cantidad de kg para acero de temperatura

Descripción	Tipo	Cantidad	N° Veces	Largo	Parcial	Total. (1/4")
Eje 1-3/eje A-F	As. Temp.	124	1	12.20	1512.80	378.20
<b>Total, acero de temperatura diámetro de 1/4" para losa aligerada</b>						<b>378.20</b>

### Presupuesto de Obra Para el Entrepiso con Sistema Tradicional Edificación 02

En la figura 30, se detalla el presupuesto para la construcción de un entrepiso tradicional de la edificación 02 del análisis.

**Figura 30.**

Presupuesto total con sistema tradicional de entrepiso 02

PRESUPUESTO DE LOSA ALIGERADA CONVENCIONAL LOCAL COMERCIAL E INMOBILIARIA							
Obra : CONSTRUCCION DE LOSA ALIGERADA CONVENCIONAL 2							
Propietario Marcos Requejo							
Ubicación : Jr. Bolognesi -Nueva Cajamarca-Rioja							
Especialidad : Estructura							
Fecha: 21-feb-22							
ITEM	DESCRIPCION	UND	METRADO	P. PARCIAL	P. TOTAL		
01	LOSA ALIGERADA e= 0.25 m						
01.01	CONCRETO f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSA ALIGERADA	M3	26.29	S/ 440.00	S/ 11,566.46		
01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN LOSA ALIGERADA	M2	314.70	S/ 85.00	S/ 26,749.80		
01.04	ACERO DE REFUERZO de 1/2" f <sub>y</sub> =4200 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSA ALIGERADA	Kg	375.23	S/ 6.15	S/ 2,307.69		
01.05	ACERO DE REFUERZO de 3/8" f <sub>y</sub> =4200 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSA ALIGERADA	Kg	337.15	S/ 6.15	S/ 2,073.49		
01.06	ACERO DE REFUERZO de 1/4" f <sub>y</sub> =4200 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSA ALIGERADA	Kg	378.20	S/ 6.15	S/ 2,325.93		
01.07	LADRILLO HUECO DE ARCILLA 15x30x30 EN LOSA ALIGERADA	UND	2,666.00	S/ 3.80	S/ 10,130.80		
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>S/ 55,154.17</b>		
Gastos Generales (8%)					S/ 4,412.33		
Utilidad (10%)					S/ 5,515.42		
SUBTOTAL					S/ 65,081.92		
IMPUESTO (IGV 18%)					S/ -		
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>					<b>S/ 65,081.92</b>		

### *Tiempo Estimado del Proceso Constructivo de Entrepiso Tradicional Edificación 02.*

Al calcular el tiempo estimado del proceso constructivo del entrepiso de sistema tradicional, se consideró el tiempo de encofrado de vigas principales y secundarias, ya que son parte del proceso constructivos, mas no incluye en el análisis económico ni cuantificación de materiales. Por lo tanto, el periodo estimado de la ejecución es de 52 días. Véase anexo 05.C

### *Análisis de losa aligerada con sistema vigacero edificación 02*

#### **Figura 31.**

#### *Plano de losa aligerada del sistema vigacero edificación 02*

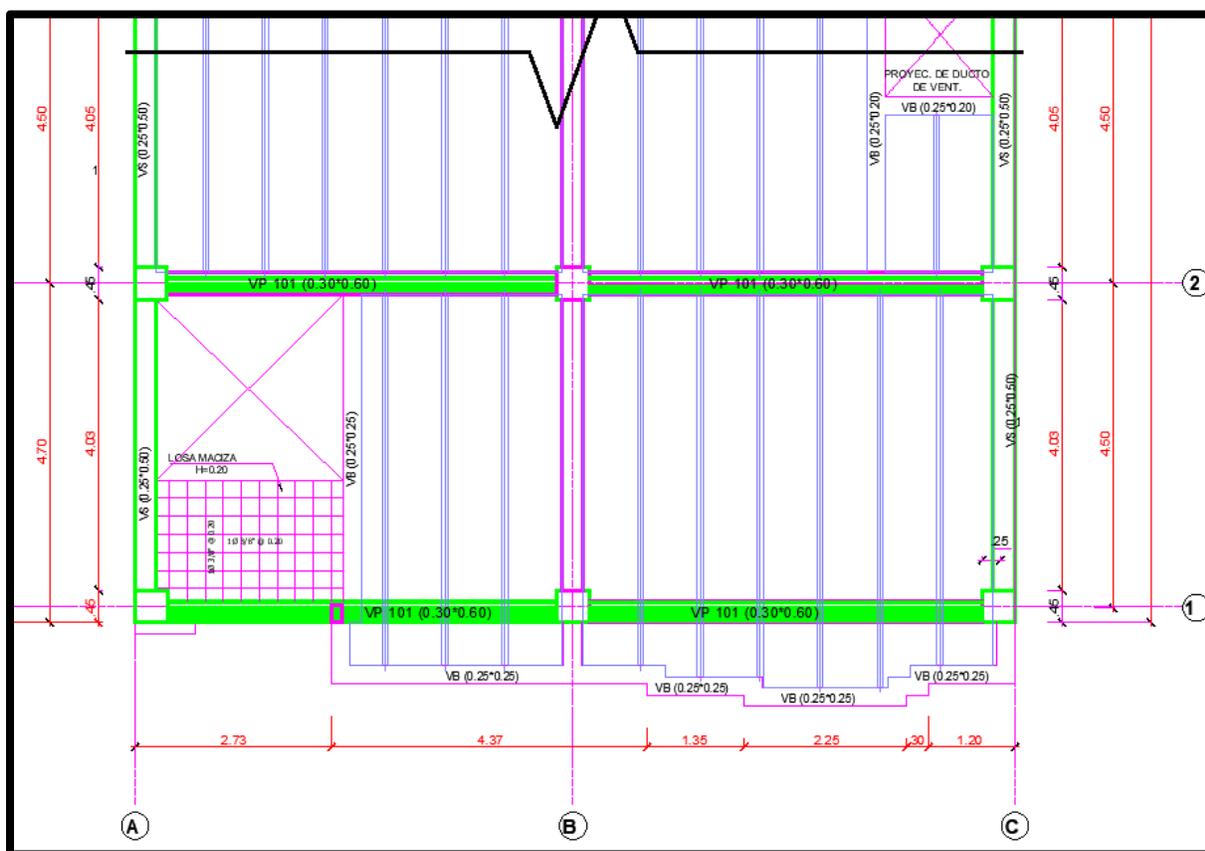


Figura 32.

Predimensionamiento de la losa sistema vigacero edificación 02

Luz (m)	100	200	300	400	500	600	700	800
	e = 4 cm			e = 5 cm				
2.0								
2.2								
2.4								
2.6								
2.8		LOSA DE H = 13 cm				LOSA DE H = 14 cm		
3.0								
3.2								
3.4								
3.6					H = 17 cm			
3.8								
4.0								
4.2				LOSA DE H = 20 cm		LOSA DE H = 25 cm (*)		
4.4		LOSA DE H = 16 cm						
4.6								
4.8			H = 19 cm			LOSA DE 30 cm (*)		
5.0								
5.2								
5.4								
5.6								
5.8								
6.0								
6.2								
6.4								
6.6								
6.8								
7.0								
7.2								
7.4								
7.6								
7.8								
8.0								

Por lo tanto, según el peralte de la losa aligerada con sistema vigacero de la edificación

02 será

$l = 4.25 \text{ m}$  Luz crítica,  $h = 16 \text{ cm}$ ; sin embargo, el proyecto fue diseñado con un espesor de losa de  $h = 20 \text{ cm}$ ; siendo  $e = 5 \text{ cm}$ .

Datos de diseño

**Tabla 53.**

*Datos de diseño para losa vigacero edificación 02*

Ítem	Datos
Luz (l)	4.25 m
peralte de losa (h)	20 cm
Separación de vigueta	83 cm
r (recubrimiento)	2 cm
d	18 cm
be	84 cm
bw	13 cm
F'c	210 kg/cm <sup>2</sup>
F'y	2,530 kg/cm <sup>2</sup>

Donde:

$$r = 2 \text{ cm}; d = 20\text{cm} - 2\text{cm} = 18 \text{ cm}$$

***Metrado de Cargas***

Para realizar el metrado de cargas del sistema vigacero, se tiene en consideración los pesos especificados en las especificaciones técnicas del sistema vigacero, del **anexo 3.C**.

A. Carga muerta

**Figura 33.**

*Peso propio de losa vigacero edificación 02*

			vigueta	Casetón de Poliestireno expandido (EPS)				Concreto en Obra		PESO PARCIAL Kg/m <sup>2</sup>
	Espesor de losa H	Espacio	Peso	Casetón	Largo	Vol	Peso	Vol	Peso	
	cm	m	Kg/m	und	m	m <sup>3</sup>	Kg	m <sup>3</sup>	Kg	
VIGUETAS PREFABRICADAS VIGACERO® CASETON DE EPS DENSIDAD 15 Kg/m <sup>3</sup>	13	0.84	4.8	1	1.0	0.068	1.01	0.047	113.3	119.1
	16	0.84	4.8	1	1.0	0.090	1.35	0.058	139.2	145.4
	20	0.84	4.8	1	1.0	0.113	1.69	0.062	148.8	155.3
	25	0.84	4.8	1	1.0	0.150	2.25	0.066	158.4	165.5
	30	0.74	4.8	1	1.0	0.163	2.44	0.070	168.0	175.2

**Tabla 54.**

*Cargas de diseño para losa vigacero edificación 02*

Descripción	Carga muerta
Peso propio de losa	155.30 kg/m <sup>2</sup>
Peso de piso terminado	100.00 kg/m <sup>2</sup>
Peso de tabiquería	100.00 kg/m <sup>2</sup>
Cielo raso	50.00 kg/m <sup>2</sup>
<b>Total, peso carga muerta (Wm)</b>	<b>405.30 kg/m<sup>2</sup></b>

Para calcular el peso que soportará la vigueta se realiza de la siguiente manera:

$$vigueta = Wm * sep. vigueta = 405.30 \frac{kg}{m^2} * 0.83m = 336.40 \frac{kg}{m}$$

B. Sobrecarga en vigacero

Según el R.N.E (E-020 CARGAS, 2020) se considerará una sobrecarga de 200 kg/m<sup>2</sup>, ya que el uso será para vivienda.

$$Wvigueta = Wv * sep. vigueta = 200 \frac{kg}{m^2} * 0.83m = 166.00 \frac{kg}{m}$$

### C. Amplificación de cargas

Después de haber obtenido las cargas de servicio y peso propio por metro de viga, se procede a la amplificación de las mismas como indica el R.N.E. E-060.

$$= 1.4 CM + 1.7 CV$$

$$W_u = 1.4 \left( 336.40 \frac{kg}{m} \right) + 1.7 \left( 166.00 \frac{kg}{m} \right)$$

$$W_u = 753.16 \frac{kg}{m} \rightarrow \text{se diseñará los momentos con esta carga}$$

**Tabla 55.**

*Resumen de cargas de diseño losa vigacero 02*

<b>Descripción</b>	<b>Carga</b>
Carga muerta	336.40 kg/m
Carga viva	166.00 kg/m
<b>Carga amplificada (1.4CM+1.7 CV)</b>	<b>753.16 kg/m</b>

### *Cálculo de Momentos*

El cálculo de momentos se realizará por el método de los coeficientes, como se muestran en las figuras 27 y la longitud de las luces en la figura 28.

**Tabla 56.***Cálculo de momentos negativo en vigacero edificación 02*

---

**Momentos en Apoyos**

---

**Apoyo 1**

$$M_u = 753.16 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (4.25\text{-m})^2 * \frac{1}{24} * 10^2 \frac{\text{cm}}{\text{m}}$$

$$M_u = 56,683.14 \text{ kg. cm} \equiv 566.83 \text{ kg. m}$$

**Apoyo 2**

$$M_u = 753.16 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * \left( \frac{4.25 + 4.20}{2} \right)^2 * \frac{1}{10} * 10^2 \frac{\text{cm}}{\text{m}}$$

$$M_u = 134,443.77 \text{ kg. cm} \equiv 1,344.44 \text{ kg. m}$$

**Apoyo 3=Apoyo 4=apoyo 4', apoyo 5**

$$M_u = 753.16 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (4.20\text{-m})^2 * \frac{1}{11} * 10^2 \frac{\text{cm}}{\text{m}}$$

$$M_u = 120,779.48 \text{ kg. cm} \equiv 1,207.79 \text{ kg. m}$$

**Apoyo 6**

$$M_u = 753.16 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * \left( \frac{4.20 + 3.30}{2} \right)^2 * \frac{1}{10} * 10^2 \frac{\text{cm}}{\text{m}}$$

$$M_u = 105,913.125 \text{ kg. cm} \equiv 1,059.13 \text{ kg. m}$$

**Apoyo 7**

$$M_u = 753.16 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (3.30\text{m})^2 * \frac{1}{24} * 10^2 \frac{\text{cm}}{\text{m}}$$

$$M_u = 34,174.64 \text{ kg. cm} \equiv 341.75 \text{ kg. m}$$


---

**Tabla 57.**

*Cálculo de momentos positivos en losa vigacero edificación 02*

<b>Momentos en Tramos</b>
Tramo 1-2
$M_u = 753.16 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (4.25\text{m})^2 * \frac{1}{11} * 10^2 \frac{\text{cm}}{\text{m}} = 123,672.295 \text{ kg. cm}$
$M_u = 1,236.722 \text{ kg. m}$
Tramo 2-3=tramo 3-4=tramo 4-4'=tramos 4'-5=tramo 5-6
$M_u = 753.16 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * 4.20^2 * \frac{1}{16} * 10^2 \frac{\text{cm}}{\text{m}} = 83,035.89 \text{ kg. cm}$
$M_u = 830.36 \text{ kg. m}$
Tramo 6-7
$M_u = 753.16 \frac{\text{kg}}{\text{m}} * (3.30\text{m})^2 * \frac{1}{11} * 10^2 \frac{\text{cm}}{\text{m}} = 74,562.84 \text{ kg. cm}$
$M_u = 745.63 \text{ kg. m}$

### ***Cálculo del Área de Acero en Sistema Vigacero Edificación 02***

Para el cálculo de acero en el sistema prefabricado se usará las mismas formulas y mismos criterios de calculo que el sistema convencional, pero con los datos de la **tabla 53**, pero para cálculo de acero negativo es decir en los apoyos, se diseñará con  $F'y=4200 \text{ kgm}^2$  ya que se usa acero corrugado de grado 60.

$$A_s = \frac{M_u}{\phi * F'y * (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * M_u}{\phi * 0.85 * F'c * bw}} \rightarrow \text{para apoyos o } A_s(-)$$

$$a = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 * M_u}{\phi * 0.85 * F'c * be}} \rightarrow \text{para tramos o } A_s(+)$$

Donde:

Mu= momento aplicado

$\phi = 0.90$  – diseño a flexión según E.060

**Tabla 58.**

*Detalle de cálculo de acero negativo en losa vigacero 02*

Apoyo	Cálculo de $a$	Cálculo de área de acero
Apoyo 1	$a = 18 - \sqrt{18^2 - \frac{2 * 56,683.14}{0.90 * 0.85 * 210 * 13}}$ $a = 1.58 \text{ cm}$	$A_s = \frac{56,683.14}{0.90 * 4200 * (18 - \frac{1.58}{2})}$ $A_s = 0.87 \text{ cm}^2$
Apoyo 2	$a = 18 - \sqrt{18^2 - \frac{2 * 134,443.77}{0.90 * 0.85 * 210 * 13}}$ $a = 4.03 \text{ cm}$	$A_s = \frac{134,443.77}{0.90 * 4200 * (18 - \frac{4.03}{2})}$ $A_s = 2.22 \text{ cm}^2$
Apoyo 3=Apoyo 4=apoyo 4', apoyo 5	$a = 18 - \sqrt{18^2 - \frac{2 * 120,779.48}{0.90 * 0.85 * 210 * 13}}$ $a = 3.57 \text{ cm}$	$A_s = \frac{120,779.48}{0.90 * 4200 * (18 - \frac{3.57}{2})}$ $A_s = 1.97 \text{ cm}^2$
Apoyo 6	$a = 18 - \sqrt{18^2 - \frac{2 * 105,913.125}{0.90 * 0.85 * 210 * 13}}$ $a = 3.08 \text{ cm}$	$A_s = \frac{105,913.125}{0.90 * 4200 * (18 - \frac{3.08}{2})}$ $A_s = 1.70 \text{ cm}^2$

---

Apoyo 7	<b>a</b>	$= 18 - \sqrt{18^2 - \frac{2 * 34,174.64}{0.90 * 0.85 * 210 * 13}}$	$A_s = \frac{34,174.64}{0.90 * 4200 * (18 - \frac{0.93}{2})}$ $A_s = 0.52 \text{ cm}^2$
<b>a = 0.93 cm</b>			

---

Colocación de barras de acero según diámetros y área de **figura 15**.

**Tabla 59.**

*Resumen de acero negativo colocado en vigacero losa 02*

Apoyos	Acero requerido	Acero colocado
Apoyo 1	$A_s = 0.87 \text{ cm}^2$	1Ø1/2"
Apoyo 2	$A_s = 2.22 \text{ cm}^2$	1Ø1/2" + 1Ø3/8"
Apoyo 3	$A_s = 1.97 \text{ cm}^2$	1Ø1/2" + 1Ø3/8"
Apoyo 4	$A_s = 1.97 \text{ cm}^2$	1Ø1/2" + 1Ø3/8"
Apoyo 4'	$A_s = 1.97 \text{ cm}^2$	1Ø1/2" + 1Ø3/8"
Apoyo 5	$A_s = 1.97 \text{ cm}^2$	1Ø1/2" + 1Ø3/8"
Apoyo 6	$A_s = 1.70 \text{ cm}^2$	1Ø1/2" + 1Ø3/8"
Apoyo 7	$A_s = 0.52 \text{ cm}^2$	1Ø1/2"

## Cálculo de acero positivo en viguetas prefabricadas en edificación 02

**Tabla 60.***Detalle de cálculo de acero positivo en losa vigacero edificación 02*

Tramo	Cálculo de $a$	área de acero positivo
Tramo 1-2	$a = 18 - \sqrt{18^2 - \frac{2 * 123,672.295}{0.90 * 0.85 * 210 * 83}}$ $a = 0.52 \text{ cm}$	$A_s = \frac{123,672.295}{0.90 * 2530 * (18 - \frac{0.52}{2})}$ $A_s = 3.06 \text{ cm}^2$
Tramo 2-3 tramo 3-4 tramo 4-4' tramos 4'-5 tramo 5-6	$a = 18 - \sqrt{18^2 - \frac{2 * 83,035.89}{0.90 * 0.85 * 210 * 83}}$ $a = 0.35 \text{ cm}$	$A_s = \frac{83,035.89}{0.90 * 2530 * (18 - \frac{0.35}{2})}$ $A_s = 2.05 \text{ cm}^2$
Tramo 6-7	$a = 18 - \sqrt{18^2 - \frac{2 * 74,562.84}{0.90 * 0.85 * 210 * 83}}$ $a = 0.31 \text{ cm}$	$A_s = \frac{74,562.84}{0.90 * 2530 * (18 - \frac{0.35}{2})}$ $A_s = 1.83 \text{ cm}^2$

*Nota.* La vigueta del sistema vigacero tiene un área de  $6 \text{ cm}^2$

La vigueta de acero estructural prefabricada cuenta con un área de acero de  $6 \text{ cm}^2$

(Arcotecho Perú, 2018), sobrepasándose la cantidad de área que se requiere para las viguetas.

### Presupuesto de losa aligerada sistema vigacero de vivienda 2

- ✓ Metrado de superficie para entablado y desentablado en entrepiso de vigacero

**Tabla 61.***Metrado de superficie encofrado para losa aligerada con vigacero viv. 2*

Descripción	und	cantidad	largo (m)	ancho (m)	total (m2)
Eje A-B/ Eje 1-2	m2	1	4.25	2.80	11.90
Eje A-B/ Eje 2-5	m2	4	4.20	5.62	94.42
Eje A-B/ Eje 5-6	m2	1	4.20	3.63	15.23
Eje A-B/ Eje 5-6	m2	1	2.98	2.00	5.96
Eje A-B/ Eje 6-7	m2	1	3.31	3.80	12.56
Eje A-B/ Eje 6-7	m2	1	1.60	1.60	2.56
Eje B-C/Eje 1-2 (Alero)	m2	1	0.75	5.76	0.75
Eje B-C/Eje 1-2, Eje 4-6	m2	4	4.25	5.60	95.20
Eje B-C/Eje 2-3	m2	1	4.20	3.95	16.59
Eje B-C/Eje 2-3	m2	1	2.18	1.50	3.27
Eje B-C/Eje 3-4	m2	1	4.20	3.70	15.54
Eje B-C/Eje 3-4	m2	1	2.73	1.55	4.23
Eje B-C/Eje 6-7	m2	1	3.30	3.68	12.14
Eje B-C/Eje 6-7	m2	1	2.10	0.80	1.68
Eje B-C/Eje 6-7	m2	1	3.30	0.95	3.14
<b>Losa maciza</b>					
Eje A-B/ Eje 1-2	m2	1	1.68	2.60	4.37
<b>Vigas de amarre en ductos de losa</b>					
Eje A-B/Eje 1-2	m2	1	4.25	0.25	1.06
Eje A-B/Eje 5-6	m2	1	5.95	0.25	1.49
Eje A-B/Eje 6-7	m2	1	4.90	0.25	1.23
Eje B-C/Eje 2-3	m2	1	5.70	0.25	1.43
Eje B-C/Eje 3-4	m2	2	5.75	0.25	1.44
Eje B-C/Eje 6-7	m2	1	5.05	0.25	1.26

Descripción	und	cantidad	largo (m)	ancho (m)	total (m2)
<b>Borde de losa</b>					
Eje A-B/ Eje 1-2 (Losa maciza)	m2	1	5.20	0.25	1.30
Eje A-B/ Eje 5-6	m2	1	2.75	0.25	0.69
Eje A-B/ Eje 6-7	m2	1	3.05	0.25	0.76
Eje A-C (Alero)	m2	1	10.77	0.25	2.69
Eje A-B/ Eje 2-3	m2	1	3.21	0.25	0.80
Eje A-B/ Eje 3-4	m2	2	1.67	0.25	0.42
Eje A-B/ Eje 6-7	m2	1	2.45	0.25	0.61
<b>Total, m2 para encofrado</b>					<b>314.70</b>

*Elementos Para Encofrado de Entrepiso Vigacero de Edificación 02*

**Tabla 62.**

*Cantidad de elementos para encofrado en edificación 02*

Descripción	und	Lar go	Anc ho	pie derecho @ 0.80 m	soleras @ 0.80 m	tablas @ 0.80 m	Fris os
Eje A-B/ Eje 1-2	und	4.25	2.80	4.00	1.00	0.00	0.00
Eje A-B/ Eje 2-5	und	4.20	5.62	24.00	8.00	0.00	0.00
Eje A-B/ Eje 5-6	und	4.20	3.63	4.00	1.25	0.00	0.00
Eje A-B/ Eje 5-6	und	2.98	2.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Eje A-B/ Eje 6-7	und	3.31	3.80	4.00	1.25	0.00	0.00
Eje A-B/ Eje 6-7	und	1.60	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00
Eje B-C/Eje 1-2 (Alero)	und	0.75	5.76	0.00	0.00	0.00	0.00
Eje B-C/Eje 1-2, Eje 4-6	und	4.25	5.60	24.00	8.00	0.00	0.00
Eje B-C/Eje 2-3	und	4.20	3.95	4.00	1.50	0.00	0.00
Eje B-C/Eje 2-3	und	2.18	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00

Eje B-C/Eje 3-4	und	4.20	3.70	3.00	1.25	0.00	0.00
Eje B-C/Eje 3-4	und	2.73	1.55	0.00	0.00	0.00	0.00
Eje B-C/Eje 6-7	und	3.30	3.68	5.00	1.25	0.00	0.00
Eje B-C/Eje 6-7	und	2.10	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Descripción</b>	<b>und</b>	<b>Lar</b>	<b>Anc</b>	<b>pie derecho @</b>	<b>soleras @</b>	<b>tablas @</b>	<b>Fris</b>
		<b>go</b>	<b>ho</b>	<b>0.80 m</b>	<b>0.80 m</b>	<b>0.80 m</b>	<b>os</b>
Eje B-C/Eje 6-7	und	3.30	0.95	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Losa maciza</b>							
Eje A-B/ Eje 1-2	und	1.68	2.60	6.00	2.00	6.00	1.00
<b>Vigas de amarre en ductos de losa</b>							
Eje A-B/Eje 1-2	und	4.25	0.25	5.00	0.00	1.50	1.50
Eje A-B/Eje 5-6	und	5.95	0.25	8.00	0.00	2.00	2.00
Eje A-B/Eje 6-7	und	4.90	0.25	6.00	0.00	2.00	2.00
Eje B-C/Eje 2-3	und	5.70	0.25	7.00	0.00	2.00	2.00
Eje B-C/Eje 3-4	und	5.75	0.25	7.00	0.00	2.00	2.00
Eje B-C/Eje 6-7	und	5.05	0.25	6.00	0.00	2.00	2.00
<b>Borde de losa</b>							
Eje A-B/ Eje 1-2	und	5.20	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
(Losa maciza)							
Eje A-B/ Eje 5-6	und	2.75	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
Eje A-B/ Eje 6-7	und	3.05	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
Eje A-C (Alero)	und	10.7	0.25	10.00	0.00	4.00	4.00
		7					
Eje A-B/ Eje 2-3	und	3.21	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
Eje A-B/ Eje 3-4	und	1.67	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
Eje A-B/ Eje 6-7	und	2.45	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total, de elementos de encofrado (und)</b>				<b>127.00</b>	<b>25.50</b>	<b>21.50</b>	<b>16.50</b>
							<b>0</b>

### ***Metros Lineales en Viguetas Prefabricadas de Vigacero Vivienda 2***

A continuación, en la tabla 63 y 64 se muestra la cantidad y los metros lineales de viguetas prefabricadas a utilizar en entrepiso sistema vigacero de la edificación 02. Se calcula la cantidad de metros lineales de viguetas a utilizar, también se añade 3 aditivos protector de vigueta que vende la misma empresa quien provee el material, dicho aditivo se llama MOPAFIX (Arcotecho Perú, 2018).

**Tabla 63.**

*Cantidad de viguetas prefabricadas edificación 2*

<b>Descripción</b>	<b>und</b>	<b>Ancho</b>	<b>Cantidad</b>	<b>N° Veces</b>	<b>Total</b>
Eje A-B/ Eje 1-2	ml	2.80	3	1.00	3.00
Eje A-B/ Eje 2-5	ml	5.62	6	4.00	24.00
Eje A-B/ Eje 5-6	ml	3.63	4	1.00	4.00
Eje A-B/ Eje 5-6	ml	2.00	2	1.00	2.00
Eje A-B/ Eje 6-7	ml	3.80	4	1.00	4.00
Eje A-B/ Eje 6-7	ml	1.60	1	1.00	1.00
Eje B-C/Eje 1-2 (Alero)	ml	5.76	6	1.00	6.00
Eje B-C/Eje 1-2, Eje 4-6	ml	5.60	6	4.00	24.00
Eje B-C/Eje 2-3	ml	3.95	4	1.00	4.00
Eje B-C/Eje 2-3	ml	1.50	1	1.00	1.00
Eje B-C/Eje 3-4	ml	3.70	4	1.00	4.00
Eje B-C/Eje 3-4	ml	1.55	1	1.00	1.00
Eje B-C/Eje 6-7	ml	3.68	4	1.00	4.00
Eje B-C/Eje 6-7	ml	0.80	1	1.00	1.00
Eje B-C/Eje 6-7	ml	0.95	1	1.00	1.00
<b>Total, cantidad de viguetas a utilizar en losa 2 de vigacero</b>					<b>84.00</b>

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 64.***Cantidad de metros lineales en viguetas prefabricadas vivienda 2*

descripción	und	Largo	Cantidad	N° Veces	Total
Eje A-B/ Eje 1-2	ml	5.30	3.00	1.00	15.90
Eje A-B/ Eje 2-5	ml	4.33	6.00	4.00	103.92
Eje A-B/ Eje 5-6	ml	4.35	4.00	1.00	17.40
Eje A-B/ Eje 5-6	ml	3.11	2.00	1.00	6.22
Eje A-B/ Eje 6-7	ml	3.41	4.00	1.00	13.64
Eje A-B/ Eje 6-7	ml	1.74	1.00	1.00	1.74
Eje B-C/Eje 1-2 (Alero)	ml	1.00	6.00	1.00	6.00
Eje B-C/Eje 1-2, Eje 4-6	ml	4.35	6.00	4.00	104.40
Eje B-C/Eje 2-3	ml	4.30	4.00	1.00	17.20
Eje B-C/Eje 2-3	ml	2.30	1.00	1.00	2.30
Eje B-C/Eje 3-4	ml	4.33	4.00	1.00	17.32
Eje B-C/Eje 3-4	ml	2.73	1.00	1.00	2.73
Eje B-C/Eje 6-7	ml	4.43	4.00	1.00	17.72
Eje B-C/Eje 6-7	ml	2.23	1.00	1.00	2.23
Eje B-C/Eje 6-7	ml	3.43	1.00	1.00	3.43
<b>Total, ml viguetas a utilizar en losa convencional</b>					<b>332.15</b>

Cantidad de casetones EPS

$$Cas = \frac{1}{(A + V) * L} = \frac{1}{(0.75 + 0.08)m * 1m} = 1.20 \frac{und}{m^2}$$

Cas= número de casetones por m2

A= Ancho de casetón en metros (m)

V= Ancho de vigueta en metros (m)

L= Longitud de casetón en metros (m)

Por lo tanto, se tiene que se necesitará comprar 363 casetones para cubrir toda la losa aligerada, tal como se evidencia en la **Tabla 65**.

**Tabla 65.**

*Cantidad de casetones EPS para vivienda 2*

<b>Descripción</b>	<b>und</b>	<b>área</b>	<b>Can/m2</b>	<b>Total</b>
Eje A-B/ Eje 1-2	und	11.90	1.2	15.00
Eje A-B/ Eje 2-5	und	94.42	1.2	114.00
Eje A-B/ Eje 5-6	und	15.23	1.2	19.00
Eje A-B/ Eje 5-6	und	5.96	1.2	8.00
Eje A-B/ Eje 6-7	und	12.56	1.2	16.00
Eje A-B/ Eje 6-7	und	2.56	1.2	4.00
Eje B-C/Eje 1-2 (Alero)	und	0.75	1.2	1.00
Eje B-C/Eje 1-2, Eje 4-6	und	95.20	1.2	115.00
Eje B-C/Eje 2-3	und	16.59	1.2	20.00
Eje B-C/Eje 2-3	und	3.27	1.2	4.00
Eje B-C/Eje 3-4	und	15.54	1.2	19.00
Eje B-C/Eje 3-4	und	4.23	1.2	6.00
Eje B-C/Eje 6-7	und	12.14	1.2	15.00
Eje B-C/Eje 6-7	und	1.68	1.2	3.00
Eje B-C/Eje 6-7	und	3.14	1.2	4.00
<b>Total, casetones en losa 2</b>				<b>363.00</b>

Cuantificación de concreto en viguetas, vigas de amarre de ductos de ventilación y losa liviana del sistema vigacero edificación 2.

Para el vaco de concreto en las viguetas prefabricadas y vigas de amarre en ductos de ventilación se usó un volumen de 7.76 m<sup>3</sup> y concreto en entepiso de vigacero se usó 16.10 m<sup>3</sup> de volumen, incluyendo losa maciza que se contempló en el proyecto se evidencia en la **tabla 66**.

**Tabla 66.***Cantidad de concreto en viguetas prefabricadas y vigas de amarre en ductos vivienda 2.*

<b>Descripción</b>	<b>und</b>	<b>N° viguetas</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>	<b>Total</b>
Eje A-B/ Eje 1-2	m3	3.00	4.25	0.08	0.15	0.15
Eje A-B/ Eje 2-5	m3	6.00	4.20	0.08	0.15	0.30
Eje A-B/ Eje 5-6	m3	4.00	4.20	0.08	0.15	0.20
Eje A-B/ Eje 5-6	m3	2.00	2.98	0.08	0.15	0.07
Eje A-B/ Eje 6-7	m3	4.00	3.31	0.08	0.15	0.16
Eje A-B/ Eje 6-7	m3	1.00	1.60	0.08	0.15	0.02
Eje B-C/Eje 1-2 (Alero)	m3	6.00	0.75	0.08	0.15	0.05
Eje B-C/Eje 1-2, Eje 4-6	m3	6.00	4.25	0.08	0.15	0.31
Eje B-C/Eje 2-3	m3	4.00	4.20	0.08	0.15	0.20
Eje B-C/Eje 2-3	m3	1.00	2.18	0.08	0.15	0.03
Eje B-C/Eje 3-4	m3	4.00	4.20	0.08	0.15	0.20
Eje B-C/Eje 3-4	m3	1.00	2.73	0.08	0.15	0.03
Eje B-C/Eje 6-7	m3	4.00	3.30	0.08	0.15	0.16
Eje B-C/Eje 6-7	m3	1.00	2.10	0.08	0.15	0.03
Eje B-C/Eje 6-7	m3	1.00	3.30	0.08	0.15	0.04
<b>Vigas de amarre en ductos</b>						
<b>de losa</b>						
Eje A-B/Eje 1-2	m3	1.00	4.25	0.25	0.15	0.16
Eje A-B/Eje 5-6	m3	1.00	5.95	0.25	0.15	0.22
Eje A-B/Eje 6-7	m3	1.00	4.90	0.25	0.15	0.18
Eje B-C/Eje 2-3	m3	1.00	5.70	0.25	0.15	0.21
Eje B-C/Eje 3-4	m3	2.00	5.75	0.25	0.15	0.43
Eje B-C/Eje 6-7	m3	1.00	5.05	0.25	0.15	0.19
Eje A-C (Alero)	m3	1.00	10.77	0.25	0.15	0.40
<b>Total, de volumen de concreto en viguetas + vigas de amarre en ductos y alero</b>						<b>3.76</b>

**Tabla 67.***Concreto en losa aligerada sistema viga acero vivienda 2*

<b>Descripción</b>	<b>und</b>	<b>N° Veces</b>	<b>Largo</b>	<b>Ancho</b>	<b>Altura</b>	<b>Total</b>
Eje A-B/ Eje 1-2	m3	1	4.25	2.80	0.05	0.60
Eje A-B/ Eje 2-5	m3	4	4.20	5.62	0.05	4.72
Eje A-B/ Eje 5-6	m3	1	4.20	3.63	0.05	0.76
Eje A-B/ Eje 5-6	m3	1	2.98	2.00	0.05	0.30
Eje A-B/ Eje 6-7	m3	1	3.31	3.80	0.05	0.63
Eje A-B/ Eje 6-7	m3	1	1.60	1.60	0.05	0.13
Eje B-C/Eje 1-2 (Alero)	m3	1	0.75	5.76	0.05	0.04
Eje B-C/Eje 1-2, Eje 4-6	m3	4	4.25	5.60	0.05	4.76
Eje B-C/Eje 2-3	m3	1	4.20	3.95	0.05	0.83
Eje B-C/Eje 2-3	m3	1	2.18	1.50	0.05	0.16
Eje B-C/Eje 3-4	m3	1	4.20	3.70	0.05	0.78
Eje B-C/Eje 3-4	m3	1	2.73	1.55	0.05	0.21
Eje B-C/Eje 6-7	m3	1	3.30	3.68	0.05	0.61
Eje B-C/Eje 6-7	m3	1	2.10	0.80	0.05	0.08
Eje B-C/Eje 6-7	m3	1	3.30	0.95	0.05	0.16
<b>Losa maciza</b>						
Eje A-B/ Eje 1-2	m3	1	1.68	2.60	0.2	0.87
<b>Vigas de amarre en ductos de losa</b>						
Eje A-B/Eje 1-2	m3	1	4.25	0.25	0.05	0.05
Eje A-B/Eje 5-6	m3	1	5.95	0.25	0.05	0.07
Eje A-B/Eje 6-7	m3	1	4.90	0.25	0.05	0.06
Eje B-C/Eje 2-3	m3	1	5.70	0.25	0.05	0.07
Eje B-C/Eje 3-4	m3	2	5.75	0.25	0.05	0.14
Eje B-C/Eje 6-7	m3	1	5.05	0.25	0.05	0.06
<b>Total, concreto en losa Aligerada</b>						<b>16.10</b>

*Nota. Elaboración propia*

*Cuantificación de Acero de Refuerzo Negativo en Losa Aligerada Sistema Vigacero Vivienda*

**I.**

En la **tabla 68**, se muestra la cuantificación de barras de acero a compresión a utilizarse en la losa aligerada con sistema vigacero.

**Tabla 68.**

*Cantidad de kilogramos de acero en losa vigacero edificación 02*

<b>Descripción</b>	<b>Tipo</b>	<b>N° Veces</b>	<b>Largo</b>	<b>Parcial</b>	<b>Total. (1/2")</b>	<b>Total. (3/8")</b>
Eje A-B/ Eje 1-2	As. Negativo	3.00	3.50	10.50	10.40	5.88
Eje A-B/ Eje 2-5	As. Negativo	6.00	3.00	18.00	17.82	10.08
Eje A-B/ Eje 5-6	As. Negativo	4.00	3.00	12.00	11.88	6.72
Eje A-B/ Eje 5-6	As. Negativo	2.00	3.00	6.00	5.94	3.36
Eje A-B/ Eje 6-7	As. Negativo	4.00	3.00	12.00	11.88	6.72
Eje A-B/ Eje 6-7	As. Negativo	1.00	1.60	1.60	1.58	0.90
Eje B-C/Eje 1-2 (Alero)	As. Negativo	6.00	1.00	6.00	5.94	3.36
Eje B-C/Eje 1-2, Eje 4-6	As. Negativo	6.00	3.00	18.00	17.82	10.08
Eje B-C/Eje 2-3	As. Negativo	4.00	3.00	12.00	11.88	6.72
Eje B-C/Eje 2-3	As. Negativo	1.00	2.18	2.18	2.16	1.22
Eje B-C/Eje 3-4	As. Negativo	4.00	3.00	12.00	11.88	6.72
Eje B-C/Eje 3-4	As. Negativo	1.00	2.73	2.73	2.70	1.53
Eje B-C/Eje 6-7	As. Negativo	4.00	3.00	12.00	11.88	6.72
Eje B-C/Eje 6-7	As. Negativo	1.00	2.10	2.10	2.08	1.18
Eje B-C/Eje 6-7	As. Negativo	1.00	3.00	3.00	2.97	1.68
<b>Total, acero de refuerzo en viguetas de losa Aligerada en Kg</b>					<b>128.81</b>	<b>72.86</b>

### ***Acero de Temperatura dn Losa Vigacero 01***

La malla de acero según (Arcotecho Perú, 2018), se colocará en ambos sentidos con el acero de diámetro 6mm o de diámetro ¼”, para la cual se ha calculado según detalla la tabla 38.

Tabla 69.

*Malla de acero de temperatura de diámetro 1/4”, para losa vigacero vivienda 1.*

descripción	Tipo	Cantidad	N° Veces	Largo	Parcial	Total. (1/4")
Eje 1-3/eje A-F	As. Temp.	124	1	12.20	1512.80	378.20
Eje 1-3/eje A-F	As. Temp.	49	1	30.95	1516.55	379.14
<b>Total, acero de temperatura diámetro de 1/4" para losa aligerada</b>						<b>757.34</b>

### ***Presupuesto de Obra con Sistema Vigacero de Losa Aligerada***

El costo del sistema viga acero incluye el I.G.V. de los materiales y está considerado en el costo de compra, esta consideración de IGV se incluye ya que se compra de otra región que no está excluido del impuesto mencionado, sin embargo, no incluye el IGV de la construcción, además disminuye los gastos generales y utilidad ya que solamente es del ensamblaje del sistema.

**Figura 34.**

*Presupuesto total con sistema vigacero de losa aligerada vivienda 02*

<b>PRESUPUESTO DE LOSA ALIGERADA CONVENCIONAL LOCAL COMERCIAL E INMOBILIARIA</b>							
<b>Obra : CONSTRUCCION DE LOSA ALIGERADA CONVENCIONAL 2</b>							
<b>Propietario Marcos Requejo</b>							
<b>Ubicación : Jr. Bolognesi -Nueva Cajamarca-Rioja</b>							
<b>Especialidad : Estructura</b>							
<b>Fecha: 21-feb-22</b>							
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UND</b>	<b>METRADO</b>	<b>P. PARCIAL</b>	<b>P. TOTAL</b>		
<b>01</b>	<b>LOSA ALIGERADA e= 0.25 m</b>						
01.01	CONCRETO f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSA ALIGERADA	M3	26.29	S/ 440.00	S/ 11,566.46		
01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL EN LOSA ALIGERADA	M2	314.70	S/ 85.00	S/ 26,749.80		
01.04	ACERO DE REFUERZO de 1/2" f <sub>y</sub> =4200 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSA ALIGERADA	Kg	375.23	S/ 6.15	S/ 2,307.69		
01.05	ACERO DE REFUERZO de 3/8" f <sub>y</sub> =4200 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSA ALIGERADA	Kg	337.15	S/ 6.15	S/ 2,073.49		
01.06	ACERO DE REFUERZO de 1/4" f <sub>y</sub> =4200 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSA ALIGERADA	Kg	378.20	S/ 6.15	S/ 2,325.93		
01.07	LADRILLO HUECO DE ARCILLA 15x30x30 EN LOSA ALIGERADA	UND	2,666.00	S/ 3.80	S/ 10,130.80		
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>S/ 55,154.17</b>		
	Gastos Generales (8%)				S/ 4,412.33		
	Utilidad (10%)				S/ 5,515.42		
	<b>SUBTOTAL</b>				<b>S/ 65,081.92</b>		
	IMPUESTO (IGV 18%)				S/ -		
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>S/ 65,081.92</b>		

*Nota.* Elaboración propia

### ***Tiempo de Ejecución de Obra con Sistema Vigacero de Losa Aligerada***

Al determinar el periodo de tiempo de ejecución del entepiso de la edificación del con sistema no convencional, se tuvo en cuenta el tiempo de ejecución del ensamblado de viguetas prefabricadas más casetones, disminuyéndose el tiempo de carpintería y desentablado de losa aligerada, pero si se consideró el tiempo de encofrado y vaciado de concreto en vigas de función principal, secundarias y de amarre, calculándose en un tiempo de 43 días (**véase anexo 05D**)

## **Factibilidad Técnica - Operativa**

### **Factibilidad Técnica**

Se realizó el análisis técnico de entrepiso en modalidad de ejecución convencional por el método de coeficientes A.C.I., de acuerdo al R.N.E. y a las normas intervinientes como son E-060-Concreto armado y E-020-Cargas. Además, se determinó la cuantificación de cargas aplicadas en los entrepisos de las edificaciones construidas bajo el sistema de vigacero, determinándose que el sistema no convencional de losas aligeradas tiene menos carga muerta que el sistema convencional, además el sistema vigacero al contar con menor peso propio permite un mejor desempeño estructural frente a las fuerzas sísmicas que pueden darse.

También se realizó la cuantificación de volúmenes de concreto a utilizar, la cantidad de kilogramos de acero necesario para la construcción. Además, se evidencio el presupuesto para la ejecución de entrepiso en ambos sistemas.

Por otro lado, el propietario quedó satisfecho por la reducción del presupuesto que tenía previsto.

### **Factibilidad Operativa**

Al realizar el diseño de entrepiso permitió a la empresa contar con mayor credibilidad para los clientes y realizar la ejecución de los entrepisos con el método no convencional.

- Asimismo, la empresa es la pionera en utilizar la modalidad de ejecución no convencional en entrepisos aplicando el sistema vigacero de Viga acero en la localidad de Segunda Jerusalén, por lo tanto, tiene mayor cartera de clientes para realizar el proceso constructivo de toda la vivienda, y también opta solo por la ejecución de entrepisos, brindando facilidades al cliente que pueda realizar otras cotizaciones para la ejecución de partidas que anteceden a la losa; esto permite a la empresa incrementar sus ingresos.

- Por otro lado, el personal no calificado que trabaja en la de ejecución de losas no convencionales adquiere conocimientos de la técnica del ensamblado de casetones yiguetas estructurales mediante capacitaciones.
- Asimismo, al aplicar esta tecnología sirve de concientización constructiva a los pobladores en donde se ejecuta el proyecto.

### Cuadro de Inversión

A continuación, se detalla la inversión realizada para desarrollar el trabajo de suficiencia profesional.

**Tabla 70.**

*Inversión en el desarrollo del trabajo de suficiencia profesional*

<b>descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Cost.</b>	<b>Total</b>
			<b>Parcial</b>	
<b>Asesoramiento metodológico y especialidad</b>				
Costo por la redacción, revisión metodológica y asesoramiento profesional de la especialidad para el desarrollo del trabajo de suficiencia profesional.	Glb	1	S/ 5,800.00	S/ 5,800.00
<b>Visita a obra</b>	dia	3	S/ 100.00	S/ 300.00
Trabajos de oficina	glb	1	S/ 80.00	S/ 80.00
<b>Materiales</b>				S/ -
Impresión de planos	und	4	S/ 7.00	S/ 28.00
Wincha Laser	hora	4	S/ 50.00	S/ 200.00
Wincha métrica	und	2	S/ 70.00	S/ 140.00
<b>descripción</b>	<b>Und</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Cost.</b>	<b>Total</b>
			<b>Parcial</b>	

---

Materiales de oficina	glb	1	S/	95.00	S/	95.00
<b>Servicios</b>						
Alquiler de nivel de ingeniero	día	4	S/	60.00	S/	240.00
Servicio de internet	mes	3	S/	60.00	S/	180.00
Movilidad	glb	1	S/	200.00	S/	200.00
<b>Otros</b>	gbl	1	S/	50.00	S/	50.00
<b>Presupuesto total</b>					<b>S/ 7,313.00</b>	

---

## Análisis de Resultados

### Análisis Costos - Beneficio

Después de haber realizado el análisis técnico y económico en las edificaciones descritas en capítulo de metodología de solución del presente trabajo de suficiencia profesional se exponen los siguientes resultados teniendo en cuenta los objetivos:

Para poder realizar un análisis comparativo técnico-económico entre losas aligeradas convencionales y losas con sistema viga acero en viviendas unifamiliares, se tuvo que evaluar dos edificaciones con diferentes usos y diferentes lugares de ubicación; para cada edificación se realizó un metrado de cargas con dos técnicas constructivas; una evaluación se realizó con el sistema convencional de losa aligerada, que consta de ladrillo de arcilla cocida y viguetas de concreto armado in-situ, y la otra metodología con el sistema vigacero, la técnica consiste en ensamblar casetones de poliestireno expandido sobre viguetas prefabricadas de acero estructural en forma de U con alas. También se realizó el metrado de cargas de ambas losas en ambos sistemas.

Además, se determinó el presupuesto estimado de la ejecución de los entrepisos en ambos sistemas y en ambas edificaciones, finalmente se realizó la programación de obra para determinar el tiempo de ejecución de ambas edificaciones para cada una los sistemas.

### *Peso propio por metro cuadrado de losas*

Para determinar el peso por metro cuadrado de losa aligerada en las dos edificaciones en ambos sistemas se realizó el metrado de cargas que se encuentra detallado en el anterior capítulo de esta investigación, pero se presenta la siguiente comparación, detallados en las **tablas 70 y 71**.

El resultado del metrado de cargas para determinar el peso por metro cuadrado, en el sistema convencional de la edificación 01 – Vivienda Taller; se determinó un espesor de losa de  $h= 17$  centímetros (cm), obteniéndose un peso propio de  $247.81 \text{ kg/m}^2$ , sin embargo, el R.N.E. nos indica que para el espesor de losa mencionado se debe utilizar un peso de  **$280 \text{ kg/m}^2$** . Por otro lado, el espesor de losa del sistema vigacero fue un  $h= 13$  cm, y según la **figura 20** un peso propio de losa de  **$119.10 \text{ kg/m}^2$** . Contando con una diferencia de pesos de  **$160.90 \text{ kg/m}^2$**  de losa aligerada.

El resultado del metrado de cargas para determinar el peso por metro cuadrado, en el sistema convencional de la edificación 02 – local comercial e inmobiliaria; se determinó un espesor de losa de  $h= 25$  cm, obteniéndose un peso propio de  $330.00 \text{ kg/m}^2$ , sin embargo, el R.N.E. nos indica que para el espesor de losa mencionado se debe utilizar un peso de  **$350 \text{ kg/m}^2$** . Por otro lado, el espesor de losa del sistema vigacero en la edificación 02 fue un  $h= 20$  cm, evidenciándose en la **figura 33** según las especificaciones técnicas de vigacero de  **$155.30 \text{ kg/m}^2$** . Contando con una diferencia de pesos de  **$194.70 \text{ kg/m}^2$**  de losa aligerada.

Tabla 71.

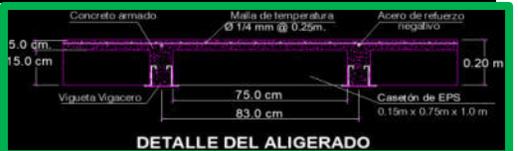
Cálculo de peso propio de losa aligerada edificación 01

Descripción	Sistema Convencional	Sistema vigacero
<b>Detalle de plano de losa aligerada</b>		
<b>Peso Propio</b>		
Distancia entre viguetas	0.40 m	0.84 m
Peso de vigueta por metro	28.80 kg/m	17.28 kg/m
Peso unitario de ladrillo y/o densidad de casetón EPS	6.70 kg/und	15 kg/m <sup>3</sup>
Peso de vigueta vigacero		4.8 kg/ml
Peso propio de espesor de losa	120.00 kg/m <sup>2</sup>	
Peso propio de vigueta	102.00 kg/m <sup>2</sup>	
Peso propio de ladrillo y/o Casetón EPS	55.81 kg/m <sup>2</sup>	1.01 kg/m <sup>2</sup>
<b>Peso propio de losa por m<sup>2</sup></b>	<b>280.00 kg/m<sup>2</sup></b>	<b>119.10 kg/m<sup>2</sup></b>

Nota. Comparativo del peso propio de losa aligerada por metro cuadrado en la edificación 01

Tabla 72.

Cálculo de peso propio de losa aligerada edificación 02

Descripción	Sistema Convencional	Sistema vigacero
<b>Detalle de plano de losa aligerada</b>	 <p>Diagrama de detalle de plano de losa aligerada convencional. Muestra un sistema de viguetas con ladrillos huecos. El acero de temperatura tiene un diámetro de 1/4" y una separación de 0.25 m. Los ladrillos huecos miden 0.20 x 0.30 x 0.30 m. El espacio entre viguetas es de 0.40 m. El diagrama está etiquetado como "DETALLE DE ALIGERADO".</p>	 <p>Diagrama de detalle de plano de losa aligerada con sistema vigacero. Muestra una viga de concreto armado con una malla de temperatura de 1/4" a 0.25 m. El acero de refuerzo negativo está ubicado en la parte superior. El casetón de EPS mide 0.15 m x 0.75 m x 1.0 m. El espacio entre viguetas es de 0.83 m. El diagrama está etiquetado como "DETALLE DEL ALIGERADO".</p>
<b>Peso Propio</b>		
Distancia entre viguetas	0.40 m	0.83 m
Peso de viga por metro	48.00 kg/m	28.80 kg/m
Peso unitario de ladrillo y/o densidad de casetón EPS	10 kg/und	15 kg/m <sup>3</sup>
Peso de viga vigacero		4.86 kg/ml
Peso propio de espesor de losa	120.00 kg/m <sup>2</sup>	
Peso propio de viga	120.00 kg/m <sup>2</sup>	
Peso propio de ladrillo y/o Casetón EPS	90 kg/m <sup>2</sup>	1.69 kg/m <sup>2</sup>
Peso propio de losa por m <sup>2</sup>	350 kg/m <sup>2</sup>	155.30 kg/m <sup>2</sup>

Nota. Comparativo del peso propio de losa aligerada por metro cuadrado en la edificación 02

### *Diseño estructural de losas*

Para realizar el diseño estructural de losas aligeradas convencionales y de losas aligeradas con sistema viga acero, después de haber calculado el peso propio de la losa se procedió a adicionar las cargas que influyen en esfuerzo último de una losa como son la carga del piso terminado, peso de tabiquería y el peso de cielo raso; además se consideró la sobrecarga según lo que indica el R.N.E. para luego ser amplificado con los factores que determina el reglamento.

Una vez obtenido la amplificación de carga última se ha procedido a calcular los momentos flectores con el método de coeficientes, y así obtener el área de acero del diseño de losa.

A continuación, se detalla la comparación de ambos sistemas en las dos edificaciones.

Resultados del Diseño Estructural de la Edificación 01. Según la **tabla 73** se obtiene como resultado que en la edificación 01 la carga muerta por metro cuadrado en el sistema convencional es de 550 kg/m<sup>2</sup>, por otro lado, en la losa vigacero se evidencia que tiene un peso propio por metro cuadrado de 310 kg/m<sup>2</sup>; sin embargo, el área tributaria del sistema convencional es de 0.40 m; más del sistema vigacero es de 0.84 m. Por tal motivo al realizar la amplificación de carga se obtiene en el sistema vigacero mayor carga por ml de vigueta que el sistema convencional, difiriendo en 276.22 kg/ml.

En la tabla 43. Se detalla el esfuerzo del momento positivo aplicado en las viguetas; para el sistema convencional se diseñó con un momento (Mn.) de 353.65 kg.m, obteniéndose un área de acero de 0.678 cm<sup>2</sup> requerido para la vigueta por lo tanto se representa con 1Ø1/2", ya que esta barra de acero cuenta con área de 1.29 cm<sup>2</sup> y es comerciable. Sin embargo, para el sistema vigacero se diseñó con un momento actuante de 573.662 kg.m, obteniéndose un área de acero de

2.332 cm<sup>2</sup>, pero al área de acero de la vigueta prefabricada cuenta con un área de acero de 6 cm<sup>2</sup>, por lo que si cumple lo requerido.

**Tabla 73.**

*Cargas intervinientes en el análisis estructural edificación 01*

<b>Descripción</b>	<b>Sistema Convencional</b>	<b>Sistema vigacero</b>
<b>Metrado de carga última para diseño</b>		
Peso propio de losa por m <sup>2</sup>	280.00 Kg/m <sup>2</sup>	119.10 kg/m <sup>2</sup>
Peso para piso terminado	120.00 Kg/m <sup>2</sup>	100.00 Kg/m <sup>2</sup>
Peso para tabiquería	100.00 Kg/m <sup>2</sup>	100.00 Kg/m <sup>2</sup>
Peso para cielo raso	50.00 kg/m <sup>2</sup>	50.00 kg/m <sup>2</sup>
Carga muerta Total	550.00 kg/m <sup>2</sup>	369.57 kg/m <sup>2</sup>
<b>Carga muerta por ml de vigueta</b>	<b>220.00 kg/m</b>	<b>310.44 kg/m</b>
Carga viva	200.00 kg/m <sup>2</sup>	200.00 kg/m <sup>2</sup>
Carga viva por ml de vigueta	80.00 kg/ml	168.00 kg/ml
<b>Carga última (1.4*CM+1.7*CV) en vigueta</b>	<b>444.00 kg/m</b>	<b>720.22 kg/m</b>

**Tabla 74.**

*Cálculo de momentos flectores y área de acero en edificación 01*

<b>Descripción</b>	<b>Sistema Convencional</b>	<b>Sistema vigacero</b>
Momento flector	353.65 kg.m	573.662 tn.m
área de acero positivo	0.678 cm <sup>2</sup>	2.332 cm <sup>2</sup>

*Nota.* Cuadro comparativo de área de acero positivo y momentos en edificación 01

Resultados del Diseño Estructural de la Edificación 02. Según la tabla 75 se obtiene como resultado que en la edificación 02 la carga muerta por metro cuadrado en el sistema convencional es de 620 kg/m<sup>2</sup>, por otro lado, en la losa vigacero se obtiene un peso propio por metro cuadrado de 405 kg/m<sup>2</sup>; sin embargo, el área tributaria del sistema convencional es de 0.40 m; pero del sistema vigacero es de 0.83 m. Por tal motivo al realizar la amplificación de carga se obtiene en el sistema vigacero mayor carga por ml de vigueta que el sistema convencional, difiriendo en 269.96 kg/ml.

**Tabla 75.**

*Cargas intervinientes en el análisis estructural de la edificación 02*

<b>Descripción</b>	<b>Sistema Convencional</b>	<b>Sistema vigacero</b>
<b>Metrado de carga última para diseño</b>		
Peso propio de losa por m <sup>2</sup>	350.00 Kg/m <sup>2</sup>	155.30 kg/m <sup>2</sup>
Peso para piso terminado	120.00 Kg/m <sup>2</sup>	100.00 Kg/m <sup>2</sup>
Peso para tabiquería	100.00 Kg/m <sup>2</sup>	100.00 Kg/m <sup>2</sup>
Peso para cielo raso	50.00 kg/m <sup>2</sup>	50.00 kg/m <sup>2</sup>
Carga muerta Total	620.00 kg/m <sup>2</sup>	405.30 kg/m <sup>2</sup>
<b>Carga muerta por ml de vigueta</b>	<b>248.00 kg/ml</b>	<b>336.40 kg/ml</b>
Carga viva	200.00 kg/m <sup>2</sup>	200.00 kg/m <sup>2</sup>
Carga última de diseño por ml de vigueta	80.00 kg/m	166.00 kg/m
<b>Carga última amplificada de diseño por ml de vigueta</b>	<b>483.20 kg/m</b>	<b>753.16 kg/m</b>

*Nota.* Comparación de cargas del esfuerzo por vigueta amplificado en edificación 02

**Tabla 76.**

*Comparación de momentos flectores y área de acero positivo en edificación 02*

<b>Descripción</b>	<b>Sistema Convencional</b>	<b>Sistema vigacero</b>
Momento flector	793.44 kg.m	1,236.72 kg.m
área de acero positivo	0.97 cm <sup>2</sup>	3.06 cm <sup>2</sup>

*Nota.* Mayor momento positivo y área de acero calculado

En la tabla 76. Se detalla el esfuerzo del momento positivo aplicado en las viguetas; para el sistema convencional se diseñó con un momento (Mn.) de 793.44 kg.m, obteniéndose un área de acero de 0.97 cm<sup>2</sup> requerido para la vigueta por lo tanto se representa con, la barra de diámetro de 1/2" cuenta con un área de 1.29 cm<sup>2</sup> y la barra de 3/8" cuenta con un área de 0.71 cm<sup>2</sup>, ambas son comerciables. Sin embargo, para el sistema vigacero se diseñó con un momento actuante de 1,236.72 kg.m, obteniéndose un área de acero de 3.06 cm<sup>2</sup>, pero al área de acero de la vigueta prefabricada cuenta con un área de acero de 6 cm<sup>2</sup>, por lo tanto, si cumple el área requerida en el diseño.

#### ***Presupuesto de obra en losas aligeradas***

Para realizar el presupuesto de la construcción de losa aligerada se analizó los costos reales de los materiales y el costo de mano de obra, además se tomó en cuenta la cantidad del uso de materiales para el encofrado.

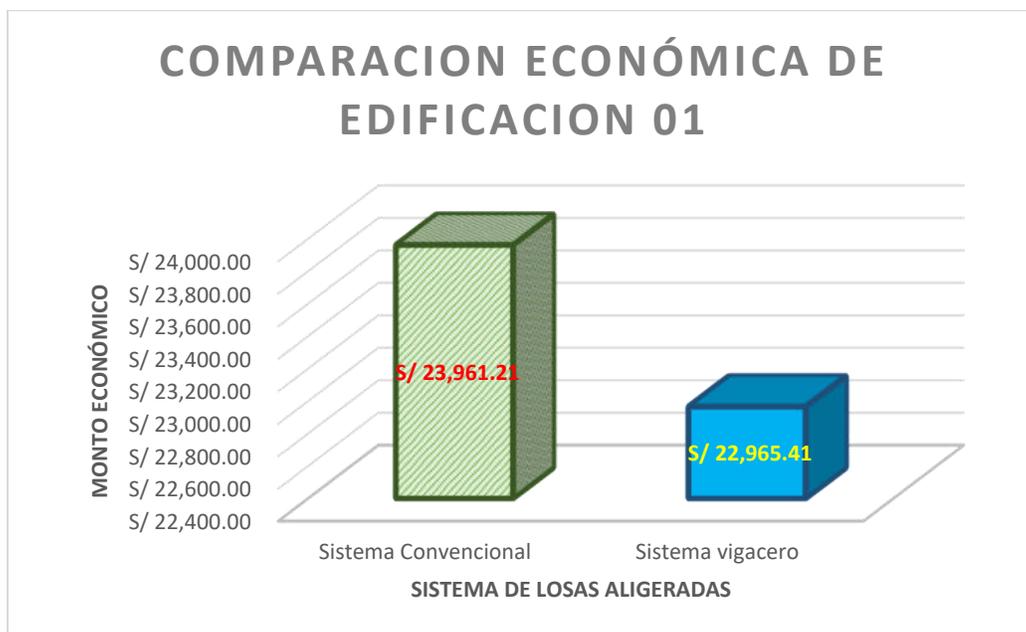
**Tabla 77.***Comparación del uso de materiales para encofrado en edificación 01*

Descripción	Sistema Convencional	Sistema vigacero
<b>Materiales en losas aligeradas</b>		
Área de encofrado y desencofrado de losa	122.53 m <sup>2</sup>	3.71 m <sup>2</sup>
Cantidad de pie derecho para encofrado de losa	212.00 und	0 und
Cantidad de soleras	48 .00 und	0 und
Cantidad de tablas	99.00 und	0 und
Cantidad de frisos	6.00 und	0 und
Numero de viguetas	144.00 und	39.00 und
Longitud de viguetas	426.24 ml	132.44 ml
Cantidad de Ladrillos y/o casetones EPS	1103.00 und	153.00 und
Cantidad de concreto en m <sup>3</sup> en viguetas	3.63 m <sup>3</sup>	0.95 m <sup>3</sup>
Cantidad de concreto en m <sup>3</sup> en losa	6.13 m <sup>3</sup>	5.19 m <sup>3</sup>
Cantidad en Kg en acero de refuerzo diámetro 1/2"	528.21 kg	92.07 kg
Cantidad en Kg en acero de temperatura diámetro 6mm	159.10 kg	324.00 kg

De la Tabla 77. se obtiene como resultado que la cantidad de materiales del sistema convencional es mayor frente al sistema vigacero.

**Figura 35.**

*Cuantificación económica en edificación 01*



En la figura 35 se observa los costos en ambos sistemas según el análisis de precios de las losas aligeradas, teniendo una diferencia económica de S/. 995.80 en el presupuesto estimado.

**Tabla 78.**

*Comparación de la cantidad de materiales de ambos sistemas en la edificación 02*

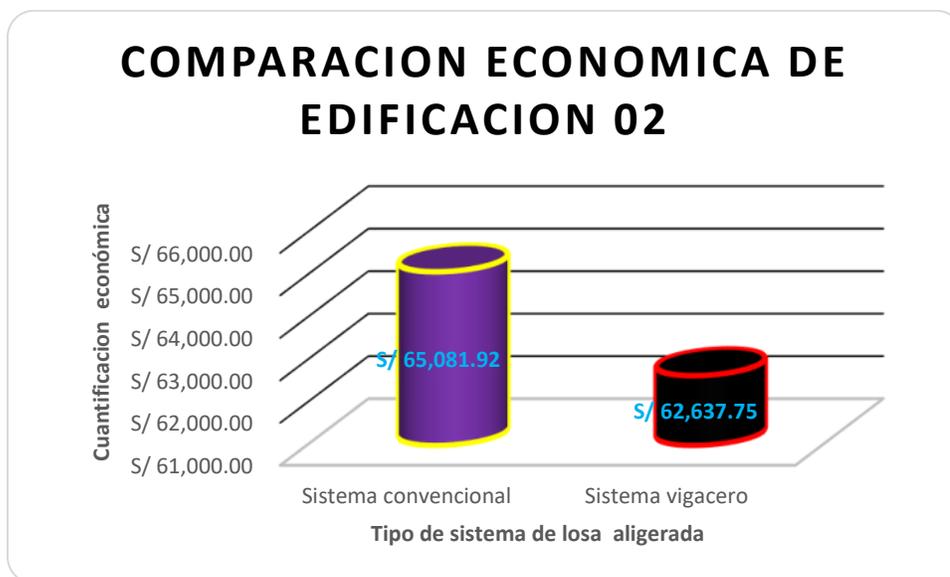
Descripción	Sistema Convencional	Sistema vigacero
<b>Materiales en losas aligeradas</b>		
Área de encofrado y desencofrado de losa	314.70 m <sup>2</sup>	314.70 m <sup>2</sup>
Cantidad de pie derecho para encofrado de losa	496.00 und	127.00 und
Cantidad de soleras	71.00 und	25.5 und
Cantidad de tablas	201.00 und	21.50 und
Cantidad de frisos	17.50 und	16.50 und
Numero de viguetas	127.00 und	84.00 und
Longitud de viguetas	733.13 ml	332.15 und
Cantidad de Ladrillos y/o casetones EPS	2 666.00 und	363.00 und

Descripción	Sistema Convencional	Sistema vigacero
Cantidad de concreto en m3 en viguetas	9.97 m3	3.76 m3
Cantidad de concreto en m3 en losa	16.30 m3	16.10 m3
Cantidad en Kg en acero de refuerzo diámetro 1/2"	375.23 kg	128.81 kg
Cantidad en Kg en acero de refuerzo diámetro 3/8"	337.15 kg	0.00 kg
Cantidad en Kg en acero de temperatura diámetro 1/4"	378.20 kg	757.34 kg

En la Tabla 78. Se compara la cuantificación de puntales, tablas, soleras, frisos de ambos sistemas siendo evidente que el sistema vigacero tiene mayor ventaja.

**Figura 36.**

*Cuantificación económica de la edificación 02*



En la figura 36 se observa los costos en ambos sistemas según el análisis de precios de las losas aligeradas en la edificación 02, teniendo una diferencia económica de **S/. 2444.75** en el presupuesto estimado.

### ***Comparación del periodo de ejecución en losas aligeradas en sistema convencional y vigacero***

Al realizar la programación de obra en el software MS Project, se tuvo en cuenta el tiempo de encofrado de vigas principales y secundarias, también se consideró el tiempo de armado de las vigas con el acero y el tiempo de vaceo del concreto en las mismas; este criterio se tuvo en cuenta para el análisis en las dos edificaciones, pero no se consideró en el presupuesto de losa.

También se analizó el periodo constructivo considerando un calendario de obra con siguiente horario laborable; de lunes a viernes en turno mañana de 8.00 am-12.00 pm y en el turno tarde de 1.00 pm – 5.00 pm, y los días sábados de 6.00 am – 1.00 pm.

#### **Figura 37.**

#### *Comparación del tiempo de ejecución de losas en edificación 01*



*Nota.* Indica el número de días en cada sistema de la losa de la edificación 1

En el análisis del tiempo del proceso constructivo de la edificación 01 de la vivienda – taller, en la simulación del tiempo de ejecución por la modalidad convencional se estimó un tiempo de 22 días laborables; y para la construcción de losa del sistema vigacero se calculó un

periodo de 17 días laborables, difiriendo en **5 días** el tiempo de construcción de cada sistema tal como lo muestra en el **Anexo 5A y 5B**.

**Figura 38.**

*Comparación del tiempo de ejecución de losas en edificación 02*



*Nota.* Detalla la comparación de el tiempo de ejecución en entresijos de edificación 02

Cuando se realizó la planeación del proceso constructivo del entresijo de la edificación 02 del local comercial e inmobiliaria, para el sistema convencional se estimó un tiempo de construcción de 52 días laborables; y para la ejecución de losa del sistema vigacero se calculó un periodo de 43 días laborables, difiriendo en 9 días en el tiempo de demora constructiva de cada sistema tal como lo muestra en Anexo 5C y 5D

### **Aportes más Destacables a la Institución**

Con la revisión bibliográfica para el desarrollo del presente trabajo se logró analizar y comparar de manera técnica y económicamente las losas aligeradas tanto convencionales como vigacero en viviendas unifamiliares. La sociedad anónima cerrada de razón social Consultora Constructora Jerusalén, fue la encargada de realizar el proceso constructivo de losas aligeradas con sistema viga acero. Este proceso se considera una etapa importante porque se ve reflejado el tiempo de ejecución de los entresijos aligerados con sistemas convencionales y no convencionales.

Se ha identificado diferentes factores que influyen en los tiempos de finalización de los procesos constructivos de losas aligeradas que incide directamente en el presupuesto de la losa.

Además, se puede decir que el personal de trabajo desarrolla nuevas habilidades de encofrado en casetones de poliestireno, ya que este material cuenta con las condiciones para su trabajabilidad y ensamblado en la construcción del sistema vigacero.

Por otro lado, se afirma que la madera utilizada en el encofrado de losas aligeradas tradicionales difiere con respecto a losas aligeradas no convencionales, influyendo en el ámbito económico para el contratista ya que se disminuye el costo de horas hombre por el contratante.

Esta comparación se hizo en oficina de la empresa para mostrar a los usuarios la reducción de costos por metro cuadrado y la cantidad del material estimado a utilizar en la construcción de las losas. Además, se brindó charlas técnicas al público que deseaban realizar el techado de sus viviendas, para que opten por el uso de nuevas tecnologías, ya que el uso de sistemas no convencionales ayuda a reducir la carga muerta del entresijo y así aliviana la masa de la estructura obteniéndose un mejor desempeño estructural frente a un sismo.

## Conclusiones

En el desarrollo de la presente investigación se determina como el análisis comparativo técnico-económico entre losas aligeradas convencionales y losas con sistema viga acero en viviendas unifamiliares influye en la toma de decisiones de los usuarios para optar por un sistema determinado. Según el autor (Shahpari et al., 2020) manifestó que en la toma de decisiones influye el nivel económico y la optimización de tiempo ya que estos son factores que intervienen en la productividad constructiva. Además (Paola Arias-Salazar & Sebastián Naranjo-Bustos, 2022) indicó que las losas postensadas, así como los sistemas prefabricados contribuyen a la reducción de insumos en los procesos constructivos. Por lo tanto, se concluye que para que un usuario pueda optar por un determinado sistema de construcción debe conocer la incidencia económica y la calidad del producto que va a obtener, por otro lado, los constructores deben informar a sus clientes las ventajas técnicas que obtendrán al optar por un determinado sistema, y además considerar la disminución del tiempo de ejecución en el proceso constructivo.

También se determinó la diferencia en el peso por m<sup>2</sup> de las losas aligeradas convencionales y prefabricadas. Por lo tanto, el R.N.E. en la norma de (E-020 CARGAS, 2020) indica el peso propio de losa para un determinado espesor en el sistema convencional. Por otro lado el autor (Rivera Granados, 2017), determinó que el peso propio por metro cuadrado de sistemas constructivos tecnológicos prefabricados es menor con respecto al sistema convencional; por lo tanto se concluyó que el peso de losa por metro cuadrado depende del espesor que se diseñe la estructura, sin embargo en la comparación de la edificación 01, el sistema vigacero obtuvo una reducción de peso propio del 42.54% frente a losa aligerada convencional 01 y en el análisis de la edificación 02 el sistema vigacero redujo un 44.37% frente al sistema convencional.

Por otro lado, se realizó un diseño estructural de losas para las dos edificaciones analizadas, en el que se calculó los momentos actuantes en las viguetas y se determinó el área de acero; pues el R.N.E. en su norma de estructuras (*NTE E.060 Concreto Armado*, 2009) indica el método para la amplificación de cargas muertas y vivas, y así determinar los momentos actuantes sobre las viguetas para obtener un diseño de acero. También el autor (Ocampo Rengifo & Tarrillo Herrera, 2021) determinó los momentos actuantes en las losas aligeradas. Por lo tanto, se concluye que al amplificar las cargas por los factores especificados en la NTE-060 y calcular la resistencia última actuante por metro en las viguetas se obtiene que en el sistema convencional la carga es menor frente al sistema vigacero en ambas edificaciones analizadas y en defecto el momento actuante también será mayor, se debe a que el área tributaria en el sistema convencional es de 0.40 m sin embargo en el sistema vigacero es de 0.84 dependiendo la separación de viguetas. También se concluye que el área de acero del diseño en el sistema vigacero es mayor frente al sistema convencional, sin embargo, el área de acero de la viga estructural si cumple con el área de acero requerido, ya que según sus especificaciones técnicas del material dicha viga cuenta con  $A_s = 6 \text{ cm}^2$ .

Por otra parte, se determinó en análisis económico estableciendo la diferencia del presupuesto del sistema convencional frente al sistema vigacero. Además (Shahpari et al., 2020) en su revista menciona que gracias a la productividad de la mano de obra en los sistemas prefabricados disminuyen el costo y la duración del proyecto. También (Santiago Espinoza, 2018) en su investigación concluyó que el sistema vigacero tuvo un porcentaje de ahorro frente al sistema convencional. Por tanto se concluye que el presupuesto de obra para la ejecución de losa aligerada influye directamente por el uso de materiales en el encofrado de la misma; según el resultado se concluye que el presupuesto en la losa de la edificación 01 del sistema vigacero

tuvo un ahorro del 4.15% frente a la losa convencional de la misma edificación, por otro lado el porcentaje de ahorro del sistema vigacero frente al sistema convencional en la losa de la edificación 02 fue de 3.76%, sin embargo en cuantificación económica en más notorio en la edificación 02, se debe a que el presupuesto es más alto. Consecuentemente se añade que la influencia de la disminución del presupuesto se debe directamente de la cantidad de puntales que se utiliza en el sistema.

Finalmente se determinó el tiempo de ejecución de ambos sistemas en las dos edificaciones, según el manual técnico del sistema vigacero (Arcotecho Perú, 2018) indica que los componentes del sistema vigacero presta condiciones óptimas para su transporte, ensamblado y armado de la losa; además (Ocampo Rengifo & Tarrillo Herrera, 2021) , afirma que el proceso constructivo del sistema vigacero es más rápido que el sistema convencional. Por lo tanto, se concluyó que en la edificación 01 el tiempo de ejecución del sistema vigacero tiene una ventaja de 22.73 % sobre el sistema convencional, también en la edificación 02 el sistema vigacero cuenta con una ventaja de 17.31% frente al sistema convencional.

## Recomendaciones

Concientizar a la población de las localidades que cuenten con un índice de crecimiento y proyección vertical en las construcciones, a utilizar nuevas tecnologías constructivas informando sobre las ventajas y desventajas del impacto técnico-económico de la aplicación de las metodologías constructivas, realizando comparaciones en los sistemas constructivos esto influirá significativamente en el dinamismo económico. Por otro lado, permitirá el crecimiento vertical de las edificaciones.

Considerar el área del tramo de mayor luz para realizar el predimensionamiento de la losa y así obtener un buen metrado de cargas por metro cuadrado, para que en los sucesivos procesos del análisis no se tenga dificultades.

Al realizar el predimensionamiento de la losa aligerada se debe tener en cuenta los peraltes mínimos que indica en la tabla 9.1. del R.N.E; para ya no tener que calcular deflexiones.

Al determinar la cuantificación de momentos de las losas, no todas las estructuras cumplen con el método de coeficientes, por lo que se debe diversificar los métodos de análisis, y realizar el diseño mediante softwares que permitan el modelamiento estructural. Por otro lado, considerar que, a menor distancia entre viguetas, menor es la carga y el momento actuante aplicada por metro lineal.

Al realizar el presupuesto de obra de las losas aligeradas con sistemas no convencionales se debe contar con una cotización del proveedor para que se obtenga el costo real de la losa aligerada ya que los costos del material se cotiza en dólares, y además las nuevas tecnologías de construcción cuentan con proveedores certificados; por otro lado el costo de la mano de obra que cobre el contratista por el proceso constructivo debe estar acorde con los costos de la zona, ya que cada lugar maneja su propio costo de mano de obra.

Considerar las características físicas de la construcción tal como nivel de techo terminado de la edificación y el nivel de complejidad del proceso del apuntalamiento, encofrado y armado de acero en vigas principales, secundaria y de amarre, al tener en cuenta estos factores se realizará una eficiente planificación de la programación de obra de la ejecución de losas.

## Referencias

- Arcotecho Perú. (2018). Manual Técnico Vigacero. [https://vigacero.pe/wp-content/uploads/2018/10/Manual-T%C3%A9cnico-Vigacero-2018\\_web.pdf](https://vigacero.pe/wp-content/uploads/2018/10/Manual-T%C3%A9cnico-Vigacero-2018_web.pdf)
- Casco Guardado, J. E., & Majano Sandoval, D. A. (2019). Análisis comparativo de los diferentes sistemas de entrepiso en edificios basado en aspectos de seguridad y costo. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20468/>
- Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A. (2019). Barras de Construcción. [www.siderperu.com.pe](http://www.siderperu.com.pe)
- Ministerio de Vivienda Construcción y saneamiento. (2021). Norma técnica A.020 vivienda del reglamento nacional de edificaciones (Empresa Peruana servicios editoriales S.A., Ed.). <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2366560/36%20A.020%20VIVIENDA%20-%20RM%20N%C2%BA%20188-2021-VIVIENDA.pdf?v=1636059082>
- Motiva S.A. (2022). Manual del maestro constructor (Corporación Aceros Arequipa, Ed.; Primera edición). 2010. <https://www.acerosarequipa.com/manuales/manual-del-maestro-constructor/encofrado-de-losa-aligerada>
- American Concrete Institute. American Concrete Institute. (2014). Norma ACI-1. Michigan: ACI.
- MVCS. (2009). Norma E.060 concreto armado. Lima, Peru: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción [https://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios\\_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060\\_CONCRETO\\_ARMADO.pdf](https://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/E060_CONCRETO_ARMADO.pdf)

- Ocampo Rengifo, A. M., & Tarrillo Herrera, C. (2021). Análisis Comparativo del Sistema Constructivo No Convencional Losa Vigacero Frente al Sistema Convencional de Losa Aligerada, Moyobamba 2021 [Universidad Cesar Vallejos].  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/90998>
- Paola Arias-Salazar, D., & Sebastián Naranjo-Bustos, C. (2022). Comparación Económica De Dos Tipos De Losas Con Sistema Tradicionales vs. Losas Postensadas En Quito - Ecuador. 593 Digital Publisher CEIT, ISSN-e 2588-0705, Vol. 7, N°. Extra 4, 2, 2022, Págs. 458-469, 7(4), 458–469. <https://doi.org/10.33386/593dp.2022.4-2.1084>
- PDFCOFFEE-Arcotecho. (n.d.). Ficha técnica para diseño con vigacero. Retrieved January 7, 2024, obtenido de [https://pdfcoffee.com/diseo-con-vigacero-4-pdf-free.html#anon\\_270537628](https://pdfcoffee.com/diseo-con-vigacero-4-pdf-free.html#anon_270537628)
- PUCP. (2023, July 10). ¿Por qué construir viviendas sostenibles que se adapten a nuestro entorno? Clima de Cambios PUCP. <https://www.pucp.edu.pe/climadecambios/noticias/por-que-construir-viviendas-sostenibles-que-se-adaptan-a-nuestro-entorno/>
- Rivera Granados, D. P. (2017). Análisis comparativo del sistema pre-fabricado de losa aligerada vigacero vs el sistema convencional de una edificación de 6 pisos en Huancayo, 2016. Repositorio Institucional - UPLA. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/276>
- Rodriguez, C. (2021, April 19). Los 5 Tipos de Losa más Empleados en el Sistema de Construcción. [https://www.homify.com.mx/libros\\_de\\_ideas/7880566/Los-5-Tipos-de-Losa-Mas-Empleados-En-El-Sistema-de-Construccion](https://www.homify.com.mx/libros_de_ideas/7880566/Los-5-Tipos-de-Losa-Mas-Empleados-En-El-Sistema-de-Construccion).

Santiago Espinoza, G. (2018). Análisis comparativo técnico-económico del sistema vigacero (casetones eps) y el sistema convencional (ladrillo pandereta), en el centro comercial el Apolo, en el distrito de Yanacancha, provincia Pasco-Pasco [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión].  
<http://repositorio.undac.edu.pe/handle/undac/349>

Reglamento Nacional de Edificaciones 2020, “Norma E.020. Cargas”. El Peruano, Lima-Perú.  
ISBN: 978-612-46221-9-9.

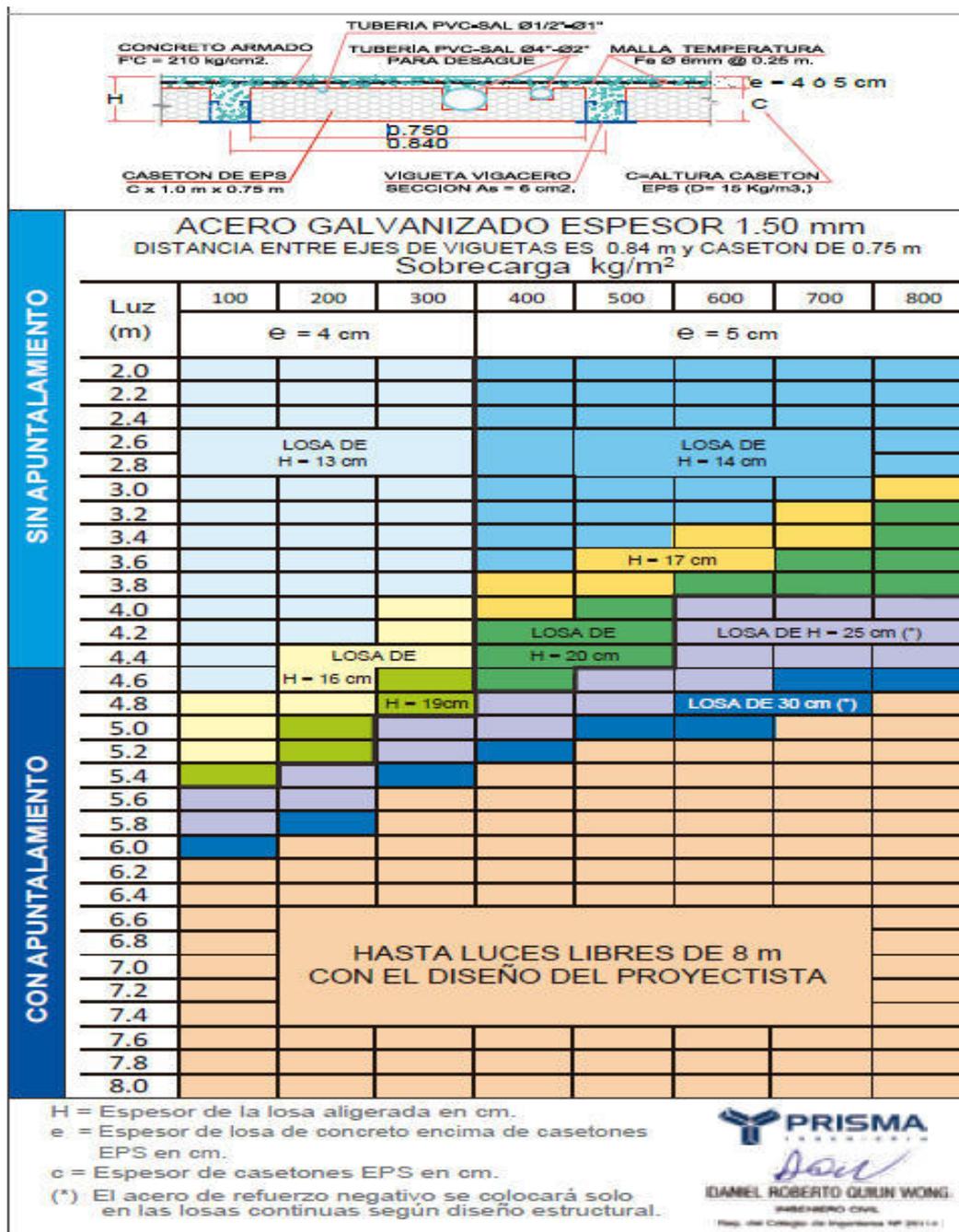
Shahpari, M., Saradj, F. M., Pishvae, M. S., & Piri, S. (2020). Assessing the productivity of prefabricated and in-situ construction systems using hybrid multi-criteria decision-making method. *Journal of Building Engineering*, 27. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2019.100979>

Vigacero-Viguetas prefabricadas de acero. (n.d.). Retrieved November 14, 2023, from <https://vigacero.pe/>

Anexos

Anexo 1: Tabla de diseño de espesores de losas de vigacero

Se muestra las consideraciones para el diseño de espesor de losa con vigacero, en función a la sobrecarga y la longitud de tramo.



Nota. Manual técnico Vigacero (Arcotecho Perú, 2018)

## Anexo 2. Carga ultima de diseño.

Se muestra en el anexo la carga ultima para el diseño y dimensionamiento de losa aligerada con sistema vigacero

CARGA ULTIMA (Kg/m <sup>2</sup> ) 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.

Nota. Manual técnico Vigacero (Arcotecho Perú, 2018)

### Anexo 3. Especificaciones técnicas del sistema vigacero

#### 3.A. Propiedades de la vigueta

##### Propiedades Mecánicas

ESPECIFICACIONES DE LA VIGUETA	ESPESOR 1.5 mm (Nominal)
MEDIDAS (mm)	h = 90 b = 130

PESO (Kg/m)	4.80
RENDIMIENTO (m <sup>2</sup> /dia)	180 m <sup>2</sup> /dia
LUZ MAXIMA ENTRE APOYOS (m)	8.00

AREA (mm <sup>2</sup> )	600
Fy (psi)	36000
Fy (Kg/cm <sup>2</sup> )	2530
Ix (mm <sup>4</sup> )	743674
Sxt (mm <sup>3</sup> )	12965
Sxb (mm <sup>3</sup> )	22784
ȳ (mm)	32.64

**Fy** = Esfuerzo fluencia = 36000 psi.

**Fu** = Esfuerzo tensión = 53000 psi.

Elongación en 2" = 20% min.

**Ix** = Momento de inercia alrededor del eje X

**Sxt** = Modulo elástico de la sección respecto a la fibra superior

**Sxb** = Modulo elástico de la sección respecto a la fibra inferior

**ȳ** = Centro de masa de la vigueta, respecto a la fibra inferior.

##### PROPIEDADES DE LA VIGUETA DE ACERO

AREA                      600 mm<sup>2</sup> = 6 cm<sup>2</sup>

CENTROIDE              32.64 mm = 3.264 cm

Ficha técnica para diseño (PDFCOFFEE-Arcotecho, n.d.)

### 3.B. Propiedades del casetón

#### Casetón de Poliestireno expandido (Eps)

Densidad 15 Kg/m<sup>3</sup>



ALTURA O ESPESOR DE LOSA ALIGERADA	ALTURA DEL CASETON (cm)	ANCHO (cm)	APOYOS MIN. (cm)	LARGO (m)	PESO MAXIMO (Kg)	VOLUMEN (m <sup>3</sup> )
16 cm @ 84 cm	12	75	2.5	1.00	1.80	0.090
17 cm @ 84 cm	12	75	2.5	1.00	1.80	0.090
20 cm @ 84 cm	15	75	2.5	1.00	1.69	0.113
25 cm @ 84 cm	20	75	2.5	1.00	2.25	0.150
30 cm @ 74 cm	25	65	2.5	1.00	2.81	0.188
35 cm @ 69 cm	30	60	2.5	1.00	3.38	0.225

Ficha técnica para diseño (PDFCOFFEE-Arcotecho, n.d.)

### Anexo 3.C. Pesos de losas con sistema vigacero

Pesos de sistemas de techos aligerados con casetones y bovedillas de Poliestireno expandido

			vigueta	Casetón de Poliestireno expandido (EPS)				Concreto en Obra		PESO PARCIAL Kg/m <sup>2</sup>
	Espesor de losa H	Espacio	Peso	Casetón	Largo	Vol	Peso	Vol	Peso	
	cm	m	Kg/m	und	m	m <sup>3</sup>	Kg	m <sup>3</sup>	Kg	
VIGUETAS PREFABRICADA DE CONCRETO (Sistema Tralicho)	17	0.6	12.2	1	1.0	0.059	0.59	0.06	139.20	152.0
	20	0.5	12.71	1	1.0	0.060	0.60	0.078	187.20	200.5
	25	0.5	13.25	1	1.0	0.081	0.81	0.092	220.80	234.9
	30	0.5	14.25	1	1.0	0.102	1.02	0.11	259.20	274.5
VIGUETAS PRETENSADAS DE CONCRETO (Sistema Pretensado)	17	0.6	17.28	1	1.0	0.059	0.59	0.06	138.0	180.0
	20	0.5	19.5	1	1.0	0.060	0.60	0.07	165.6	210.0
	25	0.5	19.5	1	1.0	0.081	0.81	0.09	211.2	250.0
	30	0.5	19.5	1	1.0	0.102	1.02	0.11	264.0	300.0
VIGUETAS PREFABRICADAS VIGACERO® CASETON DE EPS DENSIDAD 15 Kg/m <sup>3</sup>	13	0.84	4.8	1	1.0	0.068	1.01	0.047	113.3	119.1
	16	0.84	4.8	1	1.0	0.090	1.35	0.058	139.2	145.4
	20	0.84	4.8	1	1.0	0.113	1.69	0.062	148.8	155.3
	25	0.84	4.8	1	1.0	0.150	2.25	0.066	158.4	165.5
	30	0.74	4.8	1	1.0	0.163	2.44	0.070	168.0	175.2
SISTEMA CONVENCIONAL DE ENTREPISOS (ladrillo de arcilla)	17	0.4	57.6	1	0.2	0.011	6.50	0.08	192.0	303.7
	20	0.4	72	1	0.2	0.014	7.40	0.09	216.0	349.6
	25	0.4	96	1	0.2	0.018	7.40	0.10	240.0	397.6
	30	0.4	108	1	0.2	0.018	12.00	0.11	271.2	479.2

Manual técnico Vigacero (Arcotecho Perú, 2018)

### Anexo 3.D. Criterios de diseño para sistema vigacero

**Acero del Acero Negativo en la losa:**

Donde:

$b_w = 13 \text{ cm}$

$D = \text{altura de losa} - 2 \text{ cm}$

$f'_c = \text{de la losa aligerada}$

$M_u \text{ positivo} < = M_{adm} \text{ (tabla 1)}$

**CALCULO DEL CORTANTE ÚLTIMO EN LA LOSA ALIGERADA**

$$\phi V_c = 0.85 \times 0.53 \times f'_c{}^{0.5} \times b_w \times d \times 1.10$$

Donde :

$b_w = 13 \text{ cm}$

$d = \text{altura de la losa} - 2.5 \text{ cm}$

LOSA ALIGERADA	$\phi V_c$	$\phi V_c$
$f'_c \text{ losa in situ}$	210 Kg/cm <sup>2</sup> (ton)	350 Kg/cm <sup>2</sup> (ton)
16 cm	1.26	1.63
17 cm	1.35	1.75
20 cm	1.63	2.11
25 cm	2.10	2.71
30 cm	2.57	3.31

En caso  $V_u > \phi V_c$ , retirar alternadamente los casetones hasta que  $V_u < = \phi V_c$

**TABLA 1 : MOMENTOS ADMISIBLES DE LAS VIGUETAS PREFABRICADAS DE ACERO - VIGACERO®  
PARA UNA S/C 300 Kg/m<sup>2</sup>**

	ALTURA O ESPESOR DE LOSA ALIGERADA (cm)	DISTANCIA ENTRE EJES (cm)	PESO PROPIO (Kg/m <sup>2</sup> )	MOMENTOS ADMISIBLES (Kg-m) = $\phi M_n$ (Ton/m <sup>2</sup> )		
				CASETON DE EPS	VIGACERO losa sin tabiquería	VIGACERO considerando tabiquería
UN PAÑO SIMPLE	16 cm	84	1.35	1.80	2.04	
	17 cm	84	1.35	2.00	2.25	
	20 cm	84	1.69	2.44	2.70	
	25 cm	84	2.25	2.93	3.21	
	30 cm	74	2.44	3.45	3.75	
	35 cm	69	2.70	5.19	5.59	
PAÑOS CONTINUOS	16 cm	84	1.35	1.04	1.28	
	17 cm	84	1.35	1.15	1.40	
	20 cm	84	1.69	1.34	1.62	
	25 cm	84	2.25	1.67	1.98	
	30 cm	74	2.44	1.97	2.30	
	35 cm	69	2.70	2.96	3.36	

## Anexo 4. Panel fotográfico

### Anexo 4.A. Edificación 01\_uso vivienda taller\_Ejecutado con sistema vigacero



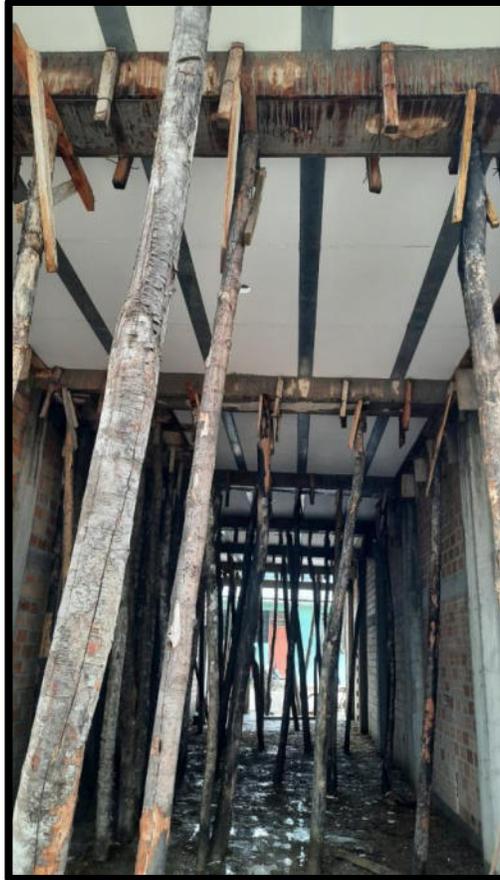
Imagen de techo ejecutado con sistema vigacero



Imagen del proceso de vaceo de techo vigacero



Encofrado de vigas principales



Encofrado de losa aligerada-Apuntalamiento de losa

*Anexo 4.B. Edificación 02\_uso local comercial e inmobiliaria \_ Ejecutado con sistema vigacero*



Colocación de viguetas vigacero



Colocacion de casetones de poliestireno



Colocacion de EPS en vigas principales



. Colocacion de frisos en losa y apuntalamiento en losa



Vaceo de concreto en vigas y losa vigacero



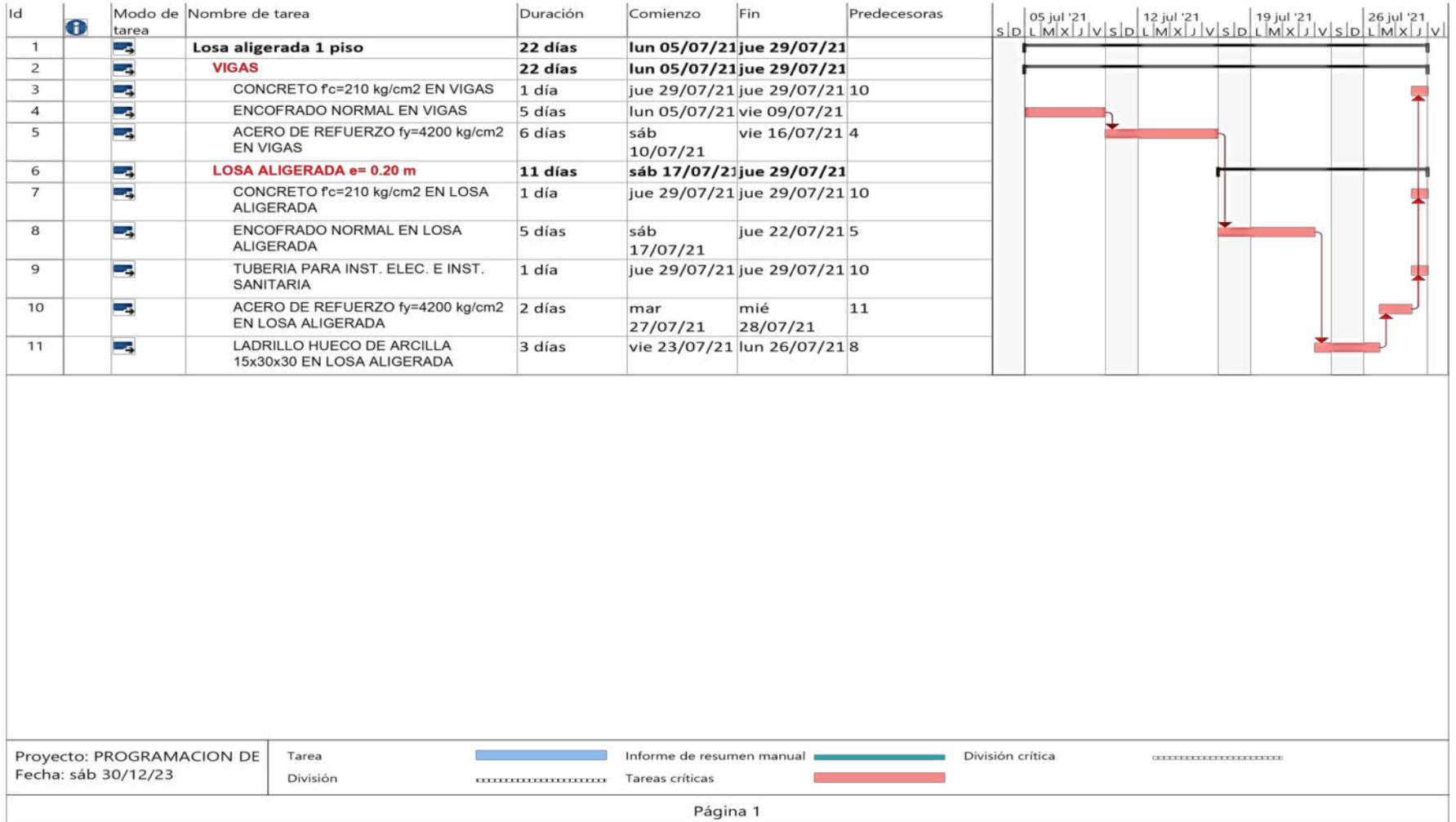
Vaceado de concreto de losa aligerada sistema vigacero



Vaceado de concreto de losa aligerada sistema vigacero

Anexo 5. Programación de obra

Anexo 5.A. Tiempo de ejecución de edificación 01\_Sistema convencional



Número de días de ejecución sistema convencional

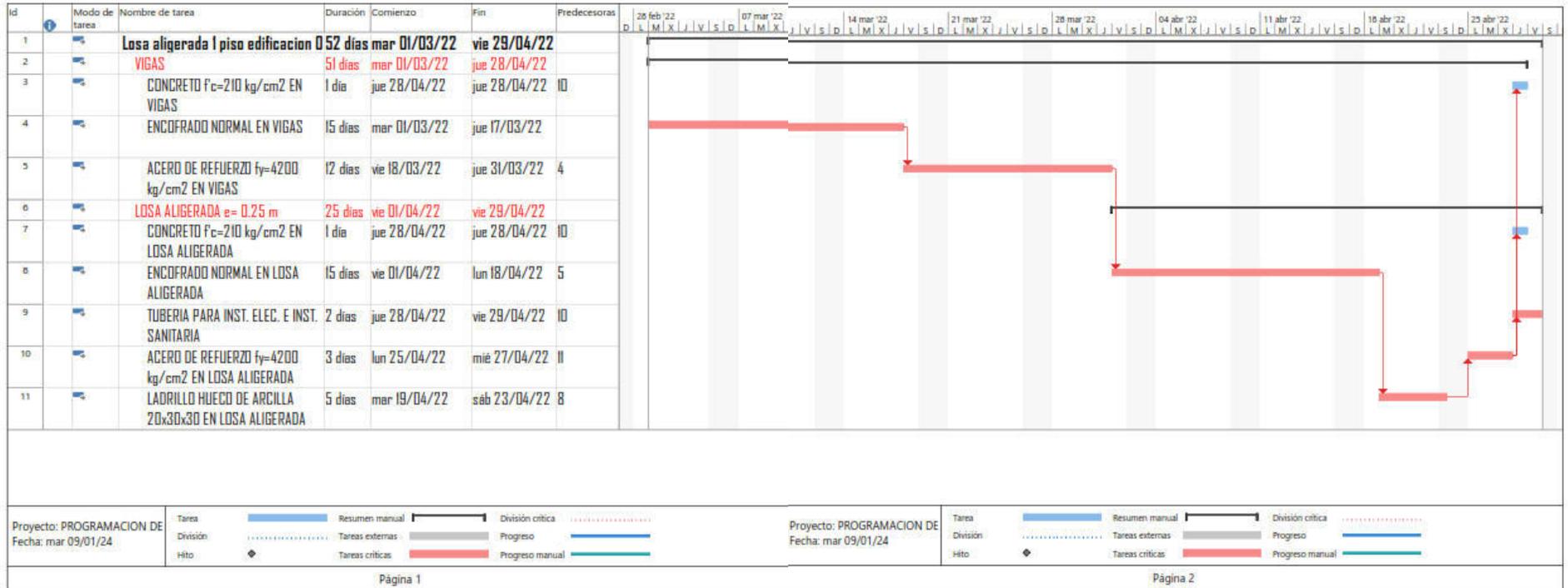
**Anexo 5.B. Tiempo de ejecución de edificación 01\_Sistema vigacero**

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Gantt Chart (05 jul '21 to 19 jul '21)																				
1		<b>Losa aligerada 1 piso</b>	<b>17 días</b>	<b>lun 05/07/21</b>	<b>vie 23/07/21</b>		[Gantt bar for task 1]																				
2		<b>VIGAS</b>	<b>17 días</b>	<b>lun 05/07/21</b>	<b>vie 23/07/21</b>		[Gantt bar for task 2]																				
3		CONCRETO f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup> EN VIGAS	1 día	vie 23/07/21	vie 23/07/21	11	[Gantt bar for task 3]																				
4		ENCOFRADO NORMAL EN VIGAS	5 días	lun 05/07/21	vie 09/07/21		[Gantt bar for task 4]																				
5		ACERO DE REFUERZO f <sub>y</sub> =4200 kg/cm <sup>2</sup> EN VIGAS	6 días	sáb 10/07/21	vie 16/07/21	4	[Gantt bar for task 5]																				
6		<b>LOSA ALIGERADA e= 0.15 m</b>	<b>6 días</b>	<b>sáb 17/07/21</b>	<b>vie 23/07/21</b>		[Gantt bar for task 6]																				
7		CONCRETO f <sub>c</sub> =210 kg/cm <sup>2</sup> EN LOSA ALIGERADA	1 día	vie 23/07/21	vie 23/07/21	11	[Gantt bar for task 7]																				
8		COLOCACION DE VIGUETAS PREFABRICADAS Y ENSAMBLADO DE EPS	2 días	sáb 17/07/21	lun 19/07/21	5	[Gantt bar for task 8]																				
9		TUBERIA PARA INST. ELEC. E INST. SANITARIA	1 día	mié 21/07/21	mié 21/07/21	10	[Gantt bar for task 9]																				
10		ACERO DE REFUERZO f <sub>y</sub> =4200 kg/cm <sup>2</sup> EN VIGUEA PREFABRICADA	1 día	mar 20/07/21	mar 20/07/21	8	[Gantt bar for task 10]																				
11		ACERO DE TEMPERATURA f <sub>y</sub> =4200 kg/cm <sup>2</sup> EN VIGUEA PREFABRICADA	1 día	jue 22/07/21	jue 22/07/21	9	[Gantt bar for task 11]																				

Proyecto: PROGRAMACION DE Tarea [Barra azul] Hito [Diamante] Tareas críticas [Barra roja]  
 Fecha: sáb 30/12/23 División [Barra punteada] Resumen [Barra negra] División crítica [Barra punteada]

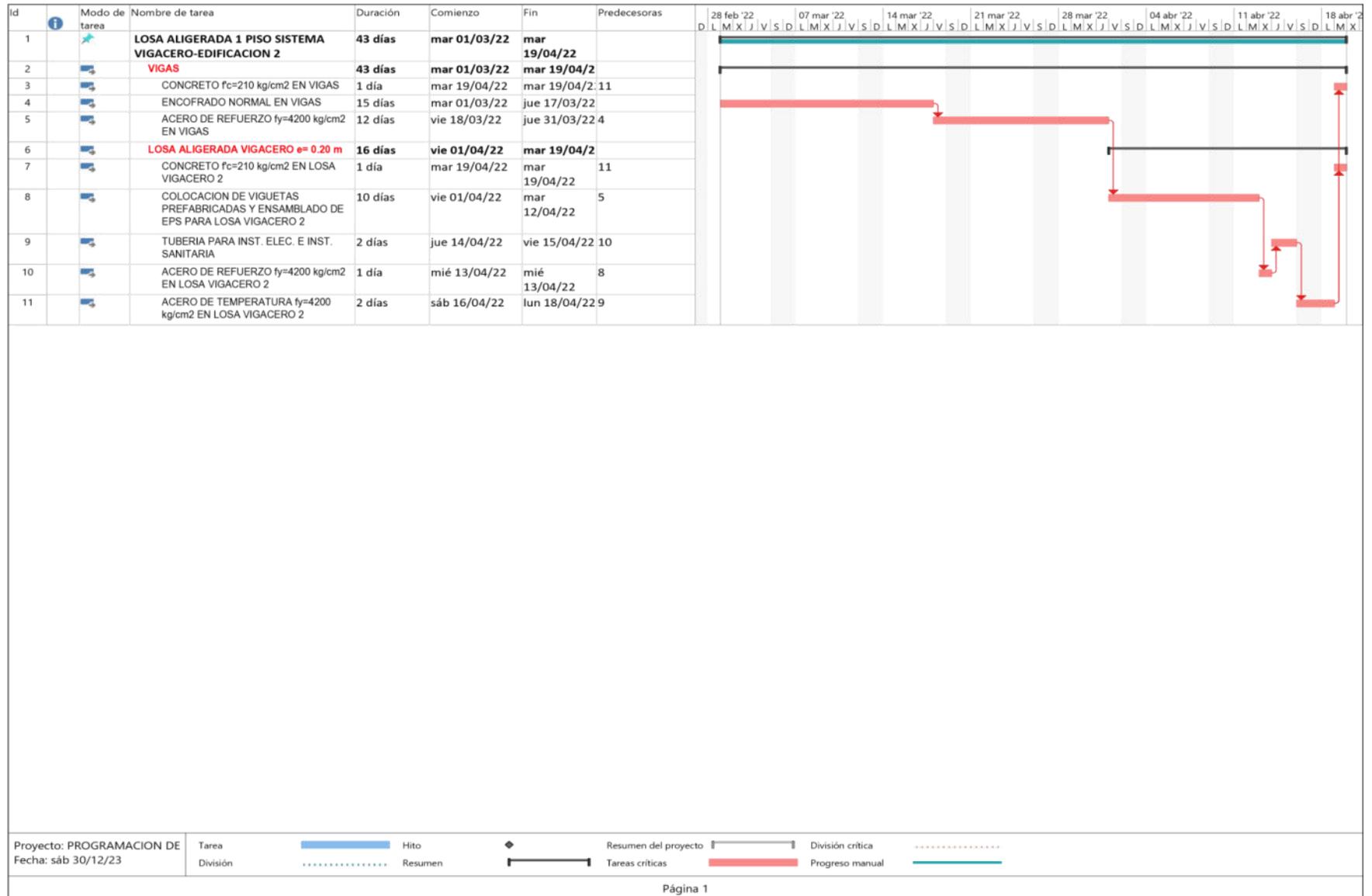
Numero de dias de ejecucion de sistema vigacero

Anexo 5.C. Tiempo de ejecución de edificación 02\_sistema convencional



Número de días de ejecución de sistema convencional

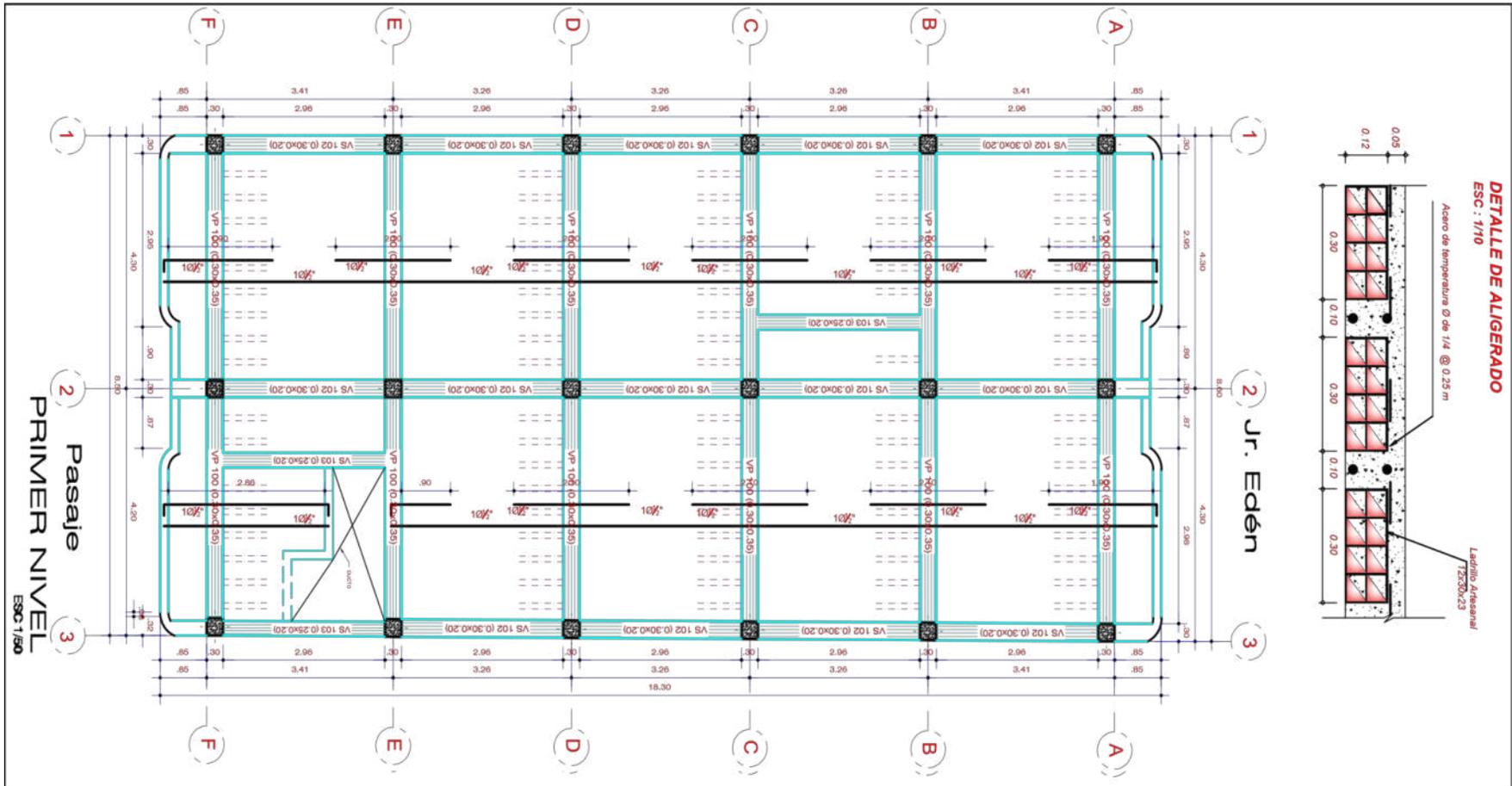
Anexo 5. D. Tiempo de ejecución de edificación 02\_sistema vigacero



Número de días de ejecución de losa aligerada sistema vigacero

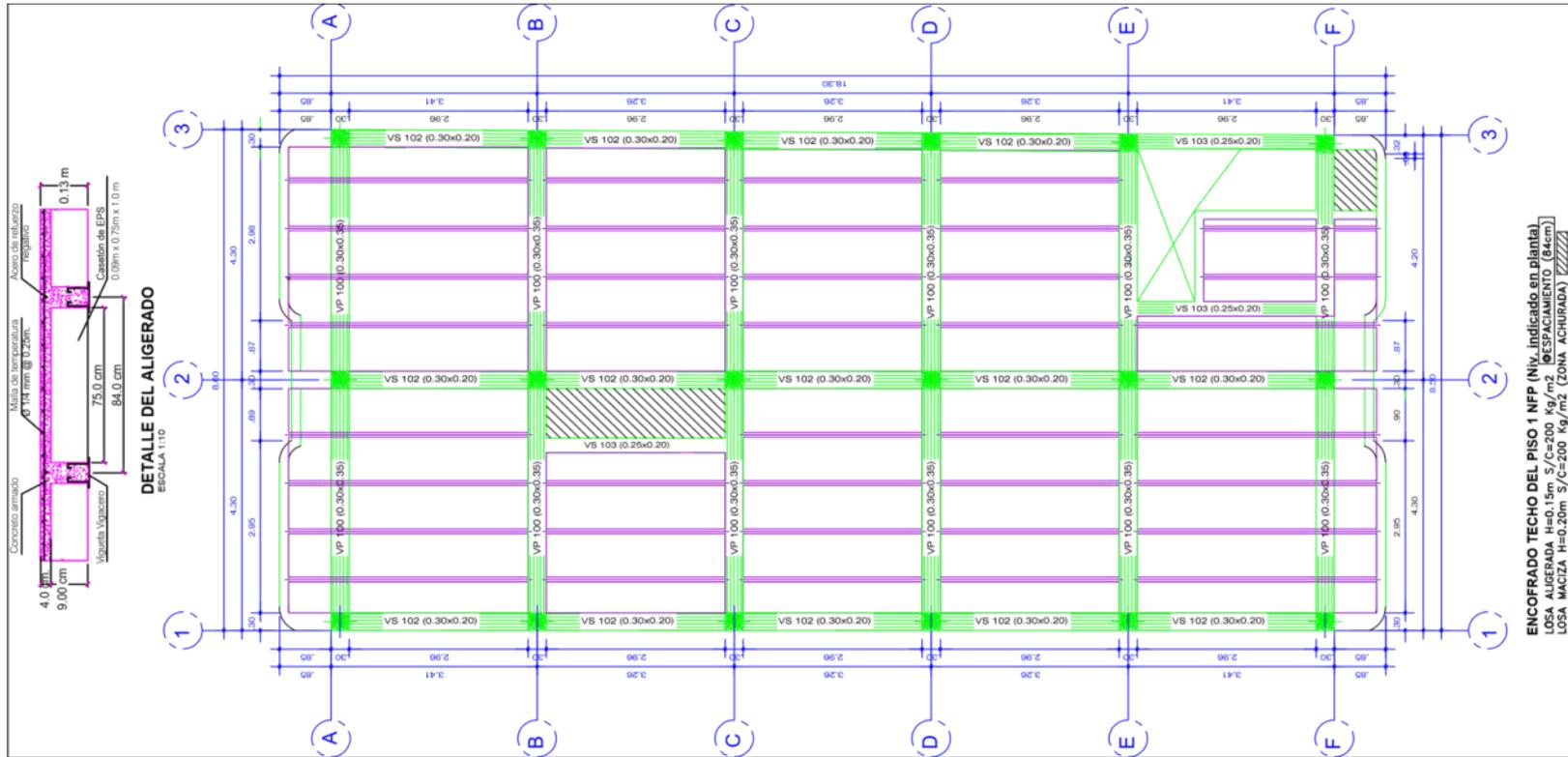
Anexo 6. Planos de edificaciones Analizadas

Plano de edificación 01\_ sistema convencional



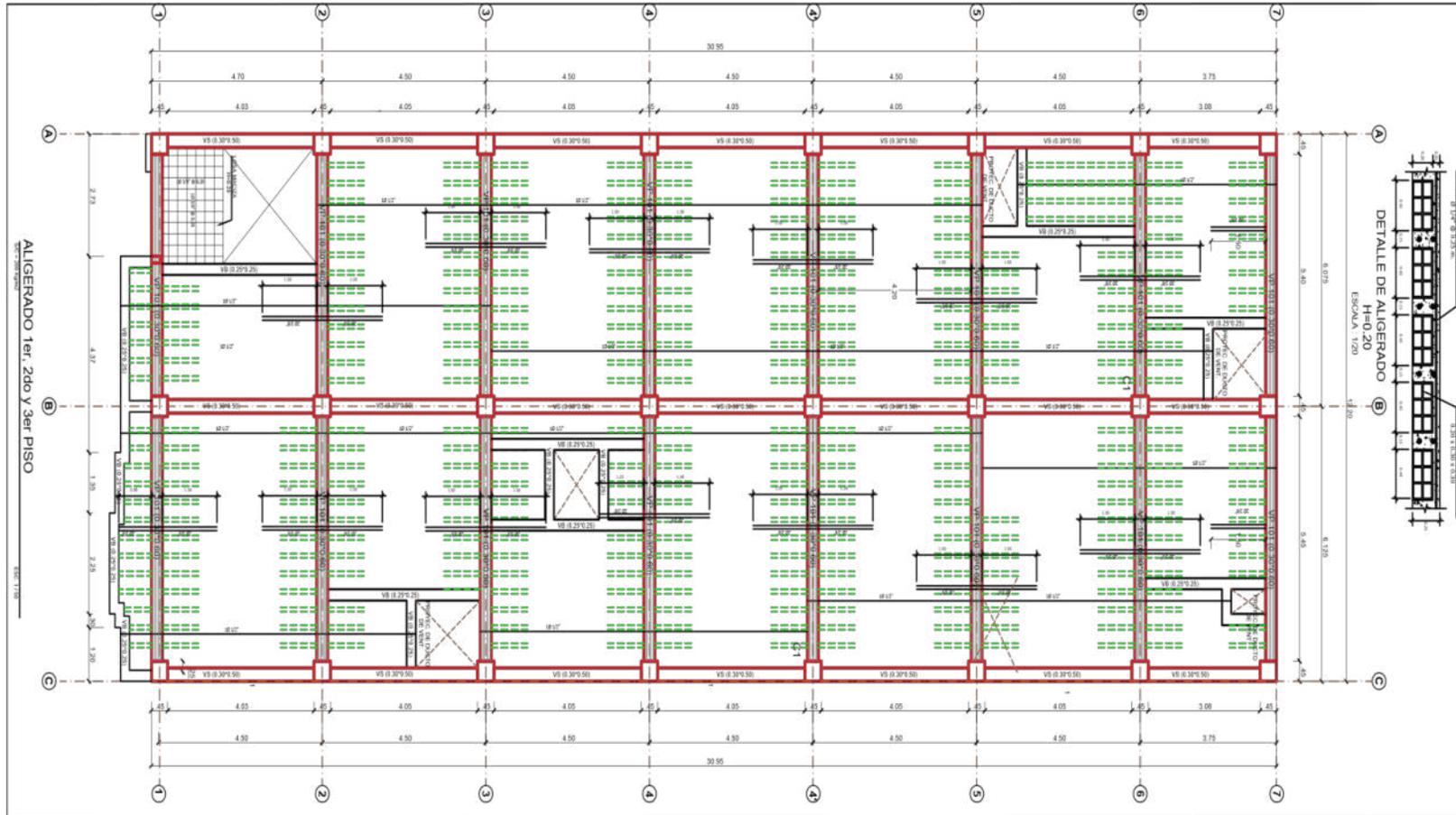
Plano de losa aligerada convencional \_ edificación 01

Plano de edificación 01\_ sistema vigacero



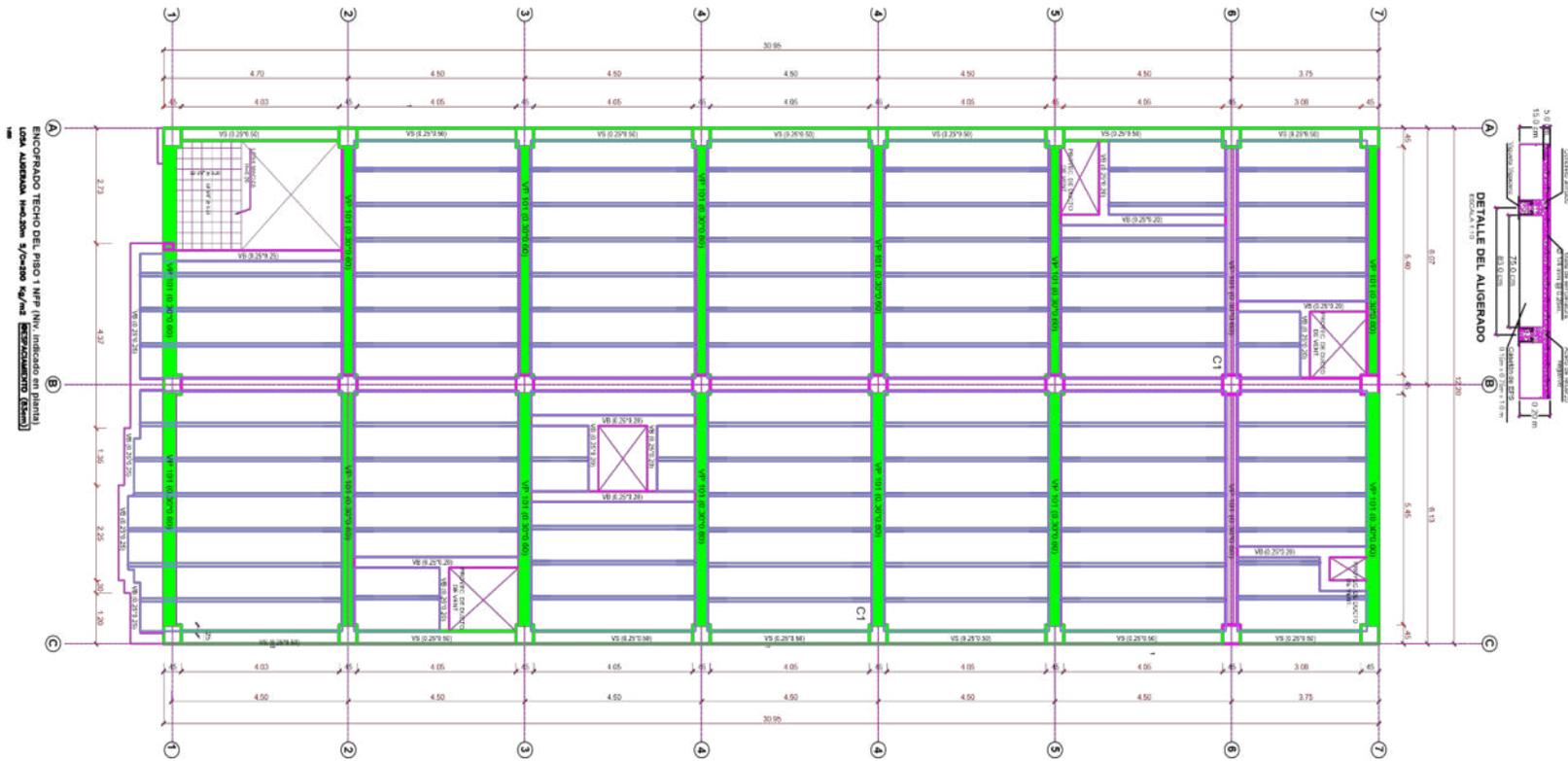
Plano de losa aligerada vigacero \_ edificación 01

Plano de edificación 02\_ sistema convencional



Plano de losa aligerada convencional \_ edificación 02

Planos de edificación 02\_ sistema vigacero



Plano de losa aligerada vigacero \_ edificación 02