



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Comportamiento estructural mediante pruebas de carga en losas aligeradas no convencionales de edificaciones, San Miguel, Puno - 2022.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Rodriguez Diaz, Cintia Milagros (ORCID:0000-0001-6832-4317)

Sullca Cruz, Jesus Eusebio (ORCID:0000-0003-3671-3726)

ASESOR:

Dr. Tello Malpartida, Omart Demetrio (ORCID:0000-0002-5043-6510)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño Sísmico y Estructural

LIMA — PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico este trabajo de investigación a la memoria de mis padres quienes me animaron en este campo de estudio y durante varios años. La fuerza y la fe de ambos hicieron que siga adelante cuando quise rendirme.

Cintia Milagros Rodríguez Díaz

A mi padre Eusebio allá en el cielo y a mi madre Genoveva, por haberme brindado una educación y los valores para ser una persona de bien, por enseñarme a nunca rendirme y luchar hasta el final, muchos de mis logros se los debo a ellos.

A mis hermanos Pascual, Roger, Washington, Cesar, Marco, Elvis, Enrique y Marvin, por alentarme a lo largo de mi carrera y estar siempre pendiente de mis logros.

A mi esposa Milagros y mis preciados hijos Gabo y Valeria por su ayuda, comprensión y estímulo constante a lo largo de estos años y ser parte de este importante paso más en mi vida personal.

Jesus Eusebio Sullca Cruz

Agradecimiento

Agradezco a mi familia por el entero apoyo que siento y recibo de su parte, sin ellos esto no sería posible. De manera especial a mi asesor de tesis, por haberme guiado, en la elaboración de este trabajo de titulación.

Cintia Milagros Rodríguez Diaz

A nuestro Padre celestial por mantenernos bien de salud y así permitirnos poder cumplir nuestros objetivos.

A nuestro asesor Dr. Omart Demetrio Tello Malpartida por sus constantes orientaciones y brindarnos su tiempo para el desarrollo de esta investigación.

A mi madre Genoveva, a mis hermanos Marco y Marvin por sus consejos y apoyo incondicional.

Finalmente, agradecer el apoyo y colaboración de mis familiares, compañeros de estudio y amigos, que nos brindaron su apoyo.

Jesus Eusebio Sulca Cruz

Índice de Contenidos

Dedicatorias	ii
Agradecimientos.....	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras.....	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA	21
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	21
3.2. Variables y operacionalización	22
3.3. Población, muestra y muestreo	23
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	24
3.5. Procedimientos.....	27
3.6. Método de análisis de datos	62
3.7. Aspectos éticos	63
IV. RESULTADOS.....	65
V. DISCUSIONES	92
VI. CONCLUSIONES	98
VII. RECOMENDACIONES.....	102
REFERENCIAS.....	103
ANEXOS	111

Índice de tablas

Tabla 1. Densidad mínima recomendada según su aplicación.	10
Tabla 2. Asentamientos recomendados.	14
Tabla 3. Contenido de aire para el diseño de mezclas de concreto según los tamaños de agregado grueso.....	15
Tabla 4. Resistencia promedio a la compresión requerida cuando NO hay datos disponibles para el cálculo de la desviación estándar de la muestra.	16
Tabla 5. Clasificación de fallas en estructuras de concreto.....	17
Tabla 6. Deflexiones máximas admisibles.	18
Tabla 7. Distribución de la muestra de estudio.....	24
Tabla 8. Grado de validez de un instrumento.....	26
Tabla 9. Relación de expertos.....	26
Tabla 10. Resultados de laboratorio.....	28
Tabla 11. Dosificación del diseño de mezclas.....	30
Tabla 12. Control de fisuras en la losa aligerada convencional.....	35
Tabla 13. Control de fisuras en la losa aligerada con bloques de EPS.	35
Tabla 14. Control de fisuras en la losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS.	36
Tabla 15. Resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión.....	36
Tabla 16. Deflexiones por peso propio en la losa aligerada convencional.	38
Tabla 17. Deflexiones por peso propio en la losa aligerada con bloques de EPS.39	
Tabla 18. Deflexiones por peso propio en la losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS.	40
Tabla 19. Cálculo del peso promedio de las bloquetas.	42
Tabla 20. Distribución de la carga muerta en las probetas estructuradas.....	43
Tabla 21. Deflexiones con aplicación de la carga muerta en las losas aligeradas convencionales.....	45

Tabla 22. Deflexiones con aplicación de la carga muerta en las losas aligeradas con bloques de EPS.....	46
Tabla 23. Deflexiones con aplicación de la carga muerta en las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS.	47
Tabla 24. Distribución de la carga de servicio en las probetas estructuradas.	48
Tabla 25. Deflexiones con aplicación de la carga por servicio en las losas aligeradas convencionales.....	51
Tabla 26. Deflexiones con aplicación de la carga de servicio en las losas aligeradas con bloques de EPS.....	52
Tabla 27. Deflexiones con aplicación de la carga de servicio en las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS.	53
Tabla 28. Cálculo de la reserva de carga de servicio.....	54
Tabla 29. Distribución de la reserva de carga de servicio en las probetas estructuradas.....	55
Tabla 30. Deflexiones con aplicación de la reserva de carga por servicio y por descarga en las losas aligeradas convencionales.....	58
Tabla 31. Deflexiones con aplicación de la reserva de carga por servicio y por descarga en las losas aligeradas con bloques de EPS.....	59
Tabla 32. Deflexiones con aplicación de la reserva de carga por servicio y por descarga en las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS. .	60
Tabla 33. Fisuras ocasionadas por pruebas de carga en las probetas estructuradas.	61
Tabla 34. Longitud promedio de fisuras a los 28 días.....	65
Tabla 35: Normalidad (Longitud de fisuras).....	66
Tabla 36: Prueba ANOVA.	66
Tabla 37: Prueba post hoc de Tukey.....	67
Tabla 38. Espesor promedio de fisuras a los 28 días.....	68
Tabla 39: Normalidad (Espesor de fisuras).	69
Tabla 40: Prueba ANOVA.	69

Tabla 41: Deflexión promedio máxima y mínima por peso propio (mm).	71
Tabla 42: Normalidad (Deflexión por peso propio).	71
Tabla 43: Prueba ANOVA.	72
Tabla 44: Prueba post hoc de Tukey.....	73
Tabla 45: Deflexión promedio máxima con aplicación de carga muerta.	74
Tabla 46: Normalidad (Deflexión por peso propio + CM).	75
Tabla 47: Prueba ANOVA.	76
Tabla 48: Prueba post hoc de Tukey.....	77
Tabla 49: Deflexión promedio máxima por carga de servicio.	78
Tabla 50: Normalidad (Deflexión por peso propio + CM + CV).	78
Tabla 51: Prueba ANOVA.	79
Tabla 52: Prueba post hoc de Tukey.....	80
Tabla 53: Deflexión promedio máxima por reserva de carga de servicio.	81
Tabla 54: Normalidad (Deflexión por peso propio + CM + CV + R).	82
Tabla 55: Prueba ANOVA.	83
Tabla 56: Prueba post hoc de Tukey.....	84
Tabla 57: Deflexión promedio por descarga.....	85
Tabla 58: Normalidad (Deflexión por descarga R + CV).	85
Tabla 59: Prueba ANOVA.	86
Tabla 60: Prueba post hoc de Tukey.....	87
Tabla 61: N° de fisuras promedio.	88
Tabla 62: Normalidad (N° de fisuras promedio).	89
Tabla 63: Prueba ANOVA.	90
Tabla 64: Prueba post hoc de Tukey.....	91

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Acopio de los materiales.	28
Figura 2. Corte transversal de los 3 tipos de losa aligerada.....	31
Figura 3. Elaboración de apoyos.....	32
Figura 4. Vista de perfil del encofrado de las losas aligeradas.....	32
Figura 5. Elaboración del encofrado para las losas aligeradas.	32
Figura 6. Vista del armado de las losas aligeradas.	33
Figura 7. Colocado del concreto para las 6 losas aligeradas.	33
Figura 8. Toma de muestras del concreto.	34
Figura 9. Curado de las losas aligeradas de concreto.	34
Figura 10. Desencofrado de las losas aligeradas de concreto.	37
Figura 11. Calibrador Vernier digital milimétrico marca Truper.	37
Figura 12. Cálculo del peso de las bloquetas de concreto.	41
Figura 13. Distribución de la carga muerta en las probetas estructuradas.....	42
Figura 14. Aplicación de carga muerta a las losas aligeradas convencionales. ...	43
Figura 15. Aplicación de carga muerta a las losas aligeradas con bloques de EPS.	44
Figura 16. Aplicación de carga muerta a las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS.	44
Figura 17. Distribución de la carga de servicio en las probetas estructuradas.....	48
Figura 18. Aplicación de la carga por servicio a las losas aligeradas convencionales.	49
Figura 19. Aplicación de la carga por servicio a las losas aligeradas con bloques de EPS.	49
Figura 20. Aplicación de la carga por servicio a las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS.	50

Figura 21. Aplicación de la carga por servicio a las losas aligeradas con bloques de EPS.	50
Figura 22. Distribución de la reserva de carga de servicio en las probetas estructuradas.....	54
Figura 23. Aplicación de la reserva de carga por servicio a las losas aligeradas convencionales.....	56
Figura 24. Aplicación de la reserva de carga por servicio a las losas aligeradas con bloques de EPS.....	56
Figura 25. Aplicación de la reserva de carga por servicio a las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS.....	57
Figura 26. Fisuras en las losas aligeradas convencionales.	62
Figura 27. Fisuras en las losas aligeradas con bloques de EPS.....	62
Figura 28. Longitud de fisuras.	65
Figura 29. Espesor de fisuras.....	68
Figura 30. Deflexión máxima y mínima por peso propio.	70
Figura 31. Deflexión máxima con aplicación de carga muerta.	74
Figura 32. Deflexión máxima por carga de servicio.....	77
Figura 33. Deflexión máxima por reserva de carga de servicio.....	81
Figura 34. Deflexión promedio por descarga.....	84
Figura 35. N° de fisuras promedio.....	88

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar como es el comportamiento estructural mediante pruebas de carga en las losas aligeradas no convencionales de edificaciones, la investigación fue aplicada por propósito y cuantitativa por enfoque, de nivel explicativo y diseño cuasi experimental, la población lo constituyeron todas las losas aligeradas no convencionales de edificaciones del distrito de San Miguel, la muestra está constituida por 6 probetas estructuradas, el muestreo fue no probabilístico. El procedimiento fue la elaboración de probetas estructuradas para luego controlar las fisuras, evaluar las deflexiones por peso propio y carga muerta, realizar las pruebas de carga por servicio, reserva de carga de servicio y descarga para finalmente evaluar la presencia de fisuras ocasionadas por las pruebas de carga. Obteniéndose como resultados que las losas con viguetas pretensadas y bloques de EPS presentan fisuras de menor longitud en 45.35% y mayor espesor en 2.29%, deflexiones: por peso propio menor en 58.9%, por aplicación de la carga muerta menor en 51.30%, por carga de servicio menor en 39.77%, por reserva de carga de servicio menor en 53.00%, por descarga menor en 94.14% y no presenta fisuras ocasionadas por pruebas de carga. Se concluye que, las losas aligeradas no convencionales con viguetas pretensadas y bloques de EPS tienen mejor comportamiento estructural y además cumplen con lo establecido en la norma E. 060 del RNE.

Palabras clave: Losas de entrepiso, pruebas de carga, losas aligeradas no convencionales, deflexiones, fisuras.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate how the structural behavior is by means of load tests in the non-conventional lightened slabs of buildings, the research was applied by purpose and quantitative by approach, explanatory level and quasi-experimental design, the population was constituted by all the unconventional lightened slabs of buildings in the district of San Miguel, the sample consists of 6 structured specimens, the sampling was non-probabilistic. The procedure was the elaboration of structured specimens to then control the cracks, evaluate the deflections due to its own weight and dead load, carry out the service load tests, service load reserve and discharge to finally evaluate the presence of cracks caused by the tests. load. Obtaining as results that the slabs with prestressed joists and EPS blocks present cracks of lesser length in 45.35% and greater thickness in 2.29%, deflections: due to their own weight less than 58.9%, due to the application of the dead load less than 51.30%, for lower service load in 39.77%, by lower service load reserve in 53.00%, by lower discharge in 94.14% and does not present cracks caused by load tests. It is concluded that the unconventional lightened slabs with prestressed joists and EPS blocks have better structural behavior and also comply with the provisions of standard E. 060 of the RNE.

Keywords: Floor slabs, load tests, unconventional lightened slabs, deflections, cracks.

I. INTRODUCCIÓN

Internacionalmente, en Europa desde hace décadas, se utiliza un tipo de losa cuyo proceso constructivo combina la utilización de un elemento prefabricado con la posterior colocación del concreto en obra. Este tipo de losa se denomina losa de viguetas que además está compuesta de viguetas, bovedillas y una sobre losa de concreto. Las losas de entreplantas aligeradas es uno de los elementos más empleados en la construcción. Los métodos de construcción de edificaciones están evolucionando y la espuma de poliestireno reemplaza los componentes rígidos y voluminosos que comúnmente conocemos, una característica importante del poliestireno en comparación con otros materiales es usada como material de separación térmico y acústico. En cuanto a la calidad de la construcción, los bloques de EPS expandido tienen otras ventajas en el gran campo de la construcción presenta una alta resistencia mecánica y soporta fuertes impactos. Facilita el trabajo de mano de obra por ser ligero, de alto rendimiento y fácil de implementar. En la actualidad en el Perú, se viene desarrollando el uso de las viguetas pretensadas y del poliestireno en las diversas infraestructuras, del mismo modo en las losas aligeradas, pero no se usa de manera mayoritariamente por el desconocimiento de sus ventajas a nivel estructural, en las últimas décadas las construcciones de techos ligeros mayormente son con el ladrillo de arcilla, material casi innecesario hoy en día por la sobrecarga que genera en las edificaciones y el aumento de las fuerzas internas de los elementos estructurales. En la región Puno, las losas de entrepiso más utilizadas durante la construcción de una edificación son las losas aligeradas convencionales, pero ya se cuenta con losas no convencionales en algunas edificaciones nuevas, donde se está realizando el reemplazo del ladrillo de arcilla por bloques de poliestireno y en otras edificaciones se está haciendo uso de las viguetas pretensadas de concreto y bloques de poliestireno con el fin de disminuir el peso de la edificación y abarcar grandes luces.

Por las afirmaciones anteriormente indicadas es pertinente determinar el comportamiento estructural de estas losas aligeradas no convencionales mediante pruebas de carga, a fin de estimar la resistencia a la flexión, las

deformaciones verticales y la fisuración por pruebas de carga. Y de esta manera poder mejorar el comportamiento estructural de las losas aligeradas, especialmente la resistencia y la eficiencia de la relación beneficio/costo durante la etapa de vida útil de la edificación y poder realizar un aporte a la ingeniería de nuestra ciudad buscando la utilización adecuada o la no utilización de estos sistemas no convencionales.

Considerando los aspectos indicados el **problema general** se formuló de la siguiente manera: ¿Como es el comportamiento estructural mediante pruebas de carga en las losas aligeradas no convencionales de edificaciones, San Miguel, Puno - 2022?, y los **problemas específicos** son: **Pe1**: ¿En cuánto reducen las losas aligeradas no convencionales de edificaciones la longitud de fisuras, San Miguel, Puno - 2022?, **Pe2**: ¿ En cuánto descienden las losas aligeradas no convencionales de edificaciones el espesor de fisuras, San Miguel, Puno - 2022?, **Pe3**: ¿En qué medida las losas aligeradas no convencionales de edificaciones aminoran la deflexión por peso propio, San Miguel, Puno - 2022?, **Pe4**: ¿En cuánto disminuyen las losas aligeradas no convencionales de edificaciones la deflexión con aplicación de carga muerta, San Miguel, Puno - 2022?, **Pe5**: ¿En qué medida las losas aligeradas no convencionales de edificaciones reducen la deflexión máxima por carga de servicio, San Miguel, Puno - 2022?, **Pe6**: ¿En cuánto disminuyen las losas aligeradas no convencionales de edificaciones la deflexión por reserva de carga de servicio, San Miguel, Puno - 2022?, **Pe7**: ¿En qué medida las losas aligeradas no convencionales de edificaciones aminoran la deflexión por descarga, San Miguel, Puno - 2022?, **Pe8**: ¿En cuánto disminuyen las losas aligeradas no convencionales de edificaciones las fisuras ocasionadas por pruebas de carga, San Miguel, Puno - 2022?,

El trabajo de investigación presenta las siguientes justificaciones: la **justificación práctica**, considerando que existe limitaciones en el aspecto técnico y constructivo de los sistemas tradicionales que aún se hacen presente hasta el momento en la región Puno que es parte de la industria de la construcción, presentamos esta investigación para ayudar a elegir entre uno u otro sistema, la **justificación social**, este estudio favorecerá a los

residentes del distrito de San Miguel, ya que se permitirá conocer el comportamiento estructural de las losas aligeradas no convencionales, lo que contribuirá en gran medida a mejorar las construcciones de las edificaciones que a veces son deficientes y comprometen su seguridad, servicio y durabilidad, la **justificación económica**, esta investigación también es beneficiosa porque las losas aligeradas no convencionales tienen un menor costo respecto a las losas convencionales.

De acuerdo a la problemática planteada el **objetivo general** será: Evaluar como es el comportamiento estructural mediante pruebas de carga en las losas aligeradas no convencionales de edificaciones, San Miguel, Puno - 2022, así como los **objetivos específicos** son: **Oe1**: Estimar en cuanto reducen las losas aligeradas no convencionales de edificaciones la longitud de fisuras, San Miguel, Puno – 2022, **Oe2**: Determinar en cuanto descienden las losas aligeradas no convencionales de edificaciones el espesor de fisuras, San Miguel, Puno – 2022, **Oe3**: Evaluar en qué medida las losas aligeradas no convencionales de edificaciones aminoran la deflexión por peso propio, San Miguel, Puno – 2022, **Oe4**: Estimar en cuanto disminuyen las losas aligeradas no convencionales de edificaciones la deflexión con aplicación de carga muerta, San Miguel, Puno – 2022, **Oe5**: Evaluar en qué medida las losas aligeradas no convencionales de edificaciones reducen la deflexión máxima por carga de servicio, San Miguel, Puno – 2022, **Oe6**: Determinar en cuanto disminuyen las losas aligeradas no convencionales de edificaciones la deflexión por reserva de carga de servicio, San Miguel, Puno – 2022, **Oe7**: Evaluar en qué medida las losas aligeradas no convencionales de edificaciones aminoran la deflexión por descarga, San Miguel, Puno – 2022, **Oe8**: Estimar en cuanto disminuyen las losas aligeradas no convencionales de edificaciones la fisuras ocasionadas por pruebas de carga, San Miguel, Puno – 2022,

Por último, se ha planteado la siguiente **hipótesis general**: El comportamiento estructural mediante pruebas de carga en las losas aligeradas no convencionales de edificaciones, San Miguel, Puno – 2022, cumple con lo establecido en la norma E. 060 del RNE, siendo las **hipótesis específicas**:

He1: Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones reducen notablemente la longitud de fisuras, San Miguel, Puno – 2022, **He2:** Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones descienden considerablemente el espesor de fisuras, San Miguel, Puno – 2022, **He3:** Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones aminoran significativamente la deflexión por peso propio, San Miguel, Puno – 2022, **He4:** Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones disminuyen considerablemente la deflexión con aplicación de carga muerta, San Miguel, Puno – 2022, **He5:** Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones reducen significativamente la deflexión máxima por carga de servicio, San Miguel, Puno – 2022, **He6:** Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones disminuyen notablemente la deflexión por reserva de carga de servicio, San Miguel, Puno – 2022, **He7:** Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones aminoran considerablemente la deflexión por descarga, San Miguel, Puno – 2022, **He8:** Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones disminuyen significativamente las fisuras ocasionadas por pruebas de carga, San Miguel, Puno - 2022.

II. MARCO TEÓRICO.

El presente estudio considerara estudios anteriores que se encuentren en relación con el tema, desde investigaciones internacionales, nacionales y locales.

Según Ramírez, De León y Valdez (2011), en su artículo de investigación titulado “Estudio del comportamiento estructural de losas macizas de concreto reforzado para vivienda”, tuvo como objetivo describir y estimar las deficiencias que muestran las losas de concreto de las viviendas en el área de investigación, luego definir las probables razones y por otro lado fijar sugerencias para mejorar los procedimientos de diseño y construcción incidiendo en la duración y la relación costo-beneficio, el estudio fue de tipo aplicado, de nivel explicativo investigativa, con un diseño experimental, su población fueron las viviendas de la parte centro del Estado de México, su muestra fue de 220 viviendas que en su mayoría pertenecen a conjuntos habitacionales, así como algunas viviendas que no son parte de los conjuntos habitacionales, cuyos resultados principales indican que las losas macizas de concreto reforzado, fueron diseñadas o construidas de forma inadecuada en la zona de estudio, esto explica el alto índice de fallas observadas en servicio. Con base a lo anterior, se ha concluido que, para diseñar correctamente las losas, es necesario verificar la resistencia a flexión, así como también evaluar las deformaciones verticales, la fisuración debido a la retracción plástica y la permeabilidad.

Según Durant (2020), en la tesis para título profesional titulada “Comportamiento estructural con el sistema vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020”, tuvo como objetivo general, determinar el comportamiento estructural de la losa aligerada con el sistema de vigacero y calcular el costo directo de la losa, la investigación es de tipo aplicada, de nivel explicativo y su diseño es cuasi experimental, constituyo como población fueron las viviendas de 3 pisos en el distrito de Cerro Colorado, su muestra fue un edificio de 3 niveles utilizando el sistema vigacero, el resultado principal es la disminución al 82.43 por ciento menos que la deflexión máxima, 47.94 por ciento menos que el momento admisible, 40.36 por ciento menos que la

cortante admisible de su propio sistema. Teniendo en cuenta lo mencionado se ha concluido que, vigacero es un sistema que presento el mejor comportamiento estructural también presenta un costo menor frente al sistema tradicional.

Según Fernández y Huarcaya (2019), en la tesis para título profesional titulada “Influencia del maguey en las propiedades del concreto y en el fisuramiento de losas aligeradas en Huancayo”, cuyo objetivo general fue determinar la relación del maguey en las propiedades del concreto y en el fisuramiento de losas aligeradas en Huancayo, el tipo de investigación por propósito fue aplicada, el autor tomo un nivel de investigación descriptivo - explicativo, además con un diseño en su investigación experimental, su población objetiva fue de 84 probetas de concreto, 42 vigas de concreto y 3 losas de 1m x 1m, el tamaño de su muestra fue toda la población por ser pequeña, cuyos resultados principales fueron que la losa aligerada con adición de jugo de maguey al 5% no presento fisuras al 7, 14 y 28 días correspondientemente; a diferencia que en la losa aligerada convencional si se presentó este problema, en todo el periodo de control incrementándose hasta en una cantidad de 6 y un ancho máximo de 0.1. Habiéndose interpretado lo anterior, se ha concluido que, el jugo y la fibra de maguey mejora significativamente las propiedades del concreto tanto en estado fresco y endurecido; además disminuyen el fisuramiento de losas aligeradas.

Según Najarro (2019), en la tesis para título profesional titulada “ Evaluación de resistencia estructural de losas aligeradas con unidades de albañilería convencional y compuesto utilizado en edificaciones, Lima – 2019”, tuvo como objetivo general, evaluó la resistencia estructural de losas de entrepiso con ladrillo convencional y ladrillo compuesto para evaluar cuál de estos sistemas es más efectivo en términos de resistencia y productividad, la investigación es de tipo aplicada, de nivel explicativo y su diseño es experimental, constituyo como población a las losas aligeradas de un edificio ubicado en Loma Blanca del distrito de Santiago de Surco, su muestra lo constituyó la losa aligerada del primer nivel, como resultado principal se obtuvo 64.12mm y 80.78 mm de deflexión tanto para la losa de entrepiso con ladrillo convencional y compuesto

respectivamente para una carga máxima aplicada de 3.40 tonf para ambas losas. La deflexión por peso propio antes de los ensayos de flexión en laboratorio fue de 6.25 mm para la losa aligerada convencional y de 2.16 mm para la losa aligerada compuesta. Con base en lo anterior se ha concluido que, la losa de entrepiso con ladrillo compuesto y ladrillo convencional tuvieron según los porcentajes realizados en los ensayos resultados similares.

Según VIPRET (2014), en su artículo de investigación titulado “Losas aligeradas pretensadas vs losas aligeradas tradicionales”, tuvo como objetivo general, analizar el comportamiento de flexión por cargas en losas aligeradas en obra para compararlas, la investigación es de tipo aplicada, de nivel de investigación explicativa y su diseño cuasiexperimental, constituyo como población a las viguetas pretensadas de diseño Roth, su muestra considero a 2 especímenes de dimensiones de 1 metro de ancho de altura 20 cm con una luz de 410cm en los que se toma dos viguetas tradicionales y dos viguetas pretensadas, el resultado principal es la deflexión de 3 mm para una carga de 425 kg/m² + peso propio en las losas pretensadas y una deflexión de 17 mm para una carga de 425 kg/m² + peso propio en las losas tradicionales por lo tanto no cumple con el RNE. Con base en lo anterior, se ha concluido que, las losas que contienen vigas pretensadas tienden a absorber las deformaciones por flexión con una reducción apropiada, estas deformaciones presentadas al retirar las cargas desaparecen, lo contrario sucede con las losas que en su fabricación no incluye el efecto del pretensado.

Según Gómez y Sebastián (2021), en la tesis para título profesional titulada “Análisis comparativo en un sistema aporticado entre losa aligerada convencional y losa con bloques de EPS, en una vivienda unifamiliar, Nuevo Chimbote -2021””, tuvo como objetivo general, es estudiar mediante un programa estructural (ETABS), comportamiento sísmico de las losas de entre piso tradicionales y las losas de entre piso con bloques de EPS expandido, la investigación es de tipo aplicada, de nivel de investigación correlacional y su diseño no experimental, constituyo como población se constituye de viviendas de 2 niveles con terraza las losas deben tener 17 cm de espesor, también se consideró que cuenten con un sistema aporticado, su muestra considero a 2

viviendas hechas de 2 niveles con terraza, el resultado principal es que en este análisis comparativo entre las dos losas aligeradas, teniendo en cuenta que no difieren los elementos estructurales, puesto que la carga por peso propio se reduce en 23.33% por m² en la losa aligerada con bloques EPS, esto es notorio al momento de analizar bajo combinaciones de carga mediante ETABS. Con base en lo anterior, se ha concluido que, el sistema de losa aligerada constituida con bloques de EPS resulto beneficioso por la disminución de la carga muerta del peso específico hacia las estructuras.

Según Apaza (2019), en la tesis para título profesional titulada “Análisis del sistema losa con viguetas pretensadas frente al de losa convencional para la edificación Consell, Huancayo”, tuvo como objetivo general, usando sistemas de losas con viguetas pretensadas y comparándolas con la losa tradicional para la edificación Consell, Huancayo obtener un resultado, el estudio fue de tipo aplicada, de diseño no experimental considerando un nivel de investigación descriptivo, la población tomada para este estudio fue edificaciones de 5 pisos que cuenten con 1 ambiente de semisótano existentes en el distrito de Huancayo en el jr. Cajamarca, se observó que existen 6 edificaciones, se tomó como muestra la edificación multifamiliar conformada por 5 pisos de nombre Consell que cuenta con 1 semisótano., su principal resultado fueron los siguientes: que la implementación del sistema de losa de entrepiso con viguetas pretensadas resulto ser más eficaz, se definió una cortante basal de 145 tn, la losa convencional definió una cortante basal de 150 tn habiendo un 2.89% de diferencia a causa de los pesos de cada elemento en la estructura. Con la información anterior, se concluye que, el peralte en los sistemas de losas con viguetas pretensadas disminuye de h= 20 cm a h=17 cm y aumentar la separación de viguetas de 40cm a 50cm, es muy importante saber que al usar las viguetas pretensadas v101 y v102 reemplazaremos el acero positivo de losas tradicionales.

Según Delgado (2019), en la tesis para título profesional titulada “Aplicación de viguetas pretensadas para reducir las grietas en las losas aligeradas, de la edificación multifamiliar Valera en el distrito – Breña – Lima - 2019”, tuvo como objetivo general, aminorar grietas generadas en las losas aligeradas del

sótano 3, de un ambiente destinado para un uso de estacionamiento en los paños 31 y 41, para ello la investigación es de tipo aplicada, con un nivel explicativo, y de diseño cuasi experimental, su población es el edificio multifamiliar Varela, su muestra fue el sótano 3 de la edificación, cuyos resultados principales fueron que en el diseño de la vigueta pretensada en las losas aligeradas para determinar su rigidez, ductilidad, resistencias a compresión, al corte y flexión estos fueron óptimos, se midieron y probaron en su máxima capacidad de cargas y esfuerzos diseñados, en el momento de agrietarse por corte esto tiene que ser superada por una carga externa que supere la máxima carga diseñada al cortante y esto se comprobó que las viguetas pretensadas resisten cargas mayores a su diseño comparando con las viguetas tradicionales reforzadas estas resisten menores cargas al corte que la vigueta pretensada. Con base en lo anterior, se ha concluido que, la aplicación de viguetas pretensadas en las losas aligeradas para reducir las grietas es favorable por ser un elemento de alta resistencia a los esfuerzos solicitados gracias al mecanismo de preesfuerzo como una combinación de tal manera que estos dos materiales unidos forman una resistencia contra el momento eterno.

Las principales teorías para la presente investigación se desarrollan de la siguiente manera:

En el Perú se construyen miles edificaciones al año, a pesar de que somos un país propenso a padecer fenómenos naturales. Por lo cual, ante un eventual sismo dichas edificaciones son las que estarían en el riesgo de destruirse o dañarse.

Las **losas aligeradas**, son estructuras elaboradas de concreto armado que, para disminuir su peso, una parte del concreto es sustituido por ladrillos de arcilla u otro elemento, dicha estructura trabaja a flexión por que soporta cargas directamente sobre ellas. En el presente estudio se tendrá en cuenta los sistemas de losas aligeradas no convencionales utilizadas en la construcción que tengan proveedores en la región para su elaboración.

La **Losa aligerada convencional** son losas con viguetas conformadas de elementos livianos, concreto, acero con ladrillo de arcilla. En la parte superior está conformada por una capa de concreto de 5 cm. La losa puede empotrarse sobre, vigas estructurales, muros portantes y/o muros de concreto armado (Velásquez, 2019, p 55).

La **vigueta** es un elemento de una estructural que componen a una losa aligerada comúnmente conocida de entre piso, la vigueta es conocida de diferentes materiales (madera, acero o concreto), los esfuerzos a flexión son absorbidas por estas; son colocadas en tal sentido que transmita las cargas de servicio recibidas hacia la estructura de la edificación y así lleguen las cargas hasta las cimentaciones (Concretec, 2018, p. 21).

Las **viguetas pretensadas** son elementos industrializados utilizados para construir losas aligeradas, sometidos a tensiones aplicadas por medio de su armadura de acero para pretensado es auto resistente y semiresistente otra característica es que queda adherida después de la colocación del concreto y al destensar el concreto alcanza la resistencia correspondiente (Escorlani, Ortega y Félix, 2017, p. 264).

El **poliestireno expandido** para edificaciones también conocido como bovedillas es colocado entre vigas o viguetas como soluciones propuestas de techos y entrepisos de hormigón armado. El EPS expandido es un material se emplea con éxito por su fácil trabajabilidad y manipulación ya que en un 98% del volumen del EPS está constituido por aire siendo el elemento estructural ligero. (Avecillas, 2016, p 21).

Tabla 1. Densidad mínima recomendada según su aplicación.

Aplicación	Densidad mínima IRAM 1737
Paredes de mamposteria comun	15 kg/m ³
Techos de tejas	15-20 kg/m ³
Azoteas	20-25 kg/m ³
Cielorrasos	15 kg/m ³
Entrepisos flotantes	13 kg/m ³
Techo invertido	20-25 kg/m ³

Fuente: elaboración propia.

Las **edificaciones** son estructuras permanentes, su propósito es acoger actividades humanas, esto incluye todas las instalaciones permanentes y adicionales adjuntas a ellas

El **diseño de mezclas** considera las características mecánicas y físicas como: la granulometría, el peso unitario, contenido de humedad, la absorción, el peso específico. Para encontrar dichos resultados se tiene una serie de pruebas estandarizadas en laboratorio para luego comparar con un valor de referencia establecido en la norma o sino establecerlo para el diseño de mezclas.

La **granulometría**, estudia las dimensiones de las partículas y su proporción o distribución en un grupo de agregados. Se estima por el ensayo de análisis granulométrico, el colocar una serie de mallas estandarizadas de arriba a abajo y luego hacer atravesar la muestra de agregado para saber las dimensiones de las partículas (Gutiérrez, 2003, p. 18).

Dichos ensayos se encuentran en la normativa peruana, la NTP 400.037:2021, la NTP 400.012:2021. Con el resultado de la granulometría se puede determinar otros indicadores que son una clasificación más de la composición de las dimensiones de las partículas del agregado como: el Tamaño máximo nominal, el Tamaño máximo y el Módulo de finura que luego se usaran como indicadores para el diseño de mezclas.

El **módulo de finura** es un índice experimental, que cuanto más mayor es entonces más grueso es el agregado. Se define como el porcentaje total de retención acumulado en tamices normalizados de la malla N°100 a la malla del tamaño máximo encontrado y que cumple la proporción 1:2, dividiendo la suma por 100 (Sánchez, 2001, p. 78).

El **tamaño máximo nominal** es otro índice obtenido de la granulometría, que se define como una abertura de la malla que es inmediatamente superior a aquella malla que tiene retenido el 15% o más del porcentaje retenido acumulado, en la práctica, representa el promedio de las dimensiones de las partículas más grandes del agregado (Sánchez, 2001, p. 78).

El **tamaño máximo** es otro índice obtenido del estudio de la granulometría y se determina como la abertura de tamiz más pequeño a través de la cual puede pasar el 100% agregado. En la práctica, el tamaño máximo es la dimensión de la partícula de mayor tamaño que se encuentra en el agregado, el cual cumple con medidas y características del elemento estructural (Sánchez, 2001, p. 78).

La **densidad o peso específico**, siendo otra característica física de la arena y grava, determinada, la masa y su volumen se relacionan entre sí. Pero cuando se trata del concreto, el termino densidad debe definirse cuidadosamente, esto se debe a que las partículas generalmente tienen huecos o vacíos que pueden estar llenos de agua, parcialmente saturados o vacíos, el cual depende de la permeabilidad (Sánchez, 2001, p. 95).

Densidad aparente, se le conoce como la relación entre el peso de la masa del agregado y el volumen que ocupan las partículas de ese agregado, donde se incluyen a los poros que pueden estar saturados y no saturados (Sánchez, 2001, p. 96).

La densidad aparente es el factor más determinante en el diseño de mezclas, ya que nos indica la proporción de agregado requerido por una unidad de volumen de hormigón, generalmente la densidad en los agregados tiene valores entre 2.3 g/cm³ y 2.8 g/cm³ (Sánchez, 2001, p. 96).

La **Porosidad** y la **absorción**, en los agregados es primordial para su comportamiento en el concreto, debido a que las partículas porosas son menos duras que las partículas sólidas, lo que afecta a sus características mecánicas como la cohesión y sus resistencias a compresión y flexión, de esta forma afecta a otras características como la durabilidad, la resistencia a daños por las heladas, estabilidad química y resistencia al desgaste (Sánchez, 2001, p. 96).

En la práctica, se mide la capacidad de absorción para estimar el efecto de la porosidad en el agregado, que oscila entre 0% y 5% en agregados pétreos. El porcentaje de absorción se determina relacionando la masa saturada

superficialmente seca en relación a la masa de la muestra seca, expresado en porcentaje de la masa seca (Sánchez, 2001, p. 97).

Dichas pruebas para calcular el peso específico y la absorción se encuentran en la normativa, la NTP 400.021:2020 y la NTP 400.022:2021.

El **contenido de humedad**, el material tratante retiene una cantidad de agua, que es fundamental determinar para saber cuánto de agua aporta a la mezcla, sabiendo que este porcentaje para la preparación del concreto es importante ya que dependiendo de su contenido modificará el agua de mezcla para obtener una correcta relación de agua – cemento y el concreto pueda adquirir una máxima resistencia. Este ensayo se encuentra en la normativa, la NTP 339.185:2021.

El **peso unitario**, es el peso del material y volumen ocupado por este material en un recipiente de volumen encontrado (Sánchez, 2001, p. 97).

El **peso unitario suelto**, es cuando el material se encuentra en estado normal de reposo, entonces ocupa un mayor volumen y por lo tanto su peso unitario es menor. Es de suma importancia saber este volumen para el transporte de los agregados (Sánchez, 2001, p. 98).

El **peso unitario compactado**, es cuando el grado de adecuamiento de las partículas del material son sometidas a vibración y esta mejora su acomodamiento y aumenta el peso unitario. Es importante conocer dicho factor para estimar el volumen absoluto del agregado en un diseño de mezclas (Sánchez, 2001, p. 98).

Los ensayos se encuentran en nuestra normativa peruana específicamente en la NTP 400.017:2020.

La **dosificación** son las proporciones de cemento, agregados, agua y también materiales como aditivos que se requiere para lograr la resistencia y durabilidad solicitada, en función de la utilidad del concreto y se tiene varios métodos de dosificación de concreto.

Para obtener un concreto de calidad uniforme, los componentes deben medirse cuidadosamente. La mayoría de las especificaciones requieren que

las proporciones se encuentren en unidades de masa y no de volumen. El agua y los aditivos líquidos se calculan con mayor precisión en volumen o peso (Kosmatka ed al., 2004, p. 217).

El comité 211 del ACI nos proporciona un diseño de mezclas, basado en varias tablas preparadas por medio de la experimentación con agregados, lo que permite adquirir valores para todos los componentes del concreto por unidad de volumen.

La **relación agua/cemento**, se determina dividiendo a la masa del agua por la masa del cemento, los cuales tienen gran impacto en la calidad del concreto elaborado. Cuando la relación agua-cemento es menor nos da como resultado una resistencia mayor y mejor durabilidad, pero puede dificultar la colocación de la mezcla.

Demasiada agua separa los componentes de la arena y grava (más arena encima porque las piedras se asentarán). Por consiguiente, el agua no consumida en la reacción de hidratación eventualmente se evaporará, entonces como resultado tendremos poros microscópicos que disminuyen la resistencia última del concreto. (Olarte, 2017, p. 215).

La consistencia de concreto se mide a través del **asentamiento**, utilizada para indicar la trabajabilidad de la mezcla. La **trabajabilidad** se conoce como la manipulación del concreto fresco en sus etapas de: la preparación de la mezcla, su colocación, la compactación y el acabado sin que se presente riesgos de segregación (Abanto, 2009, p. 47).

Este ensayo se encuentra normado en la NTP 339.035:2015.

Tabla 2. Asentamientos recomendados.

CLASIFICACION DE CONSISTENCIA			
Consistencia	Asentamiento	Trabajabilidad	Método de Compactación
Seca	0-2"	Poco trabajable	Vibración normal
Plástica	3-4"	Trabajable	Vibración ligera chuseada
Fluida o Húmeda	5 a mas	Muy trabajable	Chuseado

Fuente: Normativa ACI.

El aire contenido en el concreto se distribuye en forma de pequeñas burbujas esféricas y están conectados por canales muy pequeños llamados poros. El agua escapa por este canal durante el secado y curado del concreto, el tamaño máximo nominal está relacionado con el contenido del aire.

Tabla 3. Contenido de aire para el diseño de mezclas de concreto según los tamaños de agregado grueso.

Tamaño máximo nominal del agregado grueso		Contenido de aire naturalmente atrapado (promedio)%	Contenido de aire total recomendable (atrapado+ incorporado) %
mm	Pulg.	%	%
9.51	3/8	3	4.5-7.5
12.5	1/2	2.5	4.0-7.0
19.1	3/4	2	3.5-6.0
25.4	1	1.5	3.0-6.0
38.1	1 1/2	1	2.5-5.5
50.8	2	0.5	2.0-5.0
76.1	3	0.3	1.5-4.5
152	6	0.2	1.0-4.0

Fuente: Adaptada de la normativa ACI.

La **temperatura** en el concreto fresco incide sobre las propiedades del concreto durante su estado plástico, particularmente en su consistencia y el contenido de aire, por ello se recomienda el uso de un termómetro de bolsillo mínimamente. La norma específica que en climas cálidos la temperatura promedio es de 10 y 29°C, con un máximo de 32°C para las mezclas de concreto fresco (Sánchez, 2001, p. 124).

La **resistencia de diseño** es la cantidad de la resistencia a la compresión utilizada en un diseño de mezclas, como base para el cálculo, para lograr una resistencia superior a la requerida en obra. A esto también se le llama resistencia requerida.

Tabla 4. Resistencia promedio a la compresión requerida cuando NO hay datos disponibles para el cálculo de la desviación estándar de la muestra.

Resistencia a compresión especificada, $f'c$, Kg/cm ²	Resistencia a compresión media requerida, Kg/cm ²
Menos de 210	$f'c + 70$
210 a 350	$f'c + 84$
Más de 350	$1.10 f'c + 50$

Fuente: Adaptada de la normativa ACI.

Comportamiento **estructural**, el comportamiento de los materiales que conforman el concreto armado depende de muchas variables, como las cargas y la interacción entre los materiales que componen una sección, esto significa que hay modelos con diferentes niveles de complejidad (Chang, 2015, p. 6).

Lo que se busca es que los edificios estén diseñados para evitar la pérdida de vidas, la continuidad de servicios esenciales y minimizar el daño físico. Por esta razón, la visión es asegurar que todos los diseños cumplan con las normas y este estudio priorizara el elemento estructural y determinara su comportamiento estructural.

Las losas de concreto son elementos estructurales que se encuentran horizontalmente, en donde sus dimensiones son mayores respecto a su altura, esta estructura es diseñada para soportar cargas perpendiculares a su plano.

La **resistencia a la compresión** debido a su importancia en las estructuras de concreto armado viene siendo la propiedad mecánica más importante y se representa con " $f'c$ ", sus unidades de medida pueden ser en kg/cm², MPa o psi (Sánchez, 2001, p. 138).

La resistencia a la compresión está definida como la resistencia máxima a la carga axial de la probeta de concreto a la edad de 28 días. Se pueden examinar otros grupos de edad, pero es importante comprender la relación entre la resistencia a los 28 días y la resistencia a diferentes edades. La resistencia de 7 días generalmente se estima en el 75% de la resistencia de

28 días (Kosmatka ed al., 2004, p. 8). Este ensayo se encuentra normado en la NTP 339.034:2021

La fisuración del concreto en estado endurecido, se puede dar por retracción por secado que sucede porque pierde de humedad de la pasta concreto, se contrae en un 1% para generar un volumen de 0.06%. Siendo muy importante para su control considerar la cantidad de fisuras, su espesor, su longitud y el tiempo en el que aparecen en el concreto (ACI 224, 1993, p. 3).

Tabla 5. Clasificación de fallas en estructuras de concreto.

Item	Clasificación	Descripción
1	Microfisuras: $e < 0.05$ mm	En general carecen de importancia
2	Fisuras: $0.1 < e < 0.2$ mm	En general son poco peligrosas, salvo en ambientes agresivos, en los que pueden favorecer la corrosión
3	Macro fisuras $0.2 < e < 0.4$ mm	Estas son las fisuraciones que pueden, tener repercusiones estructurales de importancia
4	Grietas: $0.4 < \text{ancho} < 1.0$ mm	Existe una reducción en la capacidad sismorresistente. Debe desocuparse el edificio, proceder a una rehabilitación temporal
5	Fractura: $1.0 < \text{ancho} < 5.0$ mm	Existe una reducción importante en la capacidad sismo resistente. Deberá procederse a una evaluación definitiva urgente, para determinar si se procede a la demolición.
6	Dislocación: ancho > 5.0 mm	

Fuente: elaboración propia.

La **resistencia a la deflexión por peso propio** de un elemento estructural depende de la cantidad de deformación a la que se somete en sentido vertical, el primero de los cuales es el peso del elemento estructural, el cual determina la resistencia del mismo, ya que en esta primera prueba son los mismos elementos de la estructura los que generalmente actúan como fuerza vertical. Depende en gran medida de la geometría y sus conexiones con otros elementos estructurales.

Dado que el concreto tiene un alto grado a la resistente a compresión, teniendo en cambio muy poca resistencia a tracción y flexión, se introdujo el acero como complemento para soportar estos esfuerzos cuando el concreto no se comporta de forma óptima (Ortega, 2015, p.13).

Tabla 6. Deflexiones máximas admisibles.

Deflexiones máximas admisibles		
Tipo de elemento	Deflexion considerada	Limite de deflexión
Techos planos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes	Deflexión inmediata debido a la carga viva	L/180
Pisos que no soporten ni estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes	Deflexión inmediata debido a la carga viva	L/360
Pisos o techos que soporten o estén ligados a elementos no estructurales susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes	La parte de la deflexión total que ocurre después de la unión de los elementos estructurales (la suma de la deflexión a largo plazo debida a todas las cargas permanentes, y la deflexión inmediata debida a cualquier carga viva adicional)	L/480
Pisos o techos que soporten o estén ligados a elementos no estructurales no susceptibles de sufrir daños debido a deflexiones grandes		L/240

Fuente: NTP. E. 060, 2020.

La carga muerta es todo elemento inerte que es parte de la estructura de una edificación, se considera el peso del acero concreto ladrillo o EPS que generalmente conforman y por consiguiente soporta la edificación (RNE E. 020, 2009, p. 204).

La **carga viva** o **carga de servicio** son todos los ocupantes materiales equipos muebles móviles que se encuentran dentro de la edificación que para el cual se realiza el diseño de una edificación, siempre considerando su carga muerta (RNE E. 020, 2009, p. 205), para el presente estudio la carga viva será de 300 kg/m² que pueden tener uso para salas de lectura, laboratorios, salas de operación según la norma en una edificación.

De las **deformaciones** se hace referencia a que toda estructura sometida a cargas se deforma, en cada edificación construida es deseable que estas deformaciones pasen desapercibidas y que la estructura se comporte de manera elástica ya que cuando la carga cesa, el elemento debe tratar de volver a su posición original.

Para no presentar deformaciones los elementos estructurales deben cumplir con ser rígidos estando de acuerdo al límite establecido por la norma, esto por motivos de estética, apariencia, servicio y principalmente seguridad.

Las pruebas de carga se realizan para verificar si un elemento estructural horizontal cumple con dicha rigidez. Estas pruebas reproducen condiciones a que se enfrentarían durante su vida útil. Su propósito es evaluar y estudiar las propiedades de resistencia del elemento en casos reales, se le aplica cargas iguales a las utilizadas en su etapa de diseño. Esto se logra mediante ensayos comúnmente de carga y descarga en los que se incorporan cargas en ciclos al elemento, registrando datos de deflexión generados por ella misma a intervalos de tiempo normalizados.

Pruebas de carga estáticas, este tipo de pruebas mide la respuesta estática (deflexión y esfuerzos) de una estructura bajo cargas de magnitud conocida colocadas en varios puntos de la estructura (Ortiz, Patrón, Reyes, Robles, Ruiz y Cremona 2010, p. 33)

Para la determinar la **deflexión por carga y descarga** del diseño requerido, se pondrá a prueba las probetas estructuradas a carga y descarga para medir su deformación según el criterio de la norma NTP 339.078:2012.

Las **pruebas de carga** pueden agruparse en: pruebas de carga reglamentarias, como información complementaria y otras pruebas para evaluar la capacidad resistente. Dichas pruebas se realizaron en consulta con las normas peruanas del RNE E. 060, E. 020 y con apoyo de la norma española EHE-8.

La flecha máxima para elementos estructurales se define como: $L/360$, la carga total de la prueba que incluye la carga muerta no debe ser menor que $0.85 \cdot (1.4 \text{ CM} + 1.7 \text{ CV})$.

El criterio de aceptación luego de las pruebas de carga considera que al ensayar el elemento estructura no debe evidenciar fallas, así como también:

- La deflexión máxima debe ser menor a $L^2/(20000 h)$.
- Las losas estructuradas no deben tener fisuras que indiquen la falla por cortante.

Los pasos para la administrar las cargas se encuentran en la norma peruana E-060.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo

Los enfoques cuantitativos usualmente cuantifican relaciones entre la variable dependiente o predictiva y la variable dependiente o resultado. De manera general estas investigaciones cuantitativas son clasificadas como no experimentales y experimentales (Sousa, Driesddnack y Costa, 2007, p. 2).

El propósito de la investigación aplicada, por su parte, pretende llamar la atención sobre posibilidades concretas y de aplicar la teoría general a la práctica y satisfacer las necesidades sociales y humanas (Baena, 2017, p. 18).

Considerando lo indicado anteriormente la presente investigación por enfoque es **cuantitativa** porque nuestros indicadores de la variable independiente y dependiente son medibles y por propósito es **aplicada** porque se determinará mediante ensayos según las normas el comportamiento estructural de las losas aligeradas no convencionales elaboradas con concreto, bloques de EPS y viguetas pretensadas.

3.1.2. Nivel

La investigación explicativa es más potente desde el lado cognitivo, lo que se trata de explicar es que el tipo de investigación que sea escogido, no dependa del investigador sino del estado real y concreto en que se encuentre el grado de conocimiento que se tiene sobre el objeto de interés del investigador (Diaz, Calzadilla, 2015, p. 120).

De acuerdo a la definición es de **nivel explicativo** porque la presente investigación cuenta con una variable independiente y una variable dependiente.

3.1.3. Diseño

La investigación experimental ha evolucionado a partir del desarrollo de dos grandes tradiciones de investigación: la tradición clásica de laboratorio, propia de las ciencias naturales y basada en la variabilidad intraindividual y la tradición estadística, propia de las ciencias sociales y

basada en la variabilidad interindividual (Ato, López, Benavente, 2013, p. 1043).

El diseño cuasi experimental tiene como característica que la intervención no es aleatoria, además utiliza para comparar los efectos de las variables dependientes grupos experimentales y un grupo de comparación (Zurita, Márquez, Miranda y Villasis, 2018, p. 183).

Este trabajo de investigación tiene un diseño **experimental** porque manipulara la variable independiente que son las losas aligeradas no convencionales y se estudiara su efecto en el comportamiento estructural mediante pruebas de carga, es de subtipo **cuasi experimental** porque la muestra es no aleatoria.

3.2. Variables y operacionalización

3.2.1. Variables

- **Variable Independiente:** Losas aligeradas no convencionales de edificaciones.

Definición conceptual: Las losas aligeradas no convencionales son aquellas donde se utilizan materiales y/o procesos constructivos que no están reglamentados por normas nacionales. El Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción SENCICO es el responsable de la evaluación técnica de estos sistemas para su posterior aprobación (Gob.pe, 2022, p. 1).

- **Variable dependiente:** Comportamiento estructural mediante pruebas de carga.

Definición conceptual: El comportamiento de los materiales que conforman el concreto armado depende de muchas variables, como las cargas y la interacción entre los materiales que componen una sección, esto significa que hay modelos con diferentes niveles de complejidad (Chang, 2015, p. 6).

Desafortunadamente, los diseños a menudo se basan en requisitos de resistencia, ignorando las condiciones de control de

la deformación vertical, la contracción y el agrietamiento, con los consiguientes problemas en las condiciones de servicio (Ramírez, De León y Valdez, 2011, p. 3).

3.2.2. Operacionalización

La función de la operacionalización de variables es mostrar al lector como se forman y operan las variables y como se tratan desde una perspectiva estadística. Por esta razón, las variables de estudio se presentan como una tabla comparativa, ahí las filas contienen las variables de estudio y las columnas contienen las características de cada variable de estudio (Villavicencio, Torracchi, Pariona y Alvear, 2019, p. 10).

La matriz de operacionalización de variables se ubica en el anexo N° 2.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

La población es una colección de elementos que contienen ciertas características que para fines de investigación que se desea estudiar. Existe un carácter inductivo entre la población y la muestra, teniendo en cuenta que la parte observada representara la realidad y así garantizar las conclusiones del estudio o evaluación (Ventura, 2017, p. 648).

La población lo constituyen todas las losas aligeradas no convencionales de edificaciones de la ciudad de San Miguel.

3.3.2. Muestra

Cuando se habla de la muestra representativa, se habla de una parte o cantidad pequeña de un total a los parámetros de la población. Además, dejar claro que un muestreo incluye la estratificación y proporcionalidad y de una selección aleatoria, nos daría mayor seguridad de que esta es una muestra representativa, que nos permite tener confianza sobre la representatividad de la muestra (Argibay, 2009, p. 13).

Es una porción seleccionada del total de la población de la cual se extrae la información utilizada para realizar el estudio y se miden y observan las variables (Bernal, 2016, p. 211).

Para poder evaluar el comportamiento estructural mediante pruebas de carga de las losas aligeradas no convencionales de edificaciones, se elaborará como muestras unas probetas estructuradas conforme a la Tabla 7.

Tabla 7. Distribución de la muestra de estudio.

Tipo de muestra	Edad (días)	Tipo de losa aligerada			Total de muestras
		Losa aligerada convencional	Losa aligerada con bloques de EPS	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	
Probetas estructuradas de 6 m de longitud	28	2	2	2	6

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, la muestra estará constituida por 6 probetas estructuradas de losas aligeradas de 6 metros de longitud.

3.3.3. Muestreo

Método de muestreo que no se basa en probabilidades, es un muestreo por conveniencia o de cuotas. Es elegido con características muy específicas y es utilizado porque hay facilidad de acceso para los investigadores. Presenta sesgo de selección y es el muestreo más frecuentemente utilizado (Castro, 2019, p. 183)

En la presente investigación, el muestreo es no probabilístico y dirigida a conveniencia de la investigación basado en la normatividad NTE E.060 Concreto armado, ya que no involucra una selección aleatoria de la muestra.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

La elección de las técnicas necesariamente depende de la naturaleza del problema y la metodología de trabajo. Pongamos el caso, si deseas saber

las opiniones de las personas, puede elegir entrevistas o cuestionarios. Por otro lado, si esta interesado en el comportamiento de los empleados, ciertas técnicas de observación son la más apropiadas. Si desea ver cuanto sabe o hace un empleado puede realizar una prueba estándar de desempeño. Si quiere determinar estadísticas de producción, alguna técnica de registro sería la más apropiada (Vara, 2010, p. 241). La observación, como técnica de investigación científica es un proceso riguroso de obtención de una comprensión directa del objeto que se estudia, con el fin de realizar una descripción y análisis de las condiciones de la realidad que se investiga (Bernal, 2016, p. 254).

Considerando lo definido, en este trabajo de investigación la técnica de recolección de datos será la observación directa porque permitirá conocer los resultados de los comportamientos de los indicadores mediante pruebas experimentales a las probetas.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Una vez que se ha determinado que la técnica más adecuada para la recolección de la información es la observación, se selecciona el tipo de observación que desea realizar y las variables a observar, el medio y las medidas de las mismas para registrar la información. Luego, se prepara guías de observación o fichas técnicas y se verifica que este cumpla los objetivos de la investigación a realizar (Bernal, 2016, p. 256).

Para elaborar los instrumentos a utilizar en la recolección de datos se recomienda seguir los siguientes pasos: Determinar el propósito del instrumento, tomar decisiones sobre la finalidad del instrumento, para que lo queremos. Decidir sobre el tipo de instrumento, es la segunda decisión en el proceso de diseño y elaboración del instrumento de medición (Corral, 2010, p. 154).

Las fichas técnicas a utilizar en la presente investigación son las siguientes:

- Ficha técnica N° 1: Longitud de fisuras y Espesor de fisuras.
- Ficha técnica N° 2: Deflexión por peso propio.
- Ficha técnica N° 3: Deflexión con aplicación de carga muerta.

- Ficha técnica N° 4: Deflexión máxima por carga de servicio.
- Ficha técnica N° 5: Deflexión por reserva de carga de servicio y Deflexión por descarga.
- Ficha técnica N° 6: Fisuras ocasionadas por pruebas de carga.

Las fichas técnicas se encuentran en el anexo 3.

3.4.3. Validez

El termino validez se refiere a todo aquello que se acerca a la verdad y es carente de errores. Sé dice también que para que existe mayor validez en la investigación será necesario cuantificar las diferentes mediciones en el campo estadístico (Research protocol VII. Validity and reliability of the measurements, 2018). Dicha calificación está en una escala de 0 a 1.

Tabla 8. Grado de validez de un instrumento.

Validez de un instrumento	
0.53 a menos	Validez nula
0.54 a 0.59	Validez baja
0.60 a 0.65	Válida
0.66 a 0.71	Muy válida
0.72 a 0.99	Excelente validez
1.0	Validez perfecta

Fuente: Herrera, 1998.

Los expertos para la validación de los instrumentos de nuestro estudio que son las fichas técnicas, dieron los siguientes resultados de validez:

Tabla 9. Relación de expertos.

N°	Nombres y apellidos	CIP	Calificación
1	Hehber Dante Yana Yana	153691	0.9
2	Carlos Eduardo Torres la Torre	266755	0.9
3	Jose Luis Rodriguez Diaz	135663	1

Fuente: elaboración propia.

La validación de los instrumentos por los expertos se encuentra en el anexo 3.

3.4.4. Confiabilidad

La confiabilidad de una prueba se refiere a la consistencia de las calificaciones obtenidas por las mismas personas en ocasiones diferentes o con diferentes conjuntos de reactivos equivalentes. El concepto de confiabilidad subyace al error de medición de una sola calificación que permite predecir el rango de fluctuación que puede ocurrir en la calificación de un sujeto, como resultado de factores irrelevantes aleatorios, como ya se ha mencionado (Reidl, 2013, p 109).

En el presente estudio, la confiabilidad se realizará a través de la certificación de la calibración de los equipos empleados en los ensayos que a continuación se detalla:

- Certificado de calibración del equipo de compresión

Los certificados de calibración, se encuentran en el anexo 4.

3.5. Procedimientos

Etapas 1: Acopio de los materiales y clasificación.

Se eligió la cantera de Yocara para la extracción de los agregados grueso y fino, para su traslado se utilizó un camión volquete de capacidad de 5 m³. El cemento utilizado fue de la marca Rumi Cemento Portland Tipo IP en una cantidad de 30 Bolsas, adquiridas en una ferretería del distrito. El acero corrugado es de la marca Aceros Arequipa, que fueron adquiridas en una ferretería del distrito. Los ladrillos de arcilla de dimensiones 20x30x30 fueron adquiridos de la Ladrillera Diamante. Los casetones de EPS de dimensiones 20x30x300 fueron adquiridos a un proveedor de la ciudad de Arequipa. Las viguetas pretensadas de tipo V-104 de la marca Techomax de 6m de longitud y sus respectivos casetones de EPS de 20x44x100 fueron adquiridos a un proveedor de la ciudad de Arequipa. Las maderas para el encofrado (tablas, listones, pies derechos, etc.) se adquirió a una ferretería del distrito.



Figura 1. Acopio de los materiales.

Etapas 2: Caracterización de los agregados de la cantera Yocara.

En esta etapa se determinó la distribución que presentan los agregados en función al tamaño de sus partículas, según la norma para Análisis Granulométrico, NTP 400.012:2021 y NTP 400.037:2021. Teniendo como resultados finales lo siguiente:

Tabla 10. Resultados de laboratorio.

Características Físicas	Agregado Grueso (grava)	Agregado Fino (arena)
P. e. Sólidos		
P. e. SSS	2.55	2.54
P. e. Bulk		
P. U. Varillado	1552	1623
P. U. Suelto	1398	1488
% de Absorción	2.61	3.13
% de Humedad Natural	3.87	5.45
Modulo de Fineza		2.5

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de laboratorio de la caracterización de los agregados se encuentran en el anexo 5.

Etapa 3: Diseño de mezclas $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$

El diseño de mezclas para la presente investigación se realizó mediante el método 211 del ACI.

A continuación, se detalla el diseño:

Se realizó el diseño de mezclas para una resistencia a la compresión de 210 kg/cm^2 a los 28 días para su uso en losas aligeradas, entonces la resistencia promedio será $F'_c= 294 \text{ kg/cm}^2$.

Las condiciones de colocación permiten un asentamiento de 3" a 4" (trabajable).

Se tiene un diámetro máximo nominal del agregado grueso de 3/4", entonces el aire atrapado es de 2.0%

No se utilizará incorporador de aire, por consiguiente, la cantidad aproximada de agua de mezclado será de 200 l/m^3 .

El concreto no será atacado por sulfatos, entonces la relación agua/cemento será de 0.56

De acuerdo con la información obtenida entonces el requerimiento de cemento será de: $200 \text{ l/m}^3 / 0.56 = 357 \text{ kg/m}^3$

De acuerdo al módulo de fineza del agregado fino = 2.50, el peso específico unitario del agregado grueso compactado de 1552 kg/m^3 y un agregado grueso con tamaño máximo nominal de 3/4" se recomienda el uso de 0.65 m^3 de agregado grueso por m^3 de concreto. Por lo tanto, el peso seco del agregado grueso será de: $0.65 \times 1552 = 1009 \text{ kg/m}^3$

Una vez determinadas las cantidades de agua, cemento y agregado grueso, los materiales resultantes para completar un m^3 de concreto consistirán en arena y aire atrapado. La cantidad de arena requerida se puede determinar en base al volumen absoluto como se muestra a continuación:

Volumen absoluto de agua $= 200 / 1000 = 0.200$

Volumen absoluto de cemento $= 357 / (2.88 \times 1000) = 0.124$

Volumen absoluto de agregado grueso	=1009/(2.55*1000)=0.395	
Volumen de aire atrapado	=2.0 / 100	=0.020
Volumen sub total	=	0.739

Por tanto, el peso requerido de arena seca será de: $1.000 - 0.739 = 0.261$ m³.

$$0.261 * 2.54 * 1000 = 661 \text{ kg/m}^3$$

De acuerdo a las pruebas de laboratorio se tiene % de humedad, por las que se tiene que ser corregidas los pesos de los agregados:

$$\text{Agregado grueso húmedo} \quad 1009 * 1.038721 = 1048 \text{ Kg/m}^3$$

$$\text{Agregado fino húmedo} \quad 661 * 1.0545 = 697 \text{ kg/m}^3$$

El agua de absorción no forma parte del agua de mezclado y debe excluirse y ajustarse por adición de agua. De esta manera la cantidad de agua efectiva es:

$$200 - 1009 * (3.87 - 2.61) / 100 - 661 * (5.45 - 3.13) / 100 = 172$$

Por consiguiente, la dosificación es la siguiente:

Tabla 11. Dosificación del diseño de mezclas.

Material	Dosificación en peso seco (kg/m ³)	Proporción en peso seco	Dosificación en peso húmedo (kg/m ³)	Proporción en volumen (peso húmedo)
Cemento	357	1	357	1
Agua	200	0.56	172	0.48
Agregado grueso	1009	2.82	1048	2.93
Agregado fino	661	1.85	697	1.95
Aire	2.00%			

Fuente: elaboración propia.

Etapa 4: Diseño de las losas aligeradas de concreto armado (probetas estructuradas de tamaño real de longitud 6.00 m)

Se diseño 3 tipos de losas:

- Losa aligerada convencional (0.80 x 6.00 m).
- Losa aligerada con bloques de EPS (0.80 x 6.00 m).
- Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS (1.00 x 6.00 m).

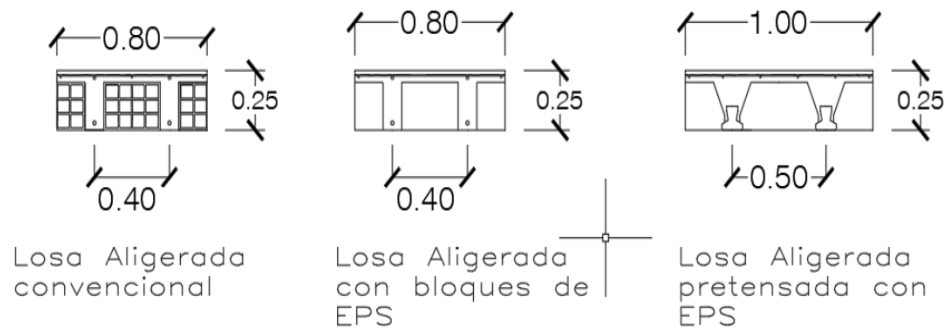


Figura 2. Corte transversal de los 3 tipos de losa aligerada.

Las cuales tienen una longitud de 6 metros y se encuentran simplemente apoyadas en sus extremos, las losas tienen 2 viguetas, cuyo concreto tiene una resistencia 210 kg/cm², con un Peso de piso terminado de 100 kg/m², un Peso de tabiquería fija de 150 kg/m² y una sobrecarga de 300 kg/m².

Resultando del diseño un espesor de 25 cm para los tres tipos de losa, cuyos cálculos se encuentran en el anexo 6.

Las especificaciones técnicas de las viguetas pretensadas se encuentran en el anexo 7.

Etapas 5: Elaboración de probetas estructuradas de tamaño real

Primeramente, se realizó la elaboración de los apoyos para las losas aligeradas, las cuales se dividió en 2 grupos de 3 losas, para lo cual se necesitó de 4 apoyos de concreto ciclópeo de dimensiones 0.20 x 4.00 x 0.40 m.



Figura 3. Elaboración de apoyos.

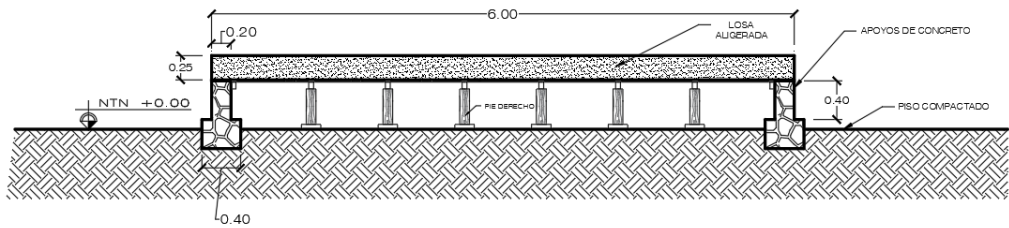


Figura 4. Vista de perfil del encofrado de las losas aligeradas.

Luego se empezó con el encofrado para las 6 losas aligeradas, siguiendo los procedimientos constructivos.



Figura 5. Elaboración del encofrado para las losas aligeradas.

A continuación, se realizó el armado y colocado de los ladrillos de arcilla, viguetas pretensadas, bloques de EPS y los aceros de refuerzo y temperatura según el tipo de losa aligerada.



Figura 6. Vista del armado de las losas aligeradas.

Luego se realizó la elaboración, transporte y colocado del concreto para las 6 losas aligeradas de acuerdo al diseño de mezclas para un concreto de resistencia 210 kg/cm².



Figura 7. Colocado del concreto para las 6 losas aligeradas.

Se tomo muestras del concreto en probetas cilíndricas, para su posterior control de calidad de la resistencia a la compresión del concreto en 7, 14 y 28 días. A los dos días se realizó el desencofrado de la parte lateral de las losas aligeradas.



Figura 8. Toma de muestras del concreto.

Etapas 6: Curado de probetas estructuradas

Se realizo el curado de las 6 losas aligeradas hasta los 28 días, siguiendo la norma NTP 339.183. Pero teniendo en cuenta el clima de la zona ya que se cuenta con la presencia de heladas y bajas temperaturas.



Figura 9. Curado de las losas aligeradas de concreto.

Etapa 7: Ensayos en laboratorio y pruebas en campo para conocer los indicadores

En las losas aligeradas se realizó el control de fisuras a los 7, 14 y 28 días, para poder determinar la longitud y el espesor de las fisuras en las 6 losas estructuradas, teniendo los siguientes resultados:

Tabla 12. Control de fisuras en la losa aligerada convencional.

Tipo de muestra	N° de fisura	Fecha	Longitud (cm)	Longitud promedio (cm)	Espesor (mm)			Espesor promedio (cm)
					Superior	Medio	Inferior	
LC - 1	1	15/04/2022	80	26.60	0.25	0.25	0.10	0.133
	2	15/04/2022	5		0.10	0.25	0.25	
	3	22/04/2022	15		0.20	0.10	0.05	
	4	6/05/2022	9		0.10	0.10	0.05	
	5	6/05/2022	24		0.05	0.10	0.05	
LC - 2	1	15/04/2022	38	27.75	0.25	0.10	0.05	0.104
	2	22/04/2022	42		0.05	0.10	0.10	
	3	6/05/2022	23		0.05	0.10	0.05	
	4	6/05/2022	8		0.25	0.10	0.05	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 13. Control de fisuras en la losa aligerada con bloques de EPS.

Tipo de muestra	N° de fisura	Fecha	Longitud (cm)	Longitud promedio (cm)	Espesor (mm)			Espesor promedio (cm)
					Superior	Medio	Inferior	
LE - 1	1	15/04/2022	80	44.67	0.10	0.25	0.10	0.106
	2	15/04/2022	62		0.10	0.10	0.05	
	3	15/04/2022	56		0.10	0.10	0.25	
	4	15/04/2022	30		0.05	0.05	0.05	
	5	15/04/2022	55		0.05	0.10	0.05	
	6	22/04/2022	30		0.05	0.25	0.10	
	7	22/04/2022	27		0.10	0.10	0.05	
	8	6/05/2022	34		0.10	0.25	0.10	
	9	6/05/2022	28		0.10	0.10	0.05	
LE - 2	1	15/04/2022	18	34.33	0.25	0.25	0.10	0.143
	2	15/04/2022	30		0.05	0.10	0.10	
	3	15/04/2022	31		0.05	0.10	0.10	
	4	15/04/2022	24		0.10	0.25	0.25	
	5	15/04/2022	34		0.05	0.10	0.05	
	6	22/04/2022	80		0.25	0.10	0.25	
	7	22/04/2022	15		0.25	0.25	0.05	
	8	6/05/2022	27		0.10	0.10	0.05	
	9	6/05/2022	34		0.10	0.25	0.10	
	10	6/05/2022	42		0.25	0.10	0.05	
	11	6/05/2022	61		0.25	0.25	0.10	
	12	6/05/2022	16		0.25	0.10	0.05	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 14. Control de fisuras en la losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS.

Tipo de muestra	N° de fisura	Fecha	Longitud (cm)	Longitud promedio (cm)	Espesor (mm)			Espesor promedio (cm)
					Superior	Medio	Inferior	
LP - 1	1	15/04/2022	15	15.64	0.05	0.25	0.10	0.133
	2	22/04/2022	13		0.10	0.25	0.25	
	3	6/05/2022	30		0.10	0.40	0.10	
	4	6/05/2022	16		0.05	0.10	0.05	
	5	6/05/2022	14		0.25	0.25	0.05	
	6	6/05/2022	11.5		0.10	0.10	0.05	
	7	6/05/2022	10		0.10	0.05	0.05	
LP - 2	1	15/04/2022	13.5	16.08	0.25	0.10	0.05	0.111
	2	6/05/2022	13		0.25	0.10	0.05	
	3	6/05/2022	30		0.25	0.10	0.05	
	4	6/05/2022	16		0.05	0.25	0.05	
	5	6/05/2022	14		0.10	0.10	0.05	
	6	6/05/2022	10		0.10	0.05	0.05	

Fuente: elaboración propia.

Se realizaron los ensayos de resistencia a la compresión del concreto a las probetas cilíndricas en laboratorio (a los 7, 14 y 28 días), según la norma NTP 339.034, los resultados de laboratorio se encuentran en el anexo 8, cuyos resultados son los siguientes:

Tabla 15. Resultados del ensayo de la Resistencia a la compresión.

Edad (días)	Resistencia a la Compresión Kg/cm ²			Resistencia a la compresión Promedio Kg/cm ²	% Respecto al Diseño
	Probeta cilíndrica 1	Probeta cilíndrica 2	Probeta cilíndrica 3		
7	170.16	168.78	169.98	169.64	80.78
14	196.65	196.40	194.25	195.77	93.22
28	219.95	220.40	221.51	220.62	105.06

Fuente: elaboración propia.

De donde se obtiene que la resistencia promedio a la compresión del concreto a los 28 días es de 220.62 Kg/cm², superando a la f'_c de diseño de 210 Kg/cm² en un 5.06%, lo que nos indica según la norma que cumple con el diseño por consiguiente se realizó el desencofrado de las 6 probetas estructuradas y se continuo con las mediciones correspondientes para poder determinar la deflexión por peso propio, el cual se realizó en el eje central de la probeta estructurada, para ello se

utilizó calibradores Vernier digitales tipo CALDI-6MP milimétricos con una precisión de 0,01 mm de la marca Truper.



Figura 10. Desencofrado de las losas aligeradas de concreto.



Figura 11. Calibrador Vernier digital milimétrico marca Truper.

A continuación, se detalla las mediciones a las 6 probetas estructuradas sobre las deflexiones por peso propio, dichas lecturas se realizaron en un tiempo aproximado de 24 horas luego de su desencofrado, teniendo en consideración la temperatura ambiente.

Tabla 16. Deflexiones por peso propio en la losa aligerada convencional.

Muestra	Actividad	Fecha	Hora	Lectura (mm)	Temperatura promedio (°C)	
LC - 1	2da Lectura	9/05/2022	12:42	1.46	16 °C	
	3ra Lectura	9/05/2022	14:22	2.10	17 °C	
	4ta Lectura	9/05/2022	15:38	3.69	18 °C	
	5ta Lectura	9/05/2022	16:39	4.48	15 °C	
	6ta Lectura	9/05/2022	18:05	5.53	12 °C	
	7ma Lectura	10/05/2022	06:06	6.04	0 °C	
	8va Lectura	10/05/2022	08:05	5.94	7 °C	
	9na Lectura	10/05/2022	11:07	3.54	13 °C	
	10ma Lectura	10/05/2022	12:00	3.25	15 °C	
	11va Lectura	10/05/2022	14:15	3.57	17 °C	
	12va Lectura	10/05/2022	15:32	4.47	16 °C	
	Deflexion Máxima por peso propio				6.04	0 °C
	Deflexion Mínima por peso propio				3.25	15 °C
LC - 2	Inicio desencofrado	9/05/2022	08:40	0.00	6 °C	
	Termino desencofrado	9/05/2022	09:07	3.16	8 °C	
	2da Lectura	9/05/2022	09:20	2.77	8 °C	
	3ra Lectura	9/05/2022	10:50	1.55	13 °C	
	4ta Lectura	9/05/2022	12:46	1.30	16 °C	
	5ta Lectura	9/05/2022	14:27	2.35	17 °C	
	6ta Lectura	9/05/2022	15:36	3.56	18 °C	
	7ma Lectura	9/05/2022	16:37	4.38	15 °C	
	8va Lectura	9/05/2022	18:03	5.10	12 °C	
	9na Lectura	10/05/2022	06:04	5.37	0 °C	
	10ma Lectura	10/05/2022	08:03	5.27	7 °C	
	11va Lectura	10/05/2022	11:05	3.10	13 °C	
	12va Lectura	10/05/2022	12:01	2.89	15 °C	
	13va Lectura	10/05/2022	14:16	3.43	17 °C	
	14va Lectura	10/05/2022	15:33	4.79	16 °C	
Deflexion Máxima por peso propio				5.37	0 °C	
Deflexion Mínima por peso propio				2.89	15 °C	

Fuente: elaboración propia.

Tabla 17. Deflexiones por peso propio en la losa aligerada con bloques de EPS.

Muestra	Actividad	Fecha	Hora	Lectura (mm)	Temperatura promedio (°C)	
LE - 1	Inicio desencofrado	9/05/2022	09:30	0.00	11 °C	
	Termino desencofrado	9/05/2022	09:55	1.37	11 °C	
	2da Lectura	9/05/2022	10:56	1.10	13 °C	
	3ra Lectura	9/05/2022	12:43	1.23	16 °C	
	4ta Lectura	9/05/2022	14:20	1.95	17 °C	
	5ta Lectura	9/05/2022	15:37	3.48	18 °C	
	6ta Lectura	9/05/2022	16:38	4.34	15 °C	
	7ma Lectura	9/05/2022	18:04	5.31	12 °C	
	8va Lectura	10/05/2022	06:05	5.83	0 °C	
	9na Lectura	10/05/2022	08:04	5.53	7 °C	
	10ma Lectura	10/05/2022	11:06	3.26	13 °C	
	11va Lectura	10/05/2022	12:02	3.10	15 °C	
	12va Lectura	10/05/2022	14:17	3.56	17 °C	
	13va Lectura	10/05/2022	15:34	4.51	16 °C	
	Deflexion Máxima por peso propio				5.83	0 °C
Deflexion Mínima por peso propio				3.10	15 °C	
LE - 2	Inicio desencofrado	9/05/2022	11:35	0.00	13 °C	
	Termino desencofrado	9/05/2022	11:55	1.34	15 °C	
	2da Lectura	9/05/2022	12:44	0.98	16 °C	
	3ra Lectura	9/05/2022	14:24	1.12	17 °C	
	4ta Lectura	9/05/2022	15:39	2.50	18 °C	
	5ta Lectura	9/05/2022	16:40	3.13	15 °C	
	6ta Lectura	9/05/2022	18:06	4.25	12 °C	
	7ma Lectura	10/05/2022	06:07	5.18	0 °C	
	8va Lectura	10/05/2022	08:06	4.86	7 °C	
	9na Lectura	10/05/2022	11:08	3.03	13 °C	
	10ma Lectura	10/05/2022	12:03	2.84	15 °C	
	11va Lectura	10/05/2022	14:18	3.33	17 °C	
	12va Lectura	10/05/2022	15:35	4.16	16 °C	
	Deflexion Máxima por peso propio				5.18	0 °C
	Deflexion Mínima por peso propio				2.84	15 °C

Fuente: elaboración propia.

Tabla 18. Deflexiones por peso propio en la losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS.

Muestra	Actividad	Fecha	Hora	Lectura (mm)	Temperatura promedio (°C)
LP - 1	Inicio desencofrado	9/05/2022	06:43	0.00	-1 °C
	Termino desencofrado	9/05/2022	07:15	1.43	2 °C
	2da Lectura	9/05/2022	07:45	1.55	4 °C
	3ra Lectura	9/05/2022	09:19	1.00	8 °C
	4ta Lectura	9/05/2022	10:54	0.50	13 °C
	5ta Lectura	9/05/2022	12:48	0.41	16 °C
	6ta Lectura	9/05/2022	14:26	0.79	17 °C
	7ma Lectura	9/05/2022	15:34	1.42	18 °C
	8va Lectura	9/05/2022	16:35	1.78	15 °C
	9na Lectura	9/05/2022	18:01	2.13	12 °C
	10ma Lectura	10/05/2022	06:02	2.23	0 °C
	11va Lectura	10/05/2022	08:01	2.12	7 °C
	12va Lectura	10/05/2022	11:03	0.81	13 °C
	13va Lectura	10/05/2022	12:04	0.76	15 °C
	14va Lectura	10/05/2022	14:19	1.13	17 °C
	15va Lectura	10/05/2022	15:36	1.84	16 °C
	Deflexion Máxima por peso propio				2.23
Deflexion Mínima por peso propio				0.76	15 °C
LP - 2	Inicio desencofrado	9/05/2022	08:01	0.00	4 °C
	Termino desencofrado	9/05/2022	08:15	1.67	4 °C
	2da Lectura	9/05/2022	08:25	1.90	6 °C
	3ra Lectura	9/05/2022	09:18	1.34	8 °C
	4ta Lectura	9/05/2022	10:55	0.69	13 °C
	5ta Lectura	9/05/2022	12:45	0.45	16 °C
	6ta Lectura	9/05/2022	14:28	0.56	17 °C
	7ma Lectura	9/05/2022	15:35	1.19	18 °C
	8va Lectura	9/05/2022	16:36	1.62	15 °C
	9na Lectura	9/05/2022	18:02	2.11	12 °C
	10ma Lectura	10/05/2022	06:03	2.45	0 °C
	11va Lectura	10/05/2022	08:02	2.31	7 °C
	12va Lectura	10/05/2022	11:04	1.01	13 °C
	13va Lectura	10/05/2022	12:05	0.95	15 °C
	14va Lectura	10/05/2022	14:21	1.37	17 °C
	15va Lectura	10/05/2022	15:37	2.08	16 °C
	Deflexion Máxima por peso propio				2.28
Deflexion Mínima por peso propio				0.95	15 °C

Fuente: elaboración propia

Para empezar con las pruebas de carga, se debe tener en consideración que los elementos estructurales que sean objeto de ensayo deberán tener al menos 56 días de edad, o haberse comprobado que la resistencia real del concreto de la estructura ha alcanzado los valores nominales previstos en el estudio (EHE-08, 2010, p 450). También se indica que, si el elemento estructural a probar va a estar sometido a cargas permanentes aun no materializadas, estas deberán ser colocadas antes de las pruebas de carga y que gravitarán durante toda la prueba sobre el elemento ensayado (EHE-08, 2010, p 450). Por ello se empezó con la colocación de la carga muerta a los 40 días de edad del concreto teniendo en cuenta que la resistencia a la compresión promedio del concreto a los 28 días fue de 220.62 Kg/cm².

Para ello se utilizaron 600 bloquetas de concreto de peso controlado que simularon la carga muerta, carga de servicio y la carga de reserva de servicio. Los cuales se aplicaron en 4 incrementos aproximadamente iguales de carga, durante cada uno de los cuales se tomaron las medidas de deflexión como recomienda la norma E.60 de Concreto Armado.



Figura 12. Cálculo del peso de las bloquetas de concreto.

Se realizó el cálculo del peso promedio de las bloquetas de concreto, tomando una muestra de 20 bloquetas, siendo el resultado del peso aproximado de las bloquetas de 14.897 kg, que a continuación se detalla en el cuadro.

Tabla 19. Cálculo del peso promedio de las bloquetas.

Fecha	N° de Bloqueta	Peso (kg)
16/05/2022	1	14.998
16/05/2022	2	14.659
16/05/2022	3	14.960
16/05/2022	4	14.998
16/05/2022	5	14.940
16/05/2022	6	15.028
16/05/2022	7	14.938
16/05/2022	8	14.978
16/05/2022	9	14.982
16/05/2022	10	15.034
16/05/2022	11	15.011
16/05/2022	12	14.993
16/05/2022	13	14.652
16/05/2022	14	14.729
16/05/2022	15	14.712
16/05/2022	16	14.682
16/05/2022	17	14.887
16/05/2022	18	15.019
16/05/2022	19	14.763
16/05/2022	20	14.983
PROMEDIO		14.897

Fuente: elaboración propia

Luego se procedió a realizar el cálculo de la distribución de la carga muerta (250 kg/m²) que se colocara en cada losa aligerada dependiendo del ancho tributario y de la luz libre (5.80 m).

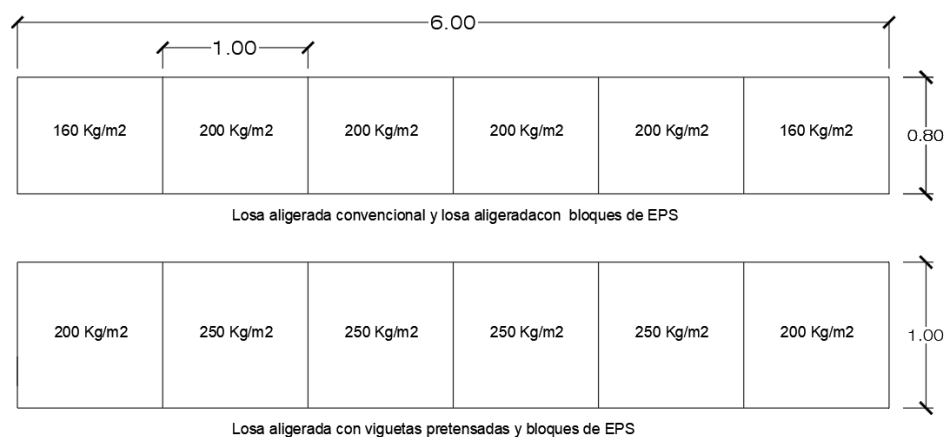


Figura 13. Distribución de la carga muerta en las probetas estructuradas.

Tabla 20. Distribución de la carga muerta en las probetas estructuradas.

Distribución para losa aligerada convencional y losa aligerada con bloques de EPS								
Incrementos de carga	Carga Muerta 200 kg/m ²			Carga Muerta 160 kg/m ²			Total de bloquetas (unidad)	Total de Peso Carga Muerta (kg)
	Nro de Bloquetas	Nro de areas	Peso Parcial (kg)	Nro de Bloquetas	Nro de areas	Peso Parcial (kg)		
1ra Carga	3.5	4	52.14	3	2	44.69	20	998.12
2ra Carga	3.5	4	52.14	2.5	2	37.24	19	916.18
3ra Carga	3.5	4	52.14	2.5	2	37.24	19	916.18
4ta Carga	3	4	44.69	3	2	44.69	18	804.45
			201.11			163.87	76	3634.94
Distribución para losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS								
Incrementos de carga	Carga Muerta 250 kg/m ²			Carga Muerta 200 kg/m ²			Total de bloquetas (unidad)	Total de Peso Carga Muerta (kg)
	Nro de Bloquetas	Nro de areas	Peso Parcial (kg)	Nro de Bloquetas	Nro de areas	Peso Parcial (kg)		
1ra Carga	4.5	4	67.04	3.5	2	52.14	25	1571.67
2ra Carga	4.5	4	67.04	3.5	2	52.14	25	1571.67
3ra Carga	4	4	59.59	3	2	44.69	22	1221.58
4ta Carga	4	4	59.59	3.5	2	52.14	23	1318.41
			253.25			201.11	95	5683.32

Fuente: elaboración propia

Se procedió a realizar el colocados de la carga muerta en las probetas estructuradas según la distribución y luego se realizó la medición de la deflexión por cada incremento.



Figura 14. Aplicación de carga muerta a las losas aligeradas convencionales.



Figura 15. Aplicación de carga muerta a las losas aligeradas con bloques de EPS.



Figura 16. Aplicación de carga muerta a las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS.

Tabla 21. Deflexiones con aplicación de la carga muerta en las losas aligeradas convencionales.

Muestra	Actividad	Fecha	Hora	Lectura (mm)	Temperatura promedio (°C)	Diferencia de Tiempo (h)
LC - 1	Lectura inicial	20/05/2022	16:01	6.26	16 °C	0.0
	1ra Carga CM	20/05/2022	16:07	7.42	16 °C	0.1
	2da Carga CM	20/05/2022	16:13	9.78	16 °C	0.2
	3ra Carga CM	20/05/2022	16:21	11.05	16 °C	0.4
	4ta Carga CM	20/05/2022	16:30	12.78	16 °C	0.5
	Lectura	20/05/2022	18:00	13.20	11 °C	2.0
	Lectura	21/05/2022	05:30	13.54	-1 °C	13.5
	Lectura	21/05/2022	09:00	13.42	8 °C	17.0
	Lectura	21/05/2022	12:00	13.28	15 °C	20.0
	Lectura	21/05/2022	15:02	13.42	16 °C	23.0
	Lectura	21/05/2022	16:01	13.48	15 °C	24.0
Deflexion Máxima por peso propio + CM				13.54	-1 °C	13.0
LC - 2	Lectura inicial	20/05/2022	16:03	6.02	16 °C	5.0
	1ra Carga CM	20/05/2022	16:08	7.15	16 °C	0.1
	2da Carga CM	20/05/2022	16:14	9.47	16 °C	0.2
	3ra Carga CM	20/05/2022	16:23	10.98	16 °C	0.4
	4ta Carga CM	20/05/2022	16:38	12.56	16 °C	0.5
	Lectura	20/05/2022	18:01	12.87	11 °C	2.0
	Lectura	21/05/2022	05:32	13.03	-1 °C	13.5
	Lectura	21/05/2022	09:01	12.96	8 °C	17.0
	Lectura	21/05/2022	12:02	12.85	15 °C	20.0
	Lectura	21/05/2022	15:01	12.93	16 °C	23.0
	Lectura	21/05/2022	16:04	12.99	15 °C	24.0
Deflexion Máxima por peso propio + CM				13.03	-1 °C	13.5

Fuente: elaboración propia.

Tabla 22. Deflexiones con aplicación de la carga muerta en las losas aligeradas con bloques de EPS.

Muestra	Actividad	Fecha	Hora	Lectura (mm)	Temperatura promedio (°C)	Diferencia de Tiempo (h)
LE - 1	Lectura inicial	23/05/2022	16:01	6.39	15 °C	0.0
	1ra Carga CM	23/05/2022	16:08	7.85	15 °C	0.1
	2da Carga CM	23/05/2022	16:15	9.47	15 °C	0.2
	3ra Carga CM	23/05/2022	16:21	11.24	15 °C	0.4
	4ta Carga CM	23/05/2022	16:31	13.19	15 °C	0.5
	Lectura	23/05/2022	18:02	13.45	11 °C	2.0
	Lectura	24/05/2022	05:31	15.23	-2 °C	13.5
	Lectura	24/05/2022	09:04	14.91	7 °C	17.0
	Lectura	24/05/2022	12:09	14.77	12 °C	20.0
	Lectura	24/05/2022	15:04	14.81	14 °C	23.0
	Lectura	24/05/2022	15:59	14.84	13 °C	24.0
	Deflexion Máxima por peso propio + CM				15.23	-2 °C
LE - 2	Lectura inicial	23/05/2022	16:04	5.42	15 °C	0.0
	1ra Carga CM	23/05/2022	16:09	6.98	15 °C	0.1
	2da Carga CM	23/05/2022	16:16	8.53	15 °C	0.2
	3ra Carga CM	23/05/2022	16:22	10.39	15 °C	0.4
	4ta Carga CM	23/05/2022	16:32	12.41	15 °C	0.5
	Lectura	23/05/2022	18:03	13.02	11 °C	2.0
	Lectura	24/05/2022	05:33	13.81	-2 °C	13.5
	Lectura	24/05/2022	09:05	13.53	7 °C	17.0
	Lectura	24/05/2022	12:10	13.45	12 °C	20.0
	Lectura	24/05/2022	15:05	13.47	14 °C	23.0
	Lectura	24/05/2022	16:00	13.49	13 °C	24.0
	Deflexion Máxima por peso propio + CM				13.81	-2 °C

Fuente: elaboración propia.

Tabla 23. Deflexiones con aplicación de la carga muerta en las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS.

Muestra	Actividad	Fecha	Hora	Lectura (mm)	Temperatura promedio (°C)	Diferencia de Tiempo (h)
LP - 1	Lectura inicial	17/05/2022	16:03	2.35	16 °C	0.0
	1ra Carga CM	17/05/2022	16:09	3.01	16 °C	0.1
	2da Carga CM	17/05/2022	16:17	3.78	16 °C	0.2
	3ra Carga CM	17/05/2022	16:23	4.45	16 °C	0.4
	4ta Carga CM	17/05/2022	16:35	5.39	16 °C	0.5
	Lectura	17/05/2022	18:04	5.60	12 °C	2.0
	Lectura	18/05/2022	05:35	5.73	-1 °C	13.5
	Lectura	18/05/2022	09:03	6.01	8 °C	17.0
	Lectura	18/05/2022	12:09	6.18	14 °C	20.0
	Lectura	18/05/2022	15:04	6.16	16 °C	23.0
	Lectura	18/05/2022	16:01	6.14	15 °C	24.0
Deflexion Máxima por peso propio + CM				6.18	14 °C	20.0
LP - 2	Lectura inicial	17/05/2022	16:04	2.43	16 °C	0.0
	1ra Carga CM	17/05/2022	16:10	3.27	16 °C	0.1
	2da Carga CM	17/05/2022	16:17	4.18	16 °C	0.2
	3ra Carga CM	17/05/2022	16:24	4.96	16 °C	0.4
	4ta Carga CM	17/05/2022	16:36	5.58	16 °C	0.5
	Lectura	17/05/2022	18:03	5.78	12 °C	2.0
	Lectura	18/05/2022	05:33	5.98	-1 °C	13.5
	Lectura	18/05/2022	09:05	6.09	8 °C	17.0
	Lectura	18/05/2022	12:10	6.76	14 °C	20.0
	Lectura	18/05/2022	15:05	6.37	16 °C	23.0
	Lectura	18/05/2022	16:02	6.20	15 °C	24.0
Deflexion Máxima por peso propio + CM				6.76	14 °C	20.0

Fuente: elaboración propia.

Luego a las 24 horas se revisó la presencia de fisuras en la parte inferior de las viguetas de las probetas estructuradas, no encontrándose ninguna.

Luego se procedió a realizar el cálculo de la distribución de la carga de servicio (300 kg/m²) que se colocara en cada losa aligerada dependiendo del ancho tributario y de la luz libre (5.80 m).

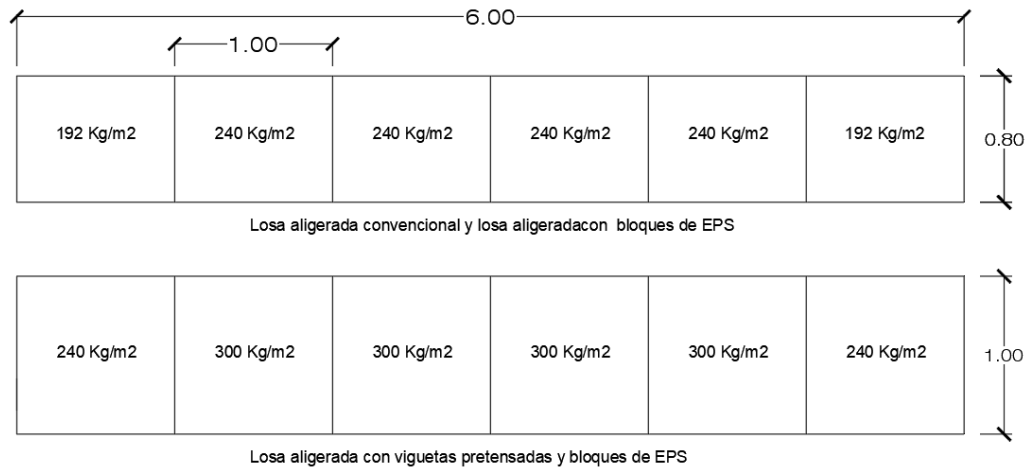


Figura 17. Distribución de la carga de servicio en las probetas estructuradas.

Tabla 24. Distribución de la carga de servicio en las probetas estructuradas.

Distribución para losa aligerada convencional y losa aligerada con bloques de EPS								
Incrementos de carga	Carga de servicio 240 kg/m ²			Carga de servicio 192 kg/m ²			Total de bloquetas (unidad)	Total de Peso Carga de servicio (kg)
	Nro de Bloquetas	Nro de áreas	Peso Parcial (kg)	Nro de Bloquetas	Nro de áreas	Peso Parcial (kg)		
1ra Carga	4	4	59.59	3.5	2	52.14	23	1318.41
2ra Carga	4	4	59.59	3.5	2	52.14	23	1318.41
3ra Carga	4	4	59.59	3	2	44.69	22	1221.58
4ta Carga	4	4	59.59	3	2	44.69	22	1221.58
			238.36			193.66	90	5079.98
Distribución para losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS								
Incrementos de carga	Carga de servicio 300 kg/m ²			Carga de servicio 240 kg/m ²			Total de bloquetas (unidad)	Total de Peso Carga de servicio (kg)
	Nro de Bloquetas	Nro de áreas	Peso Parcial (kg)	Nro de Bloquetas	Nro de áreas	Peso Parcial (kg)		
1ra Carga	5	4	74.49	4	2	59.59	28	1966.44
2ra Carga	5	4	74.49	4	2	59.59	28	1966.44
3ra Carga	5	4	74.49	4	2	59.59	28	1966.44
4ta Carga	5	4	74.49	4	2	59.59	28	1966.44
			297.95			238.36	112	7865.77

Fuente: elaboración propia

A continuación, se procedió a realizar el colocado de la carga de servicio en las probetas estructuradas según la distribución y luego se realizó la medición de la deflexión por cada incremento.



Figura 18. Aplicación de la carga por servicio a las losas aligeradas convencionales.



Figura 19. Aplicación de la carga por servicio a las losas aligeradas con bloques de EPS.



Figura 20. Aplicación de la carga por servicio a las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS.



Figura 21. Aplicación de la carga por servicio a las losas aligeradas con bloques de EPS.

Tabla 25. Deflexiones con aplicación de la carga por servicio en las losas aligeradas convencionales.

Muestra	Actividad	Fecha	Hora	Lectura (mm)	Temperatura promedio (°C)	Diferencia de Tiempo (h)
LC - 1	Lectura inicial	21/05/2022	16:01	0.00	15 °C	0.0
	1ra Carga CM + CV	21/05/2022	16:08	1.04	15 °C	0.1
	2da Carga CM + CV	21/05/2022	16:13	2.68	15 °C	0.2
	3ra Carga CM + CV	21/05/2022	16:22	4.50	15 °C	0.4
	4ta Carga CM + CV	21/05/2022	16:33	6.93	14 °C	0.5
	Lectura	22/05/2022	05:31	8.30	-1 °C	13.5
	Lectura	22/05/2022	09:05	8.20	9 °C	17.0
	Lectura	22/05/2022	12:06	8.16	15 °C	20.0
	Lectura	22/05/2022	15:03	8.24	17 °C	23.0
	Lectura	22/05/2022	16:02	8.28	15 °C	24.0
	Deflexión por peso propio + CM + CV a 24 horas				8.28	15 °C
LC - 2	Lectura inicial	21/05/2022	16:04	0.00	15 °C	0.0
	1ra Carga CM + CV	21/05/2022	16:09	1.48	15 °C	0.1
	2da Carga CM + CV	21/05/2022	16:14	2.90	15 °C	0.2
	3ra Carga CM + CV	21/05/2022	16:23	4.76	15 °C	0.4
	4ta Carga CM + CV	21/05/2022	16:34	7.31	14 °C	0.5
	Lectura	22/05/2022	05:32	8.38	-1 °C	13.5
	Lectura	22/05/2022	09:06	8.27	9 °C	17.0
	Lectura	22/05/2022	12:07	8.21	15 °C	20.0
	Lectura	22/05/2022	15:03	8.30	17 °C	23.0
	Lectura	22/05/2022	16:03	8.34	15 °C	24.0
	Deflexión por peso propio + CM + CV a 24 horas				8.34	15 °C

Fuente: elaboración propia.

Tabla 26. Deflexiones con aplicación de la carga de servicio en las losas aligeradas con bloques de EPS.

Muestra	Actividad	Fecha	Hora	Lectura (mm)	Temperatura promedio (°C)	Diferencia de Tiempo (h)
LE - 1	Lectura inicial	24/05/2022	15:59	0.00	13 °C	0.0
	1ra Carga CM + CV	24/05/2022	16:08	1.58	13 °C	0.1
	2da Carga CM + CV	24/05/2022	16:15	3.74	13 °C	0.2
	3ra Carga CM + CV	24/05/2022	16:22	5.69	13 °C	0.4
	4ta Carga CM + CV	24/05/2022	16:29	8.65	13 °C	0.5
	Lectura	25/05/2022	05:31	9.98	0 °C	13.5
	Lectura	25/05/2022	09:01	9.95	8 °C	17.0
	Lectura	25/05/2022	12:02	9.85	13 °C	20.0
	Lectura	25/05/2022	15:01	9.89	16 °C	23.0
	Lectura	25/05/2022	16:03	9.94	14 °C	24.0
	Deflexion por peso propio + CM + CV a 24 horas				9.94	14 °C
LE - 2	Lectura inicial	24/05/2022	16:00	0.00	13 °C	0.0
	1ra Carga CM + CV	24/05/2022	16:09	0.89	13 °C	0.1
	2da Carga CM + CV	24/05/2022	16:16	3.05	13 °C	0.2
	3ra Carga CM + CV	24/05/2022	16:23	5.21	13 °C	0.4
	4ta Carga CM + CV	24/05/2022	16:30	7.97	13 °C	0.5
	Lectura	25/05/2022	05:32	9.16	0 °C	13.5
	Lectura	25/05/2022	09:02	9.03	8 °C	17.0
	Lectura	25/05/2022	12:03	8.89	13 °C	20.0
	Lectura	25/05/2022	15:02	8.94	16 °C	23.0
	Lectura	25/05/2022	16:03	8.98	14 °C	24.0
	Deflexion por peso propio + CM + CV a 24 horas				8.98	14 °C

Fuente: elaboración propia.

Tabla 27. Deflexiones con aplicación de la carga de servicio en las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS.

Muestra	Actividad	Fecha	Hora	Lectura (mm)	Temperatura promedio (°C)	Diferencia de Tiempo (h)
LP - 1	Lectura inicial	18/05/2022	16:01	0.00	15 °C	0.0
	1ra Carga CM + CV	18/05/2022	16:11	0.97	15 °C	0.1
	2da Carga CM + CV	18/05/2022	16:19	1.63	15 °C	0.2
	3ra Carga CM + CV	18/05/2022	16:27	2.82	15 °C	0.4
	4ta Carga CM + CV	18/05/2022	16:34	3.78	14 °C	0.5
	Lectura	19/05/2022	05:31	4.19	0 °C	13.5
	Lectura	19/05/2022	09:02	4.43	8 °C	17.0
	Lectura	19/05/2022	12:03	4.59	14 °C	20.0
	Lectura	19/05/2022	15:02	4.71	16 °C	23.0
	Lectura	19/05/2022	16:02	4.83	14 °C	24.0
	Deflexion por peso propio + CM + CV a 24 horas				4.83	14 °C
LP - 2	Lectura inicial	18/05/2022	16:02	0.00	15 °C	0.0
	1ra Carga CM + CV	18/05/2022	16:11	1.07	15 °C	0.1
	2da Carga CM + CV	18/05/2022	16:20	2.02	15 °C	0.2
	3ra Carga CM + CV	18/05/2022	16:28	2.93	15 °C	0.4
	4ta Carga CM + CV	18/05/2022	16:35	4.01	14 °C	0.5
	Lectura	19/05/2022	05:32	4.47	0 °C	13.5
	Lectura	19/05/2022	09:02	4.64	8 °C	17.0
	Lectura	19/05/2022	12:04	4.88	14 °C	20.0
	Lectura	19/05/2022	15:03	5.07	16 °C	23.0
	Lectura	19/05/2022	16:03	5.18	14 °C	24.0
	Deflexion por peso propio + CM + CV a 24 horas				5.18	14 °C

Fuente: elaboración propia.

Luego a las 24 horas se revisó la presencia de fisuras en la parte inferior de las viguetas de las probetas estructuradas, no encontrándose ninguna.

A continuación, se procedió a realizar el cálculo de la carga de reserva de servicio que mínimamente debe ser 0.85 de nuestra carga ultima de diseño ($W_u = 1.4 W_D + 1.7 W_L$) dependiendo del tipo de losa.

Para luego proceder a realizar el cálculo de la distribución de la carga de servicio correspondiente a cada losa aligerada dependiendo del ancho tributario y de la luz libre (5.80 m).

Tabla 28. Cálculo de la reserva de carga de servicio.

Tipo de Muestra	Carga última (de diseño) (Kg/m ²)	0.85 * Wu (kg/m ²)	Peso propio de la losa + CM (kg/m ²)	Carga de servicio (kg/m ²)	Reserva de la Carga de servicio (Kg/m ²)
Losa aligerada convencional	1308	1112	570	300	242
Losa aligerada con bloques de EPS	1210	1029	500	300	229
Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	1210	1029	500	300	229

Fuente: elaboración propia.

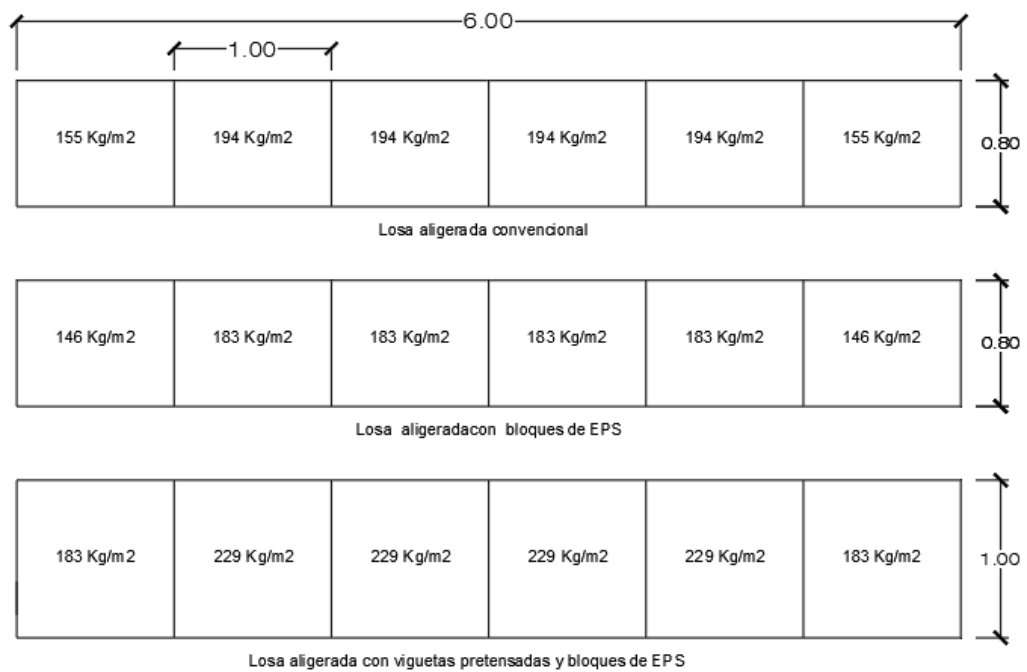


Figura 22. Distribución de la reserva de carga de servicio en las probetas estructuradas.

Tabla 29. Distribución de la reserva de carga de servicio en las probetas estructuradas.

Distribución para losa aligerada convencional								
Incrementos de carga	Reserva de carga de servicio 194 kg/m ²			Reserva de carga de servicio 155 kg/m ²			Total de bloquetas (unidad)	Total de Peso Carga de servicio (kg)
	Nro de Bloquetas	Nro de areas	Peso Parcial (kg)	Nro de Bloquetas	Nro de areas	Peso Parcial (kg)		
1ra Carga	3.5	4	52.14	2.5	2	37.24	19	916.18
2ra Carga	3.5	4	52.14	2.5	2	37.24	19	916.18
3ra Carga	3	4	44.69	3	2	44.69	18	804.45
4ta Carga	3	4	44.69	2.5	2	37.24	17	722.52
			193.66			156.42	73	3359.34
Distribución para losa aligerada con bloques de EPS								
Incrementos de carga	Reserva de carga de servicio 183 kg/m ²			Reserva de carga de servicio 146 kg/m ²			Total de bloquetas (unidad)	Total de Peso Carga de servicio (kg)
	Nro de Bloquetas	Nro de areas	Peso Parcial (kg)	Nro de Bloquetas	Nro de areas	Peso Parcial (kg)		
1ra Carga	3.5	4	52.14	2.5	2	37.24	19	916.18
2ra Carga	3	4	44.69	2.5	2	37.24	17	722.52
3ra Carga	3	4	44.69	2.5	2	37.24	17	722.52
4ta Carga	3	4	44.69	2.5	2	37.24	17	722.52
			186.22			148.97	70	3083.74
Distribución para losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS								
Incrementos de carga	Reserva de carga de servicio 229 kg/m ²			Reserva de carga de servicio 183 kg/m ²			Total de bloquetas (unidad)	Total de Peso Carga de servicio (kg)
	Nro de Bloquetas	Nro de areas	Peso Parcial (kg)	Nro de Bloquetas	Nro de areas	Peso Parcial (kg)		
1ra Carga	4	4	59.59	3	2	44.69	22	1221.58
2ra Carga	4	4	59.59	3	2	44.69	22	1221.58
3ra Carga	4	4	59.59	3	2	44.69	22	1221.58
4ta Carga	3.5	4	52.14	3.5	2	52.14	21	1094.95
			230.91			186.22	87	4759.69

Fuente: elaboración propia

A continuación, se procedió a realizar el colocado de la reserva de carga de servicio en las probetas estructuradas según la distribución y luego se realizó la medición de la deflexión por cada incremento.



Figura 23. Aplicación de la reserva de carga por servicio a las losas aligeradas convencionales.



Figura 24. Aplicación de la reserva de carga por servicio a las losas aligeradas con bloques de EPS.



Figura 25. Aplicación de la reserva de carga por servicio a las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS.

Transcurrido las 24 horas de la aplicación de la carga de reserva de servicio se procedió a descargar primeramente las cargas de reserva de servicio, se realizó la medición de las deflexiones, luego se procedió a descargar la carga de servicio y se volvió a hacer las mediciones de las deflexiones, para finalmente realizar mediciones de las deflexiones hasta las 24 horas transcurridas las descargas.

Los resultados de las deflexiones se detallan a continuación en las siguientes tablas:

Tabla 30. Deflexiones con aplicación de la reserva de carga por servicio y por descarga en las losas aligeradas convencionales.

Muestra	Actividad	Fecha	Hora	Lectura (mm)	Temperatura promedio (°C)	Diferencia de Tiempo (h)
LC - 1	Lectura inicial	22/05/2022	16:02	8.28	15 °C	0.0
	1ra Carga CM + CV + R	22/05/2022	16:09	9.84	15 °C	0.1
	2da Carga CM + CV + R	22/05/2022	16:16	11.69	15 °C	0.2
	3ra Carga CM + CV + R	22/05/2022	16:25	13.99	15 °C	0.4
	4ta Carga CM + CV + R	22/05/2022	16:32	16.26	14 °C	0.5
	Lectura	23/05/2022	06:03	18.17	-2 °C	14.0
	Lectura	23/05/2022	12:02	18.23	13 °C	20.0
	Lectura sin carga R	23/05/2022	13:04	15.26	14 °C	0.0
	Lectura	23/05/2022	14:01	13.36	16 °C	1.0
	Lectura sin carga CV	23/05/2022	15:03	7.08	15 °C	2.0
	Lectura	24/05/2022	06:05	6.37	-1 °C	17.0
	Lectura	24/05/2022	08:06	6.36	3 °C	19.0
	Lectura	24/05/2022	12:03	6.34	12 °C	23.0
	Lectura a 24 horas	24/05/2022	13:05	6.41	14 °C	24.0
	Deflexión por peso propio + CM + CV + R a 24 horas				18.23	13 °C
Deflexión por descarga de R y CV a 24 horas				6.41	14 °C	24.0
LC - 2	Lectura inicial	22/05/2022	16:03	8.34	15 °C	0.0
	1ra Carga CM + CV + R	22/05/2022	16:10	10.57	15 °C	0.1
	2da Carga CM + CV + R	22/05/2022	16:17	12.44	15 °C	0.2
	3ra Carga CM + CV + R	22/05/2022	16:26	14.95	15 °C	0.4
	4ta Carga CM + CV + R	22/05/2022	16:32	17.09	14 °C	0.5
	Lectura	23/05/2022	06:04	19.20	-2 °C	14.0
	Lectura	23/05/2022	12:02	19.28	13 °C	20.0
	Lectura sin carga R	23/05/2022	13:05	16.99	14 °C	0.0
	Lectura	23/05/2022	14:02	13.89	16 °C	1.0
	Lectura sin carga CV	23/05/2022	15:03	6.40	15 °C	2.0
	Lectura	24/05/2022	06:06	5.61	-1 °C	17.0
	Lectura	24/05/2022	08:07	5.59	3 °C	19.0
	Lectura	24/05/2022	12:04	5.52	12 °C	23.0
	Lectura a 24 horas	24/05/2022	13:06	5.54	14 °C	24.0
	Deflexión por peso propio + CM + CV + R a 24 horas				19.28	13 °C
Deflexión por descarga de R y CV a 24 horas				5.54	14 °C	24.0

Fuente: elaboración propia.

Tabla 31. Deflexiones con aplicación de la reserva de carga por servicio y por descarga en las losas aligeradas con bloques de EPS.

Muestra	Actividad	Fecha	Hora	Lectura (mm)	Temperatura promedio (°C)	Diferencia de Tiempo (h)
LE - 1	Lectura inicial	25/05/2022	16:03	9.94	14 °C	0.0
	1ra Carga CM + CV + R	25/05/2022	16:10	11.75	14 °C	0.1
	2da Carga CM + CV + R	25/05/2022	16:18	14.31	14 °C	0.2
	3ra Carga CM + CV + R	25/05/2022	16:27	17.03	14 °C	0.4
	4ta Carga CM + CV + R	25/05/2022	16:34	18.17	14 °C	0.5
	Lectura	26/05/2022	06:09	20.11	-1 °C	14.0
	Lectura	26/05/2022	12:06	20.18	14 °C	20.0
	Lectura sin carga R	26/05/2022	13:04	16.80	15 °C	0.0
	Lectura	26/05/2022	14:01	14.75	15 °C	1.0
	Lectura sin carga CV	26/05/2022	15:03	8.20	16 °C	2.0
	Lectura	27/05/2022	06:07	6.58	0 °C	17.0
	Lectura	27/05/2022	08:04	6.35	2 °C	19.0
	Lectura	27/05/2022	12:04	6.32	15 °C	23.0
	Lectura a 24 horas	27/05/2022	13:05	6.34	16 °C	24.0
	Deflexion por peso propio + CM + CV + R a 24 horas				20.18	14 °C
Deflexión por descarga de R y CV a 24 horas				6.34	16 °C	24.0
LE - 2	Lectura inicial	25/05/2022	16:03	8.98	14 °C	0.0
	1ra Carga CM + CV + R	25/05/2022	16:10	11.00	14 °C	0.1
	2da Carga CM + CV + R	25/05/2022	16:19	13.32	14 °C	0.2
	3ra Carga CM + CV + R	25/05/2022	16:28	16.03	14 °C	0.4
	4ta Carga CM + CV + R	25/05/2022	16:35	18.77	14 °C	0.5
	Lectura	26/05/2022	06:04	21.67	-1 °C	14.0
	Lectura	26/05/2022	12:07	23.42	14 °C	20.0
	Lectura sin carga R	26/05/2022	13:05	17.34	15 °C	0.0
	Lectura	26/05/2022	14:02	13.86	15 °C	1.0
	Lectura sin carga CV	26/05/2022	15:04	10.04	16 °C	2.0
	Lectura	27/05/2022	06:08	9.43	0 °C	17.0
	Lectura	27/05/2022	08:05	9.39	2 °C	19.0
	Lectura	27/05/2022	12:05	9.36	15 °C	23.0
	Lectura a 24 horas	27/05/2022	13:06	9.44	16 °C	24.0
	Deflexion por peso propio + CM + CV + R a 24 horas				23.42	14 °C
Deflexión por descarga de R y CV a 24 horas				9.44	16 °C	24.0

Fuente: elaboración propia.

Tabla 32. Deflexiones con aplicación de la reserva de carga por servicio y por descarga en las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS.

Muestra	Actividad	Fecha	Hora	Lectura (mm)	Temperatura promedio (°C)	Diferencia de Tiempo (h)
LP - 1	Lectura inicial	19/05/2022	16:02	4.83	14 °C	0.0
	1ra Carga CM + CV + R	19/05/2022	16:11	5.40	14 °C	0.1
	2da Carga CM + CV + R	19/05/2022	16:19	6.35	14 °C	0.2
	3ra Carga CM + CV + R	19/05/2022	16:27	7.40	14 °C	0.4
	4ta Carga CM + CV + R	19/05/2022	16:34	8.14	14 °C	0.5
	Lectura	20/05/2022	06:03	8.35	-1 °C	14.0
	Lectura	20/05/2022	12:01	8.48	14 °C	20.0
	Lectura sin carga R	20/05/2022	13:01	8.20	15 °C	0.0
	Lectura	20/05/2022	14:03	7.43	16 °C	1.0
	Lectura sin carga CV	20/05/2022	15:01	3.59	17 °C	2.0
	Lectura	21/05/2022	06:01	1.01	0 °C	17.0
	Lectura	21/05/2022	08:03	0.35	4 °C	19.0
	Lectura	21/05/2022	12:06	0.28	15 °C	23.0
	Lectura a 24 horas	21/05/2022	13:02	0.31	16 °C	24.0
	Deflexión por peso propio + CM + CV + R a 24 horas				8.48	14 °C
Deflexión por descarga de R y CV a 24 horas				0.31	16 °C	24.0
LP - 2	Lectura inicial	19/05/2022	16:03	5.18	14 °C	0.0
	1ra Carga CM + CV + R	19/05/2022	16:12	5.89	14 °C	0.1
	2da Carga CM + CV + R	19/05/2022	16:20	6.97	14 °C	0.2
	3ra Carga CM + CV + R	19/05/2022	16:27	7.73	14 °C	0.4
	4ta Carga CM + CV + R	19/05/2022	16:35	8.65	14 °C	0.5
	Lectura	20/05/2022	06:04	9.04	-1 °C	14.0
	Lectura	20/05/2022	12:02	9.15	14 °C	20.0
	Lectura sin carga R	20/05/2022	13:02	8.81	15 °C	0.0
	Lectura	20/05/2022	14:03	8.09	16 °C	1.0
	Lectura sin carga CV	20/05/2022	15:02	4.38	17 °C	2.0
	Lectura	21/05/2022	06:03	1.34	0 °C	17.0
	Lectura	21/05/2022	08:04	0.42	4 °C	19.0
	Lectura	21/05/2022	12:07	0.34	15 °C	23.0
	Lectura a 24 horas	21/05/2022	13:03	0.39	16 °C	24.0
	Deflexión por peso propio + CM + CV + R a 24 horas				9.15	14 °C
Deflexión por descarga de R y CV a 24 horas				0.39	16 °C	24.0

Fuente: elaboración propia.

A continuación, dentro de las 24 horas posteriores a la aplicación de la reserva de carga de servicio se realizó la revisión de las losas aligeradas por la parte inferior para verificar presencia de fisuras en las viguetas, detallándose las fisuras encontradas.

Tabla 33. Fisuras ocasionadas por pruebas de carga en las probetas estructuradas.

Tipo de muestra	N° de fisura	Fecha	Longitud (cm)	Longitud promedio (cm)	Espesor (mm)			Espesor promedio (cm)	Distancia al eje central de la losa(m)	Lado respecto al eje central	Número de vigueta
					Superior	Medio	Inferior				
LC - 1	1	23/05/2022	10.0	8.75	0.25	0.30	0.25	0.254	0.24	Derecha	V1
	2	23/05/2022	5.0		0.25	0.25	0.10		0.43	Izquierda	V1
	3	23/05/2022	10.0		0.30	0.40	0.30		0.28	Derecha	V2
	4	23/05/2022	10.0		0.25	0.30	0.10		0.49	Izquierda	V2
LC - 2	1	23/05/2022	5.0	8.60	0.25	0.30	0.05	0.233	0.16	Derecha	V1
	2	23/05/2022	8.0		0.25	0.10	0.05		0.43	Derecha	V1
	3	23/05/2022	11.0		0.30	0.40	0.25		0.45	Izquierda	V1
	4	23/05/2022	9.0		0.25	0.25	0.05		0.76	Derecha	V2
	5	23/05/2022	10.0		0.30	0.40	0.30		0.43	Izquierda	V2

Tipo de muestra	N° de fisura	Fecha	Longitud (cm)	Longitud promedio (cm)	Espesor (mm)			Espesor promedio (cm)	Distancia al eje central de la losa(m)	Lado respecto al eje central	Número de vigueta
					Superior	Medio	Inferior				
LE - 1	1	26/05/2022	12.0	10.33	0.10	0.25	0.10	0.167	0.74	Izquierda	V1
	2	26/05/2022	10.5		0.10	0.25	0.05		0.43	Derecha	V1
	3	26/05/2022	13.0		0.25	0.30	0.10		0.97	Derecha	V1
	4	26/05/2022	11.0		0.10	0.25	0.05		0.71	Izquierda	V2
	5	26/05/2022	9.5		0.25	0.30	0.10		0.48	Derecha	V2
	6	26/05/2022	6.0		0.10	0.25	0.10		0.71	Derecha	V2
LE - 2	1	26/05/2022	10	10.13	0.10	0.25	0.10	0.183	0.32	Derecha	V1
	2	26/05/2022	10.5		0.10	0.25	0.10		0.63	Izquierda	V1
	3	26/05/2022	12		0.20	0.30	0.20		0.28	Derecha	V2
	4	26/05/2022	8.0		0.10	0.25	0.25		0.72	Izquierda	V2

Tipo de muestra	N° de fisura	Fecha	Longitud (cm)	Longitud promedio (cm)	Espesor (mm)			Espesor promedio (cm)	Distancia al eje central de la losa(m)	Lado respecto al eje central	Número de vigueta
					Superior	Medio	Inferior				
LP - 1		20/05/2022									
LP - 2		20/05/2022									

Fuente: elaboración propia.



Figura 26. Fisuras en las losas aligeradas convencionales.



Figura 27. Fisuras en las losas aligeradas con bloques de EPS.

3.6. Método de análisis de datos

Es una rama de la estadística que busca analizar e investigar una muestra representativa de una determinada población a través de resultados estadísticos obtenidos y así poder establecer los parámetros adecuados, esto ha permitido que la estadística inferencial desarrollar

métodos muchos más eficientes como la prueba de hipótesis, etc. (Pérez y Collazos, 2017, p. 1).

La prueba de normalidad de shapiro – wilk se utiliza para muestras que tienen menos de 50 observaciones, esta prueba se usa para verificar la normalidad de datos de una muestra de estudio. (Flores C. y Flores K., 2021, p. 87).

La distribución de la familia Tukey contiene bastantes tipos de distribuciones continuas con características especiales relacionadas con la asimetría y la elongación, por lo que al crear un modelo de distribución para un conjunto de datos o al analizar la sensibilidad del proceso de simulación, es muy útil, para diferentes opciones de formas de distribución variable (Jiménez y Martínez, 2006, p. 1).

Para la presente investigación se efectuará por medio de la estadística inferencial, mediante la elaboración de cuadros, tablas, que permitirán conocer los promedios y las comparaciones para alcanzar las conclusiones respectivas, a través de las pruebas de normalidad y la estadística paramétrica para la contrastación de nuestras hipótesis planteadas en la presente investigación.

3.7. Aspectos éticos

Se han escrito, conservado y publicado varios trabajos de investigación para informar, se espera que a otras personas le puedan interesar el mismo tema de investigación. No obstante, si estos estudios se publican, existe el riesgo de que otros hagan cargo de los autores de estos estudios (Belén, Icaza y Alejo, 2018, p. 305).

Para la presente investigación se garantizará la calidad ética con los siguientes ítems:

- El proyecto de investigación contiene citas que pertenecen a otros autores, el cual respetando los derechos de autor se citó como indica la norma ISO 690.
- El presente proyecto considero fuentes de lugares confiables.

- Se procesará la magnitud de la similitud mediante la herramienta Turnitin para garantizar el nivel máximo de similitud debiendo alcanzar el 25%.

IV. RESULTADOS

Indicador 1: Longitud de fisuras

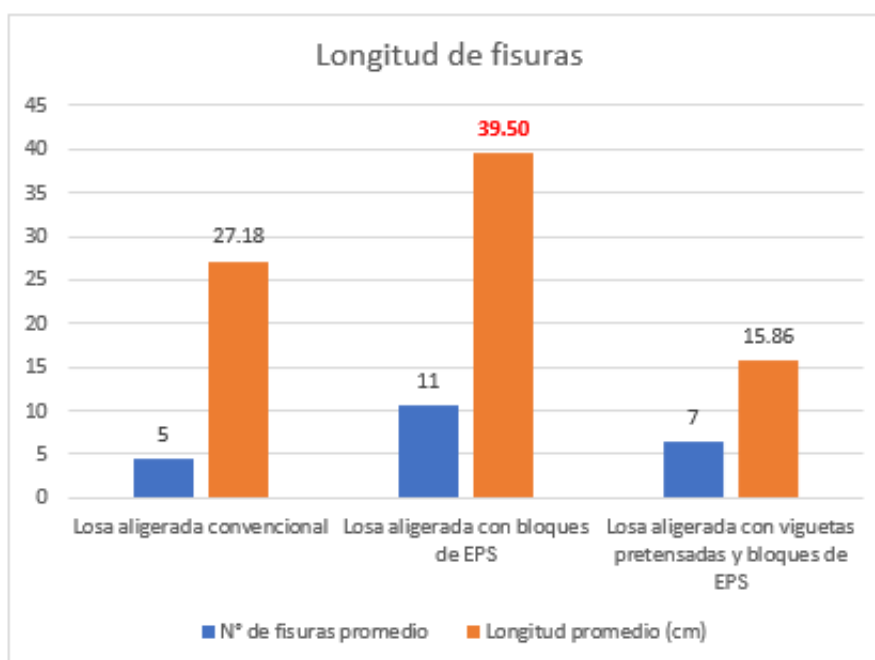


Figura 28. Longitud de fisuras.

Tabla 34. Longitud promedio de fisuras a los 28 días.

Tipo de losa aligerada	N° de fisuras promedio	Longitud promedio (cm)		Longitud promedio (cm)	Variación %
		Probeta 1	Probeta 2		
Losa aligerada convencional	5	26.60	27.75	27.18	0.00
Losa aligerada con bloques de EPS	11	44.67	34.33	39.50	45.35
Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	7	15.64	16.08	15.86	-41.63

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Se puede observar según la figura 28 y la tabla 34 que, a los 28 días las losas aligeradas con bloques de EPS tuvieron más fisuras y de mayor longitud promedio con respecto a las losas convencionales en un 45.35%, pero las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS tuvieron mayor cantidad de fisuras, pero de menor longitud promedio que las losas convencionales en un 41.63%.

Contrastación de hipótesis

Tabla 35: Normalidad (Longitud de fisuras).

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Longitud	.182	6	.200*	.930	6	.583
N° de fisuras	.189	6	.200*	.943	6	.682

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Prueba de Normalidad

Hipótesis para normalidad:

H₀: Los datos de la variable Longitud de fisuras tiene normalidad.

H₁: Los datos de la variable Longitud de fisuras no tiene normalidad.

Nivel de significancia: = 0.05 = 5% (por lo que el nivel de confianza es al 95%).

Si p-valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

p-valor = 0.583 (Shapiro-Wilk, N < 50).; reemplazando se tiene que 0.583 > 0.05 entonces se aceptó la hipótesis nula.

En conclusión, los datos de la variable Longitud de fisuras tiene normalidad, por lo tanto, se usó el estadístico paramétrico Prueba ANOVA.

Prueba de hipótesis

Tabla 36: Prueba ANOVA.

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Longitud	Entre grupos	559.190	2	279.595	15.471	.026
	Dentro de grupos	54.216	3	18.072		
	Total	613.405	5			
N° de fisuras	Entre grupos	37.333	2	18.667	10.182	.046
	Dentro de grupos	5.500	3	1.833		
	Total	42.833	5			

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Hipótesis para la prueba ANOVA

H₀: Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones no reducen notablemente la longitud de fisuras, San Miguel, Puno - 2022.

H₁: Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones reducen notablemente la longitud de fisuras, San Miguel, Puno - 2022.

Si p-valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

p-valor = 0.026; reemplazando se tiene que $0.026 < 0.05$ entonces se rechazó la hipótesis nula y se aceptó la hipótesis alterna.

En conclusión, existe una prueba estadística para afirmar que las losas aligeradas no convencionales de edificaciones si reducen notablemente la longitud de fisuras, San Miguel, Puno – 2022.

Prueba Post hoc (Tukey)

Tabla 37: Prueba post hoc de Tukey.

Pruebas post hoc							
HSD Tukey							
Comparaciones múltiples							
Variable dependiente	(I) Tipo de Losa	(J) Tipo de Losa	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
Longitud	Losa aligerada convencional	Losa aligerada con bloques de EPS	-12.32500	4.25111	.122	-30.0892	5.4392
		Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	11.31500	4.25111	.147	-6.4492	29.0792
	Losa aligerada con bloques de EPS	Losa aligerada convencional	12.32500	4.25111	.122	-5.4392	30.0892
		Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	23.64000*	4.25111	.023	5.8758	41.4042
	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	Losa aligerada convencional	-11.31500	4.25111	.147	-29.0792	6.4492
		Losa aligerada con bloques de EPS	-23.64000*	4.25111	.023	-41.4042	-5.8758
N° de fisuras	Losa aligerada convencional	Losa aligerada con bloques de EPS	-6.000*	1.354	.043	-11.66	-.34
		Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	-2.000	1.354	.415	-7.66	3.66
	Losa aligerada con bloques de EPS	Losa aligerada convencional	6.000*	1.354	.043	.34	11.66
		Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	4.000	1.354	.117	-1.66	9.66
	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	Losa aligerada convencional	2.000	1.354	.415	-3.66	7.66
		Losa aligerada con bloques de EPS	-4.000	1.354	.117	-9.66	1.66

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

La mejor losa aligerada no convencional que reduce la longitud de fisuras es la losa aligerada no convencional con viguetas pretensadas y bloques de EPS.

Indicador 2: Espesor de fisuras

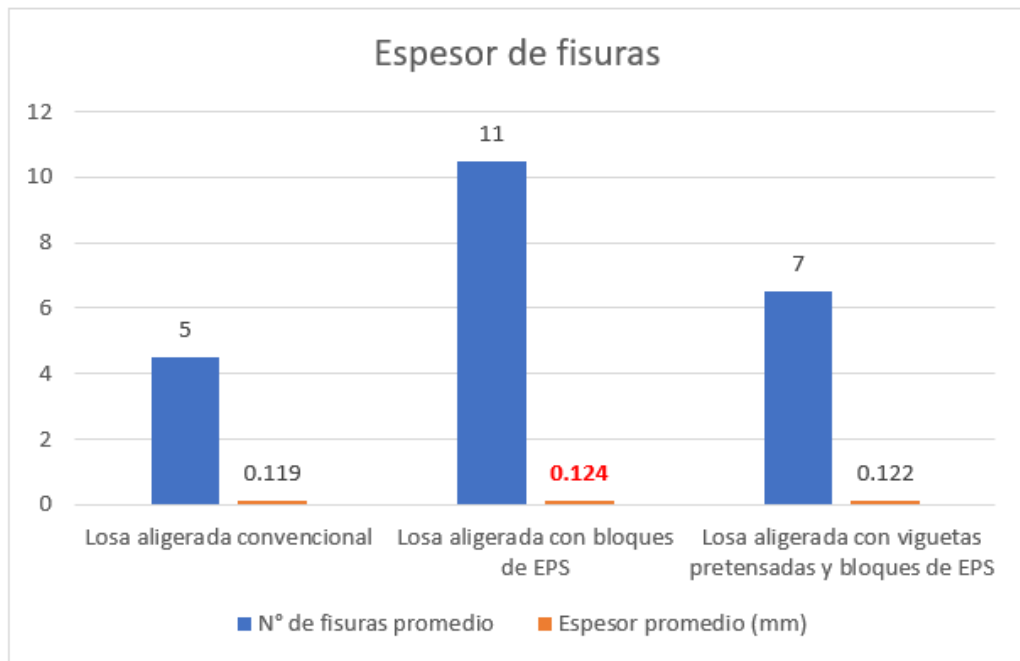


Figura 29. Espesor de fisuras.

Tabla 38. Espesor promedio de fisuras a los 28 días.

Tipo de losa aligerada	N° de fisuras promedio	Espesor promedio (mm)		Espesor promedio (mm)	Variación %
		Probeta 1	Probeta 2		
Losa aligerada convencional	5	0.133	0.104	0.119	0.00
Losa aligerada con bloques de EPS	11	0.106	0.143	0.124	4.68
Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	7	0.133	0.111	0.122	2.92

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Se puede observar según la figura 29 y la tabla 38 que, a los 28 días, las losas aligeradas con bloques de EPS presentaron más fisuras y de mayor espesor promedio con respecto a las losas convencionales en un 4.68%, las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS también presentaron más fisuras y de mayor espesor promedio que las losas convencionales en un 2.92%.

Contrastación de hipótesis

Tabla 39: Normalidad (Espesor de fisuras).

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Espesor	.298	6	.103	.853	6	.167
N° de fisuras	.189	6	.200 [*]	.943	6	.682

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Prueba de Normalidad

Hipótesis para normalidad:

H₀: Los datos de la variable Espesor de fisuras tiene normalidad.

H₁: Los datos de la variable Espesor de fisuras no tiene normalidad.

Nivel de significancia: = 0.05 = 5% (por lo que el nivel de confianza es al 95%).

Si p-valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

p-valor = 0.167 (Shapiro-Wilk, N < 50).; reemplazando se tiene que 0.167 > 0.05 entonces se aceptó la hipótesis nula.

En conclusión, los datos de la variable Espesor de fisuras tiene normalidad, por lo tanto, se usó el estadístico paramétrico Prueba ANOVA.

Prueba de hipótesis

Tabla 40: Prueba ANOVA.

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Espesor	Entre grupos	.000	2	.000	.212	.820
	Dentro de grupos	.001	3	.000		
	Total	.001	5			
N° de fisuras	Entre grupos	37.333	2	18.667	10.182	.046
	Dentro de grupos	5.500	3	1.833		
	Total	42.833	5			

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Hipótesis para la prueba ANOVA

H₀: Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones no descienden considerablemente el espesor de fisuras, San Miguel, Puno - 2022.

H₁: Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones descienden considerablemente el espesor de fisuras, San Miguel, Puno - 2022.

Si p-valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

p-valor = 0.820; reemplazando se tiene que $0.820 > 0.05$ entonces se aceptó la hipótesis nula.

En conclusión, existe una prueba estadística para confirmar que las losas aligeradas no convencionales de edificaciones no descienden considerablemente el espesor de fisuras, San Miguel, Puno – 2022. Porque la diferencia en el espesor promedio de fisuras respecto a la losa aligerada convencional es menor al 5%.

Indicador 3: Deflexión por peso propio

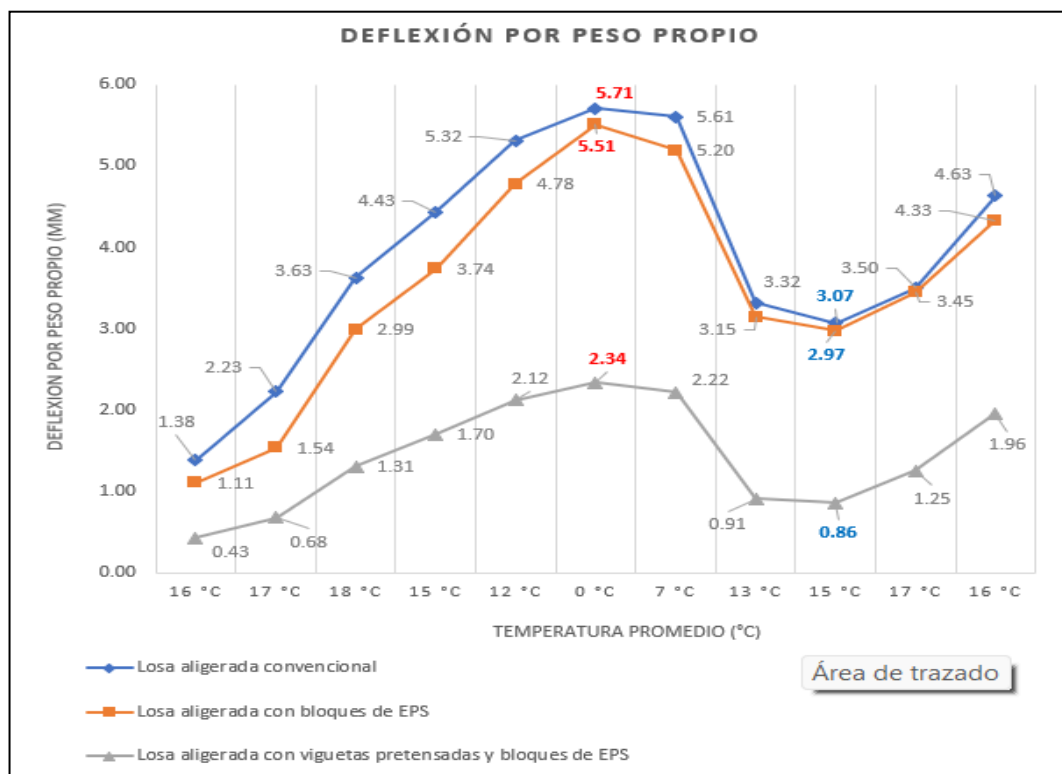


Figura 30. Deflexión máxima y mínima por peso propio.

Tabla 41: Deflexión promedio máxima y mínima por peso propio (mm).

Fecha	Hora Promedio	Temperatura promedio (°C)	Deflexión promedio (mm)		
			Losa aligerada convencional	Losa aligerada con bloques de EPS	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS
9/05/2022	13:00	16 °C	1.38	1.11	0.43
9/05/2022	14:30	17 °C	2.23	1.54	0.68
9/05/2022	15:30	18 °C	3.63	2.99	1.31
9/05/2022	16:30	15 °C	4.43	3.74	1.70
9/05/2022	18:00	12 °C	5.32	4.78	2.12
10/05/2022	06:00	0 °C	5.71	5.51	2.34
10/05/2022	08:00	7 °C	5.61	5.20	2.22
10/05/2022	11:00	13 °C	3.32	3.15	0.91
10/05/2022	12:00	15 °C	3.07	2.97	0.86
10/05/2022	14:00	17 °C	3.50	3.45	1.25
10/05/2022	15:00	16 °C	4.63	4.33	1.96

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Se puede observar según la figura 30 y la tabla 41 que, a los 28 días, luego de realizar el desencofrado de las 6 losas aligeradas, las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS tienen una deflexión máxima promedio de 2.34 mm que es menor en 58.98% y las losas aligeradas con bloques de EPS tienen una deflexión máxima promedio de 5.51 mm que es menor en 3.51% con respecto a las losas aligeradas convencionales cuya deflexión máxima es de 5.71 mm, teniendo en cuenta que ello ocurre a una temperatura de 0°C a horas 6:00 para todas las losas. La deflexión mínima se da a una temperatura de 15°C a horas 12:00 aproximadamente.

Contrastación de hipótesis

Tabla 42: Normalidad (Deflexión por peso propio).

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Deflexion por peso propio	.317	6	.059	.793	6	.051

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Prueba de Normalidad

Hipótesis para normalidad:

H₀: Los datos de la variable Deflexión por peso propio tiene normalidad.

H₁: Los datos de la variable Deflexión por peso propio no tiene normalidad.

Nivel de significancia: = 0.05 = 5% (por lo que el nivel de confianza es al 95%).

Si p-valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

p-valor = 0.051 (Shapiro-Wilk, N < 50); reemplazando se tiene que 0.051 > 0.05 entonces se aceptó la hipótesis nula.

En conclusión, los datos de la variable Deflexión por peso propio tiene normalidad, por lo tanto, se usó la estadística paramétrica Prueba ANOVA.

Prueba de hipótesis

Tabla 43: Prueba ANOVA.

ANOVA					
Deflexion por peso propio	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	14.254	2	7.127	46.489	.006
Dentro de grupos	.460	3	.153		
Total	14.714	5			

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Hipótesis para la prueba ANOVA:

H₀: Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones no aminoran significativamente la deflexión por peso propio, San Miguel, Puno - 2022.

H₁: Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones aminoran significativamente la deflexión por peso propio, San Miguel, Puno - 2022.

Si p-valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

p-valor = 0.006; reemplazando se tiene que 0.006 < 0.05 entonces se rechazó la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

En conclusión, existe una prueba estadística para afirmar que las losas aligeradas no convencionales de edificaciones aminoran significativamente la deflexión por peso propio, San Miguel, Puno - 2022.

Prueba Post hoc (Tukey)

Tabla 44: Prueba post hoc de Tukey.

Pruebas post hoc						
Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Deflexion por peso propio						
HSD Tukey						
(I) Tipo de losa aligerada	(J) Tipo de losa aligerada	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior	Límite superior
Losa aligerada convencional	Losa aligerada con bloques de EPS	.20000	.39154	.872	-1.4361	1.8361
	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	3.36500*	.39154	.007	1.7289	5.0011
Losa aligerada con bloques de EPS	Losa aligerada convencional	-.20000	.39154	.872	-1.8361	1.4361
	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	3.16500*	.39154	.008	1.5289	4.8011
Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	Losa aligerada convencional	-3.36500*	.39154	.007	-5.0011	-1.7289
	Losa aligerada con bloques de EPS	-3.16500*	.39154	.008	-4.8011	-1.5289

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Le mejor losa aligerada no convencional que aminora la deflexión por peso propio es la losa aligerada no convencional con viguetas pretensadas y bloques de EPS.

Indicador 4: Deflexión con aplicación de carga muerta

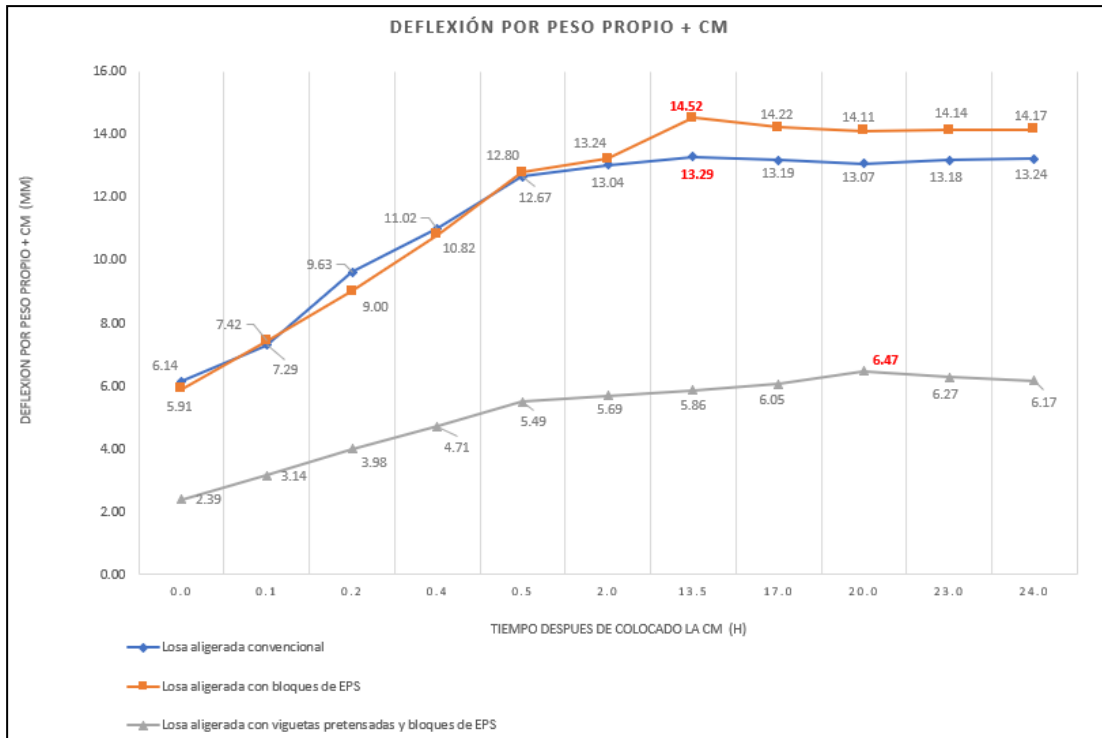


Figura 31. Deflexión máxima con aplicación de carga muerta.

Tabla 45: Deflexión promedio máxima con aplicación de carga muerta.

Tiempo después de colocado CM (h)	Deflexión promedio (mm)		
	Losa aligerada convencional	Losa aligerada con bloques de EPS	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS
0.0	6.14	5.91	2.39
0.1	7.29	7.42	3.14
0.2	9.63	9.00	3.98
0.4	11.02	10.82	4.71
0.5	12.67	12.80	5.49
2.0	13.04	13.24	5.69
13.5	13.29	14.52	5.86
17.0	13.19	14.22	6.05
20.0	13.07	14.11	6.47
23.0	13.18	14.14	6.27
24.0	13.24	14.17	6.17

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Se puede observar según la figura 31 y la tabla 45 que, luego de aplicar la carga muerta según el diseño a las 6 probetas estructuradas, las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS tienen una deflexión máxima promedio de 6.47 mm que es menor en 51.30% y las losas aligeradas con bloques de EPS tienen una deflexión máxima promedio de 14.52 mm que es mayor en 9.30% con respecto a las losas aligeradas convencionales cuya deflexión máxima es de 13.29 mm dentro de las primeras 24 horas de colocado la CM.

Contrastación de hipótesis

Tabla 46: Normalidad (Deflexión por peso propio + CM).

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Deflexion por peso propio + CM	.326	6	.045	.804	6	.064

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Prueba de Normalidad

Hipótesis para normalidad:

H₀: Los datos de la variable Deflexión con aplicación de carga muerta tiene normalidad.

H₁: Los datos de la variable Deflexión con aplicación de carga muerta no tiene normalidad.

Nivel de significancia: = 0.05 = 5% (por lo que el nivel de confianza es al 95%).

Si p-valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

p-valor = 0.064 (Shapiro-Wilk, N < 50); reemplazando se tiene que 0.064 > 0.05 entonces se aceptó la hipótesis nula.

En conclusión, los datos de la variable Deflexión con aplicación de carga muerta tiene normalidad, por lo tanto, se usó la estadística paramétrica Prueba ANOVA.

Prueba de hipótesis

Tabla 47: Prueba ANOVA.

ANOVA					
Deflexion por peso propio + CM	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	75.181	2	37.591	86.319	.002
Dentro de grupos	1.306	3	.435		
Total	76.488	5			

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Hipótesis para la prueba ANOVA:

H₀: Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones no disminuyen considerablemente la deflexión con aplicación de carga muerta, San Miguel, Puno - 2022

H₁: Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones disminuyen considerablemente la deflexión con aplicación de carga muerta, San Miguel, Puno - 2022.

Si p-valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

p-valor = 0.002; reemplazando se tiene que $0.002 < 0.05$ entonces se rechazó la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

En conclusión, existe una prueba estadística para afirmar que las losas aligeradas no convencionales de edificaciones disminuyen considerablemente la deflexión con aplicación de la carga muerta, San Miguel, Puno - 2022.

Prueba Post hoc (Tukey)

La mejor losa aligerada no convencional que disminuye la deflexión por la aplicación de carga muerta es la losa aligerada no convencional con viguetas pretensadas y bloques de EPS.

Tabla 48: Prueba post hoc de Tukey.

Pruebas post hoc						
Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Deflexion por peso propio + CM						
HSD Tukey						
(I) Tipo de losa aligerada	(J) Tipo de losa aligerada	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95% Límite inferior	Límite superior
Losa aligerada convencional	Losa aligerada con bloques de EPS	-1.23500	.65991	.290	-3.9926	1.5226
	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	6.81500*	.65991	.004	4.0574	9.5726
Losa aligerada con bloques de EPS	Losa aligerada convencional	1.23500	.65991	.290	-1.5226	3.9926
	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	8.05000*	.65991	.002	5.2924	10.8076
Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	Losa aligerada convencional	-6.81500*	.65991	.004	-9.5726	-4.0574
	Losa aligerada con bloques de EPS	-8.05000*	.65991	.002	-10.8076	-5.2924

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Indicador 5: Deflexión máxima por carga de servicio

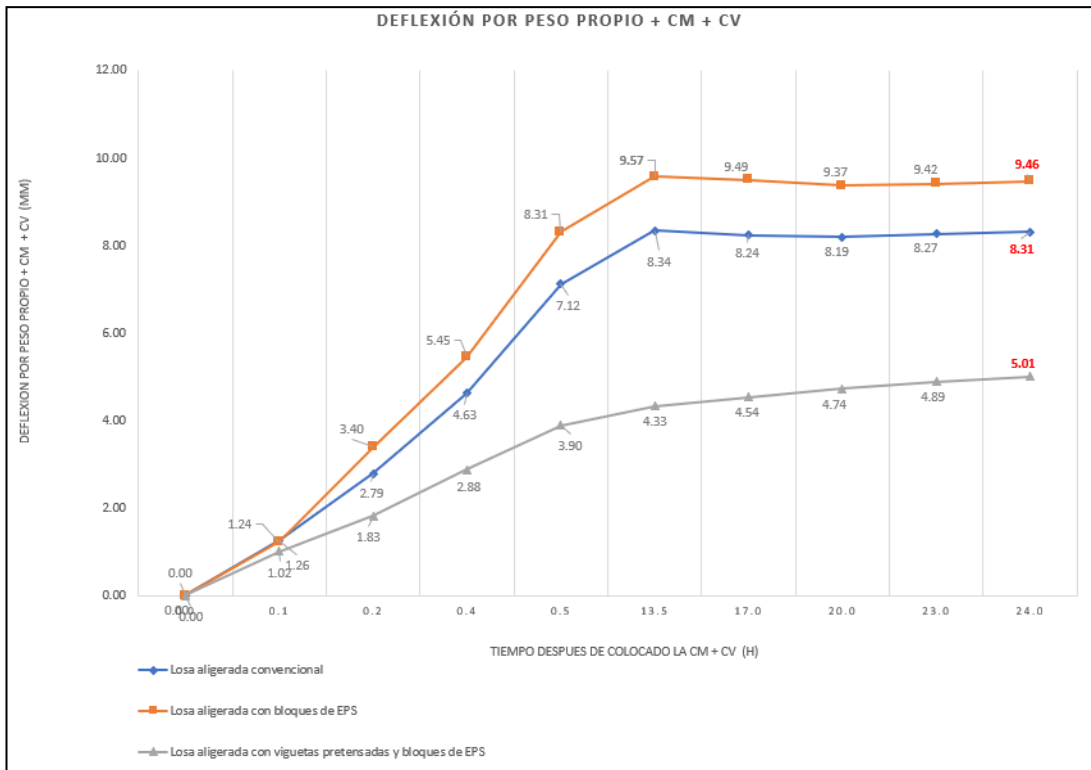


Figura 32. Deflexión máxima por carga de servicio.

Tabla 49: Deflexión promedio máxima por carga de servicio.

Tiempo después de colocado CM + CV (h)	Deflexión promedio (mm)		
	Losa aligerada convencional	Losa aligerada con bloques de EPS	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS
0.0	0.00	0.00	0.00
0.1	1.26	1.24	1.02
0.2	2.79	3.40	1.83
0.4	4.63	5.45	2.88
0.5	7.12	8.31	3.90
13.5	8.34	9.57	4.33
17.0	8.24	9.49	4.54
20.0	8.19	9.37	4.74
23.0	8.27	9.42	4.89
24.0	8.31	9.46	5.01

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Se puede observar según la figura 32 y la tabla 49 que, luego de empezar las pruebas de carga al aplicar la carga de servicio (CV) 300 Kg/cm², según el diseño a las 6 probetas estructuradas, las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS tienen una deflexión promedio de 5.01 mm que es menor en 39.77% y las losas aligeradas con bloques de EPS tienen una deflexión promedio de 9.46 mm que es mayor en 13.84% con respecto a las losas aligeradas convencionales cuya deflexión promedio es de 8.31 mm dentro de las primeras 24 horas de colocado la carga de servicio.

Contrastación de hipótesis

Tabla 50: Normalidad (Deflexión por peso propio + CM + CV).

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Deflexion por peso propio + CM + CV	.295	6	.110	.866	6	.212

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Prueba de Normalidad

Hipótesis para normalidad:

H₀: Los datos de la variable Deflexión máxima por carga de servicio tiene normalidad.

H₁: Los datos de la variable Deflexión máxima por carga de servicio no tiene normalidad.

Nivel de significancia: = 0.05 = 5% (por lo que el nivel de confianza es al 95%).

Si p-valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

p-valor = 0.212 (Shapiro-Wilk, N < 50); reemplazando se tiene que 0.212 > 0.05 entonces se aceptó la hipótesis nula.

En conclusión, los datos de la variable Deflexión máxima por carga de servicio tiene normalidad, por lo tanto, se usó la estadística paramétrica Prueba ANOVA.

Prueba de hipótesis

Tabla 51: Prueba ANOVA.

ANOVA					
Deflexion por peso propio + CM + CV					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	21.395	2	10.698	61.263	.004
Dentro de grupos	.524	3	.175		
Total	21.919	5			

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Hipótesis para la prueba ANOVA:

H₀: Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones no reducen significativamente la deflexión máxima por carga de servicio, San Miguel, Puno - 2022

H₁: Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones reducen significativamente la deflexión máxima por carga de servicio, San Miguel, Puno - 2022.

Si p-valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

p-valor = 0.004; reemplazando se tiene que $0.004 < 0.05$ entonces se rechazó la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

En conclusión, existe una prueba estadística para confirmar que las losas aligeradas no convencionales de edificaciones reducen significativamente la deflexión máxima por carga de servicio, San Miguel, Puno - 2022.

Prueba Post hoc (Tukey)

Tabla 52: Prueba post hoc de Tukey.

Pruebas post hoc						
Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Deflexion por peso propio + CM + CV						
HSD Tukey						
(I) Tipo de losa aligerada	(J) Tipo de losa aligerada	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Losa aligerada convencional	Losa aligerada con bloques de EPS	-1.15000	.41787	.137	-2.8962	.5962
	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	3.30500*	.41787	.009	1.5588	5.0512
Losa aligerada con bloques de EPS	Losa aligerada convencional	1.15000	.41787	.137	-.5962	2.8962
	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	4.45500*	.41787	.004	2.7088	6.2012
Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	Losa aligerada convencional	-3.30500*	.41787	.009	-5.0512	-1.5588
	Losa aligerada con bloques de EPS	-4.45500*	.41787	.004	-6.2012	-2.7088

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

La mejor losa aligerada no convencional que reduce la deflexión por la aplicación de carga de servicio es la losa aligerada no convencional con viguetas pretensadas y bloques de EPS.

Indicador 6: Deflexión por reserva de carga de servicio

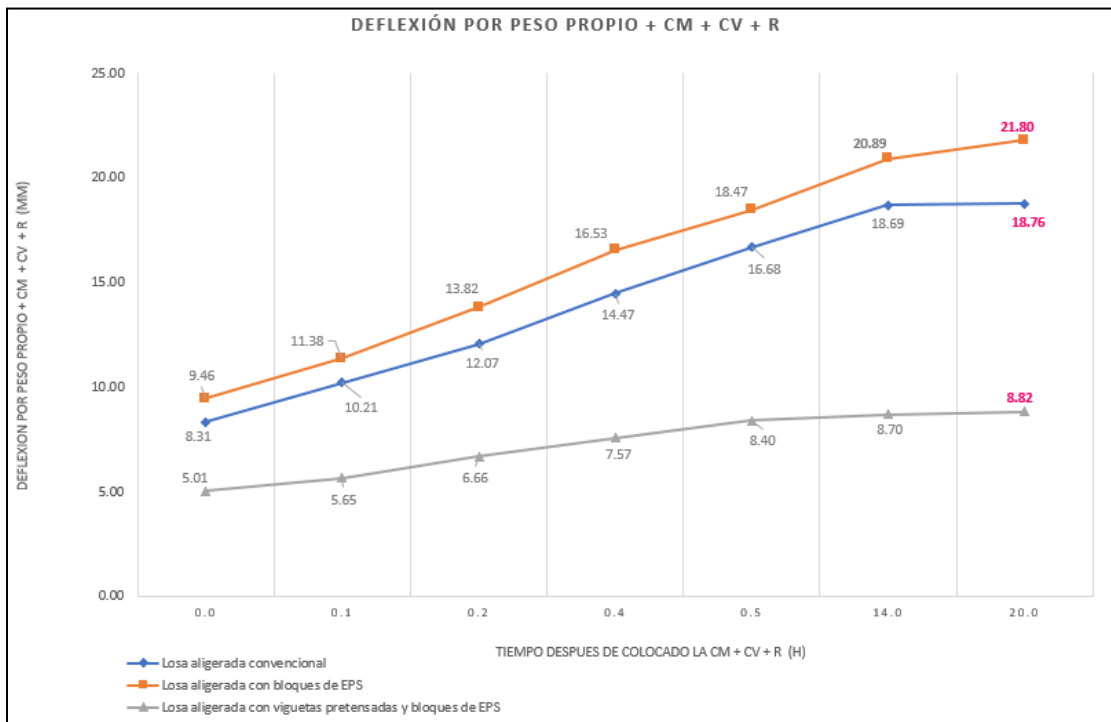


Figura 33. Deflexión máxima por reserva de carga de servicio.

Tabla 53: Deflexión promedio máxima por reserva de carga de servicio.

Tiempo después de colocado CM + CV + R (h)	Deflexión promedio (mm)		
	Losa aligerada convencional	Losa aligerada con bloques de EPS	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS
0.0	8.31	9.46	5.01
0.1	10.21	11.38	5.65
0.2	12.07	13.82	6.66
0.4	14.47	16.53	7.57
0.5	16.68	18.47	8.40
14.0	18.69	20.89	8.70
20.0	18.76	21.80	8.82

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Se puede observar según la figura 33 y la tabla 53 que, luego de aplicar la reserva de carga de servicio (CV + R) según el diseño a las 6 probetas estructuradas, las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS tienen una deflexión promedio de 8.82 mm que es menor en 53.00% y las losas aligeradas con bloques de EPS tienen una deflexión promedio de 21.80 mm que es mayor en 16.24% con respecto a las losas aligeradas convencionales cuya deflexión máxima es de 18.76 mm dentro de las primeras 24 horas de colocado la carga de servicio.

Contrastación de hipótesis

Tabla 54: Normalidad (Deflexión por peso propio + CM + CV + R).

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Deflexion por peso propio + CM + CV + R	.280	6	.155	.859	6	.187

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Prueba de Normalidad

Hipótesis para normalidad:

H₀: Los datos de la variable Deflexión por reserva de carga de servicio tiene normalidad.

H₁: Los datos de la variable Deflexión por reserva de carga de servicio no tiene normalidad.

Nivel de significancia: = 0.05 = 5% (por lo que el nivel de confianza es al 95%).

Si p-valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

p-valor = 0.187 (Shapiro-Wilk, N < 50); reemplazando se tiene que 0.187 > 0.05 entonces se aceptó la hipótesis nula.

En conclusión, los datos de la variable Deflexión por reserva de carga de servicio tiene normalidad, por lo tanto, se usó la estadística paramétrica Prueba ANOVA.

Prueba de hipótesis

Tabla 55: Prueba ANOVA.

ANOVA					
Deflexion por peso propio + CM + CV + R					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	184.457	2	92.229	45.927	.006
Dentro de grupos	6.025	3	2.008		
Total	190.482	5			

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Hipótesis para la prueba ANOVA:

H₀: Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones no disminuyen notablemente la deflexión por reserva de carga de servicio, San Miguel, Puno - 2022

H₁: Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones disminuyen notablemente la deflexión por reserva de carga de servicio, San Miguel, Puno - 2022.

Si p-valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

p-valor = 0.006; reemplazando se tiene que $0.006 < 0.05$ entonces se rechazó la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

En conclusión, existe una prueba estadística para afirmar que las losas aligeradas no convencionales de edificaciones disminuyen notablemente la deflexión por reserva de carga de servicio, San Miguel, Puno - 2022.

Prueba Post hoc (Tukey)

La mejor losa aligerada no convencional que disminuye la deflexión por la aplicación de reserva de carga de servicio es la losa aligerada no convencional con viguetas pretensadas y bloques de EPS.

Tabla 56: Prueba post hoc de Tukey.

Pruebas post hoc						
Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Deflexión por peso propio + CM + CV + R						
HSD Tukey						
(I) Tipo de losa aligerada	(J) Tipo de losa aligerada	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Losa aligerada convencional	Losa aligerada con bloques de EPS	-3.04500	1.41710	.227	-8.9667	2.8767
	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	9.94000*	1.41710	.012	4.0183	15.8617
Losa aligerada con bloques de EPS	Losa aligerada convencional	3.04500	1.41710	.227	-2.8767	8.9667
	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	12.98500*	1.41710	.006	7.0633	18.9067
Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	Losa aligerada convencional	-9.94000*	1.41710	.012	-15.8617	-4.0183
	Losa aligerada con bloques de EPS	-12.98500*	1.41710	.006	-18.9067	-7.0633

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Indicador 7: Deflexión por descarga

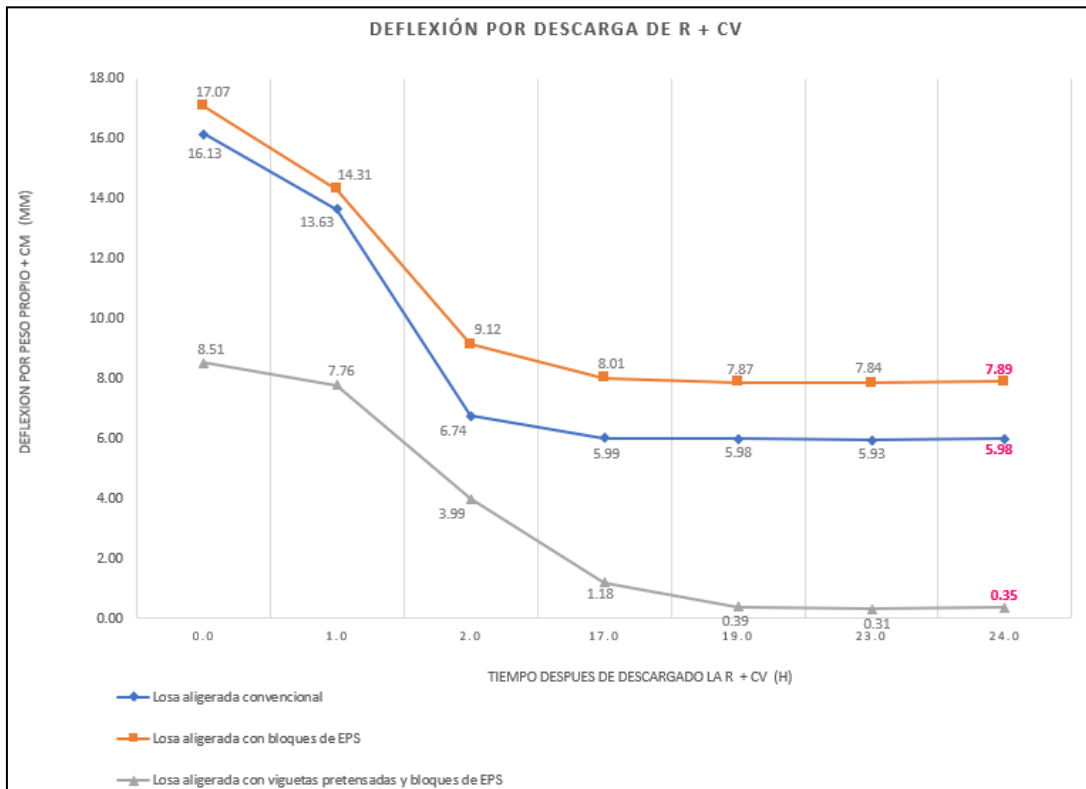


Figura 34. Deflexión promedio por descarga.

Tabla 57: Deflexión promedio por descarga.

Tiempo después de descarga R + CV (h)	Deflexión promedio (mm)		
	Losa aligerada convencional	Losa aligerada con bloques de EPS	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS
0.0	16.13	17.07	8.51
1.0	13.63	14.31	7.76
2.0	6.74	9.12	3.99
17.0	5.99	8.01	1.18
19.0	5.98	7.87	0.39
23.0	5.93	7.84	0.31
24.0	5.98	7.89	0.35

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Se puede observar según la figura 16 y la tabla 35 que, luego de realizarse la descarga de las cargas de reserva (R) y servicio (CV) en las 6 probetas estructuradas, las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS tienen una deflexión promedio de 0.35 mm que es menor en 94.14% y las losas aligeradas con bloques de EPS tienen una deflexión promedio de 7.89 mm que es mayor en 32.05% con respecto a las losas aligeradas convencionales cuya máxima es de 5.98 mm dentro de las primeras 24 horas de realizado la descarga de las cargas de reserva y servicio.

Contrastación de hipótesis

Tabla 58: Normalidad (Deflexión por descarga R + CV).

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Deflexión por descarga R + CV	.254	6	.200*	.874	6	.242

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.
a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Prueba de Normalidad

Hipótesis para normalidad:

H₀: Los datos de la variable Deflexión por descarga tiene normalidad.

H₁: Los datos de la variable Deflexión por descarga no tiene normalidad.

Nivel de significancia: = 0.05 = 5% (por lo que el nivel de confianza es al 95%).

Si p-valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

p-valor = 0.242 (Shapiro-Wilk, N < 50); reemplazando se tiene que 0.242 > 0.05 entonces se aceptó la hipótesis nula.

En conclusión, los datos de la variable Deflexión por descarga tiene normalidad, por lo tanto, se usó la estadística paramétrica Prueba ANOVA.

Prueba de hipótesis

Tabla 59: Prueba ANOVA.

ANOVA					
Deflexion por descarga R + CV					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	61.440	2	30.720	17.769	.022
Dentro de grupos	5.187	3	1.729		
Total	66.626	5			

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Hipótesis para la prueba ANOVA:

H₀: Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones no aminoran considerablemente la deflexión por descarga, San Miguel, Puno - 2022

H₁: Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones aminoran considerablemente la deflexión por descarga, San Miguel, Puno - 2022

Si p-valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

p-valor = 0.022; reemplazando se tiene que 0.022 < 0.05 entonces se rechazó la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

En conclusión, existe una prueba estadística para confirmar que las losas aligeradas no convencionales de edificaciones aminoran considerablemente la deflexión por descarga, San Miguel, Puno - 2022.

Prueba Post hoc (Tukey)

Tabla 60: Prueba post hoc de Tukey.

Pruebas post hoc						
Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Deflexion por descarga R + CV						
HSD Tukey						
(I) Tipo de losa aligerada	(J) Tipo de losa aligerada	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Losa aligerada convencional	Losa aligerada con bloques de EPS	-1.91500	1.31487	.422	-7.4095	3.5795
	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	5.62500*	1.31487	.047	.1305	11.1195
Losa aligerada con bloques de EPS	Losa aligerada convencional	1.91500	1.31487	.422	-3.5795	7.4095
	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	7.54000*	1.31487	.021	2.0455	13.0345
Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	Losa aligerada convencional	-5.62500*	1.31487	.047	-11.1195	-.1305
	Losa aligerada con bloques de EPS	-7.54000*	1.31487	.021	-13.0345	-2.0455

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

La mejor losa aligerada no convencional que aminora la deflexión por descarga es la losa aligerada no convencional con viguetas pretensadas y bloques de EPS.

Indicador 8: Fisuras ocasionadas por pruebas de carga

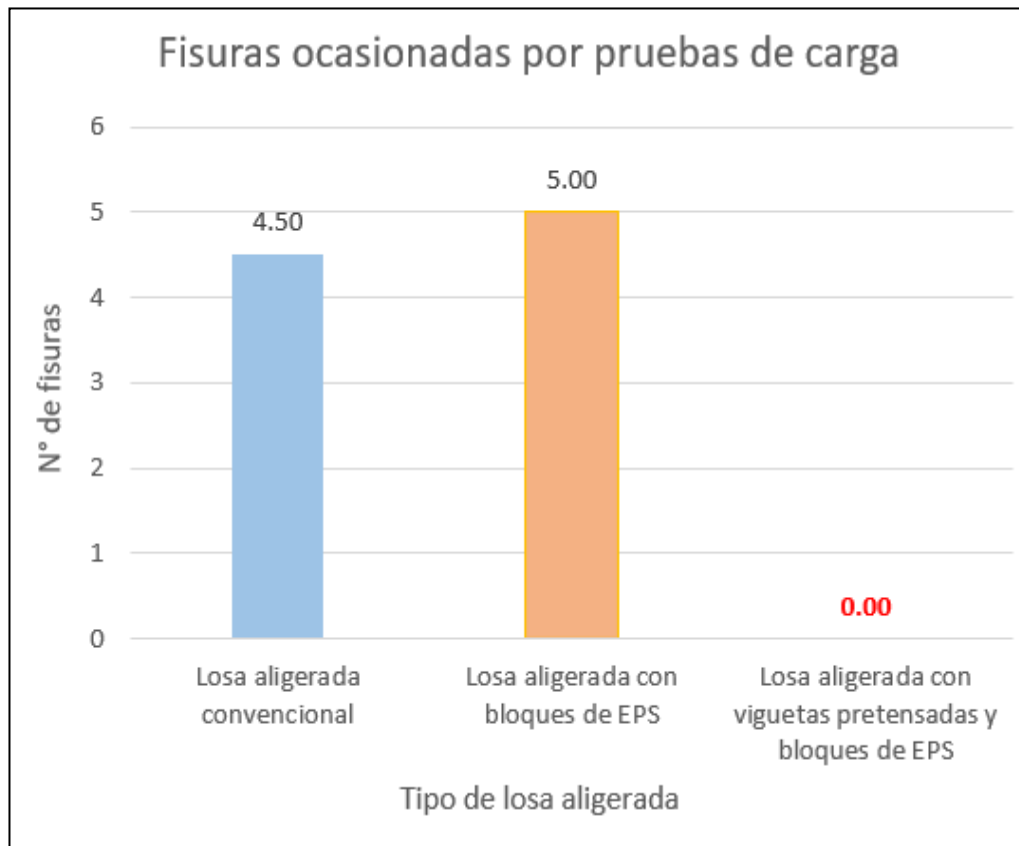


Figura 35. N° de fisuras promedio.

Tabla 61: N° de fisuras promedio.

Tipo de losa aligerada	N° de fisuras promedio	Longitud promedio (cm)	Espesor promedio (cm)	Variación %
Losa aligerada convencional	4.50	8.68	0.244	0.00
Losa aligerada con bloques de EPS	5.00	10.23	0.175	11.11
Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	0.00	0.00	0.000	-100.00

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación:

Se puede observar según la figura 35 y la tabla 61 que, luego de realizarse las pruebas de carga en las 6 probetas estructuradas, las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS no presentaron fisuras por

consiguiente es menor en 100% y las losas aligeradas con bloques de EPS tiene un número de fisuras promedio de 5 que es mayor en 11,11% con respecto a las losas aligeradas convencionales cuyo número de fisuras promedio es de 4.5.

Contrastación de hipótesis

Tabla 62: Normalidad (N° de fisuras promedio).

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
N° de fisuras	.294	6	.114	.843	6	.138

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Prueba de Normalidad

Hipótesis para normalidad:

H₀: Los datos de la variable Fisuras ocasionadas por pruebas de carga tiene normalidad.

H₁: Los datos de la variable Fisuras ocasionadas por pruebas de carga no tiene normalidad.

Nivel de significancia: = 0.05 = 5% (por lo que el nivel de confianza es al 95%).

Si p-valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

p-valor = 0.138 (Shapiro-Wilk, N < 50); reemplazando se tiene que 0.138 > 0.05 entonces se aceptó la hipótesis nula.

En conclusión, los datos de la variable Fisuras ocasionadas por pruebas de carga tiene normalidad, por lo tanto, se usó la estadística paramétrica Prueba ANOVA.

Prueba de hipótesis

Tabla 63: Prueba ANOVA.

ANOVA					
N° de fisuras	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	30.333	2	15.167	18.200	.021
Dentro de grupos	2.500	3	.833		
Total	32.833	5			

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

Hipótesis para la prueba ANOVA:

H₀: Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones no disminuyen significativamente las fisuras ocasionadas por pruebas de carga, San Miguel, Puno - 2022

H₁: Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones disminuyen significativamente las fisuras ocasionadas por pruebas de carga, San Miguel, Puno – 2022

Si p-valor es menor a 0.05 entonces se rechaza la hipótesis nula para aceptar la hipótesis alterna.

p-valor = 0.021; reemplazando se tiene que $0.021 < 0.05$ entonces se rechazó la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

En conclusión, existe una prueba estadística para afirmar que las losas aligeradas no convencionales de edificaciones disminuyen significativamente las fisuras ocasionadas por las pruebas de carga, San Miguel, Puno - 2022.

Prueba Post hoc (Tukey)

La mejor losa aligerada no convencional que disminuye significativamente las fisuras ocasionadas por pruebas de carga, es la losa aligerada no convencional con viguetas pretensadas y bloques de EPS.

Tabla 64: Prueba post hoc de Tukey.

Pruebas post hoc						
Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: N° de fisuras						
HSD Tukey						
(I) Tipo de losa	(J) Tipo de losa	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Losa aligerada convencional	Losa aligerada con bloques de EPS	-.500000	.912871	.855	-4.31463	3.31463
	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	4.500000*	.912871	.032	.68537	8.31463
Losa aligerada con bloques de EPS	Losa aligerada convencional	.500000	.912871	.855	-3.31463	4.31463
	Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	5.000000*	.912871	.024	1.18537	8.81463
Losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS	Losa aligerada convencional	-4.500000*	.912871	.032	-8.31463	-.68537
	Losa aligerada con bloques de EPS	-5.000000*	.912871	.024	-8.81463	-1.18537

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Fuente: Elaboración propia en IBM SPSS Statistics.

V. DISCUSIÓN

Indicador 1: Longitud de fisuras

En el trabajo de investigación la longitud de fisuras a los 28 días para un concreto endurecido de $f'c=210$ Kg/cm² en probetas estructuradas de 6.00 m de longitud, las losas aligeradas con bloques de EPS presentan más fisuras y de mayor longitud promedio en un 45.35% y las losas aligeradas con vigas pretensadas y bloques de EPS presentan también más fisuras, pero de menor longitud promedio en un 41.63% en relación a la losa aligerada convencional que tiene un promedio de 5 fisuras y de longitud promedio 27.18 cm. Según Fernández y Huarcaya (2019), en su trabajo de investigación a los 28 días del concreto endurecido para un concreto $f'c= 210$ Kg/cm² de una losa convencional de dimensiones 1m por 1m, de espesor 20 cm, se presentó una cantidad de 6 fisuras con una longitud promedio de 2.5 cm, pero al adicionar fibra de maguey al 1.5% al concreto no se presentó fisuras. Estos resultados son diferentes a los obtenidos en la investigación ya que presentan mayor número de fisuras por metro cuadrado, pero de menor longitud en la losa convencional, porque su losa es de menor área y fue elaborado sobre el suelo. Según Delgado (2019), en su trabajo de investigación a los 28 días del concreto endurecido para un $f'c= 280$ Kg/cm² y la aplicación y la aplicación de viguetas pretensadas con bandeja y poliestireno para una luz crítica de 6.00 m, no se tuvieron muestras de grietas, concluyendo que la aplicación de viguetas pretensadas es de altas resistencias a la compresión y tracción. Estos resultados son diferentes a los obtenidos en la investigación, porque el tipo de concreto fue de 280 Kg/cm² y fue realizado en la ciudad de Lima, cuyo clima es diferente a la ciudad de San Miguel que presenta bajas temperaturas durante la noche y horas de la mañana que afectan al concreto endurecido.

Indicador 2: Espesor de fisuras

En el trabajo de investigación el espesor de fisuras a los 28 días para un concreto endurecido de $f'c=210$ Kg/cm² en losas estructuradas de 6.00 m de longitud, las losas aligeradas con bloques de EPS presentan más fisuras y de mayor espesor promedio en un 4.68% y las losas aligeradas con vigas pretensadas y bloques de EPS presentan mayor cantidad de fisuras con mayor

espesor promedio en un 2.92% en relación a la losa aligerada convencional que tiene un promedio de 5 fisuras y de espesor promedio 0.119 mm. Según Delgado (2019), en su trabajo de investigación a los 28 días del concreto endurecido para un $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ y la aplicación de viguetas pretensadas con bandeja y poliestireno para una luz crítica de 6.00 m, se tuvieron muestras de grietas, concluyendo que la aplicación de viguetas pretensadas es de altas resistencias a la compresión y tracción. Estos resultados son diferentes a los obtenidos en la investigación, porque la dosificación requerida fue de 280 Kg/cm^2 y fue realizado en la ciudad de Lima, cuyo clima es diferente a la ciudad de San Miguel que presenta bajas temperaturas durante la noche y horas de la mañana que afectan al concreto. Según Fernández y Huarcaya (2019), en su trabajo de investigación a los 28 días del concreto endurecido para un concreto $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ de una losa convencional de dimensiones 1m por 1m, de espesor 20 cm, se presentó una cantidad de 6 fisuras con un espesor promedio de 0.14 cm, pero al adicionar fibra de maguey al 1.5% al concreto no se presentó fisuras. Estos resultados son diferentes a los obtenidos en la investigación ya que presentan mayor número de fisuras por metro cuadrado, y de mayor espesor en la losa convencional, porque su losa es de menor área y fue elaborado sobre el suelo.

Indicador 3: Deflexión por peso propio

En el trabajo de investigación la resistencia a la deflexión por peso propio a los 28 días para un concreto endurecido de $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ en losas estructuradas de 6.00 m de longitud, las losas aligeradas con vigas pretensadas y bloques de EPS presentan una deflexión máxima promedio de 2.34 mm que es menor en 58.98% y las losas aligeradas con bloques de EPS tienen una deflexión máxima promedio de 5.51 mm que es menor en 3.51% con respecto a las losas aligeradas convencionales cuya deflexión máxima es de 5.71 mm, teniendo en cuenta que ello ocurre a una temperatura de 0°C a horas 6:00. Según Najarro (2019), la deflexión que presentan por peso propio antes de los ensayos de flexión fue de 6.25 mm para la losa aligerada convencional y de 2.16 mm para la losa aligerada compuesta de EPS y ladrillo, para unas losas de 4.80 m de luz, ancho de 0.9 m y espesor de 20cm. Estos resultados son diferentes a los

obtenidos en la investigación teniendo en cuenta que sus losas son de menor espesor y longitud de luz y fueron elaborados en la ciudad de Lima para luego ser trasladados a laboratorio.

Indicador 4: Deflexión con aplicación de carga muerta

En el trabajo de investigación la resistencia a la deflexión con aplicación de carga muerta $CM = 250 \text{ kg/m}^2$ para un concreto endurecido de $f'c=210 \text{ Kg/cm}^2$ en losas estructuradas de 6.00 m de longitud, las losas aligeradas con vigas pretensadas y bloques de EPS presentan una deflexión máxima promedio de 6.47 mm que es menor en 51.30% y las losas aligeradas con bloques de EPS tienen una deflexión máxima promedio de 14.52 mm que es mayor en 9.30% con respecto a las losas aligeradas convencionales cuya deflexión máxima es de 13.29 mm, teniendo en cuenta que ello ocurre dentro de las 24 horas de aplicado las cargas. Por otro lado, VIPRET (2015), en su artículo de investigación de losas aligeradas pretensadas vs losas aligeradas tradicionales sobre dos especímenes para un concreto de 210 kg/cm^2 , con una luz de 410 cm, ancho de 1 metro y 20 cm de espesor se utilizaron 2 viguetas tipo 2 para el pretensado y dos varillas de $\frac{1}{2}$ para los nervios del entrepiso tradicional, obtuvo los siguientes resultados: descenso de 3 mm para una carga de 425 kg/m^2 + peso propio en la losa aligerada pretensada y un descenso de 17 mm para una carga de 425 kg/m^2 + peso propio en la losa aligerada tradicional que no cumple con el RNE. Estos resultados son diferentes a los obtenidos en la investigación, porque tienen una menor luz en 1.90 m, un espesor de 20 cm en las losas, se le aplico una mayor carga de 425 kg/m^2 .

Indicador 5: Deflexión máxima por carga de servicio

En el trabajo de investigación para empezar con las pruebas de carga se empieza a medir de cero las deflexiones por servicio y poder determinar la deflexión máxima por carga de servicio $S/C = 300 \text{ kg/m}^2$, según el diseño de las 6 probetas estructuradas, las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS tienen una deflexión promedio de 5.01 mm que es menor en 39.77% y las losas aligeradas con bloques de EPS tienen una deflexión promedio de 9.46 mm que es mayor en 13.84% con respecto a las losas

aligeradas convencionales cuya deflexión promedio es de 8.31 mm a 24 horas de colocado la carga de servicio, teniendo en cuenta que las losas ya contaban con su respectiva carga permanente $CM = 250 \text{ kg/m}^2$ 24 horas antes de realizar dichos ensayos. Según el Reglamento Nacional de Edificaciones RNE se toma como parámetro de ensayo la flecha máxima admisible de $L/360$ dando una deflexión máxima permitida de 16.11 mm, de donde se afirma que las losas aligeradas no convencionales cumplen con la norma. Por otro lado, VIPRET (2015), en su artículo de investigación de losas aligeradas pretensadas vs losas aligeradas tradicionales sobre dos especímenes para un concreto de 210 kg/cm^2 , con una luz de 410 cm, ancho de 1 metro y 20 cm de espesor se utilizaron 2 viguetas tipo 2 para el pretensado y dos varillas de $\frac{1}{2}$ para los nervios del entrepiso tradicional, obtuvo los siguientes resultados: descenso de 12 mm para una carga de 680 kg/m^2 + peso propio en la losa aligerada pretensada y un descenso de 27 mm para una carga de 680 kg/m^2 + peso propio en la losa aligerada tradicional que no cumple con el RNE. Estos resultados son diferentes a los obtenidos en la investigación, porque tienen una menor luz en 1.90 m, un espesor de 20 cm en las losas, se le aplicó una mayor carga de 680 kg/m^2 , pero no se aplicó cargas permanentes 24 horas antes del ensayo a flexión. Según Najarro (2019), la deflexión que presentan después de aplicar una carga de 3.4 tonf aproximadamente, fue de 64.12 mm para la losa aligerada convencional y de 80.78 mm para la losa aligerada compuesta de EPS y ladrillo, para unas losas de 4.80 m de luz, ancho de 0.9 m y espesor de 20 cm. Estos resultados son diferentes a los obtenidos en la investigación teniendo en cuenta que sus losas son de menor espesor y longitud de luz y fueron elaborados en la ciudad de Lima para luego ser trasladados a laboratorio y se les aplicó una carga mayor que en la presente investigación.

Indicador 6: Deflexión por reserva de carga de servicio

En el trabajo de investigación para determinar la deflexión máxima por aplicación de la reserva de carga de servicio, se adicionó 230 kg/m^2 aproximadamente sobre la $S/C = 300 \text{ kg/m}^2$ ya existentes en las losas aligeradas, según el diseño de las 6 probetas estructuradas, las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS tienen una deflexión

promedio de 8.82 mm que es menor en 53.00% y las losas aligeradas con bloques de EPS tienen una deflexión promedio de 21.80 mm que es mayor en 16.24% con respecto a las losas aligeradas convencionales cuya deflexión promedio es de 18.76 mm a 24 horas de colocado la carga de reserva de servicio, teniendo en cuenta que las losas ya contaban con su respectiva carga permanente $CM = 250 \text{ kg/m}^2$ 24 horas antes de realizar dichos ensayos, teniendo un total de 780 kg/m^2 aproximadamente aplicado en las losas. Por otro lado, VIPRET (2015), en su artículo de investigación de losas aligeradas pretensadas vs losas aligeradas tradicionales sobre dos especímenes para un concreto de 210 kg/cm^2 , con una luz de 410 cm, ancho de 1 metro y 20 cm de espesor se utilizaron 2 viguetas tipo 2 para el pretensado y dos varillas de $\frac{1}{2}$ para los nervios del entrepiso tradicional, obtuvo los siguientes resultados: descenso de 17 mm para una carga de 765 kg/m^2 + peso propio en la losa aligerada pretensada y un descenso de 46 mm para una carga de 765 kg/m^2 + peso propio en la losa aligerada tradicional que no cumplen con el RNE. Estos resultados son diferentes a los obtenidos en la investigación, porque tienen una menor luz en 1.90 m, un espesor de 20 cm en las losas, se le aplicó una menor carga que fue de 765 kg/m^2 , pero no se aplicó cargas permanentes 24 horas antes del ensayo a flexión.

Indicador 7: Deflexión por descarga

En el trabajo de investigación para determinar la deflexión por descarga se procedió a retirar las cargas de reserva y servicio que fueron aproximadamente de 530 kg/m^2 de las 6 probetas estructuradas, las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS tienen una deflexión promedio de 0.35 mm que es menor en 94.14% y las losas aligeradas con bloques de EPS tienen una deflexión promedio de 7.89 mm que es mayor en 32.05% con respecto a las losas aligeradas convencionales cuya deflexión promedio es de 5.98 mm a 24 horas de retirado las carga de reserva de servicio y carga de servicio, teniendo en cuenta que las losas siguen contando con su respectiva carga permanente $CM = 250 \text{ kg/m}^2$ hasta realizar dichos ensayos. Por otro lado, VIPRET (2015), en su artículo de investigación de losas aligeradas pretensadas vs losas aligeradas tradicionales sobre dos especímenes para un concreto de 210

kg/cm², con una luz de 410 cm, ancho de 1 metro y 20 cm de espesor se utilizaron 2 viguetas tipo 2 para el pretensado y dos varillas de ½ para los nervios del entrepiso tradicional, obtuvo los siguientes resultados: la losa pretensada absorbe las deformaciones por flexión porque estos desaparecen al retirar las cargas y recupera su flecha inicial, todo lo contrario ocurre con la losa aligerada tradicional donde la deformación es permanente al retirar las cargas. Estos resultados son diferentes a los obtenidos en la investigación, porque tienen una menor luz en 1.90 m, un espesor de 20 cm en las losas, no se esperó 24 horas para realizar las respectivas mediciones. Según Najarro (2019), la deflexión que presentan después de los ensayos de flexión, fue de 45.00 mm para la losa aligerada convencional y de 59.74 mm para la losa aligerada compuesta de EPS y ladrillo, para unas losas de 4.80 m de luz, ancho de 0.9 m y espesor de 20 cm. Estos resultados son diferentes a los obtenidos en la investigación teniendo en cuenta que sus losas son de menor espesor y longitud de luz y fueron elaborados en la ciudad de Lima para luego ser trasladados a laboratorio y se les aplicó una carga total menor y que no fue distribuida como en la presente investigación.

Indicador 8: Fisuras ocasionadas por pruebas de carga

En el trabajo de investigación luego de realizarse las pruebas de carga en las 6 probetas estructuradas de 6.00 m de longitud, las losas aligeradas con viguetas y bloques de EPS no presentan fisuras por consiguiente es menor en 100% y las losas aligeradas con bloques de EPS presentan un número promedio de 5 fisuras que es mayor en 11.11% con respecto a la losa aligerada convencional cuyo número promedio de fisuras es de 4.5 fisuras. Según Delgado (2019), en su trabajo de investigación a los 28 días del concreto endurecido para un $f'c = 280 \text{ Kg/cm}^2$ y la aplicación de viguetas pretensadas con bandeja y poliestireno para una luz crítica de 6.00 m, no se tuvieron muestras de grietas, concluyendo que la aplicación de viguetas pretensadas es de altas resistencias a la compresión y tracción. Estos resultados son similares a los obtenidos en la investigación, respecto a la losa aligerada con viguetas pretensadas.

VI. CONCLUSIONES

- En la presente investigación se evaluó como es el comportamiento estructural mediante pruebas de carga en las losas aligeradas no convencionales de edificaciones, en donde se evidenció que las losas aligeradas no convencionales con viguetas pretensadas y bloques de EPS tienen mejor comportamiento estructural y además cumplen con la norma E. 060 del RNE.
- En el trabajo de investigación se ha estimado que las losas aligeradas no convencionales reducen notablemente la longitud de fisuras a los 28 días, porque las losas aligeradas con vigas pretensadas y bloques de EPS tienen más cantidad de fisuras, pero de menor longitud promedio que las losas convencionales en un 41.63% pero las losas aligeradas con bloques de EPS tienen más fisuras y de mayor longitud promedio con respecto a las losas convencionales en un 45.35%, según se indica en la Tabla 34. Esto se confirma según la prueba de hipótesis; que indica que se acepta la hipótesis del investigador (H_1); porque $p < 0.05$, según la tabla 36 y además se especifica que la losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS es la que más reduce la longitud de fisuras, según se indica en la Tabla 37.
- En el trabajo de investigación se ha determinado que las losas aligeradas no convencionales no disminuyen el espesor de fisuras a los 28 días, porque las losas aligeradas con bloques de EPS presentan más fisuras y de mayor espesor promedio con respecto a las losas convencionales en un 4.68% y las losas aligeradas con vigas pretensadas y bloques de EPS presentan más fisuras y de mayor espesor promedio que las losas convencionales en un 2.92%, según se indica en la Tabla 38. Esto se confirma según la prueba de hipótesis; que indica que se rechaza la hipótesis del investigador (H_1); porque $p > 0.05$, según la tabla 40.
- En el trabajo de investigación se ha evaluado que las losas aligeradas no convencionales aminoran significativamente la deflexión por peso propio a los 28 días, porque las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques

de EPS tienen una deflexión máxima promedio de 2.34 mm que es menor en 58.98% y las losas aligeradas con bloques de EPS tienen una deflexión máxima promedio de 5.51 mm que es menor en 3.51% con respecto a las losas aligeradas convencionales cuya deflexión máxima es de 5.71 mm, teniendo en cuenta que ello ocurre a una temperatura de 0°C a horas 6:00 para todas las losas, según se indica en la Tabla 41. Esto se confirma según la prueba de hipótesis; que indica que se acepta la hipótesis del investigador (H_1); porque $p < 0.05$, según la tabla 43 y además se especifica que la losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS es la que más aminora la deflexión por peso propio, según se indica en la Tabla 44.

- En el trabajo de investigación se ha estimado que las losas aligeradas no convencionales disminuyen considerablemente la deflexión con aplicación de carga muerta, porque las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS tienen una deflexión máxima promedio de 6.47 mm que es menor en 51.30% y las losas aligeradas con bloques de EPS tienen una deflexión máxima promedio de 14.52 mm que es mayor en 9.30% con respecto a las losas aligeradas convencionales cuya deflexión máxima es de 13.29 mm dentro de las primeras 24 horas de colocado la carga muerta, según se indica en la Tabla 45. Esto se confirma según la prueba de hipótesis; que indica que se acepta la hipótesis del investigador (H_1); porque $p < 0.05$, según la tabla 47 y además se especifica que la losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS es la que más disminuye la deflexión con aplicación de la carga muerta, según se indica en la Tabla 48.
- En el trabajo de investigación se ha evaluado que las losas aligeradas no convencionales reducen significativamente la deflexión máxima por carga de servicio, porque las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS tienen una deflexión promedio de 5.01 mm que es menor en 39.77% y las losas aligeradas con bloques de EPS tienen una deflexión promedio de 9.46 mm que es mayor en 13.84% con respecto a las losas aligeradas convencionales cuya deflexión promedio es de 8.31 mm dentro de las primeras 24 horas de colocado la carga de servicio, según se indica

en la Tabla 49. Esto se confirma según la prueba de hipótesis; que indica que se acepta la hipótesis del investigador (H_1); porque $p < 0.05$, según la tabla 51 y además se especifica que la losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS es la que más reduce la deflexión máxima por carga de servicio según se indica en la Tabla 52.

- En el trabajo de investigación se ha determinado que las losas aligeradas no convencionales disminuyen notablemente la deflexión por reserva de carga de servicio, porque las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS tienen una deflexión promedio de 8.82 mm que es menor en 53.00% y las losas aligeradas con bloques de EPS tienen una deflexión promedio de 21.80 mm que es mayor en 16.24% con respecto a las losas aligeradas convencionales cuya deflexión máxima es de 18.76 mm dentro de las primeras 24 horas de colocado la carga de servicio, según se indica en la Tabla 53. Esto se confirma según la prueba de hipótesis; que indica que se acepta la hipótesis del investigador (H_1); porque $p < 0.05$, según la tabla 55 y además se especifica que la losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS es la que más disminuye la deflexión por reserva de carga de servicio según se indica en la Tabla 56.
- En el trabajo de investigación se ha evaluado que las losas aligeradas no convencionales aminoran considerablemente la deflexión por descarga, porque las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS tienen una deflexión promedio de 0.35 mm que es menor en 94.14% y las losas aligeradas con bloques de EPS tienen una deflexión promedio de 7.89 mm que es mayor en 32.05% con respecto a las losas aligeradas convencionales cuya máxima es de 5.98 mm dentro de las primeras 24 horas de realizado la descarga de las cargas de reserva y servicio, según se indica en la Tabla 57. Esto se confirma según la prueba de hipótesis; que indica que se acepta la hipótesis del investigador (H_1); porque $p < 0.05$, según la tabla 59 y además se especifica que la losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS es la que más aminora la deflexión por reserva de carga de servicio según se indica en la Tabla 60.

- En el trabajo de investigación se ha estimado que las losas aligeradas no convencionales disminuyen significativamente las fisuras ocasionadas por las pruebas de carga, porque las losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS no presentaron fisuras por consiguiente es menor en 100% y las losas aligeradas con bloques de EPS tiene un numero de fisuras promedio de 5 que es mayor en 11,11% con respecto a las losas aligeradas convencionales cuyo número de fisuras promedio es de 4.5, según se indica en la Tabla 61. Esto se confirma según la prueba de hipótesis; que indica que se acepta la hipótesis del investigador (H_1); porque $p < 0.05$, según la tabla 63 y además se especifica que la losa aligerada con viguetas pretensadas y bloques de EPS es la que mejor disminuye las fisuras ocasionadas por pruebas de carga, según se indica en la Tabla 64.

VII. RECOMENDACIONES

- Es necesario continuar con las investigaciones durante los meses que tengan mayor presencia de heladas y bajas temperaturas para evaluar la presencia de fisuras en las losas aligeradas no convencionales.
- Se sugiere el uso de un fisurómetro digital para las mediciones de las fisuras.
- Se deberá tener en cuenta en la zona de estudio sobre los proveedores de materiales de los sistemas a evaluar para no tener dificultades al adquirirla y se encuentren en buenas condiciones.
- Para futuras investigaciones se sugiere realizar comparaciones con otros sistemas no convencionales respecto a la deflexión por peso propio.
- Se deberá tener en cuenta las especificaciones técnicas del fabricante respecto a la carga última para el cual fue diseñado.
- Se sugiere tomar las precauciones del caso antes de realizar las pruebas de carga, específicamente cuando se trata de evaluar las deflexiones por reserva de carga de servicio.

REFERENCIAS

ABANTO, Flavio. Tecnología del concreto. 2.^a ed. Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L., 2009. 244 pp.

ISBN: 9786123020606

ACI COMMITTEE 224. Causes, Evaluation, and Repair of Cracks in Concrete Structures. Farmington Hills: American Concrete Institute, 2007. 22 pp.

ISBN: 9780870312342

APAZA, Kelly. Análisis del sistema losa con viguetas pretensadas frente al de losa convencional para la edificación Consell, Huancayo. Tesis (Título profesional de ingeniería civil) Huancayo: Universidad Peruana los Andes, 2019. 227 pp.

Disponible en: <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1033>

ARGIBAY, Juan. The sample in quantitative research. Subjetividad y procesos cognitivos [en línea], 13 (1): 13-29, 2009 [fecha de consulta: 10 de mayo del 2020].

Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=339630252001>

ISSN 1666-244X

ATO, Manuel, LOPEZ, Juan y BENAVENTE, Ana. A classification system for research designs in psychology. Annals of Psychology [en línea], 29 (3): 1038-1059, octubre 2013 [Fecha de consulta: 20 de marzo del 2022].

Disponible en https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-97282013000300043

ISSN 1695-2294

AVECILLAS, Diana. Alternativa estructural -constructiva del entrepiso y techo de hormigón armado con bloques de poliestireno expandido. Tesis (Título profesional de ingeniería civil) Cuenca: Universidad de Cuenca, 2016. 67 pp.

Disponible

en:

<https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/25944/1/tesis.pdf>

BAENA, Guillermina. Metodología de la investigación. 3.^a ed. Ciudad de México: Grupo Editorial Patria, 2017. 141 pp.
ISBN: 9786077447481

BELEN, María, ICAZA, María y ALEJO, Oscar. La importancia de la ética en la investigación. Universidad y Sociedad, 10 (1): 305-311, enero-marzo 2018.
ISSN: 2218-3620

BERNAL, Cesar. Metodología de la investigación. Administración, economía, humanidades y ciencias sociales. 4.^a ed. Bogotá: Pearson Educación de Colombia, 2016. 400 pp.
ISBN: 9789586993104

CASTRO, Magdalena. Biostatistics applied in clinical research: basic concepts. Revista médica Clínica las Condes [en línea], 30(1): 50-65, January- February 2019 [Fecha de consulta: 2 de abril 2022].

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0716864019300045>

CHANG, Daniel. Estudio de relaciones momento-curvatura en secciones de concreto armado y concreto preesforzado sometidas a flexión. Tesis (Magister en ingeniería civil) Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2015. 74 pp.

Disponible en: <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6826>

CONCRETEC Viguetas Pretensadas [en línea]. Lima, 21 de marzo 2018. [Fecha de consulta: 2 de abril 2022]. Disponible en <https://www.concretec.com.bo/index.php/productos/pretensados/viguetas>

CORRAL, Yadira. The design of questionnaires for collecting data. Revista Ciencias de la Educación [en línea], 20(36): 152-168, Julio – diciembre 2010 [Fecha de consulta: 21 de marzo del 2022].

Disponible en <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/n36/art08.pdf>

ISSN: 1316-5917

DELGADO, Gary. Aplicación de viguetas pretensadas para reducir las grietas en las losas aligeradas, de la edificación multifamiliar Valera en el distrito – Breña – Lima -2019. Tesis (Título profesional de ingeniería civil) Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2019. 103 pp.

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46417>

DIAZ, Víctor y CALZADILLA, Aracelis. Scientific Articles, Types of Scientific Research and Productivity in Health Sciences. Revista Ciencias de la Salud [en línea] 14(1): 115-121, 2016 [Fecha de consulta: 3 de abril del 2022].

Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/562/56243931011.pdf>

ISSN: 1692-7273

DURAND, Laynes. Comportamiento estructural de la losa aligerada con el sistema vigacero en una edificación de 3 pisos en Arequipa, 2020. Tesis (Título profesional de ingeniería civil) Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2020. 101 pp.

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58249>

DISEÑO y control de mezclas de concreto por Steven Kosmatka [et al.]. México: Portland Cement Association, 2004. 406 pp.

ISBN: 893122335

ESCORLANI, G., ORTEGA, N. y FELIX, D. Methodologies for locating damage in prestressed concrete beams. Revista ALCONPAT [en línea] 7(3): 262-273, diciembre 2017 [Fecha de consulta 13 de marzo del 2022]. Disponible en

<http://www.scielo.org.mx/pdf/ralconpat/v7n3/2007-6835-ralconpat-7-03-262-en.pdf>

ISSN 2007-6835

EVALUACIÓN de la capacidad de carga del puente Antonio Dovali Jaime, mediante el uso de pruebas de carga estáticas y dinámicas por Ortiz O. [et al.]. Concreto y Cemento. Investigación y Desarrollo, 2(1): 31-43, julio – diciembre 2010.

ISSN: 2007-3011

FERNANDEZ, David y HUARCAYA, Paul. Influencia del maguey en las propiedades del concreto y en el fisuramiento de losas aligeradas en Huancayo. Tesis (Título profesional de ingeniería civil) Huancayo: Universidad Peruana los Andes, 2019. 121 pp.

FLORES, Carlos y FLORES, Karla. Tests to verify the normality of data in production processes: anderson-darling, ryan-joiner, shapiro-wilk and kolmogorov-smirnov. Societas. Revista de Ciencias Sociales y Humanísticas [en línea] 23(2): 83-97, mayo 2021 [fecha de consulta: 05 de mayo del 2022].

Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/341/3412237018/index.html>
ISSN: 1560-0408

GOMEZ, Segundo y SEBASTIAN, Luis. Análisis comparativo en un sistema aporticado entre losa aligerada convencional y losa con bloque EPS, en una vivienda unifamiliar, Nuevo Chimbote – 2021. Tesis (Título profesional de ingeniería civil) Chimbote: Universidad Cesar Vallejo, 2021. 218 pp.

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/79078>

GUTIERREZ, Libia. El concreto y otros materiales para la construcción. 2.^a ed. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2003. 231 pp.

ISBN: 9589322824

HOW to propose the variables of an investigation? Operationalization of the variables por Ebingen Villavicencio [et al.]. Revista OACTIVA, 4 (1): 9-14, enero – abril 2019.

ISSN: 2477-8915

JIMENEZ, José y MARTINEZ, Jorge. An Estimation of the Parameter of the g Tukey Dsitribution. Revista Colombiana de Estadística [en línea], 29(1): 1-16, junio 2006 [Fecha de consulta 3 de mayo 2022].

Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rce/v29n1/v29n1a01.pdf>

ISSN: 0120-1751

NAJARRO, Alberto. Evaluación de resistencia estructural de losas aligeradas con unidades de albañilería convencional y compuesto utilizado en edificaciones, Lima – 2019. Tesis (Título profesional de ingeniería civil) Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2019. 136 pp.

Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/53826>

MINISTERIO de fomento. Instrucción de Hormigón estructural. EHE-08. 2010. España. 2010. 704 pp.

MINISTERIO de vivienda, construcción y saneamiento, Norma Técnica de Edificación, E.060 Concreto Armado. Lima: 2020. 205 pp.

MINISTERIO de vivienda, construcción y saneamiento, Reglamento Nacional de Edificaciones RNE. 2009. Lima: 2009. 439 pp.

ORTEGA, Juan. Diseño de estructuras de concreto armado. Tomo I. Miraflores: Empresa Editorial Macro EIRL, 2015. 239 pp.

ISBN: 9786123042172

OYOLA, Enrique. The variable. Revista del cuerpo médico del HNAAA [en línea], 14(1):90-93, enero - marzo 2021 [Fecha de consulta 15 de marzo 2022].

Disponible en http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2227-47312021000100016

ISSN 2227-4731

OLARTE, Zuly. Estudio de la calidad de los agregados de las principales canteras de la ciudad de Andahuaylas y su influencia en la resistencia del concreto empleado en la construcción de obras civiles. Tesis (Título profesional de ingeniero civil). Apurímac: Universidad Tecnológica de los Andes, 2017. 547 pp.

Disponible en: <https://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/100>

PEREZ, Omar y COLLAZO, Elizabeth. Inferential statistics in the scientific activity of Family Medicine in Artemisa. Revista Cubana de Medicina General Integral [en

línea], 33(3): 331-341, julio – setiembre 2017 [fecha de consulta 12 de mayo de 2022].

Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/mgi/v33n3/mgi06317.pdf>

ISSN: 1561-3038

RAMÍREZ DE ALBA, H., DE LEÓN, D. y VALDEZ, M. Estudio del comportamiento estructural de losas macizas de concreto reforzado para vivienda. *Concreto y Cemento. Investigación y Desarrollo* [en línea], 3 (1): 2-13, julio-diciembre 2011 [fecha de Consulta 1 de marzo de 2022].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=361233549001>

ISSN: 2007-3011.

REIDL, Lucy. Reliability of measurement. *Investigación en educación medica* [en línea]. 2(6):107-111, abril - junio 2013 [Fecha de consulta: 5 de marzo del 2022].

Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000200007

ISSN 2007-5057

RESEARCH protocol VII. Validity and reliability of the measurements por Miguel Villasis [et al.]. *Revista Alergia México*, 65 (4): 414-421, diciembre 2018.

ISSN: 2448-9190

SANCHEZ, Diego. *Tecnología del concreto y del mortero*. 5.^a ed. Bogotá: Bhandar Editores Ltda., 2001. 350 pp.

ISBN: 9589247040

SISTEMAS constructivos no convencionales [en línea]. Lima: SENCICO, junio 2022 [Fecha de consulta: 2 de junio 2022].

Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/sencico/informes-publicaciones/887231-sistemas-constructivos-no-convencionales>

SOUSA, Valmi, DRIESDDNACK, Martha y COSTA, Isabel. An overview of research designs relevant to nursing: part 1: Quantitative research designs. *Rev Latino-am*

Enfermagem [en línea], 15(3): 502-507, junio 2007 [fecha de consulta: 20 de marzo del 2022].

Disponible en <https://www.scielo.br/j/rlae/a/7zMf8XypC67vGPrXVrVFGdx/?format=pdf&lang=es#:~:text=Investigaci%C3%B3n%20cuantitativa%20involucra%20el%20an%C3%A1lisis,el%20an%C3%A1lisis%20de%20las%20palabras.>

ISSN: 1518-8345

UNIVERSIDAD cesar vallejo. Referencias estilo ISO 690 y 690-2, Lima: 2017, 34 pp.

VARA, Arístides. ¿Como hacer una tesis en ciencias empresariales? Manual breve para los tesisistas de Administración, Negocios Internacionales, Recursos Humanos y Marketing. 2.^a ed. Lima: Universidad de San Martín de Porres, 2010. 484 pp.

VELÁSQUEZ, Santiago. Comparative analysis between the design of traditional reinforced concrete slab and post-tensioned slab with adhesion. Ingeniería y sus alcances, Revista de Investigación [en línea], 3(5):50-58, enero - abril 2019, [Fecha de consulta: 1 mayo del 2022].

Disponible en: <https://revistaingenieria.org/index.php/revistaingenieria/article/view/39/68>

ISSN: 2664 -8245

VENTURA, Jose. Population or sample? A necessary difference. Revista Cubana de Salud Pública. [en línea], 43(3): 648-649, octubre – diciembre 2017 [Fecha de consulta: 15 de abril del 2022].

Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/rcsp/v43n4/spu14417.pdf>

ISSN: 0864-3466

VIPRET, Losas aligeradas pretensadas vs losas aligeradas tradicionales. Revista Constructivo, 17 (104): 216-217, diciembre 2014 – enero 2015.

ISSN: 2226-3470

ZURITA, Jessie, MARQUEZ, Horacio, MIRANDA, Guadalupe, VILLASIS, Miguel. Experimental studies: research designs for the evaluation of interventions in clinical settings. Revista alergia México [en línea], 65(2):178-186, abril - junio 2018 [Fecha de consulta 25 de marzo del 2022].

Disponible en http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2448-91902018000200178

ISSN 2448-9190

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

TITULO:

Comportamiento estructural mediante pruebas de carga en losas aligeradas no convencionales de edificaciones, San Miguel, Puno - 2022.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	V. INDEPENDIENTE		
¿Cómo es comportamiento estructural mediante pruebas de carga en las losas aligeradas no convencionales de edificaciones, San Miguel, Puno - 2022?	Evaluar como es comportamiento estructural mediante pruebas de carga en las losas aligeradas no convencionales de edificaciones, San Miguel, Puno - 2022.	El comportamiento estructural mediante pruebas de carga en las losas aligeradas no convencionales de edificaciones, San Miguel, Puno - 2022 cumple con establecido en la norma E 0.60 del RNE.	Losas aligeradas no convencionales de edificaciones	Losas aligeradas con bloques de EPS	Propiedades Mecánicas
					Dimensiones del perfil
				Losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS	Propiedades Mecánicas
					Dimensiones del perfil
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS	V. DEPENDIENTE		
¿En cuanto reducen las losas aligeradas no convencionales de edificaciones la longitud de fisuras, San Miguel, Puno - 2022?	Estimar en cuanto reducen las losas aligeradas no convencionales de edificaciones la longitud de fisuras, San Miguel, Puno - 2022?	Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones reducen notablemente la longitud de fisuras, San Miguel, Puno - 2022?	Comportamiento estructural mediante pruebas de carga	Control de Fisuras a los 7, 14 y 28 días	Longitud de fisuras (cm)
¿En cuanto descienden las losas aligeradas no convencionales de edificaciones el espesor de fisuras, San Miguel, Puno - 2022?	Determinar en cuanto descienden las losas aligeradas no convencionales de edificaciones el espesor de fisuras, San Miguel, Puno - 2022.	Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones descienden considerablemente el espesor de fisuras, San Miguel, Puno - 2022.			Espesor de fisuras (mm)
¿En qué medida las losas aligeradas no convencionales de edificaciones aminoran la deflexión por peso propio, San Miguel, Puno - 2022?	Evaluar en qué medida las losas aligeradas no convencionales de edificaciones aminoran la deflexión por peso propio, San Miguel, Puno - 2022.	Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones aminoran significativamente la deflexión por peso propio, San Miguel, Puno - 2022.		Resistencia a la Deflexión propia	Deflexión por peso propio (mm)
¿En cuanto disminuyen las losas aligeradas no convencionales de edificaciones la deflexión con aplicación de carga muerta, San Miguel, Puno - 2022?	Estimar en cuanto disminuyen las losas aligeradas no convencionales de edificaciones la deflexión con aplicación de carga muerta, San Miguel, Puno - 2022.	Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones disminuyen considerablemente la deflexión con aplicación de carga muerta, San Miguel, Puno - 2022.			Deflexión con aplicación de carga muerta (mm)
¿En qué medida las losas aligeradas no convencionales de edificaciones reducen la deflexión máxima por carga de servicio, San Miguel, Puno - 2022?	Evaluar en qué medida las losas aligeradas no convencionales de edificaciones reducen la deflexión máxima por carga de servicio, San Miguel, Puno - 2022.	Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones reducen significativamente la deflexión máxima por carga de servicio, San Miguel, Puno - 2022.		Pruebas de carga	Deflexión máxima por carga de servicio (mm)
¿En cuanto disminuyen las losas aligeradas no convencionales de edificaciones la deflexión por reserva de carga de servicio, San Miguel, Puno - 2022?	Determinar en cuanto disminuyen las losas aligeradas no convencionales de edificaciones la deflexión por reserva de carga de servicio, San Miguel, Puno - 2022.	Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones disminuyen notablemente la deflexión por reserva de carga de servicio, San Miguel, Puno - 2022.			Deflexión por reserva de carga de servicio (mm)
¿En qué medida las losas aligeradas no convencionales de edificaciones aminoran la deflexión por descarga, San Miguel, Puno - 2022?	Evaluar en qué medida las losas aligeradas no convencionales de edificaciones aminoran la deflexión por descarga, San Miguel, Puno - 2022.	Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones aminoran considerablemente la deflexión por descarga, San Miguel, Puno - 2022.			Deflexión por descarga (mm)
¿En cuanto disminuyen las losas aligeradas no convencionales de edificaciones las fisuras ocasionadas por pruebas de carga, San Miguel, Puno - 2022?	Estimar en cuanto disminuyen las losas aligeradas no convencionales de edificaciones las fisuras ocasionadas por pruebas de carga, San Miguel, Puno - 2022.	Las losas aligeradas no convencionales de edificaciones disminuyen significativamente las fisuras ocasionadas por pruebas de carga, San Miguel, Puno - 2022.			Fisuras ocasionadas por pruebas de carga (N)

Anexo 2. Matriz de operacionalización de variables


MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

TITULO:

Comportamiento estructural mediante pruebas de carga en losas aligeradas no convencionales de edificaciones, San Miguel, Puno - 2022.

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA/ NIVELES DE MEDICION
Losas aligeradas no convencionales de edificaciones (Variable independiente)	: Las losas aligeradas no convencionales son aquellos donde se utilizan materiales y/o procesos constructivos que no están reglamentados por normas nacionales. El Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción SENCICO es el responsable de la evaluación técnica de estos sistemas para su posterior aprobación (Gob.pe, 2022, p. 1).	Se realizara la caracterización de los agregados de la cantera Yocara, luego se realizara el diseño de mezclas para una resistencia requerida de $f_c=210 \text{ kg/cm}^2$, a continuación se elaboraran las probetas estructuradas de tamaño real y finalmente se realizara el respectivo curado a las probetas. Posterior a ello a los 28 días se realizara el desencofrado	Losas aligeradas con bloques de EPS	Propiedades mecánicas	Razón
				Dimensiones del perfil	Razón
			Losas aligeradas con viguetas pretensadas y bloques de EPS	Propiedades mecánicas	Razón
				Dimensiones del perfil	Razón
Comportamiento estructural mediante pruebas de carga (variable dependiente)	El comportamiento de los materiales que conforman el concreto armado depende de muchas variables, como las cargas y la interacción entre los materiales que componen una sección, esto significa que hay modelos con diferentes niveles de complejidad (Chang, 2015, p. 6). Desafortunadamente, los diseños a menudo se basan en requisitos de resistencia, ignorando las condiciones de control de la deformación vertical, la contracción y el agrietamiento, con los consiguientes problemas en las condiciones de servicio (Ramírez, De León y Valdez, 2011, p. 3).	Para determinar el comportamiento estructural se realizara los ensayos en laboratorio y la pruebas de campo a las probetas estructuradas a los 7, 14, 28 y 56 días, dependiendo del indicador.	Control de fisuras a los 7, 14 y 28 días	Longitud de fisuras (cm)	Razón
				Espesor de fisuras (mm)	Razón
			Resistencia a la Deflexión propia	Deflexión por peso propio (mm)	Razón
				Deflexión con aplicación de carga muerta (mm)	Razón
			Pruebas de carga	Deflexión máxima por carga de servicio (mm)	Razón
				Deflexión por reserva de carga de servicio (mm)	Razón
				Deflexión por descarga (mm)	Razón
				Fisuras ocasionadas por pruebas de carga (N)	Razón

Anexo 3. Fichas técnicas

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	Tesis: "Comportamiento estructural mediante pruebas de carga en losas aligeradas no convencionales de edificaciones, San Miguel, Puno - 2022".		
	AUTORES Bach: RODRIGUEZ DIAZ, CINTIA MILAGROS Bach: SULLCA CRUZ, JESUS EUSEBIO		
FICHA TECNICA N° 1			
DIMENSION: Control de Fisuras a los 7 , 14 y 28 días			
INDICADORES : Longitud de fisuras (cm) ,Espesor de fisuras (mm)			
Fecha de vaciado:			

Tipo de muestra	N° de fisura	Fecha	Hora de lectura	Longitud (cm)	Espesor (mm)		
					Superior	Medio	Inferior
	1						
	2						
	3						
	4						
	5						
	6						
	7						
	8						
	9						
	10						
	11						
	12						
	13						
	14						
	15						
	16						

OBSERVACIONES:

.....

EVALUACION DE EXPERTOS


N°	VALIDADOR	CIP	CALIFICACION (0-1)
1	Hehber Dante Yana Yana	153691	0.9
2	Carlos Eduardo Torres la Torre	266755	0.9
3	Jose Luis Rodriguez Diaz	135663	1


Hehber Dante Yana Yana
 INGENIERO CIVIL
 CIP 153691


CARLOS EDUARDO TORRES LA TORRE
 Ingeniero Civil
 CIP. 266755



Ing. Jose Luis Rodriguez Diaz
 CIP: 135663
 ING. CIVIL

	Tesis: "Comportamiento estructural mediante pruebas de carga en losas aligeradas no convencionales de edificaciones, San Miguel, Puno - 2022".
	AUTORES Bach: RODRIGUEZ DIAZ, CINTIA MILAGROS Bach: SULLCA CRUZ, JESUS EUSEBIO
FICHA TECNICA N° 2	
DIMENSION: Resistencia a la Deflexion propia	
INDICADOR: Deflexión por peso propio (mm)	

Muestra	Actividad	Fecha	Hora	Lectura (mm)	Temperatura promedio
	Inicio de desencofrado				
	termino de desencofrado				
	2da Lectura				
	3ra Lectura				
	4ta Lectura				
	5ta Lectura				
	6ta Lectura				
	7ma Lectura				
	8va Lectura				
	9na Lectura				
	10ma Lectura				
	11va Lectura				
	12 va Lectura				
	13va Lectura				
	14va Lectura				
	15va Lectura				
	16va Lectura				
	17va Lectura				

OBSERVACIONES:.....

EVALUACION DE EXPERTOS

N°	EVALUADOR	CIP	CALIFICACION (0-1)
1	Herber Dante Yana Yana	153691	0.9
2	Carlos Eduardo Torres la Torre	266755	0.9
3	Jose Luis Rodriguez Diaz	135663	1


 Herber Dante Yana Yana
 INGENIERO CIVIL
 CIP 153691


 CARLOS EDUARDO TORRES LA TORRE
 Ingeniero Civil
 CIP: 266755


 Jose Luis Rodriguez Diaz
 CIP: 135663
 ING. CIVIL



Tesis: "Comportamiento estructural mediante pruebas de carga en losas aligeradas no convencionales de edificaciones, San Miguel, Puno - 2022".

AUTORES Bach: RODRIGUEZ DIAZ, CINTIA MILAGROS
Bach: SULLCA CRUZ, JESUS EUSEBIO

FICHA TECNICA N° 3

DIMENSION: Resistencia a la Deflexion propia

INDICADOR: Deflexión con aplicacion de carga muerta (mm)

Muestra	Actividad	Fecha	Hora	Lectura (mm)	Temperatura promedio
	Lectura inicial				
	1ra Carga CM				
	2ra Carga CM				
	3ra Carga CM				
	4ra Carga CM				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				

OBSERVACIONES:.....
.....

EVALUACION DE EXPERTOS

Nº	EVALUADOR	CIP	CALIFICACION (0-1)
1	Hehber Dante Yana Yana	153691	0.9
2	Carlos Eduardo Torres la Torre	266755	0.9
3	Jose Luis Rodriguez Diaz	135663	1


Hehber Dante Yana Yana
INGENIERO CIVIL
CIP 153691


CARLOS EDUARDO TORRES LA TORRE
Ingeniero Civil
CIP-266755



Ing. Jose Luis Rodriguez Diaz
CIP: 135663
ING. CIVIL



Tesis: "Comportamiento estructural mediante pruebas de carga en losas aligeradas no convencionales de edificaciones, San Miguel, Puno - 2022".

AUTORES Bach: RODRIGUEZ DIAZ, CINTIA MILAGROS
Bach: SULLCA CRUZ, JESUS EUSEBIO

FICHA TECNICA N° 4

DIMENSION: Pruebas de carga

INDICADOR: Deflexión máxima por carga de servicio (mm)

Muestra	Actividad	Fecha	Hora	Lectura (mm)	Temperatura promedio
	Lectura inicial				
	1ra Carga CM+CV				
	2ra Carga CM+CV				
	3ra Carga CM+CV				
	4ra Carga CM+CV				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				

OBSERVACIONES:.....
.....

EVALUACION DE EXPERTOS

N°	EVALUADOR	CIP	CALIFICACION (0-1)
1	Hehber Dante Yana Yana	153691	0.9
2	Carlos Eduardo Torres la	266755	0.9
3	Jose Luis Rodriguez Diaz	135663	1

Hehber Dante Yana Yana
INGENIERO CIVIL
CIP 153691

CARLOS EDUARDO TORRES LA TORRE
Ingeniero Civil
CIP. 266755

Ing. Jose Luis Rodriguez Diaz
CIP: 135663
ING. CIVIL



Tesis: "Comportamiento estructural mediante pruebas de carga en losas aligeradas no convencionales de edificaciones, San Miguel, Puno - 2022".

AUTORES Bach: RODRIGUEZ DIAZ, CINTIA MILAGROS
Bach: SULLCA CRUZ, JESUS EUSEBIO

FICHA TECNICA N° 5

DIMENSION: Pruebas de carga

INDICADORES: Deflexión por reserva de carga de servicio (mm) ; Deflexión por descarga (mm)

Muestra	Actividad	Fecha	Hora	Lectura (mm)	Temperatura promedio
	Lectura inicial				
	1ra Carga CM+CV+R				
	2ra Carga CM+CV+R				
	3ra Carga CM+CV+R				
	4ra Carga CM+CV+R				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura sin carga R				
	Lectura				
	Lectura sin carga CV				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura				
	Lectura 24 horas				

OBSERVACIONES:.....
.....

EVALUACION DE EXPERTOS

N°	EVALUADOR	CIP	CALIFICACION (0-1)
1	Hehber Dante Yana Yana	153691	0.9
2	Carlos Eduardo Torres la Torre	266755	0.9
3	Jose Luis Rodriguez Diaz	135663	1

Hehber Dante Yana Yana
INGENIERO CIVIL
CIP 153691

CARLOS EDUARDO TORRES LA TORRE
Ingeniero Civil
CIP: 266755

Jose Luis Rodriguez Diaz
CIP: 135663
ING. CIVIL



Tesis: "Comportamiento estructural mediante pruebas de carga en losas aligeradas no convencionales de edificaciones, San Miguel, Puno - 2022".

AUTORES Bach: RODRIGUEZ DIAZ, CINTIA MILAGROS
Bach: SULLCA CRUZ, JESUS EUSEBIO

FICHA TECNICA N° 6

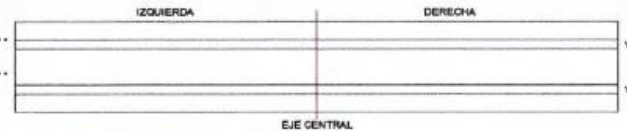
DIMENSION: Pruebas de carga

INDICADOR: Fisuras ocasionadas por pruebas de carga (n)

Fecha de colocado de CM	Fecha de colocado de CV	Fecha de colocado de carga R	Fecha de descarga
-------------------------	-------------------------	------------------------------	-------------------

Tipo de muestra	N° de fisura	Fecha	Longitud (cm)	Espesor (mm)			Distancia al eje central de la losa (m)	Lado respecto al eje central	Numero de vigueta
				Superior	Medio	Inferior			
	1								
	2								
	3								
	4								
	5								
	6								
	7								

OBSERVACIONES:



EVALUACION DE EXPERTOS

N°	VALIDADOR	CIP	CALIFICACION (0-1)
1	Hehber Dante Yana Yana	153691	0.9
2	Carlos Eduardo Torres la Torre	266755	0.9
3	Jose Luis Rodriguez Diaz	135663	1

Hehber Dante Yana Yana
Hehber Dante Yana Yana
INGENIERO CIVIL
CIP 153691

Carlos Eduardo Torres la Torre
CARLOS EDUARDO TORRES LA TORRE
Ingeniero Civil
CIP: 266755

Jose Luis Rodriguez Diaz
INGENIERO CIVIL
CIP: 135663
ING. CIVIL

Anexo 4. Certificados de Calibración

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 142 - 2021

Área de Metrología
 Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	210373	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	GESCON PERU SAC	
3. Dirección	Jr. Honduras Mza. B26 Lt. 7B Urb. Taparachi 1 Sector, Juliaca - San Roman - PUNO	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Equipo	PRENSA DE CONCRETO	
Capacidad	2000 kN	METROLOGIA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Marca	A&A INSTRUMENTS	
Modelo	STYE-2000	
Número de Serie	190997	
Procedencia	CHINA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	
Marca	MC	
Modelo	LM-02	
Número de Serie	NO INDICA	
Resolución	0,01 / 0,1 kN (*)	
Ubicación	LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO - GESCON PERU SAC	
5. Fecha de Calibración	2021-12-09	

Fecha de Emisión	Jefe del Laboratorio de Metrologia	Sello
2021-12-10		
	Firmado digitalmente por Eleazar Cesar Chavez Raraz Fecha: 2021.12.10 11:45:28 -05'00'	

Anexo 5. Resultados de laboratorio de los agregados



PROYECTO : COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL MEDIANTE PRUEBAS DE CARGA EN LOSAS ALIGERADAS NO CONVENCIONALES DE EDIFICACIONES, SAN MIGUEL, PUNO - 2022
SOLICITANTE : TESISISTAS - RODRIGUEZ DIAZ, CINTIA MILAGROS - SULLCA CRUZ, JESUS EUSEBIO
CANTERA : YOCARA
UBICACIÓN : SAN MIGUEL
FECHA : 05 DE ABRIL DEL 2022

ANALISIS MECANICO Y PROPIEDADES FISICAS DE LOS AGREGADOS

ARENA

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Especifico y Absorción Método del Picnómetro	
3/8"	0	0.00	0.00	100.00	A	-Peso de muestra secada al horno = 484.83
N° 4	5.15	1.03	1.03	98.97	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) = 500.00
N° 8	40.47	8.09	9.12	90.88	Wc	-Peso del picnómetro con agua = 1317.51
N° 16	59.02	11.80	20.93	79.07	W	-Peso del Pic. + muestra + agua = 1620.29
N° 30	113.39	22.68	43.61	56.39	PESO ESPECIFICO	
N° 50	182.22	36.44	80.05	19.95	Wc+B =	1818 Wc+B-W = 197
N° 100	74.13	14.83	94.88	5.12	Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = 2.54$
N° 200	11.87	2.37	97.25	2.75	ABSORCION	
FONDO	13.75	2.75	100.00	0.00	B =	500.00 B-A = 15.17
SUMA	500.00	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = 3.13$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						
Mf = MODULO DE FINEZA					2.50	

PIEDRA

Malla	Peso Retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa	Peso Especifico y Absorción Método del Picnómetro	
2"	0	0.00	0.00	100	A	-Peso de muestra secada al horno = 779.62
1 1/2"	0	0.00	0.00	100.00	B	-Peso de muestra saturada seca (SSS) = 800.00
1"	243	6.94	6.94	93.06	Wc	-Peso del picnómetro con agua = 1317.51
3/4"	1278	36.51	43.46	56.54	W	-Peso del Pic. + muestra + agua = 1803.94
1/2"	1383	39.51	82.97	17.03	PESO ESPECIFICO	
3/8"	430	12.29	95.26	4.74	Wc+B =	2118 Wc+B-W = 314
1/4"					Pe =	$\frac{B}{Wc+B-W} = 2.55$
N° 4	166	4.74	100.00	0.00	ABSORCION	
FONDO	0.00	0.00	100.00	0.00	B =	800.00 B-A = 20.38
SUMA	3500	100.00			Abs =	$\frac{(B-A) \times 100}{A} = 2.61$
Observaciones sobre el Análisis Granulométrico						

OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO Y ETIQUETADAS POR EL SOLICITANTE



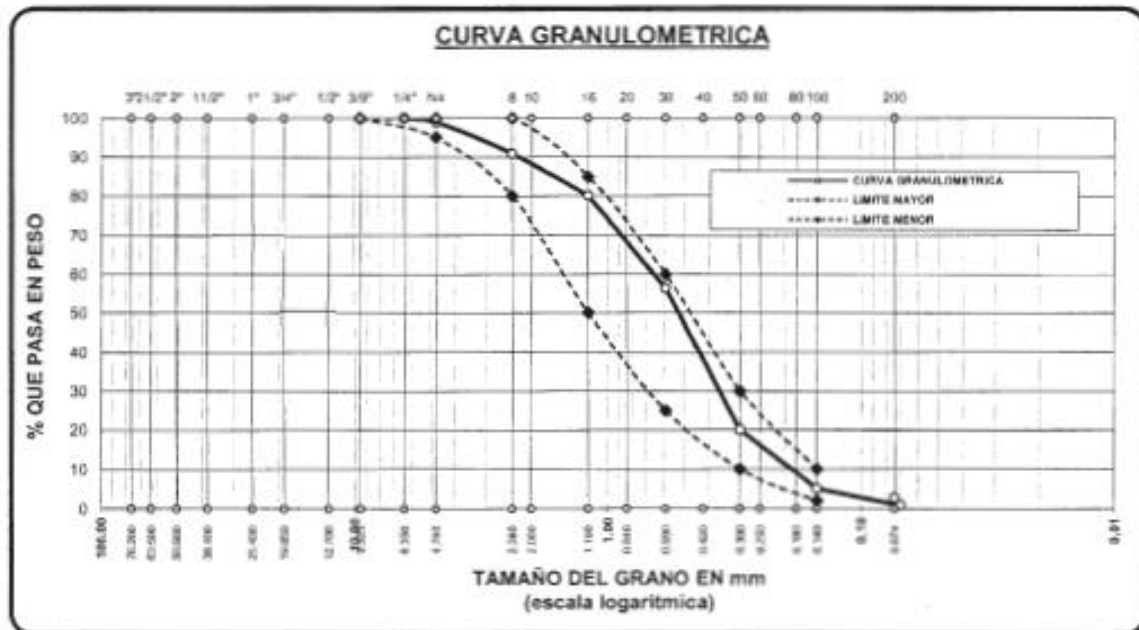


GESCON PERU SAC
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

PROYECTO : COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL MEDIANTE PRUEBAS DE CARGA EN LOSAS ALIGERADAS NO CONVENCIONALES DE EDIFICACIONES, SAN MIGUEL, PUÑO - 2022
SOLICITANTE : TESISTAS - RODRIGUEZ DIAZ, CINTIA MILAGROS - SULLCA CRUZ, JESUS EUSEBIO
CANTERA : YOCARA
LUGAR : SAN MIGUEL
FECHA : 05 DE ABRIL DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO	% RET. ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	100%	Peso Inicial = 500 Modulo de Fineza = 2.88 % que pasa la malla 200 = 0.99 OBSERVACIONES:
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	95 - 100 %	
No4	4.750	5.15	1.03	1.03	98.97	80 - 100 %	
No10	2.000	40.47	8.09	9.12	90.88		
No20	0.840	59.02	11.80	19.90	80.10	50 - 85 %	
No40	0.420	113.39	22.68	43.67	56.39	25 - 60 %	
No60	0.250	182.22	36.44	80.05	19.95	10 - 30 %	
No100	0.149	74.13	14.83	94.88	5.22	2-10%	
No200	0.074	11.87	2.37	97.25	2.75		
BASE		11.75	2.75	100	0		
TOTAL		500.00	100.00				
% PERDIDA		2.75					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO Y ETIQUETADAS POR EL SOLICITANTE



Wilder Calquehuancu Curo
 INGENIERO EN GEOTECNIA
 CIP N° 209171

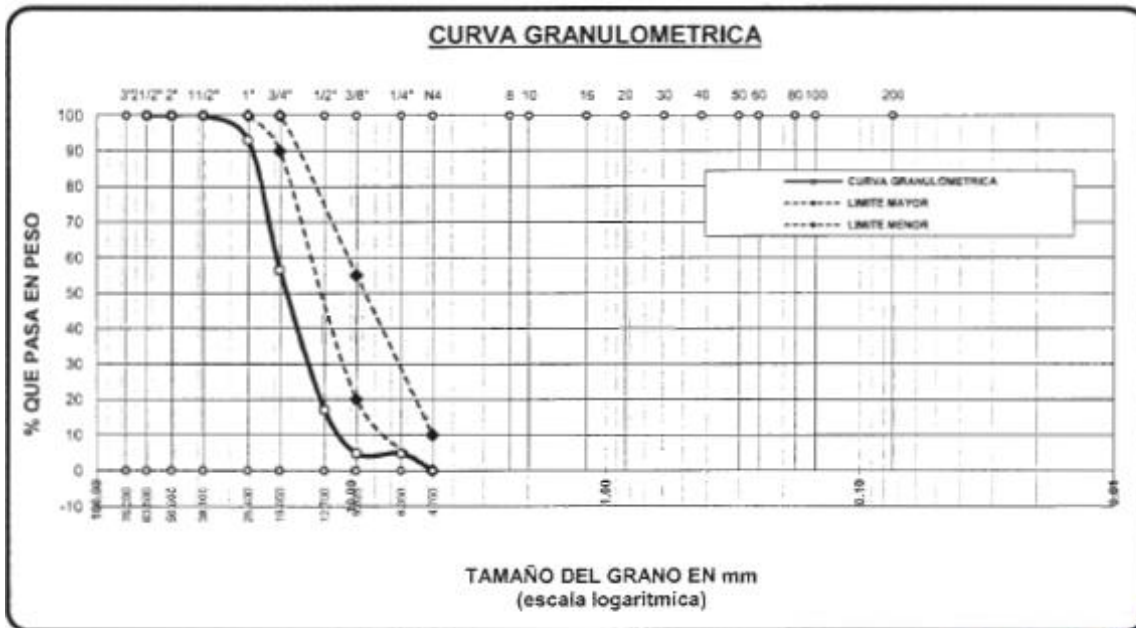


GESCON PERU SAC
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

PROYECTO : COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL MEDIANTE PRUEBAS DE CARGA EN LOSAS ALIGERADAS NO CONVENCIONALES DE EDIFICACIONES, SAN MIGUEL, PUNO - 2022
 SOLICITANTE : TESISTAS - RODRIGUEZ DIAZ, CINTIA MILAGROS - SULLCA CRUZ, JESUS EUSEBIO
 CANTERA : YOCARA
 LUGAR : SAN MIGUEL
 FECHA : 05 DE ABRIL DEL 2022

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial = 3500 Tamaño máx. = 3/4" OBSERVACIONES:
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	100 %	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	90 - 100 %	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		
1"	25.400	243.00	6.94	6.94	93.06	20 - 55 %	
3/4"	19.050	1278.00	36.51	*43.46	56.54		
1/2"	12.700	1383.00	39.51	82.97	17.03		
3/8"	9.525	430.00	12.29	95.26	4.74		
1/4"	6.350	0.00	0.00	95.26	4.74		
Nº4	4.760	166.00	4.74	100.00	0.00	0 - 10 %	
BASE		0.00	0.00	0.0	100.0		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PERDIDA		0.00					



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO Y ETIQUETADAS POR EL SOLICITANTE



Wilder Paquetuñanca Coto
 INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 NIP Nº 200171

Anexo 6. Diseño de las losas aligeradas.

DISEÑO DE LOSA ALIGERADA CONVENCIONAL - METODO ACI

I) DATOS DE DISEÑO

f_c	210	kg/cm ²
f_y	4200	kg/cm ²
Sobre Carga (S/C)	300	kg/m ²
Peso Piso Terminado	100	kg/m ²
Peso Tabiquería Fija	150	kg/m ²

II) DESARROLLO:

1. CALCULO DEL ESPESOR DE LA LOSA ALIGERADA

$$e = \frac{L}{25} = \frac{5.80}{25} = 0.23$$

$$e = 0.25 \text{ m}$$

2. METRADO DE CARGAS

a) Carga Muerta:

Peso Losa Aligerada	320	kg/cm ²	
Peso Piso terminado	100	kg/cm ²	
Peso Tabiquería	150	kg/cm ²	
PESO TOTAL (WD)	570	kg/cm²	-> WD = 228.00

b) Carga Viva:

PESO TOTAL (WL)	300	kg/cm²	-> WL = 120.00
------------------------	------------	--------------------------	-----------------------

c) Carga Ultima (de Diseño):

$W_u = 1.4WD + 1.7WL$	
W_u	1308 kg/m ²
W_u	1.308 Tn/m ²

d) Carga Ultima por Vigueta:

$W_u \text{ Vigueta} = W_u \cdot b$	
W_u	523.2 kg/m ²
W_u	0.5232 Tn/m ²

3. CALCULO DE MOMENTOS ULTIMOS RESISTENTES:

$$M_{ur} = \phi \cdot \omega \cdot f'_c \cdot b_w \cdot d^2 (1 - 0.59\omega)$$

r	2.50	cm
e	25.00	cm
ϕ	0.90	
w_{max}	0.31875	
d	22.50	cm
b	40	cm
b_w	10	cm
f'_c	210	
f'_y	4200	

4.1 Mur apoyos:

$M_{ur} =$	247627.93	kg-cm
	2476.28	kg-m

4.1 Mur tramos:

$M_{ur} =$	990511.74	kg-cm
	9905.12	kg-m

**4. CALCULO DE LOS MOMENTOS MÁXIMOS - MOMENTOS ACTUANTES
(METODO SIMPLIFICADO DE LOS COEFICIENTES ACI):**

a) Calculo del acero negativo por vigueta

$M_u = W_u \cdot L^2 / n$			
L=	5.8	m	
n=	24		
M _u =	733.352	kg-m	M _u < M _{ur} Cumple

*** Area del acero**

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b}$$

A _s =	0.91	cm ²	
a=	2.13		2.13

*** Elección del acero**

1 φ	12 mm	=	1.13	cm ²
-----	-------	---	------	-----------------

b) Calculo del acero positivo por vigueta

$M_u = W_u \cdot L^2 / n$			
L=	5.8	m	
n=	8		
M _u =	2200.056	kg-m	M _u < M _{ur} Cumple

*** Area del acero**

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot \left(d - \frac{a}{2}\right)}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b}$$

A _s =	3.08	cm ²	
a=	7.26		7.26

*** Elección del acero**

1 φ	5/8"	=	1.99	cm ²
1 φ	12 mm	=	1.13	cm ²
			3.12	cm ²

c) Calculo del acero por temperatura

$A_{st} = \rho_t \cdot b \cdot d$	p =	0.0018	
	b =	100 cm	A _{st} = 0.90 cm ²
	d =	5 cm	

* consideramos: A_s = 1/4" Area = 0.32 cm²

$n = A_s / \phi$	N° Varillas	n =	2.81	->	3 Varillas
------------------	-------------	-----	------	----	------------

$s = \frac{b}{N \cdot Var}$	S ₁	S ₁ =	33.33 cm
-----------------------------	----------------	------------------	----------

Norma E.909	S ₂	S _{max} = 40.00 cm	S _{min} = 25.00 cm	espaciamiento	25.00	cm
-------------	----------------	-----------------------------	-----------------------------	---------------	-------	----

A _s =	1 φ	1/4"	@	25.00	cm
------------------	-----	------	---	-------	----

DISEÑO DE LOSA ALIGERADA NO CONVENCIONAL CON BLOQUES DE EPS - METODO ACI

I) DATOS DE DISEÑO

$f'c$	210	kg/cm ²
$f'y$	4200	kg/cm ²
Sobre Carga (S/C)	300	kg/m ²
Peso Piso Terminado	100	kg/m ²
Peso Tabiquería Fija	150	kg/m ²

II) DESARROLLO:

1. CALCULO DEL ESPESOR DE LA LOSA ALIGERADA

$$e = \frac{L}{25} = \frac{5.80}{25} = 0.23$$

$$e = 0.25 \text{ m}$$

2. METRADO DE CARGAS

a) Carga Muerta:

Peso Losa Aligerada	250	kg/cm ²	
Peso Piso terminado	100	kg/cm ²	
Peso Tabiquería	150	kg/cm ²	
PESO TOTAL (WD)	500	kg/cm²	\rightarrow WD = 200.00

b) Carga Viva:

PESO TOTAL (WL)	300	kg/cm²	\rightarrow WL = 120.00
------------------------	------------	--------------------------	----------------------------------

c) Carga Ultima (de Diseño):

$W_u = 1.4WD + 1.7WL$	
W_u	1210 kg/m ²
W_u	1.21 Tn/m ²

d) Carga Ultima por Vigueta:

$W_u \text{ Vigueta} = W_u \cdot b$	
W_u	484 kg/m ²
W_u	0.484 Tn/m ²

3. CALCULO DE MOMENTOS ULTIMOS RESISTENTES:

$$M_{ur} = \phi \cdot \omega \cdot f'c \cdot b_w \cdot d^2 (1 - 0.59\omega)$$

r	2.50	cm
e	25.00	cm
ϕ	0.90	
w_{max}	0.31875	
d	22.50	cm
b	40	cm
b_w	10	cm
$f'c$	210	
$f'y$	4200	

4.1 Mur apoyos:

$M_{ur} =$	247627.93	kg-cm
	2476.28	kg-m

4.1 Mur tramos:

$M_{ur} =$	990511.74	kg-cm
	9905.12	kg-m

4. CALCULO DE LOS MOMENTOS MÁXIMOS - MOMENTOS ACTUANTES
(METODO SIMPLIFICADO DE LOS COEFICIENTES ACI):

a) Calculo del acero negativo por vigueta

$M_u = W_u \cdot L^2 / n$			
L=	5.8	m	
n=	24		$M_u < M_{ur}$
M_u =	678.406667	kg-m	Cumple

* Area del acero

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b}$$

A_s =	0.83	cm ²	
a=	1.96		1.96

* Elección del acero

1 ϕ	12 mm	=	1.13	cm ²
----------	-------	---	------	-----------------

b) Calculo del acero positivo por vigueta

$M_u = W_u \cdot L^2 / n$			
L=	5.8	m	
n=	8		$M_u < M_{ur}$
M_u =	2035.22	kg-m	Cumple

* Area del acero

$$A_s = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot (d - \frac{a}{2})}$$

$$a = \frac{A_s \cdot f_y}{0.85 \cdot f'_c \cdot b}$$

A_s =	2.81	cm ²	
a=	6.60		6.62

* Elección del acero

1 ϕ	3/4"	=	2.84	cm ²
			2.84	cm ²

c) Calculo del acero por temperatura

$A_{st} = \rho_t \cdot b \cdot d$	$\rho_t =$	0.0018	
	$b =$	100 cm	$A_{st} =$ 0.90 cm ²
	$d =$	5 cm	

* consideramos: $A_s = 1/4"$ Area = 0.32 cm²

$n = A_s / \phi$	N° Varillas	n =	2.81	->	3 Varillas
------------------	-------------	-----	------	----	------------

$S = \frac{b}{N \text{ Var}}$	S_1	$S_1 =$	33.33 cm
-------------------------------	-------	---------	----------

Norma E.888	S_2	S_{max} 40.00 cm	S_{min} 25.00 cm	espaciamiento	25.00	cm
-------------	-------	--------------------	--------------------	---------------	-------	----

$A_s =$	1 ϕ	1/4"	@	25.00	cm
---------	----------	------	---	-------	----

DISEÑO DE LOSA ALIGERADA NO CONVENCIONAL CON VIGUETAS PRETENSADAS Y BLOQUES DE EPS - METODO ACI

I) DATOS DE DISEÑO

f_c	210	kg/cm ²
f_y	18900	kg/cm ²
Sobre Carga (S/C)	300	kg/m ²
Peso Piso Terminado	100	kg/m ²
Peso Tabiqueria Fija	150	kg/m ²

II) DESARROLLO:

1. CALCULO DEL ESPESOR DE LA LOSA ALIGERADA

$$e = \frac{L}{25} = \frac{5.80}{25} = 0.23$$

$$e = 0.25 \text{ m}$$

2. METRADO DE CARGAS

a) Carga Muerta:

Peso Losa Aligerada	250	kg/cm ²
Peso Piso terminado	100	kg/cm ²
Peso Tabiqueria	150	kg/cm ²
PESO TOTAL (WD)	500	kg/cm²

-> **WD = 250.00**

b) Carga Viva:

PESO TOTAL (WL)	300	kg/cm²
------------------------	------------	--------------------------

-> **WL = 150.00**

c) Carga Ultima (de Diseño):

$W_u = 1.4WD + 1.7WL$	
W_u	1210 kg/m ²
W_u	1.21 Tn/m ²

d) Carga Ultima por Vigueta:

$W_u \text{ Vigueta} = W_u \cdot b$	
W_u	605 kg/m ²
W_u	0.605 Tn/m ²

CUMPLE
623 kg/m ²
Según Esp. Tecnicas Techomax Vigueta pretensada tipo V-104

3. CALCULO DE MOMENTOS ULTIMOS RESISTENTES:

$$M_{ur} = \phi \cdot \omega \cdot f'_c \cdot b_w \cdot d^2 (1 - 0.59\omega)$$

r	2.50	cm
e	25.00	cm
ϕ	0.90	
w_{max}	0.31875	
d	22.50	cm
b	50	cm
b_w	10	cm
f'_c	210	
f_y	18900	

4.1 Mur apoyos:

$M_{ur} =$	247627.93	kg-cm
	2476.28	kg-m

4.1 Mur tramos:

$M_{ur} =$	1238139.67	kg-cm
	12381.40	kg-m

**4. CALCULO DE LOS MOMENTOS MÁXIMOS - MOMENTOS ACTUANTES
(METODO SIMPLIFICADO DE LOS COEFICIENTES ACI):**

a) Calculo del Mu negativo por vigueta

$Mu = Wu \cdot L^2 / n$			
L=	5.8	m	
n=	24		
Mu=	848.01	kg-m	Mu < Mur Cumple

b) Calculo del Mu positivo por vigueta

$Mu = Wu \cdot L^2 / n$			
L=	5.8	m	
n=	8		
Mu=	2544.025	kg-m	Mu < Mur Cumple

c) Calculo del acero por temperatura

$A_{st} = \rho_t \cdot b \cdot d$	p =	0.0018	
	b =	100 cm	Ast= 0.90 cm ²
	d =	5 cm	

* consideramos: $A_s = 1/4"$ Area = 0.32 cm²

$n = A_s / 0$	N° Varillas	n =	2.81	->	3 Varillas
---------------	-------------	-----	------	----	------------

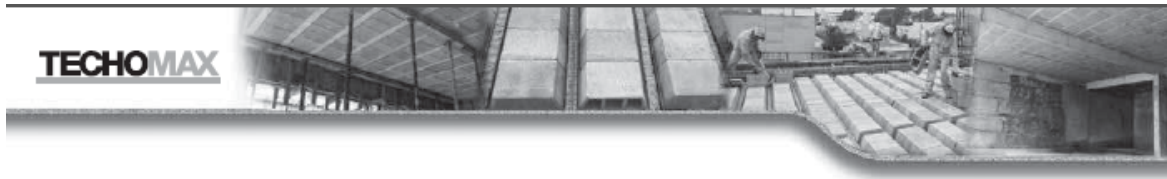
$s = \frac{b}{N \cdot Var}$	S ₁	S ₁ =	33.33 cm
-----------------------------	----------------	------------------	----------

Norma E.989	S ₂	S _{max} 40.00 cm	S _{min} 25.00 cm	espaciamiento	25.00 cm
-------------	----------------	---------------------------	---------------------------	---------------	----------

A _s =	1φ	1/4"	@	25.00 cm
------------------	----	------	---	----------

Según las especificaciones técnicas del fabricante de las viguetas pretensadas Techomax para el presente estudio se eligió las viguetas de tipo V-104, para una L = 5.8 m, espesor = 25cm, complemento = bovedilla de poliestireno, d = 0.50 m, pp 250 Kg/m², Wu= 623 Kg/m. Se adjunta dichas especificaciones en los anexos del presente estudio. Tener en cuenta que estas viguetas pretensadas incluyen el acero negativo y positivo de la losa aligerada, siendo solo necesario la malla de temperatura.

Anexo 7. Especificaciones técnicas de las viguetas



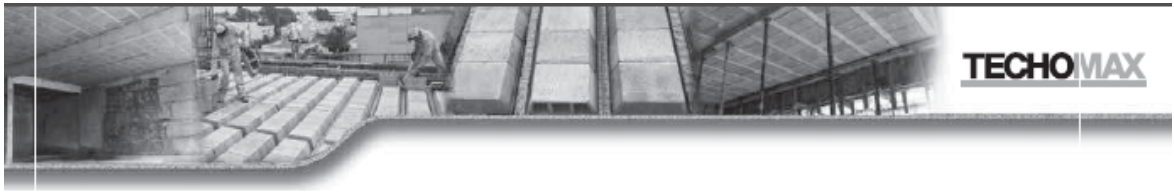
- **Confitillo:**
El agregado grueso utilizado corresponde al confitillo (huso N°8) de la norma ASTM C-33 proveniente de la cantera Flor de Nieve. Este confitillo cumple con las especificaciones de la norma ASTM C-33 "Standard Specification for Concrete Aggregates".
- **Acero pretensado**
Alambres de 4 mm y 5mm
Acero de baja relajación
Endentados.
Cumplen con la Norma ASTM 421 y UNE-36-094Y1860

Características de las viguetas pretensadas Techomax

Serie	Area de acero (cm ²)	fpu (Kg/cm ²)	f'c (kg/cm ²)	ep (cm)	Volumen vigueta (m ³)	Peso vigueta kg/ml
V101	0.378	18900	350	0.54	0.0072	17.0
V102	0.504	18900	350	1.09	0.0072	17.0
V103	0.630	18900	420	1.01	0.0072	17.0
V104	0.784	18900	420	1.09	0.0072	17.0
V105	0.980	18900	500	1.31	0.0072	17.0

fpu : resistencia última del acero
f'c : resistencia especificada del concreto
ep : excentricidad del acero de la vigueta

TIPOS DE VIGUETAS				
V-101	V-102	V-103	V-104	V-105
3Æ4mm	4Æ4mm	5Æ4mm	4Æ5mm	5Æ5mm



ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS MATERIALES

Elementos que conforman el sistema:

- ✦ **Viguetas pretensadas** (que reemplazan al acero positivo de la losa aligerada)
- ✦ **Bovedilla de Arcilla y Accesorios:**
 - Media Bovedilla 15@50cm
 - Bandeja Arcilla Sanitaria @50 y @60cm
- ✦ **Bovedilla de Concreto (20% Bov Tapadas) y Accesorios**
 - Media Bovedilla 15@50cm
 - Bandeja Sanitaria @50cm
 - Media Bandeja Concreto @50cm
- ✦ **Mix (bandeja de Concreto más bloques de poliestireno)**
 - Poliestireno

Combinaciones de Peraltes y Espaciamientos:

Aligerado Techomax con Bovedilla de Arcilla

Peralte	Espaciamiento	Series
17 cm	@50	V101,V102,V103,V104,V105
20,25,30 cm	@50	V101,V102,V103,V104,V105

Aligerado Techomax con Bovedilla de Poliestireno

Peralte	Espaciamiento	Series
17, 20, 25, 30cm	@50 y @60	V101, V102, V103, V104, V105

Aligerado Techomax con Bovedilla de Concreto

Peralte	Espaciamiento	Series
20, 25cm	@50	V101, V102, V103, V104, V105

VIGUETAS PRETENSADAS:

Las viguetas pretensadas Techomax cumplen con los requerimientos de la Norma Peruana de Estructuras capítulo 18- Concreto Preesforzado y con el Código De Concreto Estructura ACI 318-02.

Constituidas por los sgtes. materiales:

- **Cemento:**
Cemento Portland Sol tipo I suministrado por Cementos Lima S.A., el cual cumple con las especificaciones de la norma ASTM C-150 "Standard Specification for Portland Cement".
- **Arena gruesa:**
"La arena gruesa proviene de canteras ubicadas en Lima. Esta arena cumple con las especificaciones de la norma ASTM C-33 "Standard Specification for Concrete Aggregates".



BOVEDILLAS DE ARCILLA

Los ladrillos cumplen con los requisitos especificados en la norma Técnica Peruana Itintec 331.017 en cuanto a lo que se refiere a materia prima y con la Norma Itintec 331.040 para techos y entrepisos aligerados

Se admitirá una tolerancia de +2% de las dimensiones nominales. Los ladrillos ensayados a la flexotracción según la Norma Técnica ITINTEC 331.018 deberán cumplir con los valores sgtes:

Resistencia mínima por ladrillo = 2.00 daN/cm²

BOVEDILLAS DE CONCRETO

La materia prima utilizada en la producción de las bovedillas cumplen con las Normas Técnicas Peruanas 334.009 (cemento), 400.037 (agregados), y 334.087 (aditivos).

Características:

ALTURA DE LOSA (cm)	MATERIAL BOVEDILLA	ALTURA DE BOVEDILLA (cm)	ANCHO (cm)	APOYOS (cm)	LARGO (cm)	PESO MAXIMO (kg)	VOLUMEN (cm ³)
20 @ 50	Concreto	15	39	1.74	20	10.50	0.01148
25 @ 50	Concreto	20	39	1.74	20	12.50	0.01508
17 @ 50	Arcilla	12	39	1.74	25	9.00	0.01200
20 @ 50	Arcilla	15	39	1.74	25	9.40	0.01500
25 @ 50	Arcilla	20	39	1.74	25	12.30	0.01900
30 @ 50	Arcilla	25	39	1.74	25	15.60	0.02400
17 @ 60	Poliestireno	12	49	1.74	100	0.603	0.06030
17 @ 50	Poliestireno	12	39	1.74	100	0.483	0.04830
20 @ 50	Poliestireno	15	39	1.74	100	0.593	0.05934
25 @ 50	Poliestireno	20	39	1.74	100	0.771	0.07714
30 @ 50	Poliestireno	25	39	1.74	100	0.960	0.09596
17 @ 50	Bandeja + Bloque de Poliestireno	4 + 8	39	1.74	20	8.20	0.01000
20 @ 50	Bandeja + Bloque de Poliestireno	4 + 11	39	1.74	20	8.20	0.01219
25 @ 50	Bandeja + Bloque de Poliestireno	4 + 16	39	1.74	20	8.20	0.01622
30 @ 50	Bandeja + Bloque de Poliestireno	4 + 21	39	1.74	20	8.20	0.02025



VIGUETAS PRETENSADAS

CONSIDERACIONES:

Peso Propio (pp), Piso terminado (100 Kg/m²), S/C

Se considera una losa simplemente apoyada: $wL^2/8$

ALTURA DE LOSA	25	cm
ESPACIAMIENTO A EJES	50	cm
COMPLEMENTO	BOVEDILLA DE POLIESTIRENO	

a = 0,5
 pp (kg/m²) = 250
 wu (kg/m) = 353

L (m)	Sobrecarga - S/C (kg/m ²)								
	100	160	200	260	300	360	400	460	600
2,50									
2,60									
2,70									
2,80									
2,90									
3,00									
3,10									
3,20									
3,30									
3,40				V101					
3,50									
3,60									
3,70									
3,80									
3,90									
4,00									
4,10									
4,20									
4,30									
4,40									
4,50									
4,60									
4,70									
4,80									
4,90									
5,00									
5,10									
5,20									
5,30									
5,40									
5,50									
5,60									
5,70									
5,80									
5,90									
6,00									
6,10									
6,20									
6,30									
6,40									
6,50									
6,60									
6,70									
6,80									
6,90									
7,00									
7,10									
7,20									
7,30									
7,40									
7,50									
7,60									
7,70									

TECHOMAX

* Se sugiere colocar soleras y puntales debajo de los Empalmes de las Bovedillas de Poliestireno y retirarlas despues de 24 horas

Anexo 8. Resultados de laboratorio Resistencia a la Compresión.



ENSAYO ROTURA DE BRIQUETAS

NTP 339.034

PROYECTO : "COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL MEDIANTE PRUEBAS DE CARGA EN LOSAS ALIGERADAS NO CONVENCIONALES DE EDIFICACIONES, SAN MIGUEL, PUNO - 2022 ."

SOLICITANTE : TESISTAS - RODRIGUEZ DIAZ, CINTIA MILAGROS - SULLCA CRUZ, JESUS EUSEBIO

LUGAR : DISTRITO DE SAN MIGUEL - PROVINCIA DE SAN ROMAN - DEPARTAMENTO DE PUNO

FECHA : 06 DE MAYO DEL 2022

N°	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	CARGA	Ø	AREA	ESF. ROTURA	F'c	FECHA	FECHA	EDAD	%
		Kg	cm	cm2	Kg/cm2	Kg/cm2	VACIADO	ROTURA	DIAS	
1	BRIQUETA DE PRUEBA 14.95 x 30.00	29870.0	14.95	175.54	170.16	210	08/04/2022	15/04/2022	7	81.03%
	LOSA ALIGERADA									
2	BRIQUETA DE PRUEBA 14.88 x 30.00	29350.0	14.88	173.9	168.78	210	08/04/2022	15/04/2022	7	80.37%
	LOSA ALIGERADA									
3	BRIQUETA DE PRUEBA 14.90 x 30.00	29640.0	14.90	174.37	169.98	210	08/04/2022	15/04/2022	7	80.94%
	LOSA ALIGERADA									
4	BRIQUETA DE PRUEBA 14.95 x 30.00	34520.0	14.95	175.54	196.65	210	08/04/2022	22/04/2022	14	93.64%
	LOSA ALIGERADA									
5	BRIQUETA DE PRUEBA 14.89 x 30.00	34200.0	14.89	174.13	196.40	210	08/04/2022	22/04/2022	14	93.53%
	LOSA ALIGERADA									
6	BRIQUETA DE PRUEBA 14.92 x 30.00	33960.0	14.92	174.83	194.25	210	08/04/2022	22/04/2022	14	92.50%
	LOSA ALIGERADA									
7	BRIQUETA DE PRUEBA 14.96 x 30.00	38660.0	14.96	175.77	219.95	210	08/04/2022	06/05/2022	28	104.74%
	LOSA ALIGERADA									
8	BRIQUETA DE PRUEBA 14.84 x 30.00	38120.0	14.84	172.96	220.40	210	08/04/2022	06/05/2022	28	104.95%
	LOSA ALIGERADA									
9	BRIQUETA DE PRUEBA 15.02 x 30.00	39250.0	15.02	177.19	221.51	210	08/04/2022	06/05/2022	28	105.48%
	LOSA ALIGERADA									

OBSERVACIONES :

LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



