

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**LAS VIGUETAS PREFABRICADAS DE ACERO EN
LAS LOSAS ALIGERADAS DE LAS
EDIFICACIONES RESIDENCIALES DE LA
PROVINCIA DE HUANCAYO**

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

Autor: Bach. Salazar Mantari, Cesar Eduardo

Asesores: Ing. Carlos Alberto Jesus Sedano

Ing. Carlos Gerardo Flores Espinoza

Líneas de investigación institucional: Nuevas Tecnologías y Procesos

Huancayo – Perú

2023

HOJA DE CONFORMIDAD DE JURADOS

Dr. Ruben Dario Tapia Silguera

PRESIDENTE

Ing. Giancarlo Fernando Meza Terbullino

JURADO

Mg. Manuel Ivan Maita Perez

JURADO

Mg. Yina Milagro Ninahuanca Zavala

JURADO

Mtro. Leonel Untiveros Peñaloza

SECRETARIO DOCENTE

DEDICATORIA

A mi padre celestial quien siempre ha guiado mi camino y mi vida en general. A mis familiares; por su amor incondicional y por creer en mí siempre, por sus esmeros y su apoyo día a día, que ha sido la razón de mi éxito.

Bach. Salazar Mantari, Cesar Eduardo

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, quienes me brindaron su apoyo incondicional durante toda mi vida, quienes con su apoyo, consejo y ánimo fueron fundamentales para la culminación de mi carrera profesional.

Bach. Salazar Mantari, Cesar Eduardo

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0131- FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la **TESIS**; Titulado:

LAS VIGUETAS PREFABRICADAS DE ACERO EN LAS LOSAS ALIGERADAS DE LAS EDIFICACIONES RESIDENCIALES DE LA PROVINCIA DE HUANCAYO

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : **BACH. SALAZAR MANTARI CESAR EDUARDO**

Facultad : **INGENIERÍA**

Escuela Académica : **INGENIERÍA CIVIL**

Asesor(a) Metodológico : **MG. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA**

Asesor(a) Tematico : **ING. CARLOS ALBERTO JESUS SEDANO**

Fue analizado con fecha **08/03/2024**; con **117 págs.**; con el software de prevención de plagio (Turnitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de **20 %**.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: ***Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.***

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 08 de marzo de 2024.



MTRA. LIZET DORIELA MANTARI MINCAMI
JEFA

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

CONTENIDO

CONTENIDO	v
CONTENIDO DE TABLAS	viii
CONTENIDO DE FIGURAS	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii
CAPÍTULO I.....	14
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.1. Descripción del Problema	14
1.2. Delimitación del Problema	15
1.2.1. Espacial.....	15
1.2.2. Temporal	15
1.2.3. Conceptual.....	15
1.3. Formulación del Problema.....	15
1.3.1. Problema General	15
1.3.2. Problemas Específicos.....	16
1.4. Justificación	16
1.4.1. Social o práctica	16
1.4.2. Científica o teórica.....	17
1.4.3. Metodológica.....	17
1.5. Limitaciones.....	18
1.6. Objetivos	18
1.6.1. Objetivo General	18
1.6.2. Objetivos Específicos	18
CAPÍTULO II	19
MARCO TEÓRICO	19
2.1. Antecedentes.....	19
2.2. Bases teóricas o científicas	29
2.2.1. Viguetas prefabricadas de acero	29
2.2.2. Viguetas prefabricadas	32
CAPÍTULO III.....	47

HIPÓTESIS.....	47
3.1. Hipótesis.....	47
3.1.1. Hipótesis General.....	47
3.2. Variables	47
3.2.1. Definición conceptual de la variable	47
3.2.2. Definición operacional de la variable	47
3.3. Operacionalización de variables	48
CAPÍTULO IV.....	49
METODOLOGÍA.....	49
4.1. Método de investigación	49
4.2. Tipo de investigación	50
4.3. Nivel de investigación.....	50
4.4. Diseño de investigación	50
4.5. Población y muestra	51
4.5.1. Población	51
4.5.2. Muestra	51
4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	51
4.6.1. Técnicas de recolección de datos.....	51
4.6.2. Instrumentos	52
4.7. Procesamiento de la información	52
4.8. Técnicas y análisis de datos	52
CAPÍTULO V.....	53
RESULTADOS	53
CAPÍTULO VI.....	80
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	80
CONCLUSIONES.....	85
RECOMENDACIONES	87
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	48
Tabla 2. Características de los casetones de EPS	56
Tabla 3. Comparativo de resistencias para viguetas	57
Tabla 4. Especificaciones de la vigueta prefabricada de acero	64
Tabla 5. Valores de cortante	66
Tabla 6. Comparación de resistencia con otros sistemas de viguetas prefabricadas	66
Tabla 7. Ventajas del sistema de viga prefabricada de acero frente a otros tipos de viguetas	66
Tabla 8. Ventajas técnicas y funcionales	67
Tabla 9. Peso propio (kg/m ²) de acuerdo con el tipo de sistema	68
Tabla 10. Peso total del casco = 800 kg/m ² empleando prelosa de e=25 cm, según: (kg/m ²) .	68
Tabla 11. Con losa con vigueta prefabricada e=25 cm es 680 kg/m ² (kg/m ²)	68
Tabla 12. Ahorro en masa sísmica para esta obra específica: (kg/m ²)	68
Tabla 13. Diferencia de Costos	70
Tabla 14. Aislamiento térmico en techo con ladrillo arcilla h=15 cm	74
Tabla 15. Aislamiento térmico en techo con vigueta prefabricada de acero	74
Tabla 16. Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m ² K.....	75

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Paso 1: Colocar una madrina perimetral de nivelación	33
Figura 2. Paso 2: Coloca las viguetas dentro de la dala, trabe, muro o viga.....	34
Figura 3. Paso 3: Colocación del total de bovedillas.....	34
Figura 4. Paso 4: Utilizar una bovedilla de cemento-arena	35
Figura 5. Paso 5: Colocar la malla electrosoldada sobre las bovedillas	35
Figura 6. Paso 6: Colocar concreto para formar la losa	36
Figura 7. Paso 7: Curado de la losa	36
Figura 8. Paso 8: Des apuntalamiento de las viguetas.....	37
Figura 9. Proceso de viguetas prefabricadas	38
Figura 10. Componentes del sistema de viga prefabricada de acero.....	54
Figura 11. Esfuerzo-deformación de vigueta prefabricada de acero	55
Figura 12. Viguetas en los tipos de losas.....	55
Figura 13. Detalle isométrico de vigueta corrugada.....	56
Figura 14. Sección de Vigueta e Isométrico del sistema viguetas prefabricadas de acero.....	58
Figura 15. Resultados de distancia entre ejes de viguetas es 0.84 m y casetón de 0.75 m. H =Espesor de la losa aligerada en cm. (*) losas continuas de espesor igual o mayor a 25 cm se le colocará acero de refuerzo negativo en obra según diseño.	60
Figura 16. Resultados de distancia entre ejes de viguetas es 0.69 m y casetón de 0.60 m. H =Espesor de la losa aligerada en cm. (*) losas continuas de espesor igual o mayor a 25 cm se le colocará acero de refuerzo negativo en obra según diseño	61
Figura 17. Cálculo de peso propio por m ² . $(162 \text{ kg/m}^2)/(300 \text{ kg/m}^2)=54\%$	62
Figura 18. Peso por metro cuadrado de losas aligeradas con sistema de viguetas prefabricadas de acero. * Estos son los espesores más comerciales. Según el diseño podría variar la separación entre viguetas	64
Figura 19. Diferencia % NTN-Proy. Aprob. =150%	69
Figura 20. Tipo de losas entre piso.....	70
Figura 21. Cantidad de tablas: 0 P2, soleras: 0 unid, puntales: 0 unid para losas con viguetas prefabricadas de acero.....	72
Figura 22. Cantidad de tablas:286.61 P2, soleras:10 unidades=26.62 ml y puntales: 24 unidades para losas convencionales.....	72
Figura 23. Viguetas prefabricadas colocadas	73

Figura 23. Instalación de viguetas y casetones	73
Figura 25. Análisis del aislamiento térmico con losa tradicional. Si $2.66 >$ mayor A 2.20 W/m^2 . °C no cumple	74
Figura 26. Análisis del aislamiento térmico con losa tradicional. Si $0.30 <$ menor a 2.20 W/m^2 . °C si cumple.....	75
Figura 27. Valores de transmitancia térmica	76
Figura 28. Losa antes planteada. Contiene 10 viguetas pretensadas, 297 bovedillas de arcilla, 0.09 m ³ /m ² de concreto, 5 vigas soleras y 36 puntales	76
Figura 29. Losa con viguetas prefabricada de acero. Contiene 06 viguetas prefabricadas de acero, 35 casetones de EPS, 0.066 m ³ /m ² de concreto, 3 vigas soleras y 14 puntales	76
Figura 30. Optimización de tiempo de ejecución. Se gana un mes calendario en obra	77
Figura 31. Corte longitudinal y transversal	78

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema de investigación: ¿Cuáles son las características de las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones residenciales de la provincia de Huancayo, en el año 2023?, el objetivo fue: Describir cuáles son las características de las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones residenciales de la provincia de Huancayo, en el año 2023. No se tuvo hipótesis debido a que; no en todas las investigaciones cuantitativas se plantean hipótesis. El hecho de que se formule o no hipótesis depende de un factor esencial: el alcance inicial del estudio. Las investigaciones cuantitativas que formulan hipótesis son aquellas cuyo planteamiento define que su alcance fue correlacional o explicativo, o las que tienen un alcance descriptivo, pero que intentan pronosticar una cifra o un hecho (Hernández et al., 2014). La investigación tuvo como método general al método científico, fue de tipo básica, de nivel de investigación fue descriptivo y tuvo un diseño no experimental; ya que no hubo manipulación deliberada de la variable en estudio. La población estuvo constituida por las losas aligeradas de las edificaciones residenciales de la provincia de Huancayo. La muestra estuvo constituida por las losas aligeradas de la edificación residencial ubicada en la calle Ricardo Palma N° 248 del distrito de Chilca de la provincia de Huancayo. Por lo que se tuvo un muestreo no probabilístico del tipo por conveniencia. Se concluyó que el sistema de viguetas prefabricadas de acero es capaz de reemplazar al sistema de losa aligerada convencional, debido a que es posible cubrir paños más grandes con menor espesor de losa y en menor tiempo que otros sistemas de entrepiso, dadas las ventajas que ofrece este sistema porque fue sencilla la instalación.

Palabras clave: Viguetas, prefabricado, acero, losas, aligerada.

ABSTRACT

The present research had as a research problem: What are the characteristics of prefabricated steel joists in the lightened slabs of residential buildings in the province of Huancayo, in the year 2023? The objective was: To describe what are the characteristics of prefabricated steel joists in the lightened slabs of residential buildings in the province of Huancayo, in the year 2023. There was no hypothesis because not in all quantitative researches hypotheses are proposed. Whether or not hypotheses are formulated depends on an essential factor: the initial scope of the study. Quantitative researches that formulate hypotheses are those whose approach defines that their scope was correlational or explanatory, or those that have a descriptive scope, but try to predict a figure or fact (Hernández et al., 2014). The general method of the research was the scientific method, it was basic, the research level was descriptive and it had a non-experimental design, since there was no deliberate manipulation of the variable under study. The population consisted of lightened slabs of residential buildings in the province of Huancayo. The sample consisted of the lightened slabs of the residential building located at 248 Ricardo Palma Street in the district of Chilca in the province of Huancayo. Therefore, a non-probabilistic convenience sampling was used. It was concluded that the system of prefabricated steel joists is capable of replacing the conventional lightened slab system, since it is possible to cover larger areas with less slab thickness and in less time than other floor slab systems, given the advantages offered by this system because it was easy to install.

Key words: Joists, prefabricated, steel, slabs, lightened.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tuvo como objetivo describir cuáles son las características de las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones residenciales de la provincia de Huancayo, en el año 2023. Se realizó esta investigación porque existe la necesidad de realizar un adecuado análisis de la importancia de trabajar con las viguetas prefabricadas en las losas aligeradas, ya que, las losas aligeradas son elementos estructurales de concreto armado que se utilizan en la construcción de edificios y viviendas. Estas losas logran un menor peso gracias a los elementos de relleno que tienen, como ladrillos o Tecnopor. Es por ello, por lo que las viguetas prefabricadas son una opción popular para las losas aligeradas, ya que permiten reducir el tiempo de construcción y los costos de mano de obra. La investigación tuvo como método general al método científico, fue de tipo básica, de nivel de investigación fue descriptivo y tuvo un diseño no experimental; ya que no hubo manipulación deliberada de la variable en estudio.

Para el adecuado desarrollo de esta investigación, se estructuró en 06 capítulos, que se describen a continuación:

Capítulo I: Planteamiento del problema: En este capítulo se describió el problema, su delimitación, formulación, justificación, limitaciones y objetivos de la investigación.

Capítulo II: Marco teórico: En este capítulo se desarrolló los antecedentes y bases teóricas o científicas de la investigación.

Capítulo III: Hipótesis: Aquí se desarrolló la hipótesis, variables y operacionalización de variables.

Capítulo IV: Metodología: Se mencionó el método de investigación, tipo, nivel y diseño de investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos de recopilación de datos, técnicas y análisis de datos.

Capítulo V: Resultados: Se desarrolló los resultados del tema investigado.

Capítulo VI: Análisis y discusión de resultados: En este acápite se mostró las discusiones de los resultados obtenidos en la investigación.

Finalmente, se expuso las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del Problema

Canadá fue el lugar donde cayeron parcialmente varias vigas prefabricadas con una luz media de 33,5 metros. Las condiciones de soporte inadecuadas condujeron a un estado de equilibrio inestable en las vigas, lo que finalmente resultó en la tragedia que ocurrió. La inestabilidad lateral que se produce en las vigas prefabricadas hace que caigan y, como resultado, los sistemas de soporte dentro de la viga tienen muy pocas posibilidades de evitar que la viga gire alrededor de su eje longitudinal. La torsión, la rotación del cuerpo rígido alrededor de su eje longitudinal y la flexión lateral son características que a menudo se observan en este tipo de falla. Es posible eliminar la parte de cuerpo rígida ya que el componente retorcido es a menudo considerablemente más pequeño que la sección de cuerpo rígida. Es posible que la estabilidad lateral de las vigas prefabricadas se vea afectada directamente por una variedad de elementos, incluida la longitud y la forma de la viga, así como otras consideraciones, además de tensiones laterales como el viento. El resultado final es que las vigas de hormigón pretensado y prefabricado son componentes que se utilizan ampliamente en una amplia gama de sistemas de construcción. Como resultado de los avances tecnológicos en procedimientos de fabricación y concreto más fuertes que son más precisos y eficientes, estos componentes tienen una mayor cantidad de luces, menos secciones y una eficiencia mecánica mejorada (Alvarenga et al., 2020).

Las técnicas de construcción en Perú y otras naciones se mejoran y desarrollan constantemente, y periódicamente se introducen nuevos componentes estructurales. Las vigas prefabricadas y las bóvedas de poliestireno son dos enfoques que hacen contribuciones importantes a este enfoque de innovación y crecimiento; sin embargo, no son tan conocidos como es necesario. Con una mejor comprensión de sus cualidades, es posible que podamos ubicar un muy buen plan que maximice la eficiencia de las personas en términos de tiempo, construcción, resultados y costos. Como resultado de esto, está muy claro que el tiempo es un componente esencial en el conjunto de las actividades que se llevan a cabo en el mundo contemporáneo. Después de todo lo dicho y hecho, con la intención de construir un marco que

incorpore todos los componentes imaginables, se decide poner estas nuevas formas a disposición para su uso e investigación. Los lugareños son conscientes de que reducir el peso de la estructura dará como resultado una fuerza basal más baja, lo que reducirá la fuerza y otras tensiones de carga que se aplican a los componentes estructurales de casas y edificios durante un terremoto, disminuyendo así la cantidad de material e irreparable daño que ocurre (Ruiz, 2019). Que se utilicen bóvedas de poliestireno y viguetas prefabricadas es algo que los lugareños conocen por este motivo.

Se estima que alrededor del cincuenta por ciento de las estructuras en Huancayo son construcciones locales que no cumplen con ningún requisito de diseño estructural. Si bien se cree que el Valle del Mantaro es una zona de riesgo medio-alto, existe la posibilidad de incorporar tecnologías de vanguardia que actualmente no están siendo utilizadas. Un ejemplo de esto sería la utilización de losas prefabricadas para encendedores, que ofrecen ventajas tanto en términos de estructura como de coste. Sin embargo, esto sólo es posible si se utiliza la técnica de construcción y el diseño estructural adecuados. Debido al hecho de que se conservan vidas humanas dentro de estas estructuras, es evidente que el gobierno y los propios ingenieros dan una importancia mínima al diseño estructural de los edificios que se han construido anteriormente. Huancayo, como consecuencia, tiene requisitos excepcionalmente bajos para el diseño estructural de edificios y otras estructuras. En particular, este es el caso a la luz de la tecnología moderna, como las losas prefabricadas.

1.2. Delimitación del Problema

1.2.1. Espacial

La investigación actual se realizó en una estructura residencial denominada Calle Ricardo Palma N° 248, que se encuentra en la zona de Chilca de la provincia de Huancayo.

1.2.2. Temporal

La investigación se realizó entre los meses de agosto a diciembre del año 2023.

1.2.3. Conceptual

La realización de la propuesta buscó establecer el desarrollo del tema de viguetas prefabricadas, debido a que es la variable en la presente investigación.

1.3. Formulación del Problema

1.3.1. Problema General

¿Cuáles son las características de las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones residenciales de la provincia de Huancayo, en el año 2023?

1.3.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cuáles son las características de los componentes del sistema de las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023?
- b) ¿Cuáles son las características de la resistencia para las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023?
- c) ¿Cuáles son las características del peso propio por m² para las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023?
- d) ¿Cuáles son las características de los costos para las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023?

1.4. Justificación

1.4.1. Social o práctica

Fernández (2020) afirma que la investigación puede proporcionar contribuciones prácticas tanto directas como indirectas relacionadas con las cuestiones genuinas en estudio, así como proporcionar una comprensión más integral. Además, se observa que una investigación tiene fundamentos prácticos cuando su creación ayuda a resolver problemas o, al menos, sugiere enfoques que, de implementarse, ayudarían a resolver problemas. Es esencial recordar que los proyectos de investigación realizados por estudiantes universitarios a menudo se consideran útiles.

Los elementos estructurales del hormigón armado que se utilizan en la construcción de viviendas y estructuras se conocen como losas más ligeras. El motivo para realizar este estudio fue la necesidad de analizar adecuadamente la aplicabilidad del uso de viguetas prefabricadas sobre losas aligeradas. Los edificios y residencias se construyen con losas más ligeras. Esta investigación fue analizada debido a las circunstancias que la requerían. Estas losas pueden alcanzar un peso menor que las losas tradicionales debido a los materiales de relleno que incluyen, como ladrillos o Tecnopor. Las viguetas prefabricadas son un sustituto

popular de las losas más ligeras debido a esto. Esto es como resultado de su mayor peso ligero. Esto se debe a que, para las personas interesadas en crear sus propias estructuras, brindan la ventaja de reducir el tiempo y el costo asociados con la construcción.

1.4.2. Científica o teórica

Según Álvarez (2020), describir las lagunas de conocimiento existentes que el estudio intenta llenar es fundamental antes de ofrecer una explicación teórica. Se podrían ofrecer varias justificaciones basadas en un enfoque teórico para respaldar la importancia de estudios futuros. Una característica común de los artículos es una parte que pregunta sobre la aplicabilidad de los hallazgos. La explicación teórica es el principal elemento utilizado para caracterizar la importancia de la investigación. Esta parte se puede encontrar en una variedad de publicaciones.

El objetivo de este estudio fue la confirmación, ampliación o mejor conocimiento de viguetas prefabricadas sobre losas aligeradas. Estos objetivos fueron la razón para hacer esta investigación. El objetivo de esta investigación fue obtener datos confiables y al mismo tiempo tomar en consideración los requisitos de la legislación peruana.

1.4.3. Metodológica

Cuando se desarrolla un plan o estrategia novedosa para realizar investigaciones que permitan la recopilación de datos confiables o válidos, se adquiere justificación metodológica. Esto se lleva a cabo con el fin de cumplir el propósito del estudio. Con un espíritu similar, una nueva metodología que incorpore formas adicionales de experimentar una o más variables, el desarrollo de un nuevo instrumento para la recolección o análisis de datos, o el estudio más apropiado de una población específica se consideran todos metodológicamente justificados (Fernández, 2020).

Cualquier otro investigador se beneficiaría al conocer el diseño y uso de las herramientas de recolección de datos para las viguetas prefabricadas en las losas más ligeras. Esto permitiría a las personas investigar situaciones que la ciencia puede estudiar utilizando métodos científicos. Por lo tanto, estos instrumentos pueden emplearse en otras actividades de investigación que ayudarían a sugerir nuevos tipos de estudios después de que se hayan demostrado su validez y confiabilidad. Esto se debe a que estas herramientas permiten proponer metodologías de investigación novedosas.

1.5. Limitaciones

No se tuvieron limitaciones trascendentales.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Describir cuáles son las características de las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones residenciales de la provincia de Huancayo, en el año 2023.

1.6.2. Objetivos Específicos

- a) Mencionar cuáles son las características de los componentes del sistema de las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023.
- b) Mostrar cuáles son las características de la resistencia para las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023.
- c) Enunciar cuáles son las características del peso propio por m² para las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023.
- d) Advertir cuáles son las características de los costos para las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

Antecedentes internacionales

Al analizar el comportamiento de carga lateral de estas conexiones, Kallama y Kumar (2022) buscaron asegurar el desempeño esperado en su estudio Evaluación numérica no lineal de la conexión de columnas secas de has prefabricado con pernos incrustados. Para asegurarse de que las conexiones funcionen según lo previsto, se hizo esto. La investigación utilizó una arquitectura experimental y una técnica cuantitativa además de ser descriptiva y aplicada. La muestra se produjo mediante muestreo no probabilístico en combinación con un censo, y la población se compuso de marcos prefabricados conectados entre sí mediante cemento seco. La observación estructurada fue el método utilizado y las herramientas incluyeron hojas de recopilación de datos. La respuesta de desplazamiento de fuerza de todas las juntas muestra que la rigidez inicial de la junta es similar a la junta monolítica equivalente, a pesar del hecho de que la carga de fluencia y la carga final de todas las juntas, incluida la muestra de referencia RF1, son mayores que la contraparte monolítica. Esta fue la principal conclusión a la que llegó el estudio. En consecuencia, la carga máxima de RF1 es un 12% mayor, la carga máxima de SP2 es un 7% mayor y la carga máxima de SP1 es un 10% mayor que la de su equivalente monolítico. La deformación que tiene lugar en los componentes de la junta, los pernos, el acero de incrustación y las placas terminales, por ejemplo, determina la distinción entre la fluencia y el comportamiento final de la junta. Estas deformaciones controlan la fluencia y el comportamiento final de las juntas prefabricadas, mientras que las deformaciones en el núcleo de la junta de hormigón armado controlan el comportamiento de la junta monolítica. Los contornos de tensión ilustran el comportamiento de las uniones prefabricadas SP1 y SP2. Estas

juntas están diseñadas teniendo en cuenta consideraciones de diseño de capacidad desde el principio hasta el final del proceso de construcción para reducir la falla por corte frágil y el fenómeno de viga débil de las columnas fuertes. El patrón de fractura del material y la deformación plástica se muestran en el gráfico de contorno de tensión PEMAG y PE (máximo, principio). Además, el gráfico muestra las posiciones de las tensiones críticas de la barra de refuerzo. El gráfico muestra que la incapacidad de la viga para doblarse fue la razón por la que ambas uniones se rompieron, incluso si las secciones de conexión siguen siendo elásticas. A lo largo de la prueba, no se observaron signos de deformación por corte en ninguna de las juntas. La zona plástica crítica se empuja alejándose de la cara de la junta cuando se inserta una placa en el área de la junta. El comportamiento último de la unión así como su comportamiento elástico y último se pueden apreciar gracias al análisis FEM que se realizó en ambas uniones. Se descubrió que, contrariamente a lo que se creía anteriormente, la placa terminal, los refuerzos y los pernos del sistema de conexión mecánica en seco prefabricado podían construirse más rápida y fácilmente. En investigaciones anteriores se examinó una variedad considerable de técnicas de conexión mecánica en seco. La conexión que se ha sugerido está formada por pernos embebidos y tiene cualidades de dispersión de carga más beneficiosas junto con facilidad de moldeo e instalación.

En el artículo "Análisis paramétrico de soluciones analíticas del vuelco de vigas prefabricadas sobre soportes portantes", Alvarenga et al. (2020) examinaron la cuestión de la estabilidad lateral de la viga cuando la estructura se ensambla sobre soportes elastoméricos, generalmente en una configuración de bisoporte. Examinaron el problema utilizando una metodología analítica. La investigación utilizó una arquitectura experimental y una técnica cuantitativa además de ser descriptiva y aplicada. La población se creó mediante vigas de hormigón pretensado y prefabricado, mientras que la muestra se creó mediante procesos de muestreo y censo no probabilísticos. La observación estructurada fue el método utilizado y las herramientas incluyeron hojas de recopilación de datos. El comportamiento del haz cuando se cambiaron los parámetros especificados se verificó mediante un análisis paramétrico. Este fue el principal hallazgo que surgió de la investigación. los atributos básicos del haz de análisis paramétrico, como la rotación inicial del haz 0,5. La excentricidad inicial que se tuvo en cuenta fue $L/1000$. La investigación de Hurff y Kahn se tuvo en cuenta al determinar el tamaño del dispositivo de soporte. El dispositivo de soporte era de 61 centímetros por 36 centímetros y 7,3 milímetros de tamaño. Estaba formado por cuatro láminas de acero que estaban esquematizadas, con dos capas elastoméricas exteriores de 7,5 milímetros cada una y tres capas

elastoméricos interiores de 15 milímetros cada una. La ecuación 10 calcula la fuerza máxima y el ángulo de vuelco correspondiente por cada 100.000 simulaciones, teniendo en cuenta el carácter estocástico de los componentes especificados anteriormente. Debe tener en cuenta que se utilizaron números aleatorios para determinar el módulo de elasticidad del concreto y la excentricidad lateral inicial. Teniendo el primero un coeficiente de variación de 0,61 y el segundo un coeficiente de variación de 0,15, esto se hizo teniendo en cuenta una distribución normal. Teniendo en cuenta la rigidez del soporte, los valores aleatorios pueden oscilar entre el 25% y el 100% de la rigidez total del valor predeterminado. Se consideró qué fuerza provocó la fractura de la viga por primera vez. Se ha demostrado que la carga máxima que podría soportar la viga antes de voltear se puede determinar utilizando la solución analítica no lineal proporcionada aquí, que caracteriza el comportamiento de una viga con excentricidad inicial y rotación en dispositivos de soporte. Además, se presenta un método para identificar la primera grieta en la viga antes de su vuelco. Mediante el uso de un análisis paramétrico que se creó utilizando estas respuestas como base, se identificó el comportamiento mecánico del haz.

En el artículo titulado "Efecto de la carga del viento sobre la inestabilidad lateral de vigas prefabricadas sobre soportes de cojinetes elastoméricos", Cardoso y Lima (2020) buscaron evaluar cómo se comportaban las vigas de hormigón sobre soportes elastoméricos y al mismo tiempo tener en cuenta los efectos del viento, la rigidez a la compresión de los soportes, y la resistencia del hormigón. La investigación utilizó una arquitectura experimental y una técnica cuantitativa además de ser descriptiva y aplicada. El programa informático ANSYS sirvió como representante de la población, mientras que el muestreo no probabilístico y los métodos censales conformaron la muestra. La observación estructurada fue el método utilizado y las herramientas incluyeron hojas de recopilación de datos. Los hallazgos más significativos mostraron que cuando está presente la demanda máxima, el cojinete elastoméricos para el cojinete B también cumple su límite de compresión. Mientras se realizaba la misma investigación, se encontró esto. Se encuentra en su estado más vulnerable cuando la presión del viento ejercida contra él equivale a 2,0 kPa. En este caso, el área efectiva necesaria para preservar la estabilidad de la viga y evitar el colapso es de $4,80 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$ (23 áreas), que es más que los $1,89 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2$ necesarios para cumplir con la restricción. El desplazamiento horizontal logrado al tener en cuenta las no linealidades tanto geométricas como físicas fue aproximadamente un 12% mayor que el obtenido al utilizar solo análisis geométrico no lineal para el haz AASHTO Tipo IV con f_{ck} igual a 90 MPa y una presión del viento de 1,0 kPa. Las investigaciones han demostrado la necesidad crítica de tener en cuenta la estabilidad lateral de

las vigas de hormigón prefabricadas, particularmente durante tiempos de transición en los que surgen requisitos de diseño imprevistos. Además, la información que se ha hecho accesible indica que la estabilidad lateral se ha identificado como un factor que históricamente ha contribuido a los accidentes. En cuanto a la viga sobre soportes flexibles, tales elastómeros, es bien sabido que la demanda de pastillas es mayor en las proximidades del centro de la viga. La distribución de rigidez a la compresión ilustra esto.

Utilizando almohadillas de soporte de elastómero, Cardoso y Lima (2018) realizaron un estudio con el título "Comportamiento físico y geométrico no lineal de vigas prefabricadas sobre soportes elastoméricos", con el objetivo de evaluar estadísticamente el comportamiento de vigas de concreto con defecto geométrico. Su objetivo específico era determinar el comportamiento de estas vigas. Además, planearon observar cómo el sistema se veía afectado por elementos que incluían la no linealidad física del concreto, la resistencia a cargas típicas y la rigidez a la compresión de las almohadillas. Este fue un esfuerzo de investigación descriptiva y aplicada que utilizó un diseño experimental y un enfoque cuantitativo. La población estaba formada por vigas de hormigón fabricadas y la muestra se obtuvo mediante técnicas de muestreo tanto no probabilísticas como censales. Los equipos utilizados eran trozos de papel para la recopilación de datos y el enfoque utilizado se conocía como observación estructurada. Uno de los hallazgos más importantes fue que la resistencia inherente del hormigón proporciona protección contra la pérdida de contacto entre la viga y el soporte. A medida que el valor de f_{ck} subió hacia 90 MPa, se vio que no había pérdida de contacto entre las vigas B1, B2 y B3 y el soporte de soporte A. Se señaló que este fenómeno existía. Se observó que no hubo pérdida de contacto entre los haces B, incluso si esto no se confirmó para valores de f_{ck} más bajos. Este fue un descubrimiento asombroso. Además, en comparación con la región sombreada asociada con las vigas con $f_{ck} = 27,5$ MPa y $f_{ck} = 90$ MPa, hay una ganancia del 6% en el área de la almohadilla de soporte para el caso más significativo, representado por la viga B8. Esto resiste con éxito la rotación del cuerpo de viga rígida. La razón de esto es porque el área de la almohadilla de soporte es mayor que el área de superficie de la viga. La resistencia típica del hormigón de la viga, como lo muestra el soporte de soporte A, también es evidente que tiene un impacto significativo en la estabilidad del elemento con respecto al vuelco. Es observable que algo existe. Además, esta es la situación relativa a la ayuda de apoyo B. Hay menos pérdida de contacto entre la viga y la almohadilla de soporte en circunstancias en las que los valores de f_{ck} son más altos. Como resultado, con el fin de alcanzar un compromiso entre el cuerpo rígido, un mayor porcentaje de la almohadilla de soporte puede funcionar

eficazmente. Utilizando el haz B3 como referencia, se utilizó la excentricidad inicial para calcular el límite especificado por el PCI [8]. Además, hay una pérdida de contacto de la superficie de apoyo del 23% cuando el valor f_{ck} es equivalente a 27,5 MPa. Esa es la situación. Después de eso, al 13% para $f_{ck} = 45$ MPa, este valor se conecta en red, y al 3,7% para $f_{ck} = 90$ MPa, hay una región de soporte sin ningún contacto con el haz. Estos dos niveles de asistencia son alcanzables. Existen diferentes porcentajes en los que estas dos variables están relacionadas entre sí. Se demostró que los accidentes y colapsos de vigas documentados en la literatura están relacionados con la inestabilidad lateral de vigas prefabricadas durante la fase de tránsito. El resultado que se logró fue este. Como resultado, es crucial investigar el tema y tomar conciencia de los muchos factores que afectan el comportamiento de los haces. Esto se debe a que el comportamiento de las vigas es un elemento crucial.

El objetivo del estudio de Jaya y Rajeswari (2022) fue investigar el comportamiento sísmico de las conexiones de emulación prefabricadas de viga a columna, tanto interiores como exteriores. El propósito de su artículo, "Rendimiento cíclico de la conexión de emulación de haz a columna prefabricada con Pin Corbel", era investigar el comportamiento sísmico de la conexión. Para construir esta conexión se utilizaron hormigón fundido in situ y pasadores de acero inyectado, que luego se sometieron a una fuerza cíclica inversa cuasi estática. Este fue un esfuerzo de investigación descriptiva y aplicada que utilizó un diseño experimental y un enfoque cuantitativo. La población se construyó utilizando hormigón fundido y pasadores de acero inyectado, y se seleccionaron muestras representativas de la población mediante técnicas censales y de muestreo no probabilístico. Los equipos utilizados eran trozos de papel para la recopilación de datos y el enfoque utilizado se conocía como observación estructurada. La conexión interna monolítica viga-columna (MBC-IJ) alcanzó la carga experimental máxima de 15 kN durante el ciclo de desplazamiento de +24 mm. Entre los descubrimientos más importantes que se hicieron fue este. Además, hubo una disminución de la resistencia tanto en la dirección de carga como en la dirección de carga después del ciclo de desplazamiento de 24 mm. Esto se vio desde ambos ángulos. Para evitar el agrietamiento por cizallamiento en las proximidades de la región de la cara de la junta, se introdujo un refuerzo de confinamiento único a lo largo de diez (200 mm) de cada cara de la junta. El propósito de hacer esto era evitar el agrietamiento por cizallamiento. La conexión interior emuladora viga-columna (EBC-IJ) logró con éxito la carga experimental máxima permitida de 13,6 kN durante el ciclo de desplazamiento de +28 mm. Independientemente de la dirección de carga, se ha demostrado que la degradación de la resistencia no se produce hasta después de un ciclo de desplazamiento

de 28 milímetros debido a la conexión del soporte y la barra de pasadores. La existencia de la conexión de soporte y barra de pasadores permitió este hallazgo. La rotación relativa sustancial que se produce entre la viga prefabricada y el elemento de columna prefabricada provocará un agrietamiento significativo en la interfaz de unión si se realizan más ciclos de carga. La muestra prefabricada presenta un mayor grado de pérdida de energía en comparación con la muestra monolítica. Era un 13,23% y un 16,86% mayor que el espécimen monolítico (MBC-EJ y MBC-IJ) en el caso de las juntas prefabricadas exterior (EBC-EJ) e interior (EBC-IJ) en los lados exterior e interior de la junta, respectivamente. Esto se aplicaba a ambas situaciones. Esto tiene el efecto de permitir una generación muy eficiente de disipación de excitaciones sísmicas a través de la articulación emuladora. Los hallazgos de la investigación mostraron que los especímenes monolíticos tuvieron un rendimiento inferior en términos de ductilidad y capacidades de disipación de energía en comparación con las conexiones fundidas en el sitio utilizando soportes con pasadores. La información llevó a la conclusión que se hizo.

Antecedentes nacionales

En la teoría que Calcina y Ccari presentaron en 2021 Con el fin de realizar un análisis y diseño comparativo de diafragmas (losas) de tipo convencional y con viguetas prefabricadas, se realizó una comparación entre el sistema convencional de losas y losas con viguetas prefabricadas. Esto se hizo como parte del diseño sísmico de una vivienda en Arequipa. En este proyecto de investigación se utilizó un diseño experimental y una técnica cuantitativa, que fue un estudio aplicado. La población de Arequipa estaba compuesta por casas multifamiliares que tenían siete pisos y un sótano, y la muestra fue seleccionada de un censo mediante procedimientos de muestreo no probabilísticos. La ciudad de Arequipa estaba ubicada en el Perú. El equipo constaba de hojas de recopilación de datos y el enfoque utilizado se realizó mediante observación estructurada. Los resultados clave sugirieron que la categoría de edificio es tipo C debido a que ambos casos comprendían viviendas multifamiliares. Debido a la naturaleza de este cálculo, la altura que debe tomarse en consideración en cada una de estas situaciones es de 2,50 metros en los niveles superiores y de 3,00 metros en el primer nivel. También existen diferencias de corte entre las dos formas, que son la forma clásica con iluminación compartida y el modelo de vigueta prefabricada que tiene cada una sus propias características únicas. Cuando se compara con el sistema de viguetas convencional, el sistema de viguetas prefabricadas exhibe una reducción del 14,3% en el cizallamiento basal, como se puede mostrar. Esto indica que el sistema de viguetas prefabricadas tiene menos cizallamiento basal que el típico ya que es más pequeño y ligero que el convencional. Debido a que el sistema

es de naturaleza dual, el período fundamental de la estructura es $Ct = 60$ para la dirección X y $Ct = 60$ para la dirección Y. Esto se debe a que el sistema es dual. La proporción de tiempo que incluyó la participación modal cayó del 7,38 por ciento al 7,87 por ciento, como se mostrará en la siguiente ilustración. En el proceso de uso de viguetas espaciadas hasta cincuenta centímetros, se descubrió que las cizallas en los ejes XX e YY se calcularon para ambos sistemas constructivos. Los resultados de este cálculo mostraron que el sistema de vigas prefabricadas experimentó una reducción de hasta el catorce y treinta por ciento.

En su tesis titulada "Diseño de losas aligeradas con viguetas prefabricadas: solución de casos especiales", Mendoza (2020) se esforzó por obtener una comprensión de los procedimientos específicos que están involucrados en el proceso de transformación de una losa estándar en una losa prefabricada de telaraña abierta Alitec. Entre estos procedimientos se encontraban la adquisición de los planos de ajuste y cotización, la finalización de la conversión y el respaldo de la calculadora original. Además de ser descriptivo y aplicado, el estudio se realizó utilizando una metodología cuantitativa y una arquitectura experimental. La población estaba compuesta por el Sistema de Losas Aligeradas Alitec y la muestra se creó mediante el uso de muestreo no probabilístico y un censo. El equipo constaba de hojas de recopilación de datos y el enfoque utilizado se realizó mediante observación estructurada. Utilizando la tecnología Alitec, los principales resultados revelaron que hay una serie de procesos involucrados en el proceso de cambiar una losa aligerada convencional por una losa aligerada prefabricada. A continuación se proporcionan instrucciones detalladas sobre cómo proceder, con el proyecto de Vivienda Multifamiliar "Neptuno" actuando como ejemplo. La construcción consta de un tejado, un semisótano y cuatro plantas regulares. Además, hay un techo. Hay una losa más ligera en el semibasamento que tiene un tamaño total de 223,63 mm². La zona de losa más clara del suelo típico es de 193,94 milímetros cuadrados. El volumen de la losa iluminada en la azotea es de 191,26 milímetros al cuadrado. Sobre la base de todos los resultados recopilados, se producirán los diseños de encofrado y montaje de las viguetas del Sótano 1. Estos diseños se incluirán en el documento EEEEEEEEE BB – CC/5' – 9, que se refiere al proyecto Edificio Multifamiliar y Oficinas Privadas Don José. Además, se convertirán al sistema Alitec. Utilizando las tablas proporcionadas por la firma Italconcreto, se encontró que sería factible construir un modelo matemático con las combinaciones de carga adecuadas con el fin de convertir una losa aligerada unidireccional estándar al sistema prefabricado Alitec. Se consideró que esto era alcanzable. Entonces se podría decidir qué refuerzo de acero sería eficaz para soportar la vigueta en función de los momentos producidos.

En su tesis titulada "Reducción de la cizalladura basal cuando se utilizan losas con estos materiales", que se publicó en Lima en 2019, Ruiz (2019) intentó determinar si el uso de bóvedas de poliestireno y viguetas prefabricadas en losas más ligeras lograría el efecto deseado de reducir la cizalladura basal. Mediante el uso de un diseño cuasiexperimental y un nivel explicativo, fue un estudio de investigación aplicada cuantitativamente. En la zona de Magdalena del Mar de Lima, el pueblo estaba compuesto por la estructura de Villa Jiménez, que tenía ocho pisos de altura y 217,25 metros cuadrados de tamaño. La muestra se obtuvo mediante una combinación de muestreo no probabilístico y un enfoque censal. El equipo constaba de hojas de recopilación de datos y el enfoque utilizado se realizó mediante observación estructurada. Los resultados clave fueron que las losas aligeradas con viguetas prefabricadas y bóvedas de poliestireno tenían los menores desplazamientos de todas las losas aligeradas en XX. Estas losas aligeradas diferían de la losa aligerada normal en sólo un nueve por ciento. También descubrimos que el desplazamiento YY de bóvedas de poliestireno y losas de vigueta prefabricadas es un 16% diferente al de una losa aligerada convencional. Este es el caso en comparación entre sí. La cantidad máxima de distorsión en XX es 0,007478, que es más que el valor máximo permitido. Además, exhibe las aberraciones más significativas en YY, la mayor de las cuales es 0,004782, lo que significa que cae dentro del rango de 0,007 según lo establecido por la Norma E.030. Según la Norma E.030, las distorsiones máximas en XX, la mayor de las cuales es 0,006975, se encuentran dentro del rango de 0,007 que se especifica. Un hallazgo similar demuestra que la cantidad máxima de distorsión en YY es 0,00331, que cae dentro del rango aceptable de valores. El desplazamiento estructural en la dirección XX se reduce en un 9% en la losa recomendada y la dirección YY se reduce en un 16%. Esto se descubrió durante el proceso de análisis de los datos. Una de las cosas que descubrimos fue que podíamos reducir la cizalladura basal reduciendo los desplazamientos en la losa que se recomendaba.

El objetivo de la tesis de Álvarez (2019), que se tituló "Diseño estructural de un edificio de 12 pisos y 1 sótano utilizando losas aligeradas de viguetas prefabricadas en la ciudad de Huancayo", fue construir una estructura de doce pisos de altura y tenía un solo sótano mediante el uso de tres sistemas de losas aligeradas diferentes: convencional, Vigacero y Firth. Se pretendía que la estructura se construyera con una respuesta sísmica mejorada para estar de acuerdo con las normas que ahora existen, que son E.0.30. Para realizar investigaciones tanto descriptivas como prácticas, este estudio utilizó simultáneamente una metodología cuantitativa y un diseño experimental. Se realizaron comparaciones de los costos y ventajas de tres

tecnologías diferentes de losas de encendedor prefabricadas utilizando la población, que consistía en una estructura que tenía doce pisos de altura y un sótano. Para obtener la muestra se utilizaron métodos de muestreo y censo no probabilísticos. El método utilizado se conoció como observación estructurada y los instrumentos que se utilizaron fueron hojas de recopilación de datos. Los hallazgos más importantes demostraron que esta columna se consideraría acero mínimo ya que experimenta menos tensiones que cualquier otra columna. En consecuencia, serían adecuadas posiciones de 4 pulgadas por 1 pulgada y 12 pulgadas por 3 cuartos, lo que daría como resultado un total de 1,11% de oportunidad. Una vez determinada la cantidad y su distribución, se elabora el diagrama de interacción para descubrir si la cantidad es capaz o no de soportar los momentos flectores actuantes y las tensiones de carga axial. La placa PL-01 está diseñada de acuerdo con la Norma E.030 (art. 5.4), que establece que un elemento debe construirse para el 125 por ciento de la fuerza actuante si una pared o columna absorbe una fuerza de corte horizontal que es mayor o igual al treinta por ciento del corte total en el piso en cuestión. Esto se hace con el propósito de proporcionar una ilustración. Como consecuencia de esto, la placa PL-01 tiene el potencial de absorber el 32,8% de la fuerza de corte que se entrega al piso 1. Como resultado, lo construiremos de manera que pueda soportar el 125% de la fuerza que se ejerce. En la conclusión a la que se llegó, se dijo que se utilizaba el método Tradicional con el fin de producir una losa de color más claro y de un grosor de veinticinco centímetros. Utilizando viguetas convencionales que tienen un hueco de cuarenta centímetros entre sus ejes y pesan trescientos kilogramos por metro cuadrado a su máxima capacidad. Se descubrió que el sistema Vigacero tenía un grosor de 25 centímetros, 84 centímetros entre el eje y el hueco entre el eje para las viguetas prefabricadas, y 210 libras por metro cuadrado de peso individual. Se descubrió que el peralte del sistema Firth era de veinte milímetros y se estableció. Para que la estructura se considere adecuada se requiere una separación entre el eje de la viga postensada Firth de cincuenta centímetros y un peso aceptable de 210 kilogramos por metro cuadrado. Teniendo esto en cuenta, es posible sacar la conclusión de que el peso de los sistemas Vigacero y Firth es comparable con respecto a estos elementos de configuración estructural particulares. En comparación con el método tradicional, esta técnica proporciona un factor de reducción nueve por ciento mayor.

Según Espinoza y Guerra (2018), el propósito de su tesis fue determinar la diferencia de costos entre viguetas de núcleo abierto prefabricadas y losas aligeradas con sistemas convencionales en estructuras multifamiliares. Este fue descrito como el objetivo de su tesis. Dentro del contexto de las estructuras multifamiliares, la tesis se denominó "Análisis

comparativo de costes entre losa aligerada con sistema convencional y viguetas de núcleo abierto prefabricadas." Para el proyecto de investigación se utilizó un diseño experimental que comprendía enfoques de investigación tanto cuantitativos como cualitativos. Este estudio se puso en práctica. Entre los edificios multifamiliares que se incluyeron en la muestra se encontraban el Edificio Multifamiliar Granda y Granda, el Edificio Multifamiliar Velasco Astete, el Edificio Multifamiliar Los Sauces, y el Edificio Multifamiliar Carapungullo. En total, había cuatro edificios multifamiliares que componían la población. Para obtener la muestra se utilizó un método conocido como muestreo no probabilístico. El método utilizado se conoció como observación estructurada y los instrumentos que se utilizaron fueron hojas de recopilación de datos. Los hallazgos más importantes fueron los relacionados con los estándares nacionales de salarios y beneficios sociales para el año fiscal 2017–2018, que entran en vigor del 1 de junio de 2017 al 31 de mayo de 2018. Estas constataciones son aplicables a partir del inicio del ejercicio 2017. Se realizan cálculos sobre el operador, el oficial y los honorarios del trabajador determinados por hora-hombre. Todos los beneficios y contribuciones legalmente exigidos se incluyen en esta estructura de precios. Entre ellos se incluyen el CIC-AFP 1%, el SCTR 1,30% y el EsSalud 9%, entre otros. Tanto el peón como el oficial fueron sometidos a idéntico cálculo; sin embargo, a diferencia de los operadores, el peón y el oficial sólo están valorados en un treinta por ciento en el BUC (Bono Unificado de Construcción). Esto contrasta con los operadores, que están valorados en un treinta y dos por ciento. Como resultado del hecho de que el estadístico $t=-5.957$ se encuentra dentro de la zona de rechazo, se recomienda que se rechace la hipótesis nula ($H(0)$) y se acepte la hipótesis alternativa ($H(1)$). Como resultado, podemos sacar la conclusión de que el uso de vigas de núcleo abierto prefabricadas da como resultado una reducción sustancial en el costo de la losa aligerada con un nivel de significancia del 5%. Se determinó que el encofrado indica la diferencia más representativa al comparar edificios con un área más grande. Esta fue la conclusión a la que se llegó. Los edificios que tienen una mayor superficie tienen el potencial de ahorrar hasta un 58%, lo que establece la importancia de la diferencia. En el clarificado por volumen de hormigón, existe la posibilidad de ver una variación que oscila entre el 20% y el 22%. Se prevé que la cantidad de dinero que se ahorra será del cuarenta por ciento cuando se trata de kilos de acero, mientras que la cantidad promedio de dinero ahorrada cuando se trata de unidades será del seis por ciento. Esto tiene un impacto inmediato en el precio.

2.2. Bases teóricas o científicas

2.2.1. Viguetas prefabricadas de acero

- **Definición**

El uso de estas vigas, construidas con acero estructural, permite construir losas (techos) livianas de forma rápida y sencilla. Son las vigas perimetrales, que pueden estar compuestas por placas de hormigón, hormigón o metal, las que dan soporte a estas vigas. Este método tiene el potencial de sustituir el proceso tradicional de losa de iluminación, que cubre un mayor número de prendas en un menor tiempo mediante el uso de losas más pequeñas. Está formado por viguetas de acero que han sido prefabricadas, hormigón que se ha colocado entre ellas, y una losa superior que tiene una malla de temperatura que ha sido colada in situ y tiene un espesor de al menos cuatro milímetros. Para el acabado del componente no estructural que se encuentra entre las viguetas se utilizan ataúdes de poliestireno expandido de alta densidad (VIGACERO, 2018).

El inusual sistema de construcción, que es un sistema de losas aligeradas con vigas de acero prefabricadas, ha suplantado al sistema normal de losas aligeradas. Esto se debe al hecho de que es capaz de cubrir un área más grande con un espesor de losa más delgado y en un período de tiempo más corto que otros sistemas de entrepiso. Esto se debe a que, además de ser sencillo de instalar, este sistema ofrece además una serie de ventajas. El hormigón se utiliza para rellenar el componente estructural del sistema, que está formado por viguetas de acero que se han fabricado. Además, se incluye en el paquete una losa superior que se funde en su lugar, tiene una malla de temperatura y tiene al menos cuatro centímetros de espesor. Para el acabado del componente no estructural que se sitúa entre las viguetas se utilizan ataúdes de poliestireno expandido de alta densidad. Las viguetas hechas de acero prefabricado miden 9 centímetros de altura y 13 centímetros de ancho. El ala inferior de las viguetas tiene un diseño "TT" invertido. Se ha demostrado que hay una distancia de 84 centímetros entre cada eje. Los salientes de las alas, según SENCICO (2014), dan soporte a las arcas EPS (poliestireno expandido), evitando por tanto que las arcas entren en contacto con el fondo de encofrado.

La única vez que este enfoque exige el uso de apuntalamiento es cuando el tramo libre es superior a 4,50 metros; sin embargo, el encofrado no es necesario en ninguna circunstancia. El acero negativo y la malla de temperatura se colocan en la losa superior de la estructura. La capacidad en cuestión no es necesaria para espesores continuos de losa de más de 25 centímetros. Como característica adicional, existen sistemas eléctricos y sanitarios integrados. Dentro de la losa terminada, hay una parte que está compuesta de

hormigón y acero. Debido a que los componentes de la losa se juntan mediante el proceso de adherencia mecánica, esta sección permite fabricar un diafragma rígido. Para garantizar que el material dure mucho tiempo, se recomienda utilizar una borla hecha de malla de pollo. Un techo hecho de paneles de yeso es otra alternativa que podría considerarse. Las vigas de acero prefabricadas deben cumplir con los estándares del Título III Edificios del Reglamento Nacional de Construcción, específicamente el Capítulo 17, Elementos de Hormigón Compuesto sujetos a Flexión de la Norma de Hormigón Armado E.060. Decreto Supremo No. 011-2006HOUSING fue el decreto que dio su aprobación a estas normas, y el Decreto Supremo No. 010-2009-VIVIENDA fue el decreto que los cambió (SENCICO, 2022).

- **Aplicaciones del sistema de viguetas prefabricadas de acero**

Con la ayuda del sistema de viguetas de acero prefabricado, se colocan losas iluminadas con brazos en lugar de las viguetas convencionales de piso y techo. Las estructuras de mampostería, porticadas, duales y metálicas son algunos de los tipos de construcciones más comunes que son adecuadas con este material. Es compatible con todas las técnicas de construcción. La combinación de estas propiedades, junto con la disminución del peso por metro cuadrado del sistema, da como resultado un rendimiento mejorado en comparación con el sistema que consta de losas más ligeras con vigas estándar. SENCICO, a partir de 2014.

- **Elementos horizontales**

Este sistema de losas aligeradas se compone de mallas de temperatura, viguetas de acero, fundición de hormigón armado y arcas de poliestireno expandido (EPS). Cuando estos elementos trabajan juntos, se forma una losa que es más ligera y con las mismas propiedades de diafragma rígido que antes. Esta losa específica tiene una vida útil más larga que una losa tradicional, además de tener un precio más razonable. Es posible utilizar mediciones variadas de la altura de la losa, lo que podría provocar un cambio en el espesor del cofre manteniendo intacta la sección de la vigueta de acero. Esto permite producir losas de 13, 16, 20, 25 y 30 milímetros. Es posible producir una amplia variedad de espesores ajustando el espesor del cofre de poliestireno expandido y la losa superior (SENCICO, 2014).

- **Ventajas de las viguetas prefabricadas de acero**

Las viguetas prefabricadas presentan las siguientes ventajas (Zapata, 2019):

- Se necesita gastar menos dinero inicialmente en encofrados de losas más ligeras.
- Simplifica y mejora los procesos involucrados en la construcción del proyecto sin requerir costos adicionales.
- La mayor utilidad del sistema es el resultado de su capacidad para minimizar el tiempo y el personal necesarios para su implementación.
- Cuatro trabajadores trabajan en equipo para construir el sistema, logrando la vigueta prefabricada de acero un rendimiento laboral promedio de hasta 180 metros cuadrados por día.
- Reduce la posibilidad de que se produzcan accidentes cuando los trabajadores manejan encofrados distorsionados.
- Se necesita menos esfuerzo para terminar y ordenar el paisaje que antes. El excelente funcionamiento térmico y acústico lo muestra el sistema de entrepiso, que cumple con el diseño estándar E.030 Actual resistente a terremotos.

- **Proceso de instalación del sistema de viguetas prefabricadas en acero**

La pared o viga de soporte deberá proporcionar un mínimo de 2,5 milímetros de soporte en un lado de la vigueta prefabricada de acero. Ambos lados de la vigueta necesitan tener este soporte. Las vigas están separadas por 84 cm de los ejes en comparación con los ejes. Sobre viguetas de acero producidas se colocan casetones EPS con una densidad de 15 kg/m³ Tecnopor. Se deben completar los sistemas sanitarios y eléctricos, lo que requiere realizar todos los cortes requeridos. Para tener en cuenta el hecho de que los separadores se utilizan continuamente, se instala una malla de temperatura en las arcas. Se puede utilizar acero o malla R80 con un espesor de 6 milímetros en un tamaño de 30 por 30 centímetros. El último paso del procedimiento es moldear el hormigón en la forma necesaria. La producción de hormigón premezclado o in situ era una opción. El shoring no necesita la instalación de encofrados; Definitivamente es necesario para tramos libres con un diámetro superior a tres milímetros (VIGACERO, 2018).

- **Componentes del sistema**

Según Zapata (2019), los componentes del sistema son:

- Malla de temperatura (electrosoldada) o alambre de 6 mm. Cuadrícula de 25x25 cm.
- Concreto mínimo $f'c=210$ kg/cm².
- Casetón de EPS (Tecnopor) densidad de 15 kg/m³.
- Vigüeta prefabricada de acero $A_s= 6$ cm².

2.2.2. Vigüetas prefabricadas

- **Definición**

Son componentes estructurales, según afirma MAX (2022), y sus funciones incluyen sostener y transferir las cargas que se ejercen sobre diferentes elementos estructurales, además de servir como punto de soporte para otros componentes como losas, canalones y otros. elementos. Según Infomadera (2023), se trata de piezas de productos estructurales que se crean combinando dos elementos fundamentales, ya sea madera y tablero o madera y metal, con el fin de producir vigas que a menudo presentan una doble sección en T.

Construye (2023) los identifica como componentes estructurales que se encargan de mantener el nivel de techos o losas mientras se realiza la construcción. Para su fabricación se utiliza una fábrica o taller, y en el proceso se utilizan vigas de acero reforzado o hormigón. Estas vigas luego se entregan al sitio de construcción, donde se instalan. Según COMPRE (2023), las vigüetas prefabricadas son componentes prismáticos de hormigón que se someten a fuerzas de precompresión aplicadas por su refuerzo de acero, lo que en última instancia da como resultado que tengan una resiliencia extraordinaria. En esencia, son componentes estructurales que se encargan de la formación de una viga que tiene una doble sección en T.

- **Vigüetas**

En MAX (2022) se afirma que el propósito de estas vigas prefabricadas es servir como base para techos y niveles más altos y, como tales, se requieren para poder soportar el peso. Debido al hecho de que están soportados por vigas u otros componentes estructurales, son elementos portantes que llevan el peso de una losa a las paredes debajo de ellos. Si están prefabricados, se pueden cortar en la longitud requerida en el lugar de trabajo o se pueden adquirir en la cantidad requerida.

✓ Colocación de las viguetas

Según Acero (2023), menciona que este es el proceso que se sigue en la mayoría de las instalaciones que utilizan viguetas para la instalación de losas de concreto:

- **Paso 1:** Una madrina niveladora perimetral debe colocarse después de construir los muros. Para esta función suele bastar con una longitud de dos a tres metros, sin embargo, también se utilizan puntales centrales para sujetar la losa en medio del edificio. Las viguetas siempre deben colocarse de manera que estén sostenidas por vigas de acero, travesías de hormigón o muros de carga de mampostería. Para garantizar que las cargas se distribuyan adecuadamente, se debe utilizar un sistema de pre-shoring antes de continuar con la instalación. Sin asegurarse primero de que el marco pueda soportar las vigas, esto se hace. De esta manera, se asegura que la carga de compresión no sea ni demasiado alta ni demasiado baja. La dirección en la que están orientadas las vigas no debe coincidir con la dirección en la que se coloca la cubierta.

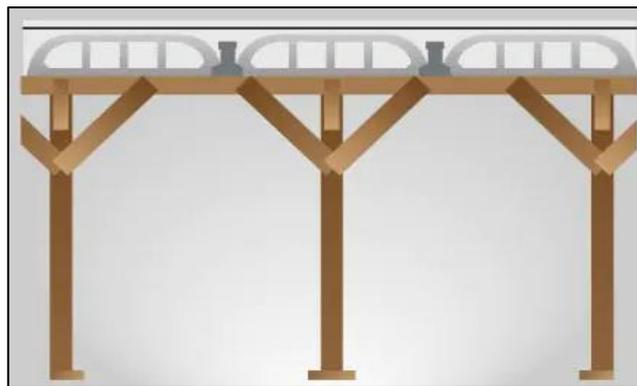


Figura 1. Paso 1: Colocar una madrina perimetral de nivelación. Tomada de «Conoce todos los tipos de viguetas que más se utilizan en construcción», por Acero. 2023, p. 1.

- **Paso 2:** Inserte las vigas en la pared, viga, túnica o dala. Se aconseja que la vigueta de las paredes o vigas tenga un soporte mínimo de 5 a 9 cm. Al hacer esto, es seguro que no se producirán colapsos como resultado de movimientos imprevistos o material defectuoso. El tipo de sistema empleado para la losa de hormigón o el entrepiso metálico determina el espacio entre las vigas (Acero, 2023).

- En el caso de la vigueta de madera, por ejemplo, es habitual adherirse a una distancia de cuarenta a sesenta centímetros entre cada par de postes. En el caso de las viguetas pretensadas, la distancia entre ellas suele ser de 75 cm, aunque la fija la bóveda seleccionada para el proyecto.

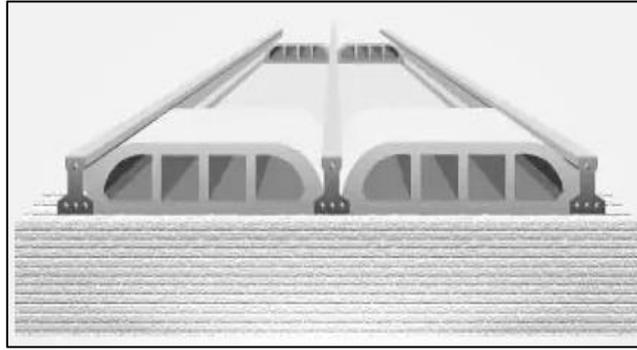


Figura 2. Paso 2: Coloca las viguetas dentro de la dala, trabe, muro o viga. Tomada de «Conoce todos los tipos de viguetas que más se utilizan en construcción», por Acero. 2023, p. 1.

- **Paso 3:** En el caso de que se trate de un tapanco, se deberá colocar el número total de bóvedas de acuerdo con el sistema con el que se esté trabajando o para mesas. Para garantizar que las bóvedas puedan caer una al lado de la otra y que los huecos se llenen adecuadamente, es necesario tener cuidado (Acero, 2023).

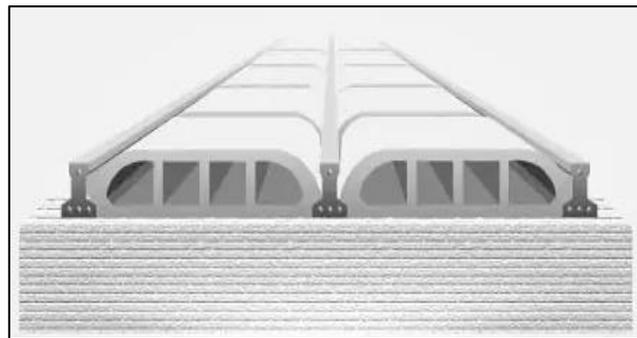


Figura 3. Paso 3: Colocación del total de bovedillas. Tomada de «Conoce todos los tipos de viguetas que más se utilizan en construcción», por Acero. 2023, p. 1.

- **Paso 4:** Si se utiliza una bovedilla de cemento-arena, que suelen ser las más comunes, se debe tapar los huecos que quedan en contacto con el colado a realizar. Esto evitará desperdiciar material al impedir que se meta en los huecos de la pieza. Esta es la razón por la que se eligen también bovedillas de poliestireno, que son piezas completas y eliminan este problema (Acero, 2023).
- Es importante señalar que antes de realizar el colado es muy recomendable mojar uniformemente la vigueta y la bovedilla. Todo esto debe hacerse como preparación antes de la colocación de la malla electrosoldada y el vertido de concreto.

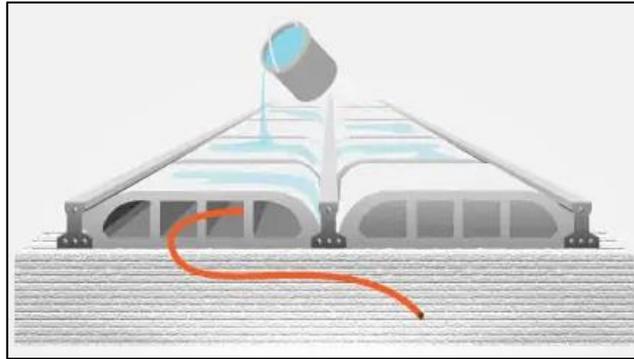


Figura 4. Paso 4: Utilizar una bovedilla de cemento-arena. Tomada de «Conoce todos los tipos de viguetas que más se utilizan en construcción», por Acero. 2023, p. 1.

➤ **Paso 5:** Es fundamental que la malla electrosoldada se ponga en las bóvedas en este momento ya que es el componente que controla las grietas provocadas por el hundimiento del hormigón del pavimento. Es vital recordar que el uso de calzas garantizará que la malla esté a la altura adecuada necesaria para el recubrimiento. Además, debe evitar dañar las bóvedas pisándolas con tablonos para evitar que se produzcan daños. Es crucial asegurar la continuidad de la resistencia asegurando que los espacios entre dos láminas de malla electrosoldada sean de 15 milímetros. Hay una necesidad para esto. Además, se deben utilizar alambroón que estén sujetos de forma segura a las cadenas para limpiar la malla. Por el bien de esta discusión, las varillas en las esquinas son referidas como "varillas" (Acero, 2023).

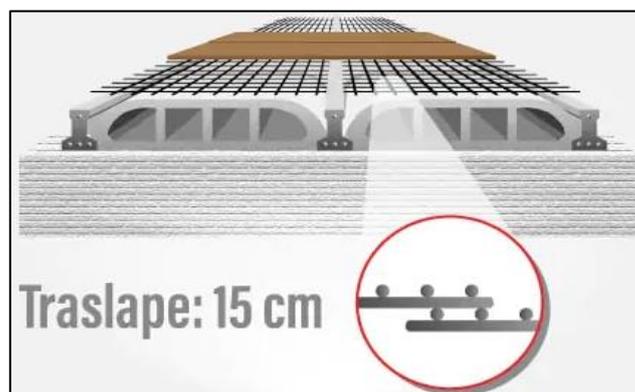


Figura 5. Paso 5: Colocar la malla electrosoldada sobre las bovedillas. Tomada de «Conoce todos los tipos de viguetas que más se utilizan en construcción», por Acero. 2023, p. 1.

➤ **Paso 6:** Realizar el colado del concreto para formar la losa. Se debe procurar que el vertido sea uniforme y no concentrarlo en un solo punto esperando que se extienda, pues esto puede causar un colapso de la losa por sobrepeso en la bovedilla y vigueta.

Para la losa, el concreto debería tener una resistencia mínima de 200 kg/cm², pero esto depende de las necesidades del proyecto de construcción así que será mejor consultar con un ingeniero o arquitecto respecto a lo relacionado con la losa de compresión (Acero, 2023).

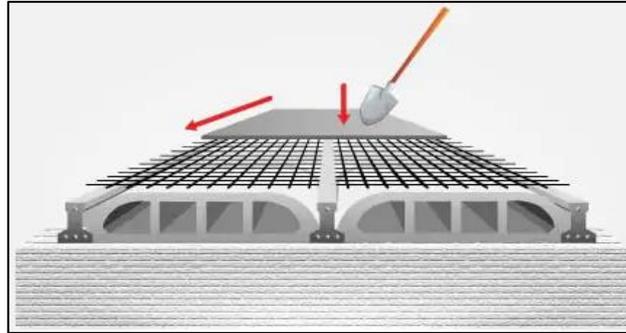


Figura 6. Paso 6: Colocar concreto para formar la losa. Tomada de «Conoce todos los tipos de viguetas que más se utilizan en construcción», por Acero. 2023, p. 1.

➤ **Paso 7:** Curar la losa es un procedimiento bastante simple, pero marca una diferencia significativa ya que ayuda a prevenir grietas. Es necesario hidratar periódicamente el hormigón durante un período de tres días; Para ello se podrá utilizar una manguera o cubeta (Acero, 2023).

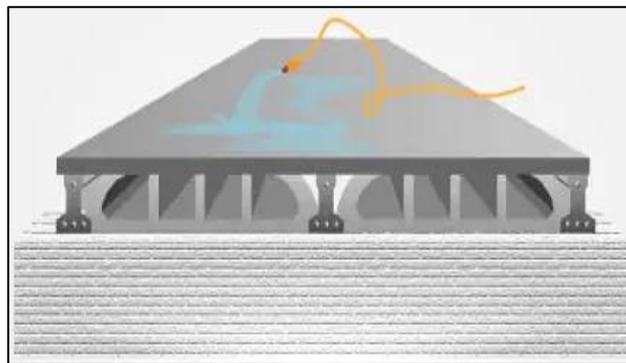


Figura 7. Paso 7: Curado de la losa. Tomada de «Conoce todos los tipos de viguetas que más se utilizan en construcción», por Acero. 2023, p. 1.

➤ **Paso 8:** Por último, las viguetas no están apuntaladas, lo cual es un proceso que debe realizarse por etapas. Al retirar los puntales centrales cuatro días después de la colada, es posible determinar si el material tiene o no suficiente resistencia en este punto del proceso de endurecimiento. Como consecuencia, después de siete días de fundición, se puede empezar a eliminar el apuntalamiento perimetral, que es también como se hace referencia a las madrinas niveladoras (Acero, 2023).

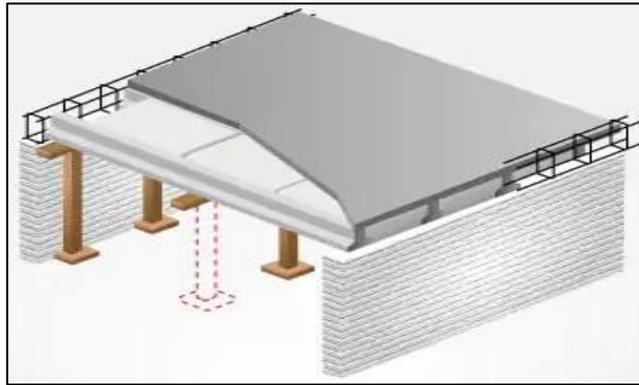


Figura 8. Paso 8: Des apuntalamiento de las viguetas. Tomada de «Conoce todos los tipos de viguetas que más se utilizan en construcción», por Acero. 2023, p. 1.

- **Fabricación de viguetas prefabricadas**

Construye (2023), menciona que las viguetas prefabricadas se fabrican mediante un proceso industrializado que garantiza su calidad y resistencia.

- En primer lugar, se fabrica un molde de la forma requerida de la viga utilizando un material robusto y duradero, como el acero.
- Después de eso, el acero de refuerzo se inserta en el molde de acuerdo con los requisitos de la descripción del proyecto.
- Una vez instalado el acero, el hormigón se vierte en el molde y se toma un control cuidadoso para garantizar que se extienda uniformemente.
- Después de un período de tiempo durante el cual se deja fraguar la viga, se desmolda y se somete a un proceso de curado, que puede tardar varios días.
- Tan pronto como las viguetas hayan alcanzado su etapa de curado completa, se preparan para ser transportadas a la obra y erigidas allí.

- ✓ **Proceso de las viguetas prefabricadas**

Como afirma Studocu (2020), existen nuevas tecnologías que pueden ayudar en la implementación de una losa aligerada, lo que puede ayudar a bajar los precios tanto de los materiales como de la mano de obra involucrada. Las viguetas prefabricadas son uno de los componentes que se dedican a la construcción de una losa. La viga de acero estructural prefabricada es un elemento hecho de hormigón prismático que se utiliza para construir una viga que normalmente tiene una sección en doble T. Las etapas del proceso constructivo para este sistema de losa aligerada con viga prefabricada están resumidas en:

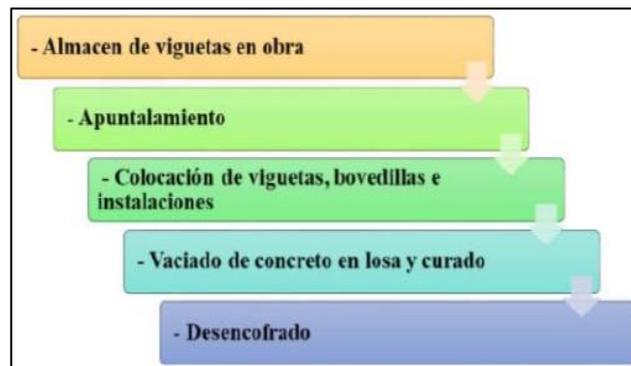


Figura 9. Proceso de viguetas prefabricadas. Tomada de «Viguetas prefabricadas», por Studocu. 2020, p. 1.

- **Almacenamiento de viguetas en obra:** Poner las viguetas en un lugar donde sean resistentes en el suelo y disponerlas de tal manera que generen múltiples placas de viguetas es una recomendación muy recomendable. Estas placas deben estar divididas por listones de madera y estos listones deben disponerse según el método adecuado.

- **Apuntalamiento:** Colocación del umbral y del montante (a veces denominada "apunte") El corte es la fase más crucial en todo el proceso de montaje de la vigueta, ya que un error aquí podría impedir que la losa funcione según lo previsto. Hay un espacio de 1,50 metros entre cada umbral, y este espacio también debe mantenerse entre los puntales de estos umbrales. Para mantener la nivelación cuando se vacía el hormigón de losa, los umbrales deben adherirse a la contra flecha de las vigas y la contra flecha no se puede acortar por ningún motivo. Si se apoyan en terreno natural, entonces los puntales o pies derechos deben colocarse sobre tablas. Esto es para garantizar que el trabajo a realizar en la losa se complete correctamente.

- **Montaje de viguetas:** La distribución de viguetas es el primer paso en esta etapa. En la mayoría de los casos, el vendedor in situ es quien da los planos de distribución de las viguetas. Luego, las vigas se instalan junto a la viga (también conocida como viga-joist-brick o bóveda). Debido a la rapidez con la que se lleva a cabo esta tarea, los costes laborales pueden reducirse.

- **Formas de armar las viguetas prefabricadas**
 - Según MAX (2022), las viguetas prefabricadas pueden ser armadas (con acero) o pretensadas (concreto y acero):

✓ **Armada con acero**

Las vigas de acero están hechas de este material y se ocupan de soportar grandes cargas. Se clasifican según su sección en vigas IPS y vigas IPR. Este tipo de vigas prefabricadas se utilizan en la construcción de grandes edificios y casas, así como en el armado de estructuras para almacenes y fábricas.

- Cuando se utiliza acero para las vigas prefabricadas, dependiendo del tipo de viga, esta podrá hacerse por medio de un proceso de laminado o al soldar placas de acero laminado hasta obtener la forma deseada.

✓ **Pretensada con concreto y acero**

Las vigas de confinamiento, también conocidas como vigas prefabricadas de hormigón, suelen estar hechas de hormigón armado. Presentan un esqueleto de acero compuesto—típicamente de rod— ondulado recubierto con hormigón hecho de cemento para aumentar su resistencia. Esto es lo que se hace para aumentar su durabilidad. Además, estos haces pueden realizar la función estructural, demostrando su capacidad para transmitir y soportar cargas. Debido a que están hechos internamente de acero, son algo más flexibles y resistentes a los movimientos sísmicos, lo que finalmente resulta en un aumento en el nivel de seguridad que ahora se utiliza. Pueden ayudar en la creación de muchos otros tipos de estructuras, como cimientos, puentes, edificios y mucho más.

- En el caso de las vigas de concreto, así como las viguetas, primero hay que formar la armadura de acero que irá en el interior de la pieza y luego colocarla en el molde correspondiente. Finalmente se agrega el concreto al molde y se deja fraguar hasta que esté lista.

• **Instalación de viguetas prefabricadas**

Si estás considerando utilizar viguetas prefabricadas en tu proyecto de construcción, aquí te proporciono algunos consejos prácticos que te ayudarán a asegurar una instalación exitosa (Construye, 2023):

✓ **Planifica y diseña cuidadosamente:** Antes de instalar las viguetas prefabricadas, asegúrate de contar con un plan y diseño detallado de la estructura. Esto te ayudará a evitar problemas y modificaciones posteriores.

- ✓ **Contrata a profesionales especializados:** La instalación de viguetas prefabricadas requiere de mano de obra especializada en este tipo de sistemas. Asegúrate de contratar a profesionales con experiencia en su montaje.

- ✓ **Realiza una correcta preparación del terreno:** Antes de instalar las viguetas, asegúrate de preparar el terreno de manera adecuada. Esto incluye nivelar el suelo, verificar la resistencia del terreno y realizar los cimientos necesarios.

- ✓ **Utiliza equipos de elevación adecuados:** Debido al peso de las viguetas prefabricadas, es fundamental contar con equipos de elevación adecuados para su instalación. Esto garantizará la seguridad de los trabajadores y la integridad de las viguetas.

- ✓ **Realiza un mantenimiento periódico:** Una vez instaladas las viguetas, es importante realizar un mantenimiento periódico para asegurar su durabilidad y resistencia. Esto incluye inspecciones regulares, reparación de posibles daños y limpieza de la superficie.

El hecho de que las viguetas sean sistemas estructurales que, como resultado de su conformación, permitan a los trabajadores de la construcción instalarlas en muy poco tiempo y con mucha facilidad es uno de los factores que debemos enfatizar en relación con su uso, como afirma COMPRE (2023).

- Debido al hecho de que es un sistema autoportante, no se requiere en este sistema el encofrado que se utiliza a menudo en sistemas alternativos que no son prefabricados. Esta función le permite reducir la cantidad de tiempo necesario para la ejecución hasta en un 70 por ciento, lo que resulta en una cantidad significativa de dinero ahorrado.

- También es posible que los trabajadores de la construcción construyan físicamente este equipo debido a su modesto peso. Esto significa que no es esencial que utilicen equipos o equipos pesados y, menos aún, no necesitan realizar mano de obra calificada. Con todas estas ventajas, puede estar seguro de que esta es una de las mejores opciones para construir cosas rápidamente y ahorrar dinero.

✓ **Economía**

Las viguetas prefabricadas son una gran alternativa a la que se debe reflexionar detenidamente ya que permiten una reducción significativa en la cantidad de recursos utilizados en el proceso. Un excelente ejemplo de esto es el posible ahorro de hasta el setenta u ochenta por ciento cuando se utiliza madera para hacer encofrados. La arena, el acero, el cemento y la grava son recursos esenciales; sin embargo, el uso de estos materiales se reducirá en poco más del sesenta por ciento cuando se utilicen materiales prefabricados de este tipo. Sin embargo, habrá ahorros en arena, cemento, grava y acero.

- Vale la pena destacar que, por la rapidez y la simplicidad en la construcción de sus losas de entresijos y cubiertas, es posible ahorrar hasta un 25% en el costo total del proyecto. Se trata, sin duda, de un material que permite ahorrar grandes cantidades de dinero y no por ello la calidad, la resistencia y la seguridad del proyecto se verán reducidos.

✓ **Seguridad**

El grado de seguridad que brindan los proyectos no se ve comprometido en modo alguno por el uso de este tipo de sistemas prefabricados. En comparación con otros materiales de construcción, las vigas tienen una resistencia mucho mayor y son sustancialmente más robustas. Incluso a diferencia de otros materiales, esto sigue siendo cierto. Además, dado que son componentes prefabricados producidos en fábrica, a menudo se someten a un estricto control de calidad, lo que garantiza que los consumidores obtendrán un producto homogéneo de principio a fin. Estas viguetas son adecuadas para su uso en áreas sísmicamente activas debido a su forma de cuña invertida y superficie dentada, que garantizan una excelente adherencia mecánica entre la vigueta y la capa de compresión, así como todos los demás componentes estructurales. El fundamento de ello es que también cumplen los criterios establecidos y disponen de las capacidades necesarias para trabajar con el sistema de apoyo.

✓ **Versatilidad**

Aunque originalmente estas estructuras estaban destinadas a ser utilizadas en entornos residenciales, su estética excepcional ha llevado a su empleo en varios sectores en los últimos años, incluidos entornos comerciales, industriales y residenciales. Esto se debe a su capacidad para proporcionar una amplia gama de tipos de edificios

distintos. Debido a las propiedades del material, es posible llenar espacios más grandes sin aumentar significativamente el peralte (espesor de la losa). Esto es el resultado de las características únicas del material. Esto se debe específicamente a que el material permite cubrir espacios más grandes. Podemos afirmar con confianza que estos componentes son maravillosos para su uso en casas, residencias, hospitales, escuelas, oficinas, hoteles y cualquier otra estructura importante ya que, como hemos dicho, proporcionan una gran adaptabilidad. Esto se debe a su alto grado de flexibilidad.

- **Ventajas y desventajas de las viguetas prefabricadas**

Es muy común en nuestro medio la construcción de losas con el uso de viguetas prefabricadas, y con el incremento de la mano de obra a lo largo de los años, esta alternativa ha ido ganando cada vez más popularidad. Sin embargo, es bueno notar que no todas son ventajas. Las ventajas y desventajas del sistema prefabricado son (Pardo, 2023):

- ✓ **Ventajas**

- **Ahorro de tiempo:** Debido a la menor cantidad de encofrado necesario para el montaje, y además gracias a que las mismas piezas de prefabricado funcionan como encofrado, el ahorro de tiempo es significativo.
- **Ahorro de encofrado:** Directamente relacionada con el anterior punto. Cuando se utiliza menor encofrado se ahorra dinero. Sin embargo, este ahorro en dinero por encofrado es compensado por el mayor gasto en la elaboración del prefabricado.
- **Mejor control de calidad en la pieza de prefabricado:** Debido a que las piezas se hacen en ambientes más controlados y con ambientes especializados de curado, la resistencia del hormigón fabricado será más homogénea y garantizada que el hormigón vaciado en sitio.
- **Proceso más limpio:** El sistema de viguetas prefabricadas requiere menor cantidad de producción de hormigón en obra, por tanto, menor acopio de material, menor acarreo de hormigón por la losa y menos merma de cemento.

- ✓ **Desventajas**

- **Mano de obra calificada:** Se necesita mano de obra con más conocimiento en la instalación del prefabricado. Los elementos de prefabricado necesitan estar dispuestos de cierta manera según los requerimientos del fabricante.

- **Transporte del prefabricado:** Si bien los controles de calidad son altos en la planta de producción, poco podemos saber de la calidad del transporte. Cualquier vehículo que transporte hormigón estará sometido a vibraciones que en algunos casos podrían dañar las piezas.
- **Manejo del prefabricado en obra:** Una vez entregado el material a obra, el elemento en su transporte hasta el lugar definitivo de su instalación es vulnerable a golpes y esfuerzos para los que no están diseñados.
- **Integridad estructural:** Especialmente cuando se habla de resistencia a fuerzas de sismo o viento, se procura que las piezas de hormigón fallen lo más lejos de las uniones posible. En elementos prefabricados esto es mucho más difícil, ya que justamente la unión entre hormigón vaciado en sitio (viga o columna) y vigueta es el punto más débil.
- **Mala absorción de corte:** Las losas se caracterizan por no necesitar estribos en su diseño, y esto es gracias a que el hormigón macizo es suficientemente resistente para soportar los esfuerzos de corte en los lugares más solicitados. Sin embargo, con viguetas prefabricadas, la unión entre hormigón prefabricado y vaciado in situ es más débil.

Construye (2023), menciona que las viguetas prefabricadas ofrecen numerosas ventajas en comparación con otros sistemas de construcción tradicionales. Algunas de las principales ventajas son:

- **Rapidez de instalación:** Al ser fabricadas en un entorno controlado, las viguetas prefabricadas se pueden instalar de manera rápida y eficiente en el lugar de la construcción, lo que reduce los tiempos de obra.
- **Mayor resistencia:** Las viguetas prefabricadas están diseñadas para soportar grandes cargas y ofrecer una mayor resistencia que otros sistemas de construcción. Esto las hace ideales para proyectos de gran envergadura.
- **Variedad de formas y tamaños:** Las viguetas prefabricadas se pueden fabricar en diferentes formas y tamaños, lo que permite adaptarse a las necesidades específicas de cada proyecto.
- **Menor consumo de materiales:** Al ser fabricadas en un entorno controlado, las viguetas prefabricadas se pueden optimizar en términos de consumo de materiales, lo que reduce los costos de construcción.

- **Mayor durabilidad:** Gracias a su proceso de fabricación industrializado, las viguetas prefabricadas ofrecen una mayor durabilidad y resistencia al paso del tiempo y a las condiciones climáticas.

Así mismo Construye (2023), menciona que, a pesar de todas sus ventajas, las viguetas prefabricadas también presentan algunas desventajas que debes tener en cuenta antes de decidir utilizarlas en tu proyecto de construcción. Algunas de las principales desventajas son:

- **Mayor costo inicial:** Aunque a largo plazo pueden resultar más económicas debido a su durabilidad, las viguetas prefabricadas suelen tener un mayor costo inicial en comparación con otros sistemas de construcción.
- **Limitaciones de diseño:** A veces, las viguetas prefabricadas pueden presentar limitaciones en cuanto al diseño y las formas que se pueden lograr. Esto puede ser un factor restrictivo en proyectos arquitectónicamente complejos.
- **Transporte y logística:** Debido a su tamaño y peso, el transporte y la logística de las viguetas prefabricadas pueden ser un desafío, especialmente en proyectos ubicados en zonas de difícil acceso.
- **Necesidad de mano de obra especializada:** La instalación de las viguetas prefabricadas requiere de mano de obra especializada que esté familiarizada con su montaje y los procesos de instalación.
- **No son flexibles:** Una vez instaladas, las viguetas prefabricadas no permiten cambios o modificaciones en su diseño. Por lo tanto, es importante planificar y diseñar cuidadosamente el proyecto antes de su instalación.

2.3. Definición de términos

Bovedilla: Son unidades de albañilería hueca (poseen alveolos) y posee en ambos lados inferiores, sendas hendiduras que le permite ser asentados manualmente a lo largo de los frisos de dos viguetas continuas, asegurando una separación constante sin necesitar mayor encofrado (Mendoza, 2020).

Diafragma: Se define el diafragma como la agrupación de elementos estructurales que permiten transferir las fuerzas inducidas por una carga horizontal inercial o por otras cargas como el viento a los elementos del sismo resistentes (Calcina y Ccari, 2021).

Ductilidad: La ductilidad se define como la capacidad de la estructura para sufrir deformaciones plásticas sin pérdida significativa de resistencia (Kallama y Kumar, 2022).

Losas: Se trata de un material constructivo para edificaciones empleado, por ejemplo, para pavimentar el suelo, constituir tejados o revestir muros. La losa, al ser una piedra lisa de escaso grosor, desde la antigüedad se ha empleado para construir distintas clases de estructuras (Acerofom, 2023).

Losas aligeradas: Se trata de losas compuestas por materiales de relleno ligeros y viguetas de hormigón. Una capa superior de hormigón, o losa, conecta las vigas. Ladrillos, bloques huecos o componentes ligeros forman los elementos de relleno, que ayudan a establecer una superficie de techo uniforme y reducen el peso de la losa (Espinoza y Guerra, 2018).

Losas rígidas: Son construidas de madera contrachapada, tablero metálico o una losa de concreto. Su uso también puede ser destinado para losa de piso y de algunas cubiertas, también como rampas estructurales en estacionamientos, un diafragma puede incluir colectores y cuerdas (Calcina y Ccari, 2021).

Prefabricado: La prefabricación es un sistema que permite realizar, por medio de elementos estandarizados fabricados de antemano, un montaje que se realiza según un plan establecido (García et al., 2013).

Viga: Es una serie de miembros estructurales que se extienden desde el borde hasta el perímetro, diseñada para soportar la cubierta del techo o el tipo de carga, asociados con los elementos que componen el techo de un edificio (Arqhys, 2023).

Viguetas: Son elementos estructurales cuya función es la de soportar y transmitir las cargas de diferentes partes de una estructura, así como servir de punto de apoyo para otros elementos como losas, forjados, canalones y más (MAX, 2022).

Viguetas prefabricadas de acero: Son viguetas conformadas en acero estructural que facilita la construcción de losas aligeradas de una manera rápida y sencilla, que se apoya sobre las vigas perimetrales ya sean de concreto, metálicas o placas de concreto (Arqhys, 2023).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis

3.1.1. Hipótesis General

Si bien algunas investigaciones cuantitativas no proporcionan hipótesis, otras sí. Uno de los aspectos más importantes de la investigación es el alcance inicial de la investigación ya que determina si se desarrollan o no hipótesis, investigaciones cuya metodología requiere que su alcance sea bien explicativo o correlacional, o aquellas con un alcance descriptivo pero un esfuerzo por pronosticar una cifra o hecho, son algunos ejemplos de investigaciones cuantitativas que pretenden crear hipótesis. Estas dos categorías de investigaciones son instancias de investigación cuantitativa (Hernández et al., 2014).

3.2. Variables

3.2.1. Definición conceptual de la variable

Variable 1: Viguetas prefabricadas

Son viguetas conformadas en acero estructural que facilita la construcción de losas aligeradas (techos) de una manera rápida y sencilla, que se apoya sobre las vigas perimetrales ya sean de concreto, metálicas o placas de concreto (VIGACERO, 2018).

3.2.2. Definición operacional de la variable

Variable 1: Viguetas prefabricadas

Al utilizar viguetas prefabricadas de acero para asegurar una correcta instalación se debe tener en cuenta los componentes del sistema, la resistencia de las viguetas y los costos de estas.

3.3. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable 1 Viguetas prefabricadas	Son viguetas conformadas en acero estructural que facilita la construcción de losas aligeradas (techos) de una manera rápida y sencilla, que se apoya sobre las vigas perimetrales ya sean de concreto, metálicas o placas de concreto (VIGACERO, 2018).	Al utilizar viguetas prefabricadas de acero para asegurar una correcta instalación se debe tener en cuenta los componentes del sistema, la resistencia de las viguetas y los costos de estas.	Componentes del sistema	Tipo de concreto Malla de temperatura Casetones Vigueta
			Resistencia	m
			Peso propio	kg/cm ²
			Costos	S/.

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. Método de investigación

Método general

El objetivo del método científico es establecer vínculos entre datos, leyes e ideas que aclaren y apoyen la forma en que funciona el mundo. Esto se logra mediante el uso del método científico. Mediante la validación empírica de hechos y acontecimientos, este enfoque riguroso se caracteriza por un conjunto de procesos y un marco general estricto que tiene como objetivo desarrollar el conocimiento científico. Desarrollar una hipótesis basada en la observación y luego intentar probar la teoría mediante experimentación constituye el método científico. Este tipo de investigación metódica condujo al descubrimiento de muchas cosas que ahora consideramos ciertas. Se utiliza en la mayoría de los campos científicos, incluidos la química, la física y la psicología, y puede usarse para explicar fenómenos que ocurren en la vida diaria (Sánchez, 2019). En consecuencia, el procedimiento científico fue la metodología general utilizada en este proceso de estudio.

Método específico

Las ciencias fácticas son reconocidas por el uso de esta técnica particular de pensamiento, que se conoce como enfoque hipotético deductivo. El principio sostenido por este enfoque es que el estudio científico no deriva sus principios o hipótesis de la observación. Por otro lado, implica que estos sucesos son producto de la creatividad humana, que se utiliza en el proceso de encontrar respuestas viables a cuestiones específicas. Se requiere experiencia empírica para esta línea de razonamiento con el fin de validar la hipótesis que se ha planteado. En consecuencia, se utiliza un enunciado observacional para formular hipótesis sobre los

resultados de la técnica hipotética deductiva. Este es el resultado del uso del enfoque deductivo. Para decirlo de otra manera, el enfoque hipotético deductivo implica sacar conclusiones que se basan en una o más premisas que se suponen verdaderas. Aquí hay otra forma de afirmar las cosas. Lo general, que consiste en las presunciones que se creen verdaderas, viene primero, seguido de lo específico, que es la realidad de una situación dada. Este es el enfoque que utilizamos. Por otro lado, el enfoque teórico deductivo puede ser utilizado directamente (usando una sola premisa) o indirectamente (comparando dos o más premisas) (Sánchez, 2019). Cada uno de estos enfoques tiene sus propios beneficios e inconvenientes. El enfoque utilizado en este experimento en particular fue la técnica de hipótesis deductiva debido a esta lógica particular.

4.2. Tipo de investigación

Tacillo (2016) sostiene que la investigación básica se considera "pura", ya que realmente persigue un objetivo crematista. Las motivaciones para hacer este estudio fueron la curiosidad, la enorme alegría de aprender algo nuevo o, como dicen algunas personas, el amor por el conocimiento. Debido a las consideraciones descritas anteriormente, esta investigación fue de naturaleza básica.

4.3. Nivel de investigación

La investigación a nivel descriptivo implica las siguientes tareas: definir, clasificar, dividir y resumir. Esto se debe a que la investigación realizada a nivel descriptivo analiza los rasgos de una población o fenómenos sin tener en cuenta las conexiones entre esos rasgos. Por ejemplo, mediante el uso de métricas espaciales o de dispersión dentro del sistema. Sin embargo, Rus (2021) señala que no entra en el examen de las razones detrás de las acciones de ciertos individuos en contraste con las de otros. Debido a los resultados que generó este estudio específico, sirve como ejemplo de investigación descriptiva.

4.4. Diseño de investigación

estudios sin ningún componente experimental El investigador es el encargado de calcular los resultados y medir las variables, pero el investigador nunca manipula las variables de ninguna manera. Un excelente ejemplo de esto sería el investigador que examina la relación entre los niveles de motivación y los diferentes resultados matemáticos. El investigador primero administrará una prueba de motivación y luego realizará los resultados del examen en matemáticas para poder hacerlo. Una vez completado esto, divida a los estudiantes en dos

grupos según qué tan motivados estén—high o low— y compare los resultados matemáticos a los que llegó cada grupo. Jiménez et al. (2017) afirman que utilizando esta nomenclatura no experimental, podemos clasificar tres técnicas de estudio distintas. Estos métodos incluyen investigación de meta análisis, investigación correlacional y estudios descriptivos. En consecuencia, el enfoque utilizado en esta investigación no incluye ningún experimento.

4.5. Población y muestra

4.5.1. Población

El investigador determinará los límites de la población basándose en la definición que se desarrolló para el estudio. La población está compuesta por todos los aspectos del estudio. Debido a que la población y el universo tienen las mismas características, es posible referirse a la población como universo o, alternativamente, como universo poblacional (Arias, 2020). La población estuvo constituida por las losas aligeradas de las edificaciones residenciales de la provincia de Huancayo.

4.5.2. Muestra

En el caso de las encuestas, hay más interés descriptivo que interés inferencial, es un subconjunto de componentes poblacionales que posibilita al investigador reunir una serie de datos, para organizar, simplificar, caracterizar, o hacer conclusiones sobre la población (Jiménez y otros, 2017). La muestra estuvo constituida por las losas aligeradas de la edificación residencial ubicada en la calle Ricardo Palma N° 248 del distrito de Chilca de la provincia de Huancayo. Por lo que se tuvo un muestreo no probabilístico del tipo por conveniencia.

4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

4.6.1. Técnicas de recolección de datos

Silvestre y Huamán (2019) definen las técnicas de investigación como un surtido de métodos que el investigador utiliza para abordar un determinado tema en investigación o para alcanzar objetivos específicos. Se pretendía utilizar la observación organizada como uno de los métodos ya que los eventos que se veían permanecían inalterados. Durante la fase de documentación, la evaluación de materiales adicionales y la inspección de libros, revistas y otros artículos relevantes para nuestra investigación recibieron el mismo peso. Además, se utilizaron los datos adquiridos mediante el uso de Internet.

4.6.2. Instrumentos

Los instrumentos de recopilación de datos son los papeles que se utilizaron para recoger la información que se necesitaron en el proceso de investigación. El instrumento fue la lista de cotejo constituido por un conjunto de ítems con respecto a las variables que estuvieron sujetas a medición, y que fueron elaborados teniendo en cuenta los objetivos de la investigación (Silvestre y Huamán, 2019).

4.7. Procesamiento de la información

Se utilizaron histogramas para representar los datos de caracterización que se guardaron en el programa Microsoft Excel en primer lugar. Para generar matrices de datos, las tablas y tablas se han organizado de tal manera que se pueda realizar el análisis y la interpretación de los datos y se puedan extraer conclusiones de los datos. Aquí es donde entró en juego el sentido crítico objetivo subjetivo, que luego transmitió a los datos recopilados. Intentamos dar significado a estos números, que están en el dominio de la abstracción.

4.8. Técnicas y análisis de datos

Luego del acopio de la información obtenida en las jornadas de recolección, le sigue la etapa de procesamiento de datos, para ello se realizó los siguientes pasos (Sánchez, 2019): Depuración y ordenamiento de la información, Codificación de la información, Tabulación de la información e Interpretación de datos.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

En este capítulo se reportaron los hallazgos más significativos del estudio. Estos hallazgos indican los resultados del uso de viguetas prefabricadas de acero en losas aligeradas de estructuras residenciales ubicadas en la provincia de Huancayo. A la luz de estos resultados, se recogió información que demostró ser de ayuda en el proceso de implementación de cambios en esta área en particular por parte de la administración del municipio en particular, el gobierno de la zona, e incluso por organizaciones privadas que están preocupadas por este asunto. El objetivo principal de este estudio fue describir cuáles son las características de las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones residenciales de la provincia de Huancayo, en el año 2023. Para ello, damos un análisis estadístico de los datos que son relevantes para la conversación junto con una presentación imparcial y lógica de los resultados de la recolección de datos. Estos se examinaron utilizando las presunciones proporcionadas y se mostraron los resultados de los cálculos. Se utilizaron tablas y figuras para mostrarlos. Es crucial recordar que este capítulo sólo incluye las tablas más relevantes y esenciales, lo que nos permitió confirmar o refutar cada uno de los argumentos que se estrenaban. No se puede enfatizar lo suficiente la importancia de este argumento.

Características de los componentes del sistema de las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023

La estructura residencial multifamiliar que se encuentra en la calle Ricardo Palma N° 248 en el distrito Chilca de la provincia de Huancayo tiene losas aligeradas en su primer piso, que es un salón de recepción o plaza de estacionamiento de doble altura. El edificio tiene ocho pisos de altura. Un departamento de 175 metros cuadrados se puede encontrar tanto en el

segundo como en el cuarto piso del edificio. Dos apartamentos, cada uno de los cuales mide 80 metros cuadrados y 90 metros cuadrados, están ubicados en cada uno de los pisos quinto, sexto y séptimo del edificio simultáneamente. Una zona de tendal, un lavadero, un gimnasio y un patio están incluidos en las comodidades que forman parte de la azotea. Además, el edificio está equipado con un ascensor para su comodidad. Hubo una discusión sobre la letra R. M. 269-2014-VIVIENDA Para su sistema de techo más ligero, este edificio residencial hace uso de viguetas prefabricadas de acero y casetones EPS en toda la estructura. La losa se utiliza con todas las estructuras del edificio debido a estas características, y tiene una masa sísmica menor que una losa típica debido a que incluso el primer piso se utiliza para el desarrollo de eventos sociales. En materia de vivienda, los requisitos de la Ley No. 27829 están cubiertos por RM 236-2018-vivienda, RM 058-2019-vivienda, RM 086-2020-vivienda y RM 120-2020-vivienda. Las características de esta losa también están de acuerdo con las normas del Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Debido a que elimina la necesidad de encofrados, este tipo de tecnología hace que el techo del edificio sea más resistente a los efectos del calor y los terremotos.

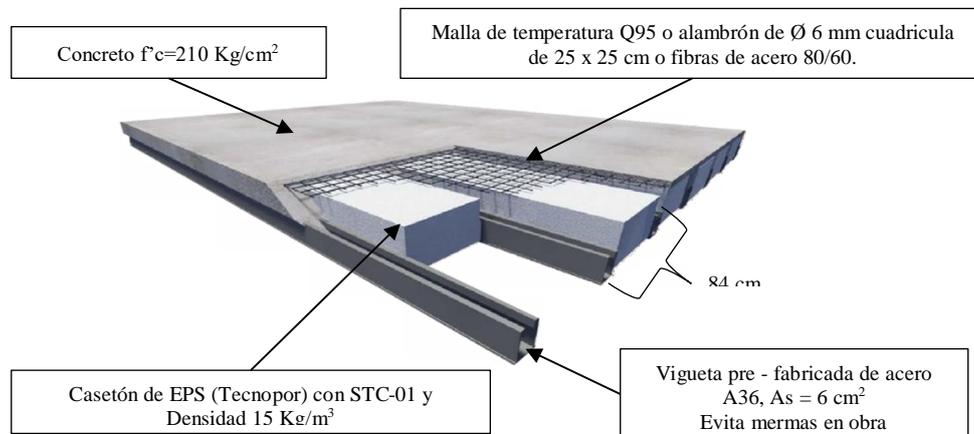


Figura 10. Componentes del sistema de viga prefabricada de acero

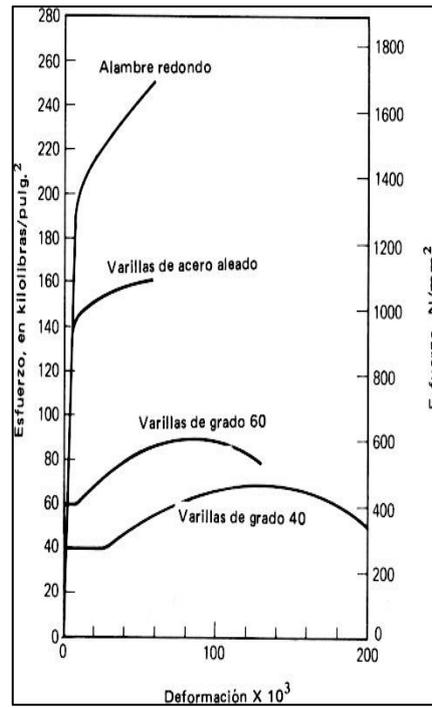


Figura 11. Esfuerzo-deformación de vigueta prefabricada de acero

Cuando se trata de losas de este tipo, es evidente que la losa sostenida por una viga de acero prefabricada está construida con vigas que tienen una mayor sección de acero. Esto se debe a las siguientes razones: Ahorra un metro cúbico de hormigón por cada cincuenta metros cuadrados de losa y tiene un mayor espacio entre las vigas. La resistencia equivale a seis centímetros al cuadrado, que es un valor más alto. Debido a esto, se reduce el peso por metro cuadrado y, en virtud de ello, se logran mayores ahorros en los cimientos y la construcción vertical del edificio.

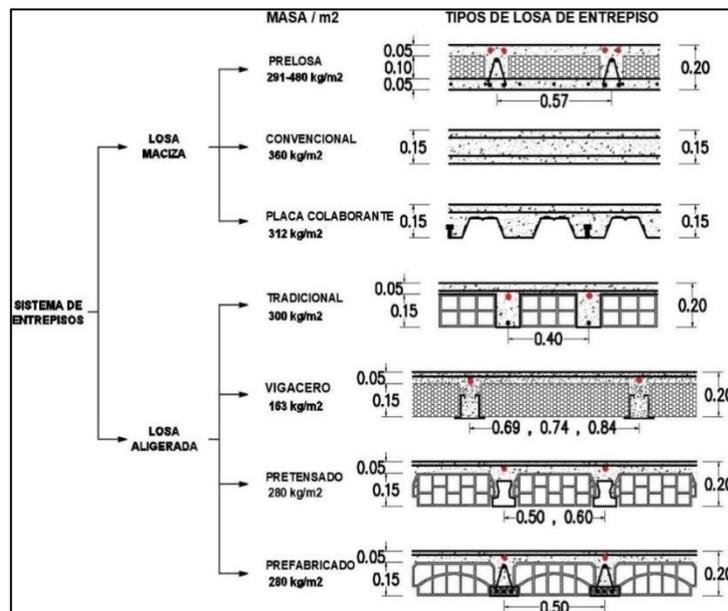


Figura 12. Viguetas en los tipos de losas

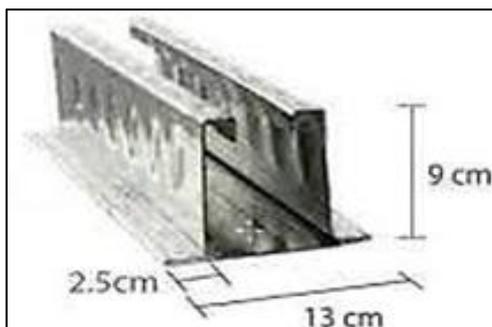


Figura 13. Detalle isométrico de viga corrugada

Actualmente, las viguetas que se están utilizando en la estructura que se investiga se están realizando en fábricas que se encuentran en Lima. Los materiales que se utilizan para fabricar estas viguetas son de la misma calidad que el acero al carbono laminado en caliente, y el procedimiento que se utiliza para crearlas se denomina tecnología de conformado en frío. Específicamente, se han establecido los siguientes estándares: acero laminado en frío (laminado en frío) de alta resistencia ASTM A 1008 y ASTM A 653, acero pre galvanizado de alta resistencia grado estructural SS, AISI/SAE 1015 y ASTM A1011 Grado 37 son todos ejemplos de aleaciones de acero de alta resistencia.

Tabla 2. Características de los casetones de EPS

Características	Descripción
Dimensiones	Largo: 1.00 m, ancho: 0.75 m, Espesor: Entre 0.09 m, 0.12, 0.15, 0.20 (*)
Peso por unidad	1.68 Kg (Casetón de 0.15 m)
Densidad	15 Kg/m ³
Color	Blanco
Comportamiento físico-químico	Material auto extinguido e ignífugo, materia prima el poliestireno tipo F, inerte.

Nota. (*) Esta condición dependerá de las luces que se puedan plantear por proyecto

Características de la resistencia para las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023

Para lograr el propósito de este estudio, se quiso realizar una investigación sobre la resistencia del sistema de viguetas prefabricadas de acero. Para ello se estimó la capacidad de los momentos de flexión resistivos de vigas idénticas que ahora están disponibles en el mercado peruano y que podrían utilizarse para los 3 ml de luz del proyecto. Esto se hizo para garantizar que el proyecto tuviera éxito.

Tabla 3. *Comparativo de resistencias para viguetas*

Tipo	Convencional con 1 de 3/8"	Vigueta pretensada	Tralicho	Vigacero
Espesor de losa	0.17m	0.17m	0.17m	0.16m
Espesor de carpeta en compresión	0.05m	0.05m	0.05m	0.04m
Espaciamiento entre viguetas	0.4m	0.6m	0.5m	0.84m
Momento normalizado a 1m de ancho	0.961	1.267	0.9	1.265(*)
Porcentaje	100%	132%	93.70%	132%

Nota. (*) Deducido del informe del ensayo de laboratorio.

Este sistema de viguetas de acero prefabricado se desarrolló para simplificar la fabricación de losas más ligeras de una manera más conveniente y sencilla. A diferencia de las losas convencionales y prefabricadas que se utilizaban en el pasado, esta estrategia presentaba una serie de ventajas importantes. Estas ventajas incluían una mayor resistencia estructural, una mejor rentabilidad y menores tiempos de ejecución, independientemente de las circunstancias que rodearan la situación. El montaje de este enfoque fue menos difícil que el de las losas estándar y pesaba menos por metro cuadrado que las losas habituales. 4,86 kg fue el peso de todas y cada una de las vigas medido en metros lineales. Además de esto, todas y cada una de las vigas se construyeron formando en frío una lámina de acero estructural con un espesor de 1,5 milímetros en forma de doble T invertida. Se insertaron ataúdes hechos de poliestireno con una densidad de 15 kilogramos por metro cúbico entre las vigas.

En el contexto de esta presentación, la vigueta prefabricada de acero exhibió una mayor resistencia por metro cuadrado en comparación con soluciones alternativas de losas aligeradas. Pudo funcionar con luces abiertas de hasta 8 metros con menos apuntalamiento debido a su forma de sección, lo que le proporcionaba una mayor rigidez que las barras de acero ordinarias con las mismas medidas. A una distancia de 4,50 metros, el apuntalamiento se colocó en el centro del tramo libre. Cuando la distancia entre las caras internas de las vigas de soporte estaba entre 5 y 8 metros, el apuntalamiento se posicionaba en un tercio del tramo libre. Los cofres tienen 75 centímetros de ancho y la distancia entre ejes de las vigas es de 84 centímetros. Medidas como aumentar la resistencia por metro cuadrado, bajar la distancia entre ejes de las viguetas a 69 centímetros, y añadir casetones con una anchura de sesenta centímetros pueden haberse tenido en cuenta si hubiera habido cargas más elevadas de las que normalmente habría habido.

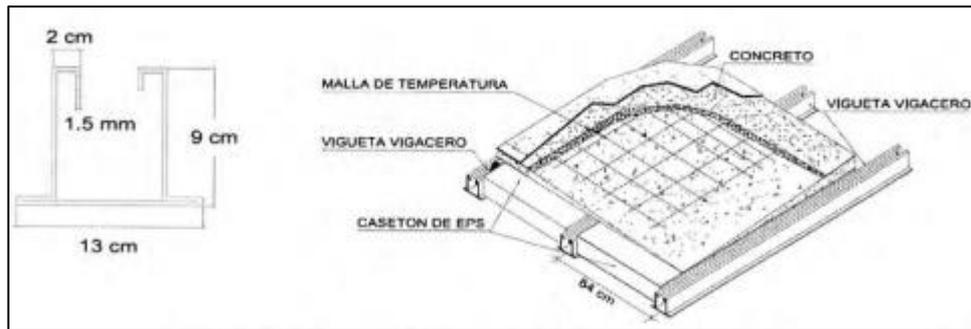


Figura 14. Sección de Vigueta e Isométrico del sistema viguetas prefabricadas de acero

Entre los muchos beneficios del sistema de viguetas de acero prefabricado se encuentran su bajo costo, facilidad de instalación, velocidad y falta de requisitos de encofrado. Sin embargo, se limitó a la iluminación libre a partir de 4,50 mililitros. Estos beneficios son comparables a los enumerados en el punto anterior a este. Debido a que el sistema estructural pesaba menos por metro cuadrado que la iluminación tradicional, respondió con más fuerza a un terremoto. Su mayor eficiencia energética fue otro factor en esto. Las vigas utilizadas en las diversas técnicas de construcción no solo eran más robustas y livianas, sino también más fáciles de mover, trabajar y apilar de una vez. De igual manera, en el laboratorio de estructuras se analizó:

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

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

Peso unitario del concreto = 2400 kg/m^3

Peso unitario del casetón = 15 kg/m^3

Carga muerta:

-Losa superior $2400 \times 0.04 = 96 \text{ kg/m}^2$

-Nervadura $2400 \text{ kg/m}^3 \times 0.12 \text{ m} \times 0.08 \text{ m} / 0.84 \text{ m} = 27.43 \text{ kg/m}^2$

-Vigueta $4.86 \text{ kg/ml} / 0.84 \text{ m} = 5.79 \text{ kg/m}^2$

-Casetón $15 \text{ kg/m} \times 0.12 \text{ m} / 0.84 \text{ m} = 2.14 \text{ kg/m}^2$

-Acabados 100 kg/m^2

Total carga muerta $w_m = 96 + 27.43 + 5.79 + 2.14 + 100 = 231.4 \text{ kg/m}^2$

Carga viva:

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

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

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

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

Momento de diseño $M_u(3m) = w_{uv} L^2/8 = 627 \text{ kg-m}$

Como preparación para la investigación de esta losa en un laboratorio, se construyeron simultáneamente dos medias viguetas y una vigueta central a cada lado del sustrato. Debido al hecho de que esto indica que las cargas están distribuidas entre una vigueta completa y dos medias viguetas, se considera que sirven como dos viguetas a efectos de resistencia y deformación de la estructura. Después de tener en cuenta las curvas de carga y deformación que se obtuvieron del ensayo, se podrá considerar que la condición de fluencia es la que determina la capacidad de la probeta. La postfluencia de la losa del gráfico experimental de momentos de curvatura da como resultado un momento de 24,80 kN-m (2530 kg-m). El momento resistivo experimental que se produce por este momento es de 1265 kg-m cuando se reparte entre dos viguetas efectivas. En comparación con el momento de diseño M_u para la vigueta de 627 kg-m, este valor es dos veces más que el momento de diseño. La mesa del sistema de viguetas de acero prefabricado, por otro lado, sugiere que la losa con una altura de 0,16 metros y un peso ligero de 4 metros sería capaz de soportar una carga viva de 300 kilogramos por metro cuadrado.

Resultado de ensayos de la vigueta prefabricada de acero

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

- Carga de fluencia $P_f = 30 \text{ kN}$
- Carga máxima $P_m = 36 \text{ kN}$
- Carga de rotura $P_r = 34 \text{ kN}$

Estado al final de los ensayos:

ESPELOR 1.50 mm Negro o Galvanizado								
DISTANCIA ENTRE EJES DE VIGUETAS ES 0.84 m y CASETON DE 0.75 m								
Sobrecarga Kg/m ²								
Luz libre (m)	100	200	300	400	500	600	700	800
	ESPELOR DE CONCRETO 4cm			ESPELOR DE CONCRETO 5cm				
SIN APUNTALAMIENTO	2.0							
	2.2							
	2.4							
	2.6							
	2.8					LOSA DE H = 14 cm		
	3.0	LOSA DE H = 13 cm						
	3.2							
	3.4							
	3.6					H = 17 cm		
	3.8							
	4.0							
	4.2					H = 20 cm		LOSA DE
	4.4		H = 16 cm				H = 25 cm (*)	
CON APUNTALAMIENTO	4.6							
	4.8							
	5.0		H = 19 cm			H = 30 cm (*)		
	5.2							
	5.4							
	5.6					H = 35 cm (*)		
	5.8							
	6.0							
	6.2							
	6.4							
	6.6							
	6.8				SEGUN DISEÑO DEL PROYECTISTA			
	7.0							
7.2								
7.4								
7.6								
7.8								
8.0								

Figura 15. Resultados de distancia entre ejes de viguetas es 0.84 m y caseton de 0.75 m. H = Espesor de la losa aligerada en cm. (*) losas continuas de espesor igual o mayor a 25 cm se le colocará acero de refuerzo negativo en obra según diseño

		ESPESOR 1.50 mm Negro o Galvanizado DISTANCIA ENTRE EJES DE VIGUETAS ES 0.69 m y CASETON DE 0.60 m Sobrecarga Kg/m ²								
Luz libre (m)		100	200	300	400	500	600	700	800	
		ESPESOR DE CONCRETO 4cm			ESPESOR DE CONCRETO 5cm					
SIN APUNTALAMIENTO	2.0									
	2.2									
	2.4									
	2.6					LOSA DE H = 14				
	2.8					cm				
	3.0	LOSA DE H = 13 cm								
	3.2									
	3.4									
	3.6									
	3.8					H = 17 cm				
	4.0									
	4.2					H = 20 cm				
	4.4									
CON APUNTALAMIENTO	4.6					LOSA DE				
	4.8					H = 25cm				
	5.0									
	5.2	H = 16 cm								
	5.4		H = 19 cm							
	5.6					H = 35 cm (*)				
	5.8			H = 30 cm (*)						
	6.0									
	6.2									
	6.4									
	6.6									
	6.8									
	7.0									
	7.2			SEGÚN DISEÑO DEL PROYECTISTA						
	7.4									
	7.6									
7.8										
8.0										

Figura 16. Resultados de distancia entre ejes de viguetas es 0.69 m y casetón de 0.60 m. H =Espesor de la losa aligerada en cm. (*) losas continuas de espesor igual o mayor a 25 cm se le colocará acero de refuerzo negativo en obra según diseño

Características del peso propio por m² para las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023

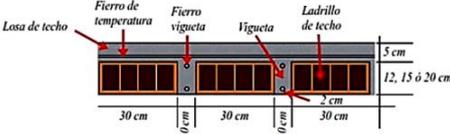
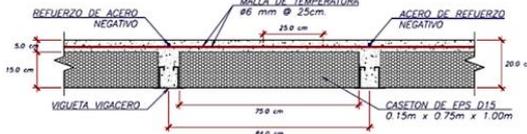
Sistema aligerado tradicional	Sistema aligerado viga prefabricada de acero
	
Cálculo por Peso Propio	Cálculo por Peso Propio
Separación entre viguetas = 40 cm.	Separación entre viguetas = 84 cm.
Peso de C de la Vigueta 36 kg/ml	Peso de C de la Vigueta 28.80 kg/ml
	Peso del Perfil Viga cero = 4.86 kg/ml
Peso Ladrillo de techo = 8.65 Kg/Unid.	Peso Ladrillo de techo = 8.65 Kg/Unid.
Peso de losa de 5 cm. = 0.05m x 1m x 2400 kg/m ³ = 120 kg/m ² .	Peso de losa de 5 cm. = 0.05m x 1m x 2400 kg/m ³ = 120 kg/m ² .
Peso de vigueta. = 36kg/ml/0.40m = 90 kg/m ²	Peso de vigueta. = 28.80 kg/ml/0.84m + 4.86 kg/ml/0.84 m = 40.08 kg/m ²
Peso de ladrillo de techo. 8.65kg/Und. x 8.33Und/m ² = 72.0 kg/m ²	Peso de EPS de alta densidad. = (15 kg/m ³ . x 0.15 m.)/0.84 m. 2.68 kg/m ²
Peso Propio por m ² . = 120 kg/m ² + 90 kg/m ² + 72 kg/m ² = 282 kg/m ²	Peso Propio por m ² . 120 kg/m ² +40.08 kg/m ² 2.68 kg/m ² =162 kg/m ²

Figura 17. Cálculo de peso propio por m². (162 kg/m²)/(300 kg/m²)=54%

Propiedades mecánicas

Overall

Depth	9 cm
Width	13 cm
Perimeter	72.5 cm
Weight	0.0048 t/m

Geometric Properties

Área	6.165 cm ²
X	73.2 cm ²
ly	95.44 cm ⁴
bry	0 cm ⁴
J	3.446 cm
Ry	3.935 cm
Sx+	12.56 cm ³
Sx-	23.07 cm ³

Sy+	14.68 cm ³
Sy-	14.68 cm ³
Xc	-2575 cm
Ye	27209 cm

Principal Properties

I1	95.44 cmm ⁴
I2	73.2 cm ⁴
α	-90 deg
r1	3.935 cm
r2	3.446cm
S1+	14.68cm
S1-	14.68cm
S2+	23.07cm
S2-	12.56cm

Polar Properties

Ip	168.6 cm ⁴
rp	5.23 cm

Plastic Properties

Zx	18.33 cm ³
Zy	22.85 cm ³
Xpna	-2575 cm
Ypna	27207 cm

Fy = Esfuerzo fluencia = 36000 psi.

Fu = Esfuerzo tensión = 53000 psi.

Elongación en 2" = 20% min.

I_x = Momento de inercia alrededor del eje X

S_{xt} = Modulo elástico de la sección respecto a la fibra superior.

S_{xb} = Modulo elástico de la sección respecto a la fibra inferior.

\bar{y} = Centro de masa de la vigueta, respecto a la fibra interior.

Peso por metro cuadrado de losas aligeradas con sistema de viguetas prefabricadas de acero

Espesor de losa H	Espacio entre eje de viguetas	Observaciones	Casetón de Poliestireno					Concreto en Obra					Peso total
			Peso	Casetón	Largo	Vol.	Peso	Vol. losa sup	Vol. nerv	Peso de losa	Peso Nervadura	Vol. Total	
			Kg/m	unid	m	m ³	Kg/m	m ³	m ³	Kg/m ²	Kg/m	m ³	
13	0.69	Para luces menores a 3.5 m de luz casetón densidad 25 Kg/m ³	4.86	1	1.0	0.048	1.20	0.05	0.006	120.00	15.36	0.056	151.043
13	0.79		4.86	1	1.0	0.056	1.40	0.05	0.006	120.00	15.36	0.056	147.367
13	0.84		4.86	1	1.0	0.060	1.50	0.05	0.006	120.00	15.36	0.056	145.857
17	0.69	Casetón densidad 25 Kg/m ³	4.86	1	1.0	0.072	1.80	0.05	0.010	120.00	23.04	0.060	163.043
17	0.79		4.86	1	1.0	0.084	2.10	0.05	0.010	120.00	23.04	0.060	157.975
17	0.84		4.86	1	1.0	0.090	2.25	0.05	0.010	120.00	23.04	0.060	155.893
20	0.69	Casetón densidad 15 Kg/m ³	4.86	1	1.0	0.090	1.35	0.05	0.012	120.00	28.80	0.062	170.739
20	0.79		4.86	1	1.0	0.105	1.58	0.05	0.012	120.00	28.80	0.062	164.601
20	0.84		4.86	1	1.0	0.113	1.69	0.05	0.012	120.00	28.80	0.062	162.080
25	0.69	Casetón densidad 15 Kg/m ³	4.86	1	1.0	0.120	1.80	0.05	0.016	120.00	38.40	0.066	185.304
25	0.79		4.86	1	1.0	0.140	2.10	0.05	0.016	120.00	38.40	0.066	177.418
25	0.84		4.86	1	1.0	0.150	2.25	0.05	0.016	120.00	38.40	0.066	174.179
30	0.69	Casetón densidad 15 Kg/m ³	4.86	1	1.0	0.150	2.30	0.05	0.020	120.00	48.00	0.070	199.870
30	0.79		4.86	1	1.0	0.175	2.60	0.05	0.020	120.00	48.00	0.070	190.234
30	0.84		4.86	1	1.0	0.188	2.80	0.05	0.020	120.00	48.00	0.070	186.277
35	0.69	Casetón densidad 15 Kg/m ³	4.86	1	1.0	0.180	2.70	0.05	0.024	120.00	57.60	0.074	214.435
35	0.79		4.86	1	1.0	0.210	3.15	0.05	0.024	120.00	57.60	0.074	203.051
35	0.84		4.86	1	1.0	0.225	3.38	0.05	0.024	120.00	57.60	0.074	198.375

Figura 18. Peso por metro cuadrado de losas aligeradas con sistema de viguetas prefabricadas de acero. * Estos son los espesores más comerciales. Según el diseño podría variar la separación entre viguetas

Tabla 4. Especificaciones de la vigueta prefabricada de acero

Especificaciones de la vigueta	Espesor 1.5 mm (nominal)
Medidas (mm)	h=90
Peso (Kg/m)	b=130
Rendimiento (m ² /día)	650 m ² / día
Luz máxima entre apoyos (m)	8.00

Cálculo para una losa aligerada con el sistema viguetas prefabricadas de acero

Método de los coeficientes

$$l_2/l_1 \leq 1.20; \text{ Donde } l_2 > l_1$$

- **Momento positivo**

(a) Tramos extremos

El extremo discontinuo no está restringido $(1/11) wul^2_m$

El extremo discontinuo es monolítico con el apoyo $(1/14) wul^2_m$

(b) Tramos interiores

- **Momento negativo** en la cara exterior del primer apoyo interior

(a) Dos tramos: $(1/9) wul^2_m$

(b) Más de dos tramos $(1/10) wul^2_m$

- **Momento negativo** en las demás caras de apoyos interiores. $(1/11) wul^2_m$

- **Momento negativo** en la cara de todos los apoyos para losas con luces que no excedan de 3 m y vigas en las cuales el cociente entre la suma de las rigideces de las columnas y la rigidez de la viga exceda de 8 en cada extremo del tramo $(1/12) wul^2_m$

- **Momento negativo** en la cara interior de los apoyos exteriores para los elementos contruidos monolíticamente con sus apoyos:

Cuando el apoyo es una viga de borde: $(1/24) wul^2_m$

Cuando el apoyo es una columna $(1/16) wul^2_m$

- **Fuerza Cortante**

$(1/16) wul^2_m$

Cara exterior del primer apoyo interior: $1.15 (1/2) wul^2_m$

Caras de todos los demás apoyos: $(1/2) wul^2_m$

El valor de l_n es la luz libre del tramo. Para el cálculo de los momentos negativos en las caras de los apoyos interiores, l_n se tomará como el promedio de las luces libres adyacentes.

Cortante que resiste el concreto: $V_c = 1.1 * (0.17 * \sqrt{f'c} * b_w * d)$

Tabla 5. Valores de cortante

Losa aligerada	ϕV_c	ϕV_c
fic losa in situ	210 Kg/cm ² 20 Mpa	350 Kg/cm ² 34.3 Mpa
13 cm	86.97	113.9
17 cm	113.74	148.95
20 cm	133.81	175.23
25 cm	167.26	219.04
30 cm	200.71	262.85
35 cm	234.16	306.65

Donde:

$bw = 8 \text{ cm}$

$d = \text{altura de la losa} - 2.0 \text{ cm}$

En caso $V_u > \phi V_c$, es importante tener en cuenta que se debe retirar alternadamente los casetones hasta que $V_u \leq \phi V_c$

Tabla 6. Comparación de resistencia con otros sistemas de viguetas prefabricadas

Tipos de vigueta	Vigacero	Vigueta pretensada	Vigueta Tralicho
Espesor de losa (m)	0.16	0.17	0.17
Espesor de carpeta de compresión (cm)	4	5	5
Espaciamiento entre ejes de viguetas (m)	Cada 0.84 m	Cada 0.60 m	Cada 0.50 m
Resistencia	1.265 ton	1.267 ton	0.90 ton

Tabla 7. Ventajas del sistema de viga prefabricada de acero frente a otros tipos de viguetas

Descripción de los sistemas	Aligerado con sistema viga prefabricada con acero	Aligerado con viguetas pretensadas	Aligerado convencional	Prefabricadas de concreto armado	Losas macizas
Menos cantidad de encofrados menos puntales	O	O	X	En menor cantidad	X
Paños con luces grandes con menor espesor de losa	O	O	X	O	O
Las cuadrillas pueden trabajar simultáneamente mejorando los rendimientos	O	X	-	O	X
	O	O	X	En menor	X

Se reduce el tiempo de armado y desencofrado dado la inercia de la vigueta					cantidad	
Reduce la cantidad de concreto a utilizar en la losa aligerada entre el 10 al 15 %	O	En menor cantidad	X		X	X
Las viguetas son lo suficientemente resistente como para soportar la manipulación y no tener mayores desperdicios	O	X	-		X	-
La fabricación de las viguetas es rápida contando con una buena capacidad de distribución	O	X	-		X	-
Ahorro de tiempo 50%	O	En menor cantidad	X		O	X

Nota. Cumple (o), no cumple (X), no aplica (-).

Tabla 8. *Ventajas técnicas y funcionales*

Descripción de los sistemas	Aligerado con sistema de viguetas prefabricadas de acero	Aligerado con viguetas pretensadas	Aligerado convencional	Prefabricadas de concreto armado	Losas macizas
Se disminuyen las deflexiones que causan fisuras en la losa	O	O	X	X	X
Un mayor espesor de losa proporciona mayor acústica	O	O	O	O	X
Sistema certificado y avalado por el Ministerio de Vivienda	O	O	O	O	O
El trabajar con casetones de Eps de alta densidad proporciona mejor acústica en la losa	O	X	X	X	-
Por tener mayor separación de viguetas, utiliza menos puntales esto reduce el tiempo de armado	O	X	X	X	X
Las instalación erétricas y sanitarias son más fácil de instalar	O	O	X	O	-

Nota. Cumple (o), no cumple (X), no aplica (-).

En cuanto a las ventajas del diseño estructural con viguetas prefabricadas de acero frente la pre - losa armada se presentan las siguientes tablas:

Tabla 9. *Peso propio (kg/m²) de acuerdo con el tipo de sistema*

Prelosa 25 cm	Vigueta prefabricada de acero
300	180

Nota. Se presenta un ahorro en peso del 40%

Tabla 10. *Peso total del casco = 800 kg/m² empleando prelosa de e=25 cm, según: (kg/m²)*

Sistema prelosa	25 cm	Resto	Total
	300	500	800

Nota. Se tiene un ahorro del 15%

Tabla 11. *Con losa con vigueta prefabricada e=25 cm es 680 kg/m² (kg/m²)*

Sistema vigueta prefabricada de acero	Vigueta prefabricada	Resto	Total
	180	500	680

Nota. Se tiene un ahorro del 15%

Tabla 12. *Ahorro en masa sísmica para esta obra específica: (kg/m²)*

Ventaja ante sismos Menor momento sísmico	Peso / m ² US\$ / m ²	Área techada m ²	Pisos No.	Total Ton
Prelosa de e=25 cm	300	5600	20	1,680.00
Losas con viguetas prefabricadas h=25 cm	180	5600	20	1,008.00

Nota. Se tiene un ahorro en peso propio al utilizar losas con viguetas prefabricadas de acero de 672.00 ton.

Características de los costos para las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023

Debido a que hay una losa con la masa sísmica más baja del mercado, trabajar con vigas de acero prefabricadas es más asequible que trabajar con otros tipos de vigas de acero. Esto permite una reducción inicial del coste de construcción de entre el 10 y el 18% durante toda la fase de diseño de la estructura. Las ventajas de la construcción vertical (columnas y vigas) y los cimientos incluyen un mayor ahorro económico en altitudes más altas, más un 7% al 15% en la ejecución de la construcción; sin necesidad de encofrado y mínimo apuntalamiento; sin necesidad de grúa; procesos de construcción in situ mejorados y

acelerados debido al mayor confort térmico y acústico; y puntuaciones más altas en Certificación LEED y EDGE, que reconocen y premian la construcción ambientalmente responsable y sostenible. Estos dos certificados se otorgan a estructuras respetuosas con el medio ambiente. Otros ejemplos incluyen los siguientes: la preservación de una porción de las vigas de hormigón Tomar medidas de cuarenta por setenta centímetros antes de eso. Una reducción del 35% en el hormigón y una disminución del 35% en los kg de acero fue posible gracias al uso de viguetas prefabricadas de acero con dimensiones de 30 x 60 cm L=5,47 m vigas y 5,35 m. Esto se logró utilizando un 35% menos de acero.

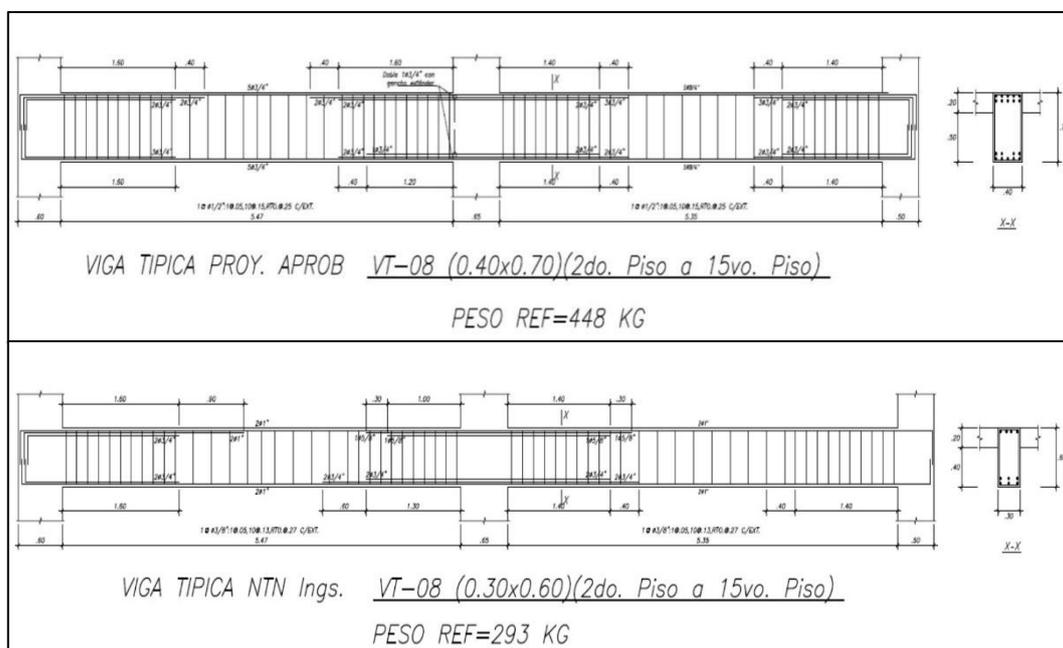


Figura 19. Diferencia % NTN-Proy. Aprob. =150%

El edificio de ejemplo se construyó utilizando losas de vigas de acero prefabricadas, que es un método de construcción más rentable que la estructura del edificio hecha de una losa más pesada: por alrededor de 168.000 dólares menos, se puede crear un edificio con una superficie de 5.600 metros cuadrados. Esto equivale al quince por ciento del costo total de la construcción vertical, que también incluye los cimientos, las vigas y las columnas. Existe una correlación entre la altura, los metros cuadrados y el dinero ahorrado. reduce la cantidad de fatiga que experimenta la estructura y mejora su rendimiento durante los terremotos.

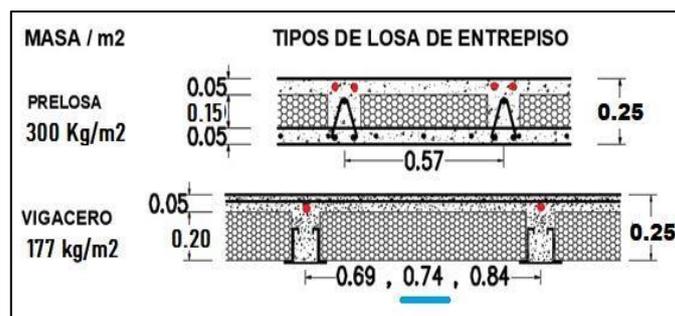


Figura 20. Tipo de losas entre piso

Asimismo, cabe mencionar que el costo de la estructura de 20 pisos y 3 sótanos se considera directamente proporcional al peso de esta, con esta diferencia de peso el ahorro económico en la estructura de la edificación en evaluación sería aproximadamente:

Tabla 13. Diferencia de Costos

	Casco / m2 US\$ / m2	Área techada m2	Dif %	Total
Prelosa de e=25 cm	200	5600	100%	1,120,000.00
Losas Vigacero h=25 cm	200	5600	85%	952,00.00

Nota. Se tiene un ahorro aproximado de \$ 168 000.00.

Se ha realizado una estimación del coste del casco utilizando una media de doscientos dólares por metro cuadrado. Con fines de iluminación, se ha desarrollado para este proyecto una superficie adicional de unos 5.600 metros cuadrados. El ajuste que se hizo al proyecto fue cambiar del sistema convencional de techo de losa aligerada al sistema de losa aligerada con viga. Los cofres fabricados en poliestireno expandido de alta densidad y viguetas estructurales de acero galvanizado que se han fabricado son los componentes que componen este sistema. Para facilitar el proceso de análisis de costos, se implementó esta alteración. El diafragma rígido que se produce mezclando mallas de temperatura, concreto y casetones EPS está sostenido por las vigas, además de vigas o placas de refuerzo de concreto que rodean el perímetro de la estructura. La iluminación estándar que antes era aceptable tenía un espesor de veinte milímetros y pesaba doscientas libras por metro cuadrado. Veinte centímetros es el espesor de la losa que se utiliza en el sistema de viguetas prefabricadas de acero, y pesa mil seiscientos veinte kilos por metro cuadrado. Al realizar este ajuste, el peso de la estructura se redujo alrededor del diez por ciento, lo que supuso una mejora significativa. Esto, en esencia, hizo factible disminuir la cantidad de acero que se utilizó en la construcción de vigas y columnas, así como el tamaño de algunos de los zapatos. Además, esto provocó que se redujera el tamaño de algunos de los zapatos. Pudo cumplir con el requisito arquitectónico de la altura desde el piso hasta el techo reduciendo el peralte de las vigas en cinco milímetros. Esta mejora

permitió cumplir el requisito. Hay un gran tema que exige investigación y conversación debido a su naturaleza.

Con el fin de diseñar el proyecto estructural, que consta de diez plantas y dos sótanos, se añadió al sistema de encofrado tipo Firth un sistema de losas más ligeras con viguetas prefabricadas de acero. Durante la prueba, la carga muerta se redujo mediante el uso de vigas de acero prefabricadas, que pesaban 150 kg/m², en lugar del peso de 280 kg/m² del Firth System. Al alterar el sistema de iluminación para que tenga un peso menor, se han reducido tanto las tensiones estáticas como sísmicas. Esto es cierto porque el peso de la estructura influye directamente en las cargas sísmicas. La cantidad de acero utilizada en las vigas principales y las columnas ha disminuido, al igual que el tamaño de las zapatas. Esto se logra reduciendo el peso de cada columna en aproximadamente cuarenta toneladas manteniendo al mismo tiempo el número mínimo de puntales y evitando la necesidad de encofrado. Cuando las vigas tienen un mayor contenido de acero de $A_s=6\text{cm}^2$, es el método más limpio en el sitio, no requiere grúa, utiliza menos concreto, es viable en todo tipo de encofrados y reduce los residuos. Además, hay luces más grandes con menos puntales y menos vigas de solera/m², y la tendencia continúa al día siguiente en el nivel superior. Es probable que las tablas y los accesorios sobrevivan.

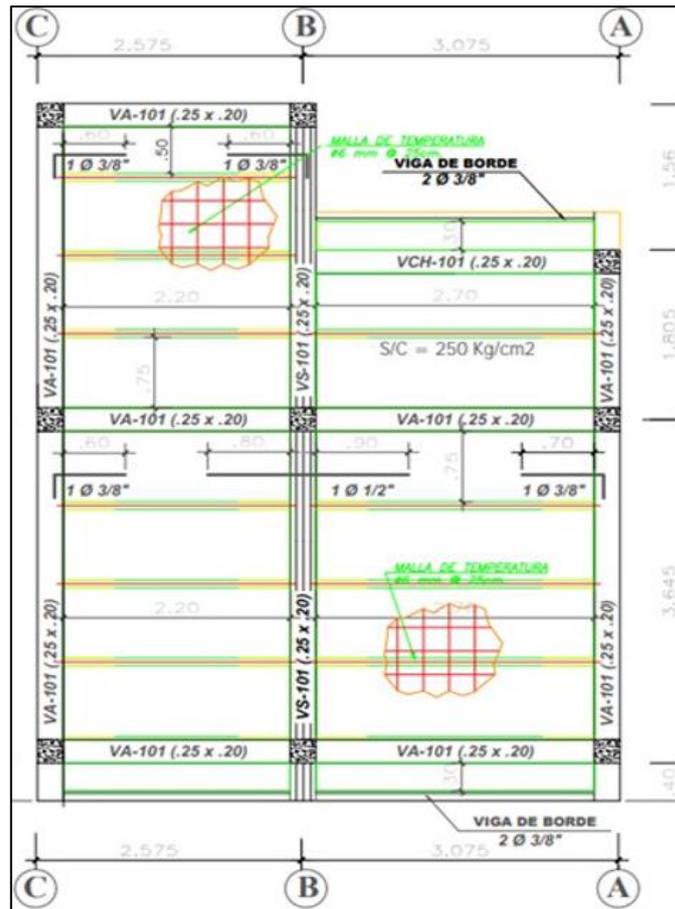


Figura 21. Cantidad de tablas: 0 P2, soleras: 0 unidad, puntales: 0 unidad para losas con viguetas prefabricadas de acero

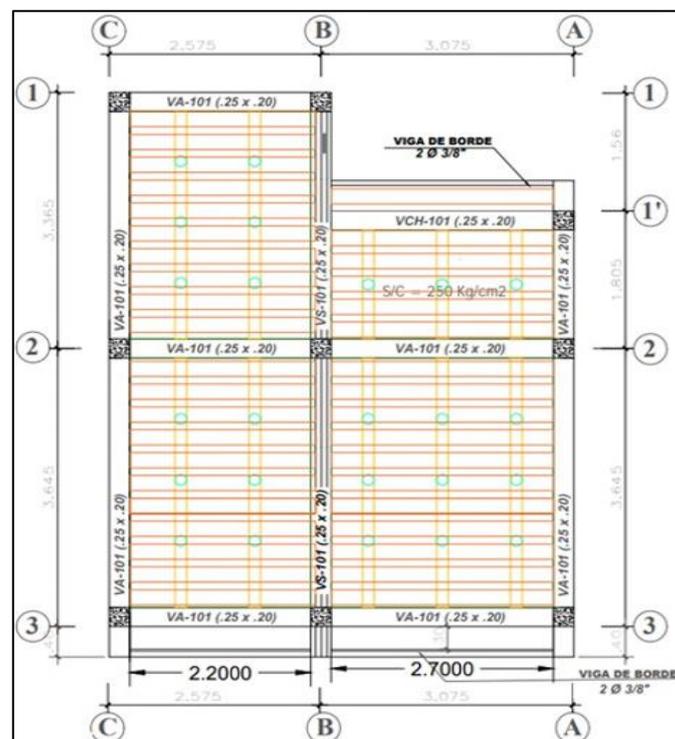


Figura 22. Cantidad de tablas: 286.61 P2, soleras: 10 unidades = 26.62 ml y puntales: 24 unidades para losas convencionales



Figura 23. Viguetas prefabricadas colocadas

Las vigas mayores y las vigas de amarre están posicionadas en los márgenes de este techo de unos 45 metros cuadrados, por lo que son las únicas zonas que necesitan arriostramiento. Puede construir de manera más rápida y efectiva sin dejar de seguir principios ergonómicos (ligeros y portátiles) utilizando losas aligeradas con vigas de acero prefabricadas. Elimina la necesidad de una grúa, facilita el montaje de la vigueta en el lugar de trabajo y permite un proceso de construcción más rápido y eficaz, ya que no se necesitan encofrados. Las viguetas de acero prefabricadas ahorran hormigón y agua en losas, son sencillas de transportar y construir en el lugar y necesitan menos trabajo, desperdicios y puntales.

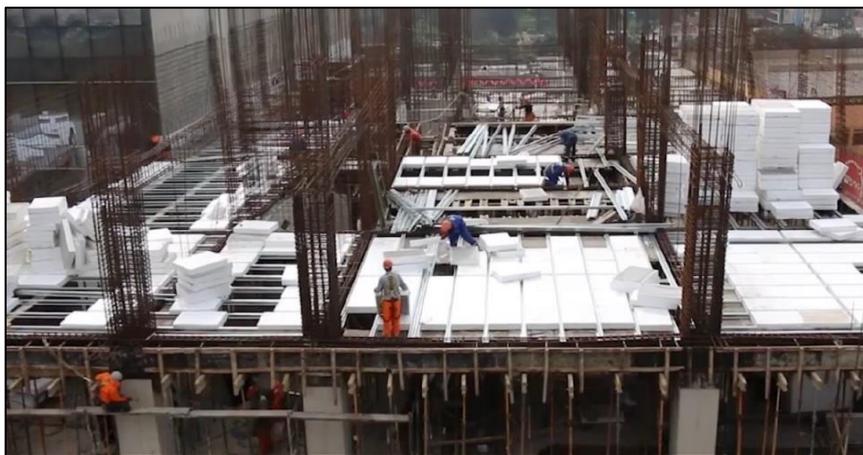
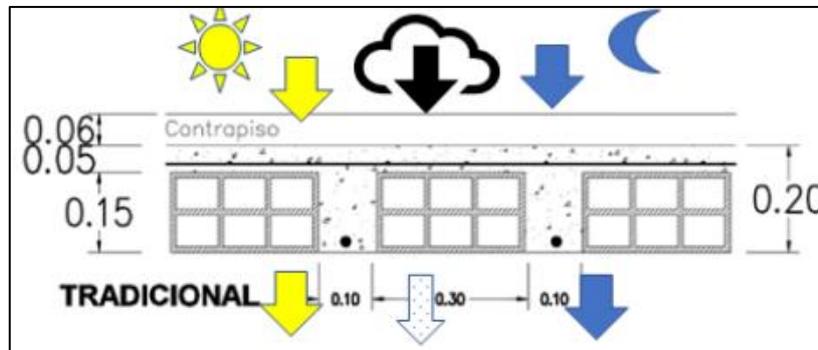


Figura 24. Instalación de viguetas y casetones

Tabla 14. Aislamiento térmico en techo con ladrillo arcilla $h=15\text{ cm}$

Tipo	Nombre de Capa	Espesor r (m.)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad Térmica (A=W/m.C)	Resistencia Térmica (m/A)	f	f*R (m ² C/W)
	Resistencia Sup. Interior				0.1		0.1
Aligerada c/ ladrillo arcilla de 15 cm (e tot = 0.26 m.)	Piso de cemento pulido	0.06	> 2000	1.8	0.033	1	0.033
	Vaciado concreto y aceros	0.05	> 2500	2.5	0.02	1	0.02
	Ladrillo de arcilla para techo	0.15	500	0.67	0.224	0.75	0.168
	Viguetas de concreto	0.15	>2500	2.5	0.06	0.25	0.015
	Resistencia Sup. Exterior					0.04	0.04
	e			R =m ² .°C/W	0.48		0.376
		0.26		U =W/m ² .°C	2.1		2.66

**Figura 25.** Análisis del aislamiento térmico con losa tradicional. SI $2.66 > \text{mayor A } 2.20\text{ W/m}^2.\text{ °C}$ no cumple**Tabla 15.** Aislamiento térmico en techo con vigueta prefabricada de acero

Tipo	Nombre de Capa	Espesor r (m.)	Densidad (kg/m ³)	Conductividad Térmica (A=W/m.C)	Resistencia Térmica (m/A)	f	f*R (m ² C/W)
	Resistencia Sup. Interior				0.1		0.1
Losa aligerada y EPS D15 de 15 cm (e tot = 0.26 m.)	Piso de cemento pulido	0.06	> 2000	1.8	0.033	1	0.033
	Vaciado concreto y aceros	0.05	> 2500	2.5	0.02	1	0.02
	Casetón de EPS D15	0.15	15	0.038	3.947		3.084
	Viguetas de concreto	0.15	>2500	2.5	0.06	0.75	0.005
	Viguetas prefab de acero	0.015	>7850	58	0.00026	0.25	0.00004
	Resistencia Sup. Exterior					0.04	0.04
	e			R =m ² .°C/W	4.2		3.282
		0.26		U =W/m ² .°C	0.24		0.30

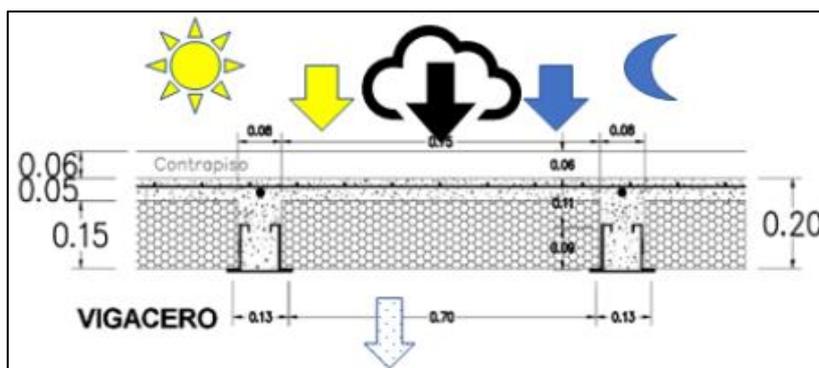


Figura 26. Análisis del aislamiento térmico con losa tradicional. Si $0.30 < \text{menor a } 2.20 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ si cumple

De lo siguiente se desprende claramente que las viguetas prefabricadas de acero satisfacen las especificaciones de la norma EM-110: Estas viguetas se utilizan para construir losas con casetones EPS D15 y STC-01, que proporcionan un aislamiento acústico y térmico superior. Respecto al Sistema TCI y a las Normas UNE 74041-80: El índice de absorción acústica tiene un rango de 0,86 a 0,91. Tiene una conductividad térmica de 0,035 W/Mq.

Cada zona bioclimática tiene una necesidad energética máxima de confort térmico, según la misma hipótesis. Todos los proyectos de construcción deben cumplir con las siguientes reglas, que se basan en la zona bioclimática en la que están situados: La mayor transmitancia térmica posible será el objetivo de los materiales de construcción del edificio.

Tabla 16. Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en $\text{W/m}^2\text{K}$

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U muro)	Transmitancia térmica máxima del techo (U techo)	Transmitancia térmica máxima del piso (U muro)
Desértico costero	2,36	2,21	2,63
Desértico	3,20	2,20	2,63
Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
Meso andino	2,36	2,21	2,63
Altoandino	1,00	0,83	2,63
Nevado	0,99	0,80	2,63
Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

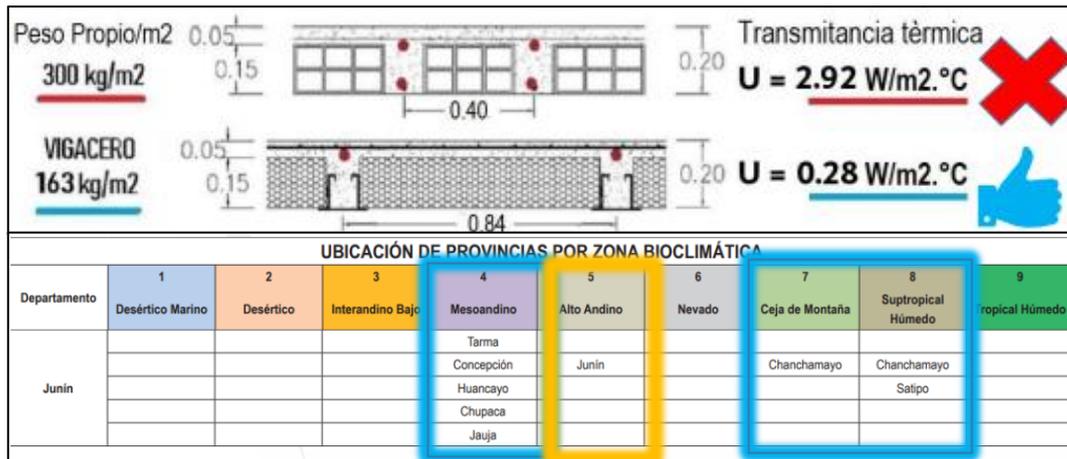


Figura 27. Valores de transmitancia térmica

Se considera que Huancayo y otras ciudades importantes están en la zona bioclimática: Meso andino, Altoandino y Subtropical húmedo.



Figura 28. Losa antes planteada. Contiene 10 viguetas pretensadas, 297 bovedillas de arcilla, 0.09 m³/m² de concreto, 5 vigas soleras y 36 puntales



Figura 29. Losa con viguetas prefabricada de acero. Contiene 06 viguetas prefabricadas de acero, 35 casetones de EPS, 0.066 m³/m² de concreto, 3 vigas soleras y 14 puntales

En una parte del piso 1 se utilizó viguetas pretensadas de concreto. El piso 2 y demás pisos fueron con viguetas prefabricadas de acero y la evaluación con el propietario, proyectista y la supervisión fue positiva y aprobaron el uso de viguetas prefabricadas para el resto de la edificación.

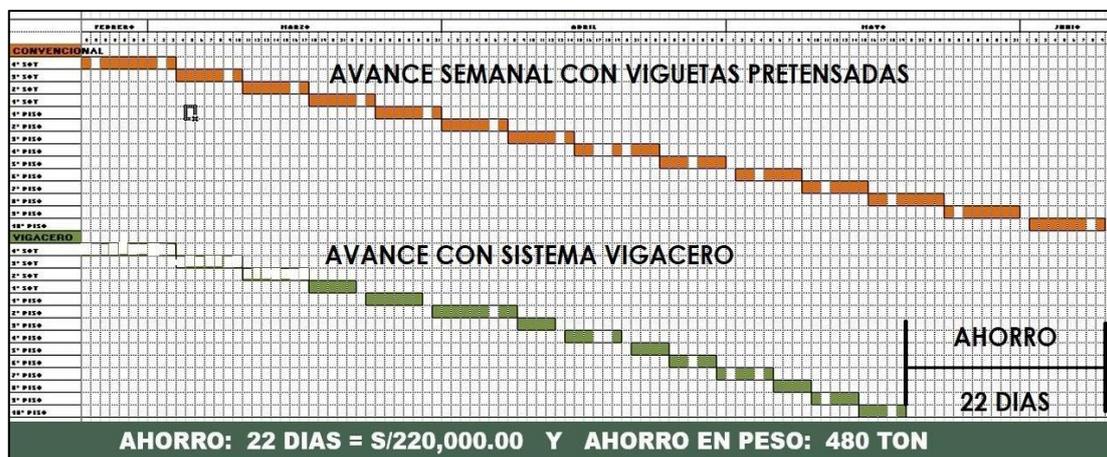


Figura 30. Optimización de tiempo de ejecución. Se gana un mes calendario en obra

A partir del piso 3 se ahorró de 3 a 4 días en promedio en cada vaciado. Optimizando un total 12 días útiles. Ahorramos un aprox. de 60 m³ de concreto al tener mayor espaciamiento de viguetas. El resultado fue mayor productividad por la mayor velocidad de montaje y vaciado de cada losa. Además la estructura que estuvo diseñada para un peso mayor va a tener mejor desempeño ante sismos.

Características de las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones residenciales de la provincia de Huancayo, en el año 2023

El enfoque convencional debería sustituirse por el novedoso de utilizar vigas de acero prefabricadas en un sistema de losas aligeradas. Este edificio residencial del distrito de Chilca demuestra que se pueden cubrir paneles más grandes más rápido y con una losa más delgada que con otras tecnologías de entrepiso. Esto se debe a que la facilidad de configuración de este sistema es uno de sus beneficios. La losa superior del sistema estaba formada por vigas prefabricadas de acero con hormigón colocado entre ellas. Se coló en su lugar, preferiblemente con una malla de temperatura, hasta una profundidad de cuatro milímetros. La parte no estructural entre las vigas se terminó con los casetones de poliestireno expandido de alta densidad. Las viguetas prefabricadas de acero, que medían 9 cm de alto y 13 cm de ancho, creaban una forma de TT invertida cuando se veían desde el ala inferior. Había 84 centímetros entre los ejes. Para evitar el fondo del encofrado, se apoyaron casetones de poliestireno

expandido (EPS) en las proyecciones de las alas. No se requirió encofrado para este diseño, en ninguna circunstancia; solo se requería apuntalamiento cuando los tramos libres eran de más de 4,50 metros.

Sobre la losa superior se apilan mallas de temperatura y acero negativo. Para espesores de losa continuos y de más de 25 cm, esta característica no es necesaria. También se integran sistemas sanitarios y eléctricos. Como resultado de que los componentes de la losa terminada se adhirieron mecánicamente entre sí, se produjo un diafragma rígido. Esto fue factible gracias al trabajo conjunto del acero y el hormigón de la losa terminada. Para que la tela sea más duradera, es necesario construir una borla de malla de pollo. También era probable que el techo hubiera sido reemplazado por paneles de yeso. Las vigas de acero prefabricadas cumplen con el Título III Edificios del Reglamento Nacional de Construcción, Capítulo 17, Elementos de Hormigón Compuesto sujetos a Flexión de Armado de Hormigón Estándar E.060, aprobado por Decreto Supremo No. 011-2006-VIVIENDA y modificado por Decreto Supremo No. 010-2009-VIVIENDA.

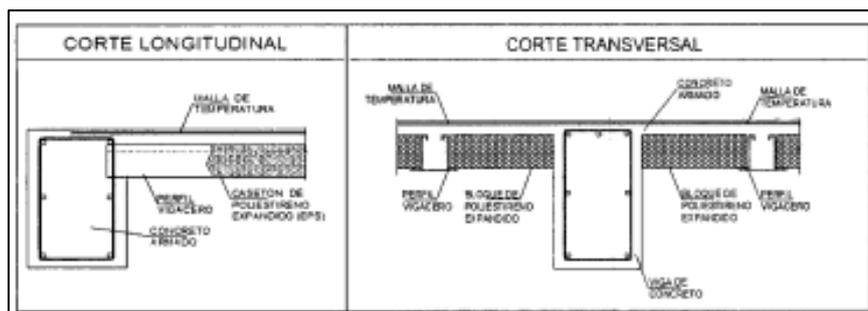


Figura 31. Corte longitudinal y transversal

Las vigas de piso y techo utilizadas convencionalmente se reemplazaron con losas más ligeras y se construyeron utilizando un método que utilizaba vigas de acero prefabricadas. Este fue sólo uno de los numerosos usos de la tecnología. Trabajó con todo tipo de sistemas de construcción, incluidos los más utilizados, como estructuras metálicas, sistemas porticados, sistemas de mampostería restringida y sistemas duales. Esta capacidad, junto con el peso reducido por metro cuadrado del sistema, dio como resultado un rendimiento mejorado del sistema en comparación con el sistema que consta de losas aligeradas con vigas estándar.

Este sistema de losas aligeradas se construyó utilizando vigas de acero, mallas de temperatura, arcos de poliestireno expandido (EPS) y fundición de hormigón armado para los componentes horizontales. También se utilizó malla de temperatura. Cuando se combinan estos elementos se crea una losa más ligera que sirve de diafragma. Esta losa específica tiene una

vida útil más larga que una losa tradicional, además de tener un precio más razonable. Es posible utilizar mediciones variadas de la altura de la losa, lo que podría provocar un cambio en el espesor del cofre manteniendo intacta la sección de la vigueta de acero. Podrá obtener losas con dimensiones de 13, 16, 20, 25 y 30 cm mediante este procedimiento. Es posible crear varios espesores diferentes variando el espesor del cofre de poliestireno expandido y la losa superior.

En cuanto a instalaciones sanitarias, las tuberías de agua fría y caliente pasaban por las arcas, haciendo su recorrido horizontal entre las arcas del EPS y la malla de temperatura. Para las instalaciones eléctricas, el recorrido horizontal de los tubos eléctricos pasaba sobre la superficie de las arcas. Los tubos eléctricos también podían pasar a través de las arcas de poliestireno expandido, aprovechando las grandes arcas. Las cajas octogonales para fijar los puntos de luz se sujetaban a los casetones mediante simples perforaciones. Las tuberías de desagüe de la zona del baño se movían exclusivamente mediante casetones, que eran el único material utilizado para este fin. Para transportar las tuberías de drenaje se utilizaban losas sólidas o ligeras y reforzadas con varillas más tradicionales. La forma en que se construyen las tuberías de drenaje en las cocinas y los lavaderos es similar a cómo se construyen las tuberías de agua: siguen la pendiente natural de la superficie. Hay otra opción disponible en nuestra zona cercana para este tipo de losa, y es el tipo de inodoro con sifón a reacción. El tubo de drenaje en este tipo de inodoro se vacía después del conducto del pilar de drenaje y se mueve horizontalmente hacia la pared.

Para este sistema de viguetas prefabricadas se propusieron dos tipos de revestimientos especiales (cielo plano, en paredes o tabiques) para las cubiertas: un tipo era un tarrajeo con mortero, y el otro era un techo con paneles de placas de yeso. Para el tarrajeo con argamasa se colocó una malla de gallinero cocada de 1/2 "cuadrada o hexagonal en toda la superficie del techo y se fijó a los casetones con grapas en forma de "U. A continuación, se colocó la jarra de mortero después de humedecerla. El techo se cubrió con alquitrán y luego se colocó una base de pintura elastomérica. Esto se llevó a cabo para evitar que el tarrajeo desarrollara fracturas. Fue necesario utilizar un tornillo autoperforante cada 40 centímetros para asegurar los paneles de placas de yeso a las vigas de acero prefabricadas con el fin de construir el techo de paneles de placas de yeso. El techo se creó haciendo esto. A continuación, las juntas y tornillos encontrados anteriormente se cubrieron con una capa de masilla aplicada con una espátula.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los resultados del estudio se obtuvieron mediante la técnica de observación de campo, que se realizó con la ayuda de la guía de observación, y el método de análisis documental, cuyo instrumento es la hoja de registro de datos, debido al carácter cuantitativo de la investigación actual. Los datos de la investigación se recopilaron utilizando ambas técnicas. Debido a su estabilidad temporal, se probó la precisión y congruencia de los instrumentos utilizados mediante confiabilidad. Esta es la situación ya que las herramientas se utilizan para instrumentos cuantitativos como inventarios, listas de verificación y hojas de registro. El grado de coherencia entre los resultados de dos pruebas distintas es lo que queremos decir cuando discutimos la estabilidad temporal. Este requisito se cumple cuando el mismo evaluador evalúa la misma muestra de datos en dos entornos diferentes.

Discusión 1:

Uno de los elementos de las viguetas prefabricadas que forman la base de este proyecto casero debe ser un sistema de techo aligerado con viguetas prefabricadas de acero y casetones EPS. Es fundamental hacerlo para satisfacer este requisito. Por sus características, la masa sísmica de esta losa es inferior a la de una losa normal. Todas las estructuras que componen este edificio, incluido el primer piso, lo utilizan ya que ha sido visto como un lugar donde podrían crecer las actividades sociales. Además, las características de este edificio cumplen con los requisitos establecidos por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. Estas directrices consisten en la Ley No. 27829, RM 236-2018-vivienda, RM 058-2019-vivienda, RM 086-2020 "vivienda" y RM 120-2020 "vivienda." Martell y Meza (2019) afirman que los hallazgos implican que el sistema funciona como un diafragma rígido en

general y que la adhesión mecánica es el mecanismo por el cual todas sus partes están conectadas entre sí. Su estudio indica que así es. Las viguetas de acero prefabricadas deberán apoyarse en la pared o encofrado de la viga particular al menos 2,5 centímetros de lado para garantizar su colocación de forma precisa. Esto garantizará que se mantenga la integridad estructural de la viga. Las vigas están separadas por 84 cm de los ejes en comparación con los ejes. Cuando se trata de vigas planas, cortar la vigueta prefabricada de acero es una necesidad imprescindible para construir el empalme que se requiere para ello. El procedimiento de instalación puede entonces avanzar cuando las arcas de poliestireno expandido se hayan colocado en los extremos de la vigueta de viga cero. Luego viene la instalación de la siguiente vigueta y, si es necesario, se repite el proceso. Dicho de otra manera, el cofre actúa como separador entre las vigas y las vigas sirven como referencia para la posición del futuro cofre. Se utilizarían rejillas de veinticinco centímetros por veinticinco centímetros para colocar la malla de temperatura en el sitio.

Discusión 2:

La forma de su sección le daba más rigidez que las barras de acero habituales, lo que aumentaba la resiliencia de las viguetas prefabricadas empleadas en esta construcción. Dado que las viguetas estaban compuestas de acero estructural, esta era la situación. Se construyó un apuntalamiento en medio de la luz libre, a partir de 4,50 metros. En comparación con los sistemas anteriores, requería menos apuntalamiento para operar en tramos abiertos de hasta ocho metros. Cuando la distancia entre las caras internas de las vigas de soporte estaba entre 5 y 8 metros, el apuntalamiento se hacía a un tercio del vano libre. Cuando la distancia era de entre cinco y ocho metros, esto se hacía. Además, la distancia entre ejes de las viguetas es de 84 centímetros y el ancho de las arcas es de 75 centímetros. La vigueta prefabricada de acero utilizada en esta presentación tiene una mayor resistencia por metro cuadrado en comparación con métodos alternativos de losa aligerada. Según los hallazgos de Torres (2021), la calidad de las vigas exhibe una resiliencia excepcional. Esto está en línea con la información que dio a conocer. Después de tres días, se encontró que la resistencia a la compresión de la vigueta pretensada era $f'c=350$ kg según los resultados de la prueba de compresión realizada en la fuente concreta de la vigueta. Después de siete días, se midió la resistencia a la compresión y se encontró que era $f'c=356$ kg/cm², cumpliendo con los requisitos de la norma técnica 334,189 de Perú. La norma técnica en Perú estipula $f'c=280$ kg/cm², que es el mínimo requerido. Se descubrió que la resistencia del haz aumentó por encima del valor esperado de 350 kg/m² durante las pruebas diarias. Como resultado, esto garantiza no sólo la vida útil

prolongada de los espaciadores sino también su resistencia a cargas adicionales, como equipos, durante todo el período de construcción. Esto es un resultado de la causa anteriormente mencionada. o componentes dispuestos en una pila. Adicionalmente, se piensa que se aconseja el sistema de losa más ligera con viguetas porque satisface los requerimientos de la norma técnica peruana 334.189, que establece un estándar mínimo para la resistencia a la compresión de la vigueta de 280 kg/cm², y requiere que las viguetas obtengan una resistencia de 350 kg/cm² con el fin de cumplir con lo establecido.

Discusión 3:

Al calcular el peso de una losa en función del propio peso, una losa de 5 centímetros de espesor pesa 120 kilogramos por metro cuadrado para un sistema normalmente aligerado; una vigueta pesa 90 kilos por metro cuadrado y el ladrillo del techo pesa 72 kilogramos. Como resultado, el sistema que ha sido aligerado pesa por sí solo 282 kilos por metro cuadrado. Sin embargo, en un sistema aligerado construido mediante viguetas prefabricadas de acero, el peso de una vigueta es de 40,08 kg por metro cuadrado. Una vigueta pesa 40,08 kg por metro cuadrado, pero el EPS de alta densidad pesa 2,68 kg por metro cuadrado. Como consecuencia, hay 162 kilos de peso propio por metro cuadrado. Según la investigación de Vásquez (2022), las unidades de arcas EPS no son tan necesarias como los ladrillos de arcilla para una losa m² más ligera. A partir de sus estudios, llega a esta conclusión. En un ejemplo comparable al último, el peso de las arcas es un 96,9% menor que el peso del ladrillo de arcilla por metro cuadrado. El peso del material elegido para aligerar el edificio afecta tanto al peso global de la estructura como a la productividad de la mano de obra ya que un material más ligero será más sencillo de trabajar. Esto se debe al hecho de que los materiales más ligeros son más sencillos de tratar. Como resultado de esta capacidad, los costos laborales en varios juegos se ven afectados. El estudio de comparación se realizó de la misma manera que el anterior en la materia de economía. Se tuvo que considerar la cantidad por metro cuadrado y el análisis del precio unitario de cada componente individual para calcular el costo de cada sistema por metro cuadrado. Comparablemente, esta tecnología reduce el peso por metro cuadrado. Esto implica que partes de los componentes estructurales y la cantidad de acero utilizada en ellos pueden reducirse si los edificios se construyen de nuevo teniendo en cuenta el sistema de losa cero Viga. Esto puede atribuirse a una disminución del peso por unidad de superficie. Desde una perspectiva financiera, esto afectará el coste global del proyecto. Cuando se utiliza el sistema, el comportamiento sísmico de la estructura mejorará mucho con respecto al de un sistema típico. Esto es algo que hay que considerar.

Discusión 4:

Presumiblemente, usar viguetas prefabricadas de acero será mucho menos costoso ya que existe una losa con la masa sísmica más baja del mercado. Esto significa que el diseño de los cimientos y la estructura vertical (columnas y vigas) se puede realizar con un ahorro inicial de entre el 10 y el 18%. Además, cuanto más altura, más dinero se puede ahorrar; además, la altura puede reducir el tiempo de construcción entre un 7% y un 15%; eliminar la necesidad de encofrado y un mínimo de apuntalamiento; eliminar la necesidad de una grúa; y mejorar y acelerar los procesos del sitio de construcción debido al mayor confort térmico y acústico. Finalmente, la altura puede ayudar a lograr una puntuación más alta en la Certificación LEED y EDGE, que es una certificación que reconoce la construcción sostenible. Martell y Meza (2019) informan que sus hallazgos muestran que el sistema de losa con vigas de haz cero cuesta S/37,028.92 más que el sistema de losa con vigas de haz cero (S/37,028.92) en términos del costo directo de proporcionar y colocar vigas. Al comparar los dos sistemas de losas, esta era la situación. Las viguetas de viga cero son mucho más caras que las viguetas pretensadas, que cuestan S/13,56 por metro lineal, a S/36,67 por ml. Esto es como resultado de la construcción plástica de vigas cero. Debido a esto, el sistema de losa que utiliza viguetas de viga cero es un 18,45% menos costoso que el sistema de losa que utiliza viguetas pretensadas. En comparación con el sistema de losas que utiliza viguetas pretensadas, que tienen una separación de cincuenta centímetros, el número de casetones que deben utilizarse en este sistema de losas es mucho menor. Esto se debe a que el espacio entre las vigas de haz cero es de 84 centímetros. Esto se debe a que existe una necesidad mucho menor de utilizar arcas con este método de losa. Se encontró que el costo directo del sistema de losas con vigas pretensadas era S/26.475,35 más que el del sistema de losas sin vigas. Esto significa que interviene un 2,90% menos que en el sistema de losas sin vigas. Los mismos resultados mostraron que el lote de hormigón de losa aligerada tenía un coste menor. Estos hallazgos se extrajeron utilizando los datos obtenidos de la tabla 142. Se determinó que el sistema de losa con vigas pretensadas era S/27.580,34 más caro que el sistema de losa sin vigas de viga después de mucha deliberación. Esto indica un aumento del 20,58% en el coste total del sistema de losas. También es posible colocar el acero de refuerzo en dirección a la losa más ligera por menos dinero. Esta es una ventaja extra. Se encontró que el sistema de haz cero tenía una diferencia de S/26.844,82, o el 21,85% del total, a su favor. Se decidió que esta disparidad era ventajosa.

Discusión 5:

Esta técnica poco convencional de losa aligerada con viguetas prefabricadas de acero se utilizó para construir este edificio residencial en el distrito de Chilca. En comparación con los sistemas de entrepiso convencionales, esta técnica permite cubrir paneles más grandes en menos tiempo y con una losa más delgada. Este sistema se utilizó en lugar del sistema de losa aligerada convencional. La facilidad de implementación de este sistema es una de sus ventajas. Según los hallazgos de Díaz y Soto (2016), el sistema de losas aligeradas con viguetas pretensadas utiliza bóvedas de madera, electromalla soldada y ladrillo de hormigón o cerámica. El acero pretensado de alta resistencia también es una característica de las vigas prefabricadas. Este es el procedimiento por el que pasa mientras se construye: Durante el primer paso, las viguetas pretensadas se llevan y se levantan sobre la losa. En el segundo nivel, las bóvedas se colocan entre las vigas. Posteriormente se instalan junto con las instalaciones la electromalla soldada y las varillas de acero. Por fin se vierte la capa de hormigón. Además, proporcionamos un enfoque que buscará una alternativa al método de losas más ligeras considerando factores como los tiempos de colocación y montaje, el costo general de todos los componentes y cualidades como el orden, la limpieza y el acabado. En consecuencia, se propuso un método que utiliza losas más ligeras y bloques de poliestireno expandido soportados por vigas de acero de placa delgada.

Este concepto creativo permitirá incorporar más luz a la arquitectura exterior de muchos tipos diferentes de edificios sin sacrificar los componentes estructurales que deben adherirse a los estrictos códigos de construcción del Perú. Como alternativa para futuros proyectos, también se cree que podrán reducir los tiempos y costes de ejecución.

CONCLUSIONES

1. Sobre la base de las características de los componentes que ofrecen este tipo de sistemas, la losa que tiene un sistema de viga de acero prefabricado y un peralte de 0,16 metros es más ventajosa que las otras tres losas que tienen un peralte de 0,17 metros. Si bien la presente edición del Reglamento Nacional de Construcción será relevante para el diseño estructural general del sistema, también será aplicable a los componentes individuales que componen el sistema. En todas y cada una de las situaciones, el proponente será directamente responsable de la salud y el diseño eléctrico del sistema, además de cualquier otro criterio técnico relevante. Además, el proponente estará a cargo de la fabricación, construcción y montaje del sistema. Los profesionales inscritos se encargarán de gestionar estas obligaciones de acuerdo con el proyecto concreto en el que se está trabajando actualmente.
2. En comparación con el sistema prefabricado de acero de 0,16 m de peralte, la vigueta prefabricada es mejor que las otras tres viguetas de 0,17 m de peralte. Esto se debe a que la vigueta prefabricada es de acero. Además de tener un mayor espaciado entre vigas, ha podido soportar un 32% más de peso que una vigueta relámpago normal sin romperse. Sobre la base de las pruebas realizadas se ha descubierto que las vigas prefabricadas de acero son lo suficientemente rígidas y robustas como para ser utilizadas como sistema estructural de techado.
3. Se ha demostrado que el sistema de viguetas de acero prefabricado tiene un peso reducido por área de techo del edificio. Esta ventaja puede atribuirse a la cantidad de componentes que se utilizan, así como a las características físicas de estos componentes.
4. Se ha descubierto que el sistema de viguetas de acero prefabricado es más rentable que las losas aligeradas estándar. Esta diferencia de precio puede atribuirse a la amplia variedad de componentes y a los atributos distintivos que tiene cada componente.
5. Cuando todo está dicho y hecho, se descubre que el sistema de viguetas de acero prefabricado tiene el potencial de reemplazar el sistema estándar de losas aligeradas. Esto se debe a que es capaz de cubrir un área más grande en menos tiempo y con una losa más

delgada que otros sistemas de entrepiso. Es posible que esto se explique por el hecho de que la aplicación de esta tecnología fue sencilla.

RECOMENDACIONES

- El sistema de viguetas prefabricadas de acero en losas aligeradas se recomienda como una solución estructural que ofrece muchas ventajas, incluida mayor resistencia, durabilidad, velocidad y flexibilidad. Debido a que tiene estos beneficios, se recomienda este método. Para seleccionar el tipo de vigueta más adecuado en función de la cantidad de luz a conservar, la carga a soportar y el espesor de la losa, o seleccionar el tipo de bóveda más práctico en función del peso, aislamiento y necesario. y resistencia al fuego, también es necesario un diseño adecuado y una instalación de componentes.
- El tipo de vigueta más adecuado debe elegirse teniendo en cuenta la cantidad de luz que debe conservarse, el peso que debe soportarse y el espesor de la losa. Existen muchos tipos de viguetas: macizas o con alma abierta, armadas o pretensadas, y con o sin nervaduras de refuerzo. De manera similar, para distribuir uniformemente las cargas exactas y protegerse contra cambios de temperatura que provoquen grietas, se deben colocar nervaduras de temperatura entre las vigas. Las celosías metálicas conocidas como nervaduras térmicas se construyen perpendicularmente a la dirección de colocación de las vigas.
- Se recomienda utilizar el tipo de bóveda y vigueta para minimizar el peso propio preservando al mismo tiempo la durabilidad y resistencia del sistema. Por ejemplo, puede utilizar bóvedas de poliestireno de alta densidad, que son menos densas que las bóvedas de arcilla o hormigón aligerado, o viguetas de alma abierta, que tienen una sección transversal más pequeña que las sólidas. Estas dos opciones son apropiadas para sus requisitos de construcción. Adicionalmente, se debe considerar el peso por metro cuadrado de las viguetas prefabricadas de acero que están contenidas en el interior de las losas aligeradas al calcular las cargas y esfuerzos ejercidos sobre la estructura y determinar las dimensiones de los componentes individuales que la componen. Por ejemplo, se debe tener en cuenta el peso adecuado por metro cuadrado de las losas aligeradas al calcular las reacciones, momentos, deformaciones y tensiones que se forman en las vigas, columnas, zapatas y cimientos.
- Se recomienda que evalúe los precios ofrecidos por los diferentes proveedores de viguetas prefabricadas y elija el que ofrezca el mejor valor. También puede solicitar a cada

proveedor una estimación después de revisar su inventario de productos y servicios. Elija un espesor de pavimento de hormigón que cumpla con el valor mínimo necesario y al mismo tiempo cumpla con los requisitos para recubrir y reforzar la resistencia del acero. Como consecuencia, se utilizará menos hormigón y el peso de la losa disminuirá. Por ejemplo, si se garantiza una resistencia mínima de 210 kilogramos por centímetro cuadrado y un recubrimiento mínimo de 1,5 milímetros, se puede optar por utilizar un espesor de 4 centímetros, que es el más bajo permitido por la norma técnica.

- Se recomienda emplear las propiedades de losa más ligeras de las vigas de acero prefabricadas para acelerar el procedimiento de instalación. Esto se debe al hecho de que las viguetas prefabricadas pueden ensamblarse rápida y eficazmente en el sitio de construcción cuando se producen en un entorno controlado. construcción, lo que reduce el tiempo necesario para la construcción. También es fundamental considerar la amplia gama de formas y tamaños que son accesibles. Por ejemplo, las viguetas prefabricadas se pueden producir en una variedad de tamaños y formas, lo que permite personalizarlas para satisfacer las necesidades específicas de cualquier proyecto. También se recomienda utilizar una variedad de técnicas de investigación para mejorar el uso de vigas prefabricadas.
- Para obtener un mejor rendimiento y optimización en las operaciones de construcción de edificios, se sugiere que en el futuro se realicen más investigaciones que conduzcan a cambios en las recomendaciones para el uso de viguetas prefabricadas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACERO PEDIA. Conoce todos los tipos de Viguetas que más se utilizan en Construcción [en línea]. ACEROPEDIA, 2023 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://aceropedia.com/materiales/viguetas-de-acero/>

ACEROFORM. ¿Qué es una losa? [en línea]. Aceroform, 2023 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.aceroform.com.mx/blog/que-es-una-losa/>

ALVARENGA, M., AUGUSTO, P. y VIDIGAL, M. Análisis paramétrico de soluciones analíticas del vuelco de vigas prefabricadas sobre soportes portantes. [Parametric analysis of analytical solutions of the rollover of precast beams on bearing pads]. Artículo, Brasil, IBRACON Structures and Materials Journal, 2020, 13(5), 13511 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. ISSN: 1983-4195. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/riem/a/rjYDRbyrm9TM37Fm4spjX5D/?lang=en>

ALVAREZ, A. Diseño estructural de un edificio de 12 pisos y 1 sótano empleando losas aligeradas de viguetas prefabricadas en la ciudad de Huancayo. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Huancayo: Universidad Continental, 2019. 277 pp. [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5915>

ALVAREZ, A. Justificación de la investigación [en línea]. Universidad de Lima, 2020 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10821/Nota%20Académica%205%20%2818.04.2021%29%20-%20%20Justificación%20de%20la%20Investigación.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

ARIAS, J. Proyecto de tesis: guía para la elaboración [en línea]. Arequipa: Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú, 2020 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.concytec.gob.pe/handle/20.500.12390/2236>

- ARQHYS. ¿Qué es una viga? [en línea]. ARQHYS, 2023 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.arqhys.com/construccion/quees-viga.html>
- BAENA, G. Metodología de la investigación [en línea]. Serie integral por competencias, 2017 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. ISBN: 978-607-744-748-1. Disponible en: http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- CALCINA, L. y CCARI, E. Análisis comparativo entre el sistema de losa convencional y losa con viguetas prefabricadas en el diseño sísmico de una vivienda en Arequipa. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2021. 110 pp. [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/66505>
- CARDOSO, A. y LIMA, M. Efecto de la carga del viento sobre la inestabilidad lateral de vigas prefabricadas sobre soportes portantes elastoméricos. [Wind load effect on the lateral instability of precast beams on elastomeric bearing supports]. Artículo, Brasil, IBRACON Structures and Materials Journal, 2020, 13(3), 593-602 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. ISSN: 1983-4195. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/riem/a/Pg5wzKz4dChR8kJwmRK59LG/?lang=en>
- CARDOSO, A. y LIMA, M. Comportamiento físico y geométrico no lineal de vigas prefabricadas sobre soportes elastoméricos. [Physical and geometrical non-linear behavior of precast beams on elastomeric supports]. Artículo, Brasil, IBRACON Structures and Materials Journal, 2018, 11(7), 183-202 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. ISSN: 1983-4195. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/riem/a/hfc8z6GsVG9Cd3ZscKYTwGJ/?lang=en>
- COMPRESOLUCIONES. Soluciones en prefabricados. ¿Por qué utilizar vigueta prefabricada en sus proyectos de construcción? [en línea]. Blog - Compre Soluciones en prefabricados, 2023 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.compre.com.mx/por-que-utilizar-vigueta-prefabricada-en-sus-proyectos-de-construccion/>

CONALEP (Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica). Los métodos [en línea]. Artículo científico [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://cientificoloco2020.files.wordpress.com/2014/09/exposicion.pdf>

CONSTRUYE. Viguetas prefabricadas: la solución perfecta para tu construcción [en línea]. Blog - Construye, 2023 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://construyemejor.com/viguetas-prefabricadas-la-solucion-perfecta-para-tu-construccion/>

DIAZ, Q. y SOTO, R. Análisis técnico y económico de un nuevo sistema de losas aligeradas utilizando viguetas metálicas de plancha delgada y bloques de EPS para oficinas. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2016. 95 pp. [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023].

ESPINOZA, I. y GUERRA, F. Análisis comparativo de costos entre losa aligerada con sistema convencional versus viguetas prefabricadas de alma abierta en edificios multifamiliares. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Lima: Universidad de San Martín de Porres, 2018. 215 pp. [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/4251>

FERNÁNDEZ, V. Tipos de justificación en la investigación científica [en línea]. Artículo, 4(3), 65-76, 2020 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. ISSN: 2602-8093
Disponible en: <https://www.espirituemprededortes.com/index.php/revista/article/view/207>

GARCÍA, J., MARTÍNEZ, J., QUINO, W., QUICAHÑO, J. y SÁNCHEZ, H. Vigas y viguetas prefabricadas [en línea]. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, 2013 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://civilyedaro.files.wordpress.com/2013/07/grupo-08-vigas-viguetas-p.pdf>

INFOMADERA. Viguetas prefabricadas [en línea]. INFOMADERA, 2023 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: https://infomadera.net/uploads/productos/informacion_general_103_viguetaPref.pdf

- JAYA, K. y RAJESWARI, M. Rendimiento cíclico de la conexión emulación de viga prefabricada a columna con ménsula mediante pasador. [Cyclic performance of emulative precast beam to column connection with corbel using dowel bar]. Artículo, India, Escuela de Construcción Civil, 2022, 21(2), 354-367 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-915X2022000200354
- KALLAMA, S. y KUMAR, S. Evaluación numérica no lineal de la conexión de columnas de vigas prefabricadas secas con pernos empotrados. [Nonlinear Numerical Evaluation of Dry Precast Beam Column Connection with Embedded Bolts]. Artículo, India, Departamento de Mecánica Aplicada, Instituto Nacional de Tecnología Visvesvaraya, 2022, 19(7), 464 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. ISSN: 1679-7825. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/lajss/a/XGBFzMcxNYdz7TzfhdhrhTb/?lang=en>
- MARTELL, D. y MEZA, C. Evaluación técnica y económica, entre los sistemas prefabricados de losa con viguetas viga cero y losa con viguetas pretensadas en un edificio multifamiliar en el distrito de surquillo. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Ricardo Palma, 2019. 369 pp. [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023].
- MAX Acero Monterrey. Vigas prefabricadas, conoce todos los tipos y materiales con los que se producen [en línea]. Blog Max Acero Monterrey, 2022 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://maxacero.com/blog/tipos-de-vigas-prefabricadas-y-materiales-con-los-que-se-hacen/#:~:text=Viguetas,otros%20elementos%20de%20carácter%20estructural>.
- MENDOZA, J. Diseño de losas aligeradas con viguetas prefabricadas: solución de casos especiales. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2020. 211 pp. [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/21737>
- PARDO, M. Viguetas prefabricadas. Ventajas y Desventajas [en línea]. Blog Construcción, 2023 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en:

<https://marcelopardoingenieria.blogspot.com/2015/01/viguetas-prefabricadas-ventajas-y.html>

RUIZ, K. Reducción de la cortante basal cuando se aplican losas con viguetas prefabricadas y bovedillas de poliestireno, Lima 2019. Tesis (Título en Ingeniería Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2019. 89 pp. [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47813/Ruiz_HKL-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

RUS, E. Investigación descriptiva [en línea]. Economipedia, 2021 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://economipedia.com/definiciones/investigacion-descriptiva.html>

SÁNCHEZ, F. Guía de tesis y proyectos de investigación. Centrum Legalis, Arequipa, Perú. 2019.

STUDOCU. TB2 Viguetas Prefabricadas [en línea]. Universidad Privada del Norte, 2023 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-privada-del-norte/materiales-de-construccion/tb2-viguetas-prefabricadas/8596901>

SILVESTRE, I. y HUAMÁN, C. Pasos para elaborar la investigación y la redacción de la tesis universitaria. Editorial San Marcos, Lima, Perú. 2019.

TACILLO, E. Metodología de la investigación científica [en línea]. Lima: Universidad Jaime Bausate y Meza, 2016 [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.bausate.edu.pe/handle/20.500.14229/36>

TORRES, F. Análisis comparativo de una losa aligerada convencional y viguetas pretensadas en las viviendas de autoconstrucción en Lima Sur 2020. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo, 2021. 125 pp. [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023].

VASQUEZ, I. Análisis comparativo entre sistema de losa aligerada tradicional y prefabricada viga cero en una vivienda unifamiliar de 4 pisos, Trujillo 2022. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2022. 93 pp. [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/33520/Vasquez%20Zegarra%20c%20Ingrid%20Katherine.pdf?sequence=1>

ZULOAGA, P. Evaluación del desempeño de CO2 EOR en formaciones de petróleo compacto con mayo Geometrías de fracturas complejas. Tesis (Magister en Ciencias en Ingeniería). Texas: Universidad de Texas Austin, 2016. 107 pp. [fecha de consulta: 2 de agosto de 2023]. Disponible en: <https://repositories.lib.utexas.edu/handle/2152/39374>

ANEXOS

Operacionalización de variables

Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable 1 Viguetas prefabricadas	Son viguetas conformadas en acero estructural que facilita la construcción de losas aligeradas (techos) de una manera rápida y sencilla, que se apoya sobre las vigas perimetrales ya sean de concreto, metálicas o placas de concreto.	Al utilizar viguetas prefabricadas de acero para asegurar una correcta instalación se debe tener en cuenta los componentes del sistema, la resistencia de las viguetas y los costos de estas.	Componentes del sistema	Tipo de concreto Malla de temperatura Casetones Vigüeta
			Resistencia	m
			Peso propio	kg/cm ²
			Costos	S/.

Matriz de consistencia

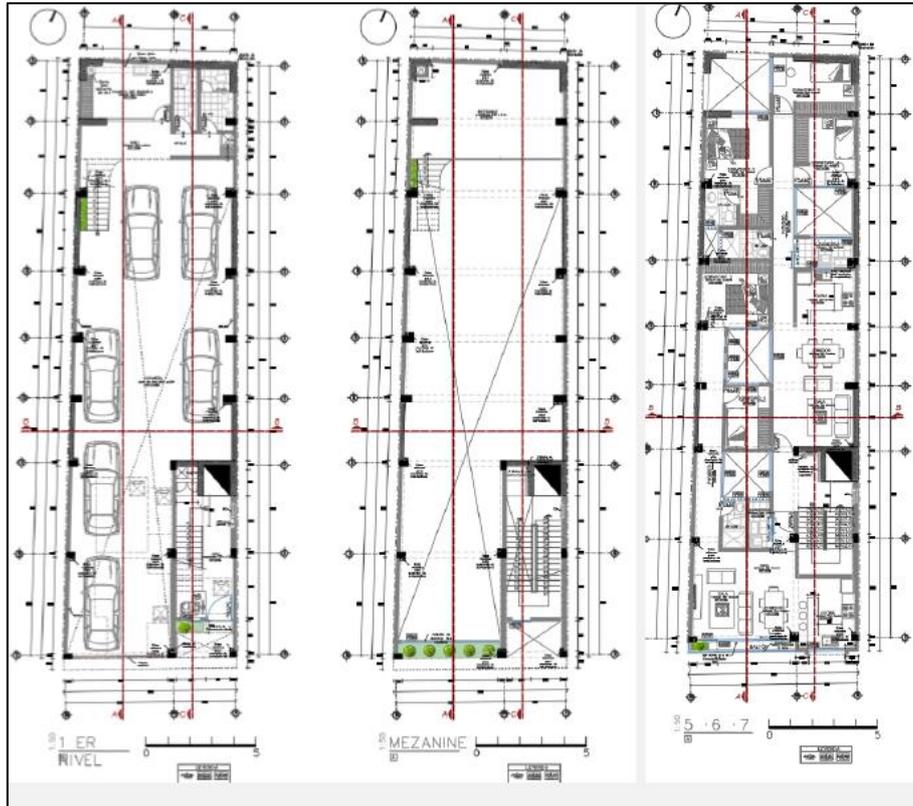
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variable	Metodología
<p align="center">Problema General</p> <p>¿Cuáles son las características de las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones residenciales de la provincia de Huancayo, en el año 2023?</p>	<p align="center">Objetivo General</p> <p>Describir cuáles son las características de las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones residenciales de la provincia de Huancayo, en el año 2023.</p>	<p align="center">Hipótesis General</p> <p>No en todas las investigaciones cuantitativas se plantean hipótesis. El hecho de que se formule o no hipótesis depende de un factor esencial: el alcance inicial del estudio. Las investigaciones cuantitativas que formulan hipótesis son aquellas cuyo planteamiento define que su alcance fue correlacional o explicativo, o las que tienen un alcance descriptivo, pero que intentan pronosticar una cifra o un hecho (Hernández et al., 2014).</p>	<p>Variable:</p> <p>Viguetas prefabricadas</p> <p>Dimensiones:</p> <ul style="list-style-type: none"> -Componentes del sistema -Resistencia -Peso propio -Costos 	<p>Método: Científico Tipo: Básica Nivel: Descriptivo Diseño: No Experimental</p>
<p align="center">Problemas Específicos</p> <p>¿Cuáles son las características de los componentes del sistema de las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023?</p> <p>¿Cuáles son las características de la resistencia para las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023?</p> <p>¿Cuáles son las características del peso propio por m² para las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023?</p> <p>¿Cuáles son las características de los costos para las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023?</p>	<p align="center">Objetivos Específicos</p> <p>Mencionar cuáles son las características de los componentes del sistema de las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023.</p> <p>Mostrar cuáles son las características de la resistencia para las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023.</p> <p>Enunciar cuáles son las características del peso propio por m² para las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023.</p> <p>Advertir cuáles son las características de los costos para las viguetas prefabricadas de acero en las losas aligeradas de las edificaciones de la provincia de Huancayo, en el año 2023.</p>			<p>Población:</p> <p>La población estuvo constituida por las losas aligeradas de las edificaciones residenciales de la provincia de Huancayo.</p> <p>Muestra:</p> <p>La muestra estuvo constituida por las losas aligeradas de la edificación residencial ubicada en la calle Ricardo Palma N° 248 del distrito de Chilca de la provincia de Huancayo. Por lo que se tuvo un muestreo no probabilístico del tipo por conveniencia.</p>

Panel fotográfico

VISTA FRONTAL DEL PROYECTO



PLANOS DE DISTRIBUCIÓN



PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO

Trazo, replanteo y excavación de cimentaciones



Vaciado de solado y armado de malla inferior de zapatas



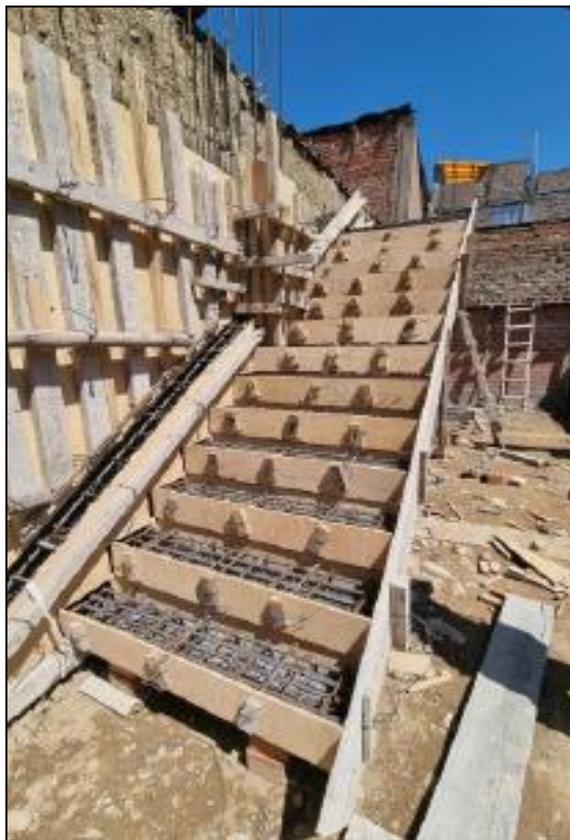
Izado de columnas



Vaciado de concreto en cimentación



Habilitado de acero y encofrado de vigas de conexión



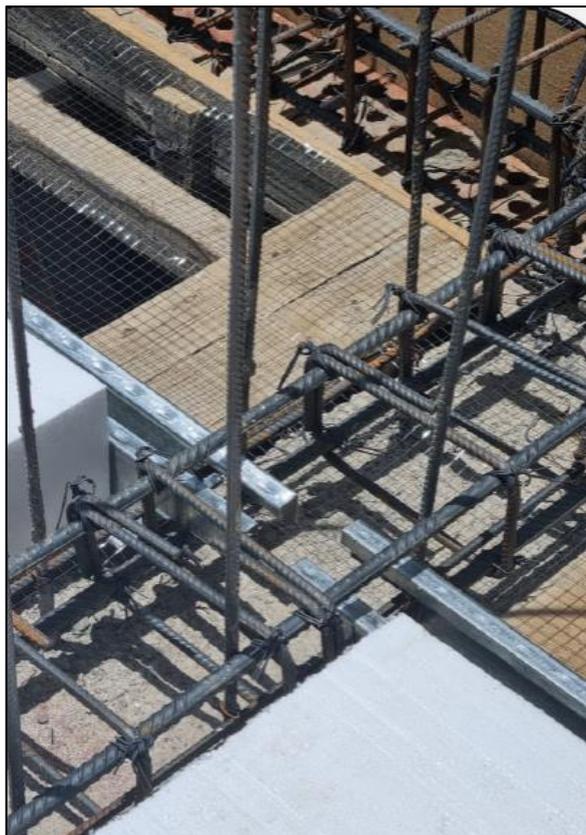
Escalera flotante



Muros de albañilería y vaciado de columnas y placas

SISTEMAS DE VIGUETAS PREFABRICADAS

Ubicación y armado de viguetas prefabricadas de acero y casetones de poliestireno



Vigueta apoyada en viga chata



Vigueta en viga de borde



Encofrado de vigas para techos de primer nivel a doble altura



Vigueta apoyada viga interior



Viguetas prefabricadas en techo de segundo nivel



Viguetas prefabricadas de acero en el techo del segundo nivel



Tuberías de desagüe de baterías de baño



Tuberías de instalaciones eléctricas

ACABADOS



Mortero 1:4 / C:A, MOPAFIX, Malla



Pinturas y pisos – Primer nivel



Vista exterior de la obra