

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Escuela Profesional de Ingeniería Civil**



**TESIS**

“Análisis del comportamiento estructural en losas aligeradas con la integración de losas colaborantes del sistema STEEL DECK reemplazando a la bloqueta de techo para la construcción de viviendas unifamiliares, en Abancay - Apurímac 2022”

Presentado por:

**Bach. JHORDAN ADERSON CRUZ LOPEZ**

Para optar por el título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Abancay – Apurímac – Perú  
2023**

## **Tesis**

“Análisis del comportamiento estructural en losas aligeradas con la integración de losas colaborantes del sistema STEEL DECK reemplazando a la bloqueta de techo para la construcción de viviendas unifamiliares, en Abancay - Apurímac 2022”

### **Línea de Investigación:**

Gestión de la infraestructura para el desarrollo sostenible.

### **Asesor:**

Ing. Hugo Virgilio Acosta Valer



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL EN LOSAS  
ALIGERADAS CON LA INTEGRACIÓN DE LOSAS COLABORANTES DEL  
SISTEMA STEEL DECK REEMPLAZANDO A LA BLOQUETA DE TECHO  
PARA LA CONSTRUCCIÓN DE VIVIENDAS UNIFAMILIARES, EN  
ABANCAY - APURÍMAC 2022”.**

Presentado por el Bach. **JHORDAN ADERSON CRUZ LOPEZ**, para optar el  
Título profesional de: **INGENIERO CIVIL**.

Sustentado y aprobado el 24 de mayo del 2023, ante el jurado:

**Presidente:** Mag. Marco Antonio Gálvez Quintana

**Primer Miembro:** Ph. D. Abbon Alex Vasquez Ramírez

**Segundo Miembro:** Mg. Juan Franks Valenzuela Carrasco

**ASESOR:** Ing. Hugo Virgilio Acosta Valer

## **DEDICATORIA**

La presente tesis la dedico a mi Madre Marina Lopez Limachi, por su apoyo incondicional en todo momento de mi vida, por ser el pilar fundamental de mi formación personal y profesional; a mi Padre Freddy Cruz Huaman, por ser parte de mi motivación para la elaboración y ejecución de la tesis porque desde pequeño me inculcó la curiosidad por saber temas relacionados a la Ingeniería Civil; a mi hermana Ruth Sharmely, por ser mi impulsadora para superarme cada día y apoyarme siempre que la necesito. Del mismo modo quisiera dedicar la presente tesis a la memoria de mi tío Benito Lopez Limachi, por su apoyo en mi formación humana y mostrarle mi eterno agradecimiento.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a la Universidad Tecnológica de los Andes, por mi formación académica y ser la auspiciadora principal de esta investigación. Un especial agradecimiento al Sr. Rollin Buse y a Rollin Buse Visconti, en representación de la empresa Aceros Procesados S.A. por confiar en mi proyecto de investigación y haberme apoyado para poder culminar la presente tesis de investigación. A mis asesores Ing. Hugo Virgilio Acosta Valer e Ing. Fredy Quispe Ferrel, por sus consejos y apoyo en todo momento para poder realizar de la mejor manera la investigación. Así también agradecer a cada uno de los Ingenieros, trabajadores, bachilleres y practicantes de CISMID-UNI por haberme brindado las facilidades para poder elaborar mis especímenes en sus instalaciones y ejecutar adecuadamente los ensayos de laboratorio requeridos, en especial al Dr. Miguel Diaz Figueroa y al Ing. Jairo Cueva por sus consejos para realizar los ensayos y direccionar adecuadamente la investigación. Y por último, pero no menos importante, agradecer a mis familiares y amigos que participaron en esta investigación ya sea con su ayuda, sus consejos desinteresados y su apoyo en la planificación de cada una de las fases de ejecución de la investigación.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA	
POSPORTADA	
DEDICATORIA .....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ACRÓNIMOS.....	xix
RESUMEN .....	xx
ABSTRACT.....	xxi
INTRODUCCIÓN .....	xxii
I. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	23
1.1. Realidad problemática.....	23
1.2. Identificación y Formulación de problemas.....	25
1.2.1. Problema General .....	25
1.2.2. Problemas Específicos.....	26
1.3. Justificación.....	26
1.4. Objetivos.....	28
1.4.1. Objetivo General.....	28
1.4.2. Objetivos Específicos .....	28
1.5. Delimitación de la Investigación.....	28

1.5.1. Delimitación espacial .....	28
1.5.2. Delimitación temporal .....	29
1.5.3. Delimitación social .....	29
1.5.4. Delimitación conceptual .....	29
1.6. Viabilidad de la Investigación.....	30
1.7. Limitaciones.....	31
II. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO .....	32
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	32
2.1.1. A nivel internacional .....	32
2.1.2. A nivel nacional.....	34
2.1.3. A nivel regional y local .....	38
2.2. Bases teóricas.....	39
2.2.1. Losas.....	39
2.2.2. Concreto.....	41
2.2.3. Acero .....	41
2.2.4. Flexión pura.....	44
2.3. Marco conceptual.....	47
III. CAPITULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	52
3.1. Hipótesis.....	52
3.1.1. Hipótesis general .....	52
3.1.2. Hipótesis específicas.....	52
3.2. Método.....	52
3.3. Tipo de investigación.....	54

3.4. Nivel o alcance de investigación.....	54
3.5. Diseño de investigación.....	55
3.6. Operacionalización de variables.....	55
3.7. Población, muestra y muestreo.....	57
3.7.1. Población .....	57
3.7.2. Muestra .....	57
3.8. Técnicas e instrumentos.....	58
3.8.1. Técnicas .....	58
3.8.2. Instrumentos .....	58
3.9. Consideraciones éticas.....	59
3.10. Procedimiento Estadístico.....	60
IV. CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	61
4.1. Resultados.....	61
4.1.1. Estudio de comportamiento estructural de losas colaborantes. ....	61
4.1.2. Diseño de mezcla para $f^c=210 \text{ kg/cm}^2$ .....	62
4.1.3. Elaboración y característica de los especímenes. ....	73
4.1.4. Ejecución de ensayos de laboratorio .....	92
4.2. Discusión de Resultados.....	133
4.2.1. Del ensayo de resistencia a la compresión .....	133
4.2.2. Del ensayo de flexión estática simple.....	137
4.2.3. Ensayo de vibración forzada.....	147
4.3. Prueba de hipótesis .....	152
CONCLUSIONES .....	161



RECOMENDACIONES.....	165
ASPECTOS ADMINISTRATIVOS.....	167
Recursos.....	167
Recursos humanos.....	167
Materiales y equipos.....	167
Cronograma de Actividades.....	169
Presupuesto y financiamiento.....	171
Presupuesto.....	171
Financiamiento.....	172
BIBLIOGRAFÍA.....	173
ANEXOS.....	182
Anexo 01: Matriz de consistencia.....	182
Anexo 02: Instrumento de recolección de información.....	183
Anexo 03: Diseño de mezcla $f^c = \text{kg/cm}^2$ .....	185
Anexo 04: Ensayo de resistencia a la compresión.....	206
Anexo 05: Ensayo de flexión estática y ensayo de vibración forzada.....	209
Anexo 06: Fichas técnicas de placas colaborantes.....	232
Anexo 07: Planos de especímenes de losa colaborante.....	238
Anexo 08: Evidencias fotográficas.....	241

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Cuadro comparativo de losas con placas colaborantes .....	45
<b>Tabla 2</b>	Cuadro Comparativo de las losas aligeradas con ladrillos de techo .....	46
<b>Tabla 3</b>	Operacionalización de variables Fuente: Elaboración propia.....	56
<b>Tabla 4</b>	Ensayos de laboratorio ejecutados para realizar el diseño de mezcla.....	62
<b>Tabla 5</b>	Resultados del tamizado del agregado grueso .....	64
<b>Tabla 6</b>	Resultado de tamizado de agregado fino .....	65
<b>Tabla 7</b>	Resultados del contenido de humedad de agregado grueso.....	66
<b>Tabla 8</b>	Resultados del contenido de humedad de agregado fino .....	67
<b>Tabla 9</b>	Resultados de porcentaje de absorción en el agregado fino .....	68
<b>Tabla 10</b>	Resultados de porcentaje de absorción en el agregado grueso .....	68
<b>Tabla 11</b>	Resultados del peso unitario suelto del agregado grueso.....	70
<b>Tabla 12</b>	Resultados del peso unitario suelto del agregado fino.....	70
<b>Tabla 13</b>	Resultados del peso unitario compactado del agregado grueso.....	70
<b>Tabla 14</b>	Resultados del peso unitario compactado del agregado fino .....	71
<b>Tabla 15</b>	Diseño de mezcla por módulo de fineza .....	71
<b>Tabla 16</b>	Relación agua cemento de diseño de mezcla.....	72
<b>Tabla 17</b>	Volúmenes absolutos .....	72
<b>Tabla 18</b>	Diseño seco y diseño final corregido por humedad y absorción .....	72
<b>Tabla 19</b>	Proporciones en peso y peso por pie <sup>3</sup> .....	73
<b>Tabla 20</b>	Valores de diseño de mezcla en proporción a peso y volumen .....	73
<b>Tabla 21</b>	Descripción del sistema constructivo de losa con placa colaborante .....	77
<b>Tabla 22</b>	Características de especímenes para ensayo de resistencia a la compresión .....	89
<b>Tabla 23</b>	Características de especímenes para ensayo de vibración forzada .....	90

<b>Tabla 24</b> Características de especímenes para ensayo de flexión simple .....	91
<b>Tabla 25</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de probetas elaboradas en el vaciado de concreto para especímenes de vibración forzada.....	94
<b>Tabla 26</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de probetas elaboradas en el primer vaciado de concreto para especímenes de flexión simple .....	94
<b>Tabla 27</b> Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de probetas elaboradas en el segundo vaciado de concreto para especímenes de flexión simple...	95
<b>Tabla 28</b> Descripción de transductores usados en ensayo de flexión estática simple	98
<b>Tabla 29</b> Historial de carga y desplazamientos para espécimen PCFS-01 .....	101
<b>Tabla 30</b> Historial de carga y desplazamientos para espécimen PCFS-02 .....	105
<b>Tabla 31</b> Historial de carga y desplazamientos para espécimen PCFS-03 .....	112
<b>Tabla 32</b> Historial de carga y desplazamientos para espécimen PCFS-04 .....	119
<b>Tabla 33</b> Resultados de resistencia a la compresión de probetas de concreto de ensayo de vibración forzada respecto a la resistencia del diseño de mezcla .....	134
<b>Tabla 34</b> Resultados de resistencia a la compresión de probetas de concreto del primer vaciado del ensayo de flexión simple respecto a la resistencia del diseño de mezcla .....	135
<b>Tabla 35</b> Resultados de resistencia a la compresión de probetas de concreto del segundo vaciado del ensayo de flexión simple respecto a la resistencia del diseño de mezcla .....	136
<b>Tabla 36</b> Resultados obtenidos en ensayo de flexión estática simplemente apoyado .....	142
<b>Tabla 37</b> Resultados del tipo de comportamiento de los 36 especímenes simplemente apoyados .....	144

<b>Tabla 38</b> Resultados del tipo de comportamiento de los 15 especímenes simplemente apoyados .....	145
<b>Tabla 39</b> Resultados del tipo de comportamiento de los 04 especímenes simplemente apoyados .....	146
<b>Tabla 40</b> Aceleración característica máxima en los especímenes del ensayo de vibración forzada .....	147
<b>Tabla 41</b> Resultados de frecuencia fundamental del espécimen PCVF-01 .....	148
<b>Tabla 42</b> Resultados de frecuencia fundamental del espécimen PCVF-02 .....	149
<b>Tabla 43</b> Resultados de frecuencia fundamental del espécimen PCVF-03 .....	150
<b>Tabla 44</b> Frecuencia fundamental máxima en los especímenes de ensayo de vibración forzada .....	151
<b>Tabla 45</b> Cuadro de ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días.....	153
<b>Tabla 46</b> Media y desviación estándar para ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días. ....	154
<b>Tabla 47</b> Campana de Gauss para ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días.....	154
<b>Tabla 48</b> Cuadro de ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días. ....	156
<b>Tabla 49</b> Media y desviación estándar para ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días.....	156
<b>Tabla 50</b> Campana de Gauss para ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días. ....	157
<b>Tabla 51</b> Cuadro de ensayo de resistencia a la vibración forzada a los 28 días.....	158
<b>Tabla 52</b> Media y desviación estándar para ensayo de resistencia a la vibración forzada a los 28 días.....	159
<b>Tabla 53</b> Campana de Gauss para ensayo de resistencia a la vibración forzada a los 28 días.....	159

<b>Tabla 54</b> Cronograma de actividades.....	169
<b>Tabla 55</b> Presupuesto de proyecto de investigación .....	171
<b>Tabla 56</b> Matriz de consistencia.....	182

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N° 1</b> Losa con placa colaborante y refuerzo de acero .....	40
<b>Figura N° 2</b> Especímenes de losa colaborante para ensayos de laboratorio.....	61
<b>Figura N° 3</b> Toma de muestras de agregado grueso y agregado fino .....	62
<b>Figura N° 4</b> Tamizado de agregados para granulometría .....	63
<b>Figura N° 5</b> Curva granulométrica de agregado grueso. ....	64
<b>Figura N° 6</b> Curva granulométrica de agregado fino.....	65
<b>Figura N° 7</b> Envío de agregados de la cantera murillo a CISMID - UNI.....	74
<b>Figura N° 8</b> Llegada y descargo de agregados en las instalaciones de CISMID-UNI .....	75
<b>Figura N° 9</b> Suministro de placas metálicas y conectores de corte .....	75
<b>Figura N° 10</b> Suministro de materiales para elaboración de especímenes .....	76
<b>Figura N° 11</b> Suministro de encofrado para elaboración de especímenes.....	76
<b>Figura N° 12</b> Almacenamiento de mate riales. ....	80
<b>Figura N° 13</b> Izaje de placas colaborantes.....	80
<b>Figura N° 14</b> Nivelación de terreno de elaboración de especímenes .....	81
<b>Figura N° 15</b> Montaje de placa colaborante sobre vigas metálicas .....	81
<b>Figura N° 16</b> Instalación de conectores de corte .....	81
<b>Figura N° 17</b> Colocación de malla de acero de temperatura .....	82
<b>Figura N° 18</b> Encofrado de especímenes de losa colaborante .....	82
<b>Figura N° 19</b> Colocación de acero de refuerzo.....	82
<b>Figura N° 20</b> Elevación de malla de acero y limpieza de losa colaborante.....	83
<b>Figura N° 21</b> Mezclado de concreto en mezcladora eléctrica .....	83
<b>Figura N° 22</b> Ensayo de asentamiento - SLUMP .....	84
<b>Figura N° 23</b> Elaboración de probetas de concreto .....	84

<b>Figura N° 24</b>	Vaciado de concreto en la losa colaborante.....	85
<b>Figura N° 25</b>	Curado de especímenes de losa colaborante.....	85
<b>Figura N° 26</b>	Curado de Probetas de concreto.....	86
<b>Figura N° 27</b>	Desencofrado de especímenes de losa colaborante .....	86
<b>Figura N° 28</b>	Transporte de 03 especímenes para ensayo de vibración forzada .....	88
<b>Figura N° 29</b>	Transporte de 04 especímenes para ensayo de flexión .....	88
<b>Figura N° 30</b>	Especímenes para ensayo de resistencia a la compresión.....	90
<b>Figura N° 31</b>	Especímenes para ensayo de vibración forzada.....	90
<b>Figura N° 32</b>	Especímenes para ensayo de flexión simple.....	91
<b>Figura N° 33</b>	Ensayo de resistencia a la compresión de probetas de concreto.....	93
<b>Figura N° 34</b>	Refrentado con azufre de las probetas de concreto.....	93
<b>Figura N° 35</b>	Rotura de briqueta de concreto para determinar carga máxima .....	95
<b>Figura N° 36</b>	Ensayo de flexión en losa aligerada con placa colaborante.....	96
<b>Figura N° 37</b>	Distribución de canales para la adquisición de data de los especímenes simplemente apoyados.....	98
<b>Figura N° 38</b>	Distribución de los equipos para el ensayo de flexión estática simple	99
<b>Figura N° 39</b>	Ensayo a flexión de losa colaborante con placa metálica .....	100
<b>Figura N° 40</b>	Carga aplicada de ensayo de flexión a espécimen PCFS-01 .....	104
<b>Figura N° 41</b>	Curvas de desplazamiento vertical de ensayo de flexión de espécimen PCFS-01.....	104
<b>Figura N° 42</b>	Curvas de desplazamiento en los extremos de ensayo de flexión de espécimen PCFS-01 .....	105
<b>Figura N° 43</b>	Carga aplicada de ensayo de flexión al espécimen PCFS-02 .....	110
<b>Figura N° 44</b>	Curvas de desplazamiento vertical de ensayo de flexión de espécimen PCFS-02.....	111

<b>Figura N° 45</b> Curvas de desplazamiento en los extremos de ensayo de flexión de espécimen PCFS-02 .....	111
<b>Figura N° 46</b> Carga aplicada de ensayo de flexión de espécimen PCFS-03 .....	118
<b>Figura N° 47</b> .....	118
<b>Figura N° 48</b> Curvas de desplazamiento en los extremos de ensayo de flexión de espécimen PCFS-03 .....	119
<b>Figura N° 49</b> Carga aplicada de ensayo de flexión de espécimen PCFS-04 .....	124
<b>Figura N° 50</b> Curvas de desplazamiento vertical de ensayo de flexión de espécimen PCFS-04 .....	125
<b>Figura N° 51</b> Curvas de desplazamiento en los extremos de ensayo de flexión de espécimen PCFS-04 .....	125
<b>Figura N° 52</b> Medición manual de desplazamiento en el extremo de los especímenes .....	126
<b>Figura N° 53</b> Ensayo de vibración forzada .....	127
<b>Figura N° 54</b> Verificación de motor vibrador mecánico para ensayo de vibración forzada .....	128
<b>Figura N° 55</b> Distribución de canales para adquisición de datos de ensayo de vibración forzada .....	128
<b>Figura N° 56</b> Equipo de adquisición de datos de ensayo de vibración forzada .....	129
<b>Figura N° 57</b> Aceleraciones registradas en el ensayo de vibración forzada PCVF-1 - eje longitudinal (Y) .....	130
<b>Figura N° 58</b> Aceleraciones registradas en el ensayo de vibración forzada PCVF-1 - eje vertical (Z) .....	130
<b>Figura N° 59</b> Aceleraciones registradas en el ensayo de vibración forzada PCVF-2 - eje longitudinal (Y) .....	131



<b>Figura N° 60</b> Aceleraciones registradas en el ensayo de vibración forzada PCVF-2 - eje vertical (Z).....	131
<b>Figura N° 61</b> Aceleraciones registradas en el ensayo de vibración forzada PCVF-3- eje longitudinal (Y).....	132
<b>Figura N° 62</b> Aceleraciones registradas en el ensayo de vibración forzada PCVF-3- eje vertical (Z).....	132
<b>Figura N° 63</b> Resultados de resistencia a la compresión de probetas de concreto de ensayo de vibración forzada respecto a la resistencia del diseño de mezcla .....	134
<b>Figura N° 64</b> Resultados de resistencia a la compresión de probetas de concreto del primer vaciado del ensayo de flexión simple respecto a la resistencia del diseño de mezcla .....	135
<b>Figura N° 65</b> Resultados de resistencia a la compresión de probetas de concreto del segundo vaciado del ensayo de flexión simple respecto a la resistencia del diseño de mezcla .....	136
<b>Figura N° 66</b> Comportamiento dúctil de la losa aligerada con placa colaborante...	137
<b>Figura N° 67</b> Comportamiento frágil de la losa aligerada con placa colaborante ...	138
<b>Figura N° 68</b> Carga de desprendimiento, desplazamiento central, carga máxima y desplazamiento para la carga máxima para espécimen PCFS-01 .....	140
<b>Figura N° 69</b> Carga de desprendimiento, desplazamiento central, carga máxima y desplazamiento para la carga máxima para espécimen PCFS-02 .....	141
<b>Figura N° 70</b> Carga de desprendimiento, desplazamiento central, carga máxima y desplazamiento para la carga máxima para espécimen PCFS-03 .....	141
<b>Figura N° 71</b> Carga de desprendimiento, desplazamiento central, carga máxima y desplazamiento para la carga máxima para espécimen PCFS-4.....	142

<b>Figura N° 72</b> Tipo de comportamiento para losas colaborantes con perfil AD-730 de GAGE 18 .....	145
<b>Figura N° 73</b> Tipo de comportamiento para losas colaborantes con perfil AD-730 de GAGE 20 .....	146
<b>Figura N° 74</b> Tipo de comportamiento para losas colaborantes con perfil AD-730 de GAGE 22 .....	147
<b>Figura N° 75</b> Curva de frecuencia fundamental del espécimen PCVF-01 .....	148
<b>Figura N° 76</b> Curva de frecuencia fundamental del espécimen PCVF-02 .....	149
<b>Figura N° 77</b> Curva de frecuencia fundamental del espécimen PCVF-03 .....	150
<b>Figura N° 78</b> Estado Final de espécimen PCVF-03 después del ensayo de vibración forzada.....	151
<b>Figura N° 79</b> Campana de Gauss de ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días.....	155
<b>Figura N° 80</b> Campana de Gauss de ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días.....	157
<b>Figura N° 81</b> Campana de Gauss de ensayo de resistencia a la vibración forzada a los 28 días.....	160
<b>Figura N° 82</b> Cronograma de actividades de proyecto de investigación.....	170

## ACRÓNIMOS

I.S.O. : International Organization for Standardization

A.C.I. : American Concrete Institute

A.A.S.H.T.O. : American Association of State Highway and Transportation Officials

C.A.P.E.C.O.: Cámara Peruana De Construcción

I.N.E.I. : Instituto Nacional de Estadísticas e Informática

C.I.S.M.I.D. : Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de  
Desastres

U.N.I. : Universidad Nacional de Ingeniería

A.S.C.E. : The American Society of Civil Engineers

## RESUMEN

Se han implementado novedosas tecnologías constructivas en los últimos años, entre ellos tenemos a las losas colaborantes, las cuales usan placas metálicas del sistema Steel Deck conformados por láminas de acero estructural galvanizado pesado que se puede usar como parte de losa de entrepiso o techo, reemplaza a las bloquetas de techo o al tecnopor, posee una geometría de alta resistencia estructural debido a su troquel trapezoidal. El espesor mínimo de la losa es 10 cm en promedio considerándolo en conjunto con el concreto y malla de temperatura, además tiene una adecuada distribución de refuerzos para resistir altas cargas. Entre sus bondades podemos señalar que es un material liviano en el cual se usa menor volumen de concreto debido a sus dimensiones, sencillez de transporte de la placa, facilidad de armado, seguido de que nos brinda seguridad y facilidad de instalación, se instala sobre pórticos de acero, concreto armado o mixto, cuidando el medio ambiente y reduciendo los tiempos de ejecución hasta en un 50%.

La presente investigación nos permitirá obtener un diseño de losas de entrepiso o techo, con el cual podremos aumentar los claros en las estructuras y usando recursos en la menor cantidad posible podremos construir una losa con propiedades similares y/o mejores a los de una losa aligerada usando bloquetas de techo o tecnopor en la construcción de viviendas unifamiliares en Abancay, Apurímac.

Palabras clave: Análisis estructural, losa aligerada, flexión, viviendas unifamiliares.

## ABSTRACT

New construction technologies have been implemented in recent years, among them we have the collaborating slabs, which use metal plates from the Steel Deck system made up of sheets of heavy galvanized structural steel that can be used as part of the mezzanine or roof slab, replace to ceiling blocks or styrofoam, it has a geometry of high structural resistance due to its trapezoidal die. The minimum thickness of the slab is 10 cm on average considering it together with the concrete and temperature mesh, it also has an adequate distribution of reinforcements to resist high loads. Among its benefits we can point out that it is a lightweight material in which a smaller volume of concrete is used due to its dimensions, simplicity of transporting the plate, ease of assembly, followed by the fact that it provides us with security and ease of installation, it is installed on porticos. steel, reinforced or mixed concrete, caring for the environment and reducing execution times by up to 50%.

The present investigation will allow us to obtain a design for mezzanine or roof slabs, with which we can increase the spans in the structures and using the least amount of resources possible, we will be able to build a slab with properties similar to and/or better than those of a lightened slab. using roof blocks or styrofoam in the construction of single-family homes in Abancay, Apurímac.

Keywords: Structural analysis, lightened slab, bending, single-family homes.

## INTRODUCCIÓN

En la ciudad de Abancay se realizan construcciones de viviendas unifamiliares usando losas aligeradas con la incorporación de bloquetas de techo o poliestireno expandido comúnmente denominado tecnopor, la construcción de dichas losas aligeradas de entrepiso o techo en su mayoría se realizan de manera informal, ocasionando demoras en la ejecución y generando costos extra en materiales para los clientes.

La placa colaborante, comúnmente denominada como Steel Deck, es usada en Perú desde la década de 1990, en principio el uso original de la placa era como encofrado incorporado o perdido, no obstante la capacidad de poder usar esta placa de acero como refuerzo en tracción de losas, se tiene varios parámetros de resistencia entre tipos de placas colaborantes como el diseño de mezcla de concreto, la resistencia del acero, el concreto vaciado en la losa, la geometría del perfil las paredes de sus nervaduras (valles), y lo más importante es la geometría o distribución de las hendiduras (muescas).

La investigación realizada contempló el análisis del comportamiento estructural de una losa aligerada con la incorporación de placas colaborantes como material aligerante. Consta de cuatro capítulos, en el primer capítulo se da a conocer la realidad problemática en lo que concierne a la construcción de edificaciones en la ciudad de Abancay y se incide en uno de los elementos que es las losas aligeradas. En el segundo capítulo se describe toda la base teórica proporcional a la investigación. En el tercer capítulo se indica la metodología usada en la investigación y finalmente en el cuarto capítulo se describen todos los ensayos de laboratorio ejecutados en los especímenes de losas colaborantes, se adjuntan los resultados de dichos ensayos para analizar el comportamiento estructural de la losa.

## I. CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1. Realidad problemática

Ante la reactivación del rubro de la construcción, por la inversión pública y la generación de puestos de empleo la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO) nos indica que la cantidad de personas que laboran en el ámbito de la construcción en Lima Metropolitana registró un incremento de 4.8% en los primeros tres meses del 2021 en comparación a los tres primeros meses del año anterior, lo que describe el mejor inicio de los últimos cinco años. El desarrollo de la industria y la construcción en un país se consideran indicadores del crecimiento económico, no solo porque esta última genera puestos de trabajo (aproximadamente 1.1 millones de puestos de empleo formales e informales anualmente) y a su vez desarrollo estructural. El sector construcción es una de los rubros que en menor tiempo se recuperó de la coyuntura de la pandemia del covid-19, sobre todo durante el primer trimestre del año 2021, pues registró un incremento del 41.89% con relación al año anterior. Tomando de punto de partida la información del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), el año 2020 se generaron novecientos treinta y siete mil quinientos setenta y ocho oportunidades laborales en el ámbito laboral de la construcción, se informó un descenso de 11.1% respecto al año anterior, cuando se registraron un millón cincuenta y cinco mil ciento nueve puestos de empleo (Abregú, 2021).

Abancay, es una ciudad del sureste del Perú, capital de la provincia del mismo nombre y Departamento de Apurímac. Tiene una población de 72 277 habitantes, Censo Nacional 2017, (INEI, 2017). De acuerdo al Censo Nacional del año 2017 del INEI, en el Tomo IX, en el cuadro N°7 de la “Clasificación por material predominante

en los techos de las viviendas” muestra que en Apurímac hay 120 548 viviendas de las cuales 19 043 son de Concreto Armado; en la Provincia de Abancay hay 32 638 viviendas de las cuales 10 044 son de Concreto Armado; y finalmente en el Distrito de Abancay hay 19 446 viviendas de las cuales 8 434 son de Concreto Armado; el cuál es el 43.37 % de las viviendas totales.

Por tanto, con el crecimiento poblacional anual de la ciudad de acuerdo a los indicadores y el factor de crecimiento poblacional se incrementa la necesidad de construcciones de viviendas y centros de atención que brinden las garantías adecuadas para los usuarios, los procesos constructivos actuales de viviendas unifamiliares, en la localidad de Abancay, se realizan con técnicas empíricas por maestros de obra que confían en los procesos constructivos que aprendieron a través de su experiencia propia y durante el proceso de construcción causan deforestación por el uso de puntales de madera, contaminación por la fabricación de bloquetas de techo de concreto como material aligerante de losas de techo y entrepiso, el uso del poliestireno expandido el cual es conocido como tecnopor en Perú y es usado como material aligerante de losas de techo y entrepiso, residuos de agregados, cemento y acero que son abandonados en áreas públicas generando contaminación y deforestación; así también se observan desperdicios de concreto mezclado in situ al momento del vaciado de las losas aligeradas.

La necesidad de construcciones de viviendas familiares hace que las investigaciones consideren modernos sistemas constructivos. Los procesos constructivos convencionales se han mejorado de acuerdo con los nuevos estándares de análisis, desarrollo e implementación de procesos constructivos para tener



construcciones que brinden seguridad, estética y rentabilidad los cuales a su vez están asociados con nuevos materiales de calidad, técnicas constructivas innovadoras de mayor eficiencias y sistemas ligeros que pueden aumentar la velocidad de ejecución de cada fase del proyecto. Estas características ayudan en gran medida que la planificación se vuelva mucho más precisa, así como también realizar los objetivos en los tiempos adecuados y reducir el presupuesto del proyecto; por consiguiente, mejorando la rentabilidad y durabilidad de las construcciones de viviendas unifamiliares (Hinojosa, 2011).

## **1.2. Identificación y Formulación de problemas**

Los procesos constructivos actuales de viviendas unifamiliares, en la localidad de Abancay, se realizan con técnicas empíricas por maestros de obra que confían en su experiencia, muchas de estas construcciones son realizadas por personal no calificado, con mínimas condiciones de seguridad, y a su vez deficiente control de calidad de la construcción, causante de patologías en las construcciones en el futuro. Los encargados de las obras no aplican las tendencias e innovaciones que se vienen implementando en el sector de la construcción, los cuales reducen costos y brindan durabilidad a las edificaciones. Por tanto, veo conveniente la implementación del proceso constructivo de la losa aligerada con integración de losa colaborante incorporando placas metálicas aplicando el sistema Steel Deck.

### ***1.2.1. Problema General***

¿Cuál es el comportamiento estructural en losas aligeradas con la integración de losas colaborantes o Steel Deck reemplazando las bloquetas de techo en la construcción de viviendas unifamiliares, en Abancay, Apurímac, 2022?

### ***1.2.2. Problemas Específicos***

- a) ¿En qué magnitud la integración de losas colaborantes o Steel Deck, influirá en la resistencia a la compresión del concreto de losas aligeradas en la construcción de viviendas unifamiliares?
  
- b) ¿En qué magnitud la integración de losas colaborantes o Steel Deck, influirá en la resistencia a la flexión de losas aligeradas en la construcción de viviendas unifamiliares?
  
- c) ¿En qué magnitud la integración de losas colaborantes o Steel Deck, influirá en la resistencia a la vibración forzada de losas aligeradas en la construcción de viviendas unifamiliares?

### **1.3. Justificación**

Existen novedosas tecnologías constructivas en el campo de las viviendas unifamiliares entre ellas tenemos a las losas colaborantes, planchas metálicas o Steel Deck que está conformado con placas de acero estructural galvanizado pesado con el fin de ser usado como losa de entrepiso o techo de una vivienda, reemplaza a las bloquetas de techo, posee una geometría de alta resistencia estructural debido a su troquel trapezoidal, el espesor de la losa es 10 cm promedio en conjunto con el concreto y malla de temperatura, además tiene una adecuada distribución de refuerzos para resistir altas cargas. En Latinoamérica tiene bastante demanda, entre sus bondades podemos señalar que es liviano, de diseño óptimo, donde se usa menor volumen de concreto debido a sus dimensiones, sencillez de transporte de la placa, facilidad de armado ya que no usamos madera o tubos para el encofrado, además de brindar seguridad y facilidad de instalación, se instala sobre pórticos de acero, o concreto armado o mixto, cuidado del medio

ambiente y reducción de tiempo de trabajo un 50%. A partir de donde nos preguntamos ¿Qué tan rentable resulta aplicación de este moderno proceso constructivo para viviendas unifamiliares en Abancay - Apurímac?

En el rubro de la construcción civil, el mayor impacto negativo de esta actividad se genera por el desperdicio y mal uso de los recursos y materiales que repercute en los tiempos de ejecución y costos de las construcciones. Este motivo evidencia la necesidad de que se aprovechen al mayor nivel todos los agentes y recursos que forman parte del proyecto. La presente tesis de investigación nos lleva hacia un innovador proceso constructivo que servirá como solución para problemas relacionados con el tiempo de ejecución, falta de agregados y ahorro económico. Por lo cual el diseño debe ser evaluado y comprobado para su posterior aplicación en losas de entrepiso o techo aligeradas de concreto para viviendas unifamiliares en Abancay – Apurímac.

En este proceso, la losa aligerada tiene en su parte inferior láminas de acero como encofrado, generando óptimo desempeño estructural del entrepiso o techo; a causa de que es capaz de soportar el concreto vertido sobre esta, la armadura metálica y las cargas de ejecución. La losa incorporará viguetas de soporte y la carga de las vigas principales se reducirá, lo cual conlleva a disminuir la carga muerta de la edificación y consecuentemente la reducción de la carga total por consiguiente nos lleva hacia un diseño novedoso, que comprobando la mejora y optimización en recursos podría aplicarse e incorporarse en el diseño de losas aligeradas en Abancay- Apurímac, reduciendo recursos para su ejecución. Todo diseño moderno y novedoso es medido en su factibilidad, viabilidad y en las soluciones que pueda causar comparado con los procesos constructivos convencionales ya conocidos.

## **1.4. Objetivos**

### ***1.4.1. Objetivo General***

Determinar el comportamiento estructural en losas aligeradas con la integración de losas colaborantes o Steel Deck reemplazando las bloquetas de techo en la construcción de viviendas unifamiliares, en Abancay, Apurímac, 2022.

### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

- a) Analizar la magnitud de resistencia a la compresión del concreto de losas aligeradas en viviendas unifamiliares con la integración de losas colaborantes o Steel Deck.
- b) Analizar la magnitud de resistencia a la flexión de losas aligeradas en viviendas unifamiliares con la integración de losas colaborantes o Steel Deck.
- c) Analizar la magnitud de resistencia a la vibración forzada de losas aligeradas en viviendas unifamiliares con la integración de losas colaborantes o Steel Deck.

## **1.5. Delimitación de la Investigación**

### ***1.5.1. Delimitación espacial***

La tesis de investigación se realizó dentro del marco de referencia de las construcciones de viviendas unifamiliares de la ciudad de Abancay, provincia de Abancay, región Apurímac, en el Perú, en el que se construyen un gran número de edificaciones con losas aligeradas bajo sistema constructivo tradicional usando bloqueta de concreto o ladrillos huecos de arcilla como aligerante de losas de entresijos y techos.

### ***1.5.2. Delimitación temporal***

La ejecución de la presente tesis de investigación se llevó a cabo en los meses de mayo del año 2022 hasta enero del año 2023.

### ***1.5.3. Delimitación social***

La presente investigación se realizó dentro del marco de la construcción de losas aligeradas para viviendas unifamiliares de la población de la ciudad de Abancay, para el análisis, aplicación y difusión del diseño de losa aligerada con losas colaborantes usando el sistema Steel Deck.

### ***1.5.4. Delimitación conceptual***

La presente investigación tuvo por ámbito a nivel de la Universidad Tecnológica de los Andes (UTEA), precisamente en el área urbana de su capital, distrito Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac, Perú; lugar donde se pretende plantear un sistema de losas aligeradas con losas colaborantes aplicando el sistema Steel Deck a través de la integración de planchas metálicas en la parte inferior del entrepiso o techo, para comparar su resistencia a compresión y flexión, en proyectos de viviendas unifamiliares, reemplazando al sistema de losas aligeradas con bloquetas de techo hueco de concreto o ladrillos huecos de arcilla como aligerante. Académicamente, la investigación se encuentra enmarcada dentro del área de la Ingeniería Civil aplicando conocimientos en:

- Metodología de la Investigación
- Diseño de Concreto Armado
- Ingeniería Sísmorresistente
- Construcciones y Edificaciones

- Empleo de software de diseño estructural (SAP 2000)
- Ensayos de laboratorio
- Investigación de Mercados
- Costos y Presupuestos
- Obras Civiles

### **1.6. Viabilidad de la Investigación**

La presente tesis de investigación plantea diseñar, comparar, difundir y ejecutar; el sistema Steel Deck o losas colaborantes para losas aligeradas con incorporación de planchas metálicas, se cuenta con disponibilidad de recursos económicos, para búsqueda, recolección y obtención de información de antecedentes y material requerido para cada tipo de sistema de losas aligeradas, comprobar en laboratorio, visita a obra y a empresas fabricantes de las losas colaborantes o Steel Deck con la finalidad de obtener asesoría, sobre costos de ensayos en laboratorio.

Cabe mencionar el factor complejo del análisis y que no se cuenta con laboratorios para los ensayos de compresión, flexión y vibración forzada, sin embargo, se conseguirá financiamiento para realizar el modelo a escala para ser comprobado de manera experimental en los laboratorios que cuentan con los equipos para los ensayos necesarios.

Fue necesario hacer el diseño, análisis y comparación de losas aligeradas con Sistema Steel Deck incorporando planchas metálicas para edificaciones destinadas a viviendas unifamiliares. En la ciudad de Abancay hasta ahora no se realizó construcciones con este sistema, tampoco contamos con empresas que nos puedan brindar asesorías sobre precios de venta. Desde el punto de vista tecnológico en construcción, fue necesario recopilar información de fuentes nacionales y extranjeras, visita a obra, análisis

de comportamiento interno de la losa aligerada, análisis de resistencia a compresión y flexión, deflexiones y vida útil.

### **1.7. Limitaciones**

Las limitaciones durante la presente tesis de investigación fue poder observar de manera experimental el comportamiento de la losa aligerada construida con la incorporación losas colaborantes del sistema Steel Deck soportando el peso de servicio y resistiendo a una vibración forzada, pues no se cuenta con los equipos de laboratorio necesarios para realizarlo en la ciudad de Abancay, fue necesario elaborar especímenes a escala de la losa colaborante incorporando placas metálicas. Por lo tanto, es preciso indicar que la principal limitación fue contar con los equipos de laboratorio para construir especímenes y realizar los ensayos requeridos, por tal motivo se tuvo que elaborar los especímenes de losas colaborantes y realizar los ensayos en las instalaciones del laboratorio de estructuras Roberto Morales de CISMID – UNI; puesto que este laboratorio cuenta con los equipos necesarios para someter los especímenes de losa colaborante a los ensayos de compresión, flexión y vibración forzada bajo las especificaciones y parámetros de las normas E-020, E-030 Y E-060 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) del Perú.

Es preciso indicar que la presente investigación tiene como alcance analizar y evaluar el comportamiento estructural de la losa aligerada con placas colaborantes en parámetros de resistencia a la compresión, flexión y vibración forzada. Asimismo no se realizará un estudio comparativo entre losas aligeradas convencionalmente y losas colaborantes en términos de presupuesto, tiempos de ejecución, etc.

## II. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la Investigación

#### 2.1.1. *A nivel internacional*

(Romero Mego, 2017), en su investigación el objetivo fue el estudio de la evolución de las teorías y las metodologías de cálculo aceptados como generalizados en los procesos constructivos de edificaciones. Usaron las metodologías de estudio descriptivo y explicativo. Su población de muestra fueron los ciudadanos de Caracas, Venezuela. Se refirieron a un bloque de compresión rectangular y a metodología de momento tope, lo cual simplifica el cálculo de secciones estructurales. Del mismo modo también investiga los avances de las teorías clásicas y modernas, una calificación comparativa de cada uno de los métodos, destacando sus bondades y deficiencias. Asimismo, se presentan los avances realizados en lo que concierne al análisis sísmico durante las últimas décadas. Obtuvieron como resultado la influencia que ejercen los métodos de análisis de estructuras en la determinación de los factores de seguridad, ya que, de la exactitud del método depende de la confiabilidad que brindan los resultados

(Camargo Gaona & Guaminga Micho , 2019), en su investigación el objetivo fue analizar técnica y económicamente dos edificaciones, las cuales vienen siendo calculadas y diseñadas como una estructura mixta con incorporación de placa colaborante Steel Deck y otra de concreto armado con losa nervada respectivamente para una edificación de cinco pisos. Usaron las metodologías de estudio descriptivo y explicativo. La muestra de estudio fueron las losas aligeradas de las dos edificaciones. La población de estudio fue la población del norte de la ciudad Quito. Los resultados que obtuvieron demostraron que el valor máximo de la relación deformación versus deriva para la edificación de



concreto armado con acero resulta un valor de 1.196 en dirección “x” por lo que de acuerdo a la ASCE 7-16 el diafragma de piso es rígido; sin embargo para la edificación mixta con losa colaborante el valor máximo de la relación deformación versus deriva resulta un valor de 2.000 en dirección “x” por lo que de acuerdo a la ASCE 7-16 el diafragma de piso es semi-rígido.

(Arana Luzcando, 2015), Su objetivo fue realizar una adecuada investigación comparativa entre los sistemas constructivos alivianada unidireccional y Deck, para que con ella los clientes puedan tomar una decisión informada sobre qué sistema elegir a la hora de construir sus viviendas, y para ello se realizó un estudio técnico-económico entre los dos sistemas constructivos. Usaron las metodologías de estudio descriptivo y explicativo. La muestra de estudio fue la losa aligerada de la obra vivienda unifamiliar en el sur de Quito. La población de estudio fue la población del sur de Quito. Los resultados que obtuvieron fueron constatar que el sistema convencional es más rentable que el sistema losa Deck para una vivienda unifamiliar, pero el sistema convencional tarda más en construirse, además que ambos sistemas son ideales en términos de diseño estructural porque cumplen con las normas constructivas para su uso previsto, se pudo concluir que el sistema convencional es el más práctico para la construcción de una edificación de vivienda unifamiliar.

(Sanabria Riaño, 2017), su objetivo fue cuantificar los beneficios e inconvenientes de un análisis comparativo de sistemas tradicionales y prefabricados en el diseño y construcción de un estacionamiento para un edificio de hasta cuatro pisos de altitud. Usaron las metodologías de estudio descriptiva y experimental. Su muestra de estudio fue una Edificación de 4 pisos. La población de estudio fueron los

habitantes de Bogotá, Colombia. Los resultados que se obtuvieron fueron que al usar procesos constructivos en el lugar de la obra se permite una rápida y fácil adaptación arquitectónica de los edificios a formas poco convencionales; sin embargo, esta adaptación no es tan sencilla en prefabricación, ya que requiere un conjunto integrado de diseños estructurales y arquitectónicos desde el inicio del proyecto. Lo anterior puede parecer una desventaja del uso de materiales prefabricados, pero esto solo se puede probar comparando varios edificios con variadas configuraciones tanto en planta como en elevación.

### ***2.1.2. A nivel nacional***

(Romero Martinez, 2017), Su objetivo fue resolver una edificación multifamiliar completamente a nivel estructural. Usaron las metodologías de estudio descriptivo y explicativo. La muestra de estudio fue una Edificación multifamiliar de seis niveles. Resolvió una edificación multifamiliar completamente a nivel estructural. Además, se muestra el caso en donde la presencia de vigas de un peralte mayor de la losa aligerada es poco estética en ambientes sociales, pero de gran importancia a nivel estructural y la solución ingenieril de este caso. La población de estudio fueron los habitantes de Lima, Perú. Obtuvo como resultados la solución para luces de dormitorios grandes, con el uso de vigas preesforzadas que pudiesen soportar las grandes luces de losas aligeradas que requerirá el proyecto y así resolvió el detalle arquitectónico. Se muestra que la presencia de vigas de un peralte mayor de la losa aligerada es poco atractiva en los entornos sociales, pero de gran importancia a nivel estructural.

(Aylas Susanibar, 2017), Su objetivo fue analizar y comparar el costo y el tiempo de construcción de losas colaborantes y losas aligeradas para determinar la viabilidad de

una de las dos estructuras. Usaron las metodologías de estudio experimental descriptivo – comparativo, la técnica de recolección de datos es el análisis documental, la población está conformada por las edificaciones – viviendas unifamiliares del distrito de Chilca. Los resultados a los que se llegaron determinaron mediante el análisis, que las placas colaborantes tienen costos mayores en comparación con la losa aligerada, pero que esta diferencia de precios se compensa con la enorme diferencia de rendimiento, razón por la cual teniendo esto como resultado, se llega a demostrar la viabilidad de costo y tiempo de dicha estructura.

(Gora Flores, 2014), Su objetivo principal durante su investigación fue comparar dos sistemas de losas de entrepiso o techo (losa aligerada tradicional y losa con placas colaborantes) mediante términos de calidad de concreto, costos y tiempos de construcción para determinar sus respectivas productividades mediante un análisis experimental. Usaron las metodologías de estudio descriptivo y explicativo. La muestra de estudio de la investigación fueron los sistemas de losas aligeradas y losas colaborantes. La población de estudio fue losas aligeradas utilizadas como entrepiso. Obtuvo como resultado que para las mismas temperaturas que las losas aligeradas convencionales, tienen tiempos de fraguado inicial de (257- 293) minutos y tiempo de fraguado final de (412-445) minutos. Los picos de velocidad de exudación de 0.72-1.19 Kg (m<sup>2</sup>/h) están presentes en las mismas temperaturas de las losas aligeradas convencionales, lo cual nos indica fisuración y afecta la calidad del concreto en ambos sistemas. Para las mismas temperaturas y 1 pulgada de pérdida por asentamientos SLUMP que las losas aligeradas tradicionales, presentan tiempos de variación de (27-20) minutos.

(Quipuscoa Alvarado & Zúñiga Chávez, 2020), Su objetivo en su investigación fue realizar un análisis para calcular la eficiencia de la losa con la incorporación de placas metálicas y la losa con bloques EPS en una vivienda en el distrito de Nuevo Chimbote 2020, así como también se tuvo el objetivo de analizar las principales propiedades de estos dos sistemas de losas y compararlas como diseños estructurales en ambos casos, también realizar una comparación de los precios unitarios, los metrados correspondientes de tiempo, los distintos métodos de ejecución y por ultimo también su resistencia sísmica. Usaron las metodologías de estudio descriptivo y explicativo. La muestra de estudio fueron los métodos constructivos de losas colaborantes y losas con bloques huecos como sistemas de entrepiso. La población de estudio fue el proyecto familiar de cuatro niveles. Obtuvieron como resultado de la investigación datos que indican que las losas colaborantes con incorporación de placas metálicas poseen menor cantidad de partidas en su ejecución que las losas con bloques EPS, puesto que estas no necesitan de puntales o tablas de encofrado en la parte inferior de la losa por lo que los tiempos de ejecución también son menores en comparación al método constructivo de bloques EPS.

(Rodríguez Chávarry, 2015), Su objetivo principal fue realizar un análisis comparativo del rendimiento estructural, técnico y a su vez un análisis de costos entre una losa alivianada convencional y una losa colaborante con incorporación de láminas metálicas AD-600. Usaron las metodologías de estudio descriptiva y experimental. La muestra de estudio fueron las losas aligeradas y colaborantes como métodos constructivos de entrepiso y/o techo. La población de estudio fueron las edificaciones que usaban losas aligeradas con bloques de concreto con presencia de huecos. Obtuvo como resultado luego de la investigación realizada que para el uso de viviendas se puede reemplazar las

losas aligeradas por las losas colaborantes y la razón principal es que reducen la carga propia que soportará la losa aliviada con valores que oscilan entre (280 - 232.32) kg/cm<sup>2</sup>, reduciendo la carga sostenida por los elementos estructurales en un 17.03 %. Y además con los resultados obtenidos se demostró que las losas colaborantes disminuyen los precios por m<sup>2</sup> en S/.23.60 soles en comparación con las losas aliviadas tradicionalmente.

(Meza Vazques C., y Martell Leon Prieto D., 2019), su objetivo durante su investigación fue realizar una comparación técnico – económica entre los sistemas prefabricados de losas de entresuelo, losas con viguetas viga - acero y losas con viguetas pretensadas. Usaron las metodologías de estudio descriptiva y experimental. Su muestra de estudio fue no probabilística, escogieron un edificio multifamiliar de catorce niveles localizado en el distrito de Surquillo. Su población para el estudio fueron todas las edificaciones de la ciudad de Lima construidas con el fin de ser viviendas, departamentos y/o oficinas empresariales. Obtuvieron como resultados de su investigación que la alternativa de solución usando el método de construcción viga - acero tiene mayores bondades estructurales y económicas en relación al método constructivo de losa aligerada con viguetas pretensadas.

(Rojas Salazar, 2020), Su objetivo durante su investigación fue realizar una revisión detallada de estudios previos que brinden información contrastante sobre los sistemas constructivos de losas de placas colaborantes y losas tradicionales, para conocer las bondades y contratiempos que ocasionan ambas metodologías constructivas de entresuelos. Usaron las metodologías de estudio descriptiva y experimental. Su muestra de estudio fueron las viviendas con losa colaborante. Su población de estudio fueron todas

las viviendas construidas con ambos sistemas a largo de los años 2010-2020. Los resultados que obtuvieron de su investigación científica fueron una exposición final de 42 estudios. Se ha llegado a la conclusión de que las losas del sistema Deck proporcionan un ahorro financiero, cronogramas de ejecución y un óptimo rendimiento, de tal manera se puede afirmar que es sumamente imprescindible realizar un análisis comparativo entre las metodologías constructivas de losa con la incorporación de placa colaborante y la losa tradicional convencional.

### ***2.1.3. A nivel regional y local***

(Ccamsaya Huillca , 2021), Su objetivo en su investigación fue el poder encontrar una solución innovadora al sistema de entrepiso o techo de edificaciones, razón por la cual se realizó un análisis comparativo estructural para una losa de una edificación con estacionamiento subterráneo entre un proceso constructivo de losa maciza y un proceso constructivo de una losa colaborante del sistema Deck. Usaron las metodologías de estudio descriptiva y experimental. Su muestra de estudio fue un estacionamiento subterráneo de losa maciza y otra de losa colaborante en el parque Centenario. Su población de estudio fueron las construcciones de la ciudad de Abancay destinadas al uso de viviendas familiares, departamentos, negocios y oficinas corporativas. Los resultados que obtuvo fue que la investigación resulto estructuralmente beneficiosa para el método constructivo que usa la losa colaborante incorporando placas metálicas, ya que obtuvo resultados de hasta un 90% menores en comparación a los esfuerzos a los cuales está sometido la estructura esto debido a la incorporación de vigas metálicas, en cuanto al espesor de losa un 56% menos respecto a la losa maciza y en lo que concierne en términos de deflexiones máximas un 95% menor respecto a la losa maciza.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Losas**

En el libro de Losas y Entrepisos por Jessica Gutiérrez on Prezi (2011) define a las losas de la siguiente manera “Losas o placas de entrepiso son los elementos rígidos que separan un piso de otro, contruidos monolíticamente o en forma de vigas sucesivamente apoyadas sobre los muros estructurales. Las losas de entrepiso se consideran como uno de los elementos más delicados en la construcción de vivienda, ya que una colocación incorrecta de acero de refuerzo puede llevar al colapso sin necesidad de que venga un sismo, siempre debe contar con la ayuda de los planos estructurales de la losa para realizarla, siguiendo las indicaciones y las especificaciones que da el Ingeniero Responsable” (Martinez & Gutierrez , 2011).

Tiene funciones arquitectónicas y estructurales, tales como:

- **Función arquitectónica:** Es separar los distintos niveles verticales formando los diferentes niveles de una edificación; y al mismo tiempo la losa debe garantizar el aislamiento del sonido, de la temperatura y de visión directa.
- **Función estructural:** Las losas tiene que ser capaces de soportar las cargas vivas de servicio como los muebles y personas, al mismo tiempo soportar la carga muerta, que es su propio peso y el de los acabados de los distintos ambientes de la edificación, así como también los que se realizan en el piso.

#### **2.2.1.1. Clasificación de losas.**

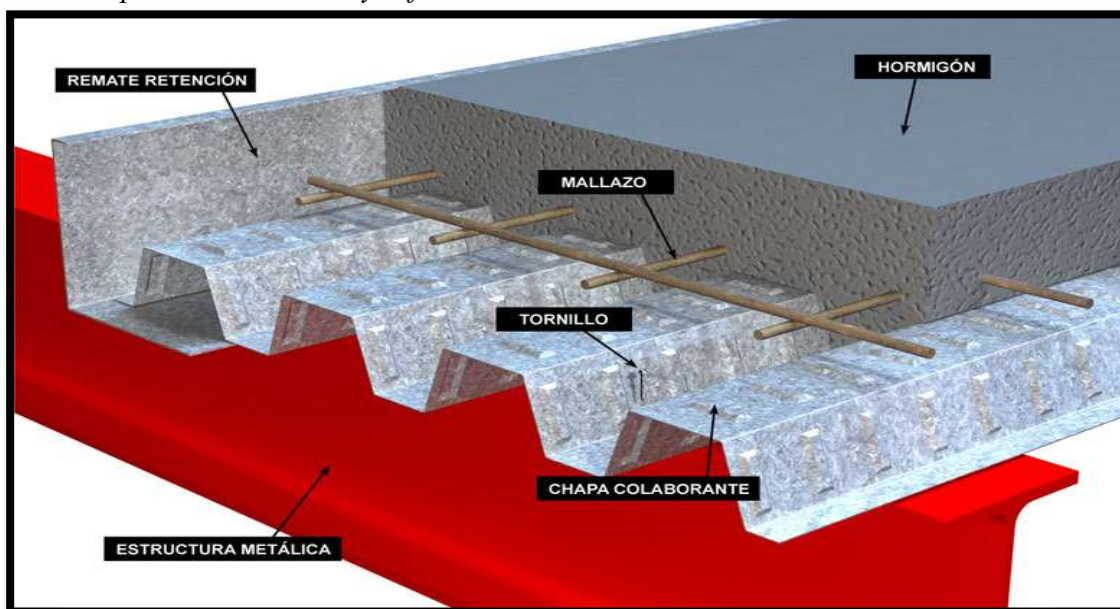
##### **2.2.1.1.1. Losas con placas colaborantes o steel deck.**

En la revista de Ingeniería y Construcción On Line se define como “Una losa colaborante es aquella en la que se utilizan placas o láminas de acero como encofrado colaborante el

cual es capaz de soportar el concreto vertido, los refuerzos metálicos y las cargas de los distintos componentes de la losa aligerada. Seguidamente las planchas de acero se combinan estructuralmente con el concreto fraguado y pasan a actuar como armadura a tracción en el forjado acabado, comportándose como un elemento estructural mixto hormigón-acero” (López Ávila, Larrúa Quevedo, & Recarey Morfa, 2007).

### Figura N° 1

*Losa con placa colaborante y refuerzo de acero*



*Fuente: Arquitectura y Acero, libertad y diseño 2007.*

#### **2.2.1.1.2. Losas aligeradas.**

En el libro de Losas y Entrepisos por Jessica Gutiérrez on Prezi (2011) define a las losas aligeradas de la siguiente manera “Son las que utilizan un aligerante para rebajar su peso e incrementar su espesor para darle mayor rigidez transversal a la losa. Los aligerantes puede ser rígidos o flexibles” (Martinez & Gutierrez , 2011).

#### **2.1.1.1.3. Losas macizas o sólidas.**

En el libro de Losas y Entrepisos por Jessica Gutiérrez on Prezi (2011) define a las losas aligeradas de la siguiente manera “Son las losas fundidas o vaciadas sin ningún tipo de



material aligerante. Se usan con espesores hasta de 15 cm, generalmente utilizan doble malla de acero, una en la parte inferior y otra en la parte superior” (Martinez & Gutierrez, 2011).

### **2.2.2. Concreto**

El concreto es el material resultante de la mezcla en ciertas medidas previamente diseñadas y determinadas de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente denota una estructura plástica y trabajable en sus primeras etapas de fraguado, que seguidamente adquiere una consistencia rígida con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción de edificaciones como son las viviendas familiares (Pasquet Carbajal, 1993).

#### **2.2.2.1. Propiedades necesarias del concreto.**

Deben brindar la resistencia deseada que ha sido calculada, diseñada e indicada; a su vez el concreto tiene la función de ser consistente, aislante, y sobre todo ser muy resistente a los efectos ambientales, a los compuestos químicos de uso y también a los distintos agentes destructivos, así como no mostrar deficiencia excesiva al enfriamiento o al secado, debe ser rentable económicamente frente a otras mezclas resistentes, duraderos y eficientes (Ortega Garcia, 2014, pág. 14).

### **2.2.3. Acero**

#### **2.2.3.1. Acero de refuerzo.**

El concreto posee una controlada resistencia a la tracción. Sin embargo, en cuanto al concreto armado, se puede afirmar que el acero es el componente que cumple la función de mantener este límite, posee una resistencia a compresión de 10 veces mayor que el concreto y a su vez una resistencia a la tracción la 100 veces mayor que el concreto.

Debido a que el acero es más costoso que el concreto, se puede afirmar por tanto que el trabajo combinado de ambos materiales proporciona un balance adecuado para construir elementos altamente resistentes y a su vez nos brinda una disminución en el presupuesto requerido para su construcción (Harmsen, 2005, pág. 39).

### **2.2.3.2. Propiedades mecánicas del acero.**

- **Relación esfuerzo - deformación del acero**

En esta propiedad se asume que el acero tiene un comportamiento elastoplástico para pequeñas deformaciones. El módulo de elasticidad es definido como la tangente del ángulo  $\alpha$ . Por lo tanto, este parámetro es independiente del grado del acero y se considera igual a  $E_s = 2\,100\,000 \text{ kg/cm}^2$  (Harmsen, 2005, págs. 42-43).

- **Módulo de cortante (G)**

Se realiza mediante la siguiente fórmula para calcular el módulo de cortante de todos los

materiales elásticos:

$$G = \frac{E}{1(1+\mu)}$$

- **Punto de fluencia y resistencia última**

El tipo de acero predominante usado en las distintas construcciones es el de carbono (A-36) el cual posee un punto de fluencia de  $2500 \text{ kg/cm}^2$  (Harmsen, 2005, pág. 42).

- **Densidad**

El valor de la densidad poseída por el acero estructural es de  $7850 \text{ kg/m}^3$  el cual equivale al valor de  $490 \text{ lb/pe}^3$  (Harmsen, 2005, pág. 42).

- **Coefficiente de dilatación térmica**

El valor de esta propiedad en el acero es muy semejante al valor de dilatación térmica del concreto:  $11 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ .

- **Oxidación del acero**

Se debe mantener al acero apartado del acceso del agua y el oxígeno de la intemperie durante su almacenamiento y posterior colocación. Ambos compuestos químicos producen el óxido del acero, el cual disminuye la sección transversal reduciendo significativamente su principal característica de ser un material altamente resistente, si el proceso de oxidación se realiza en la parte interior del concreto, producirá un aumento excesivo del volumen y el recubrimiento presentará desprendimientos (Harmsen, 2005).

#### ***2.2.3.2.1. Ventajas del acero como material estructural.***

(Villavicencio Fernández, 2012, págs. 31-32) Se refiere a los más importantes beneficios que brinda el acero estructural tenemos:

##### **a) Alta resistencia**

El acero brinda una gran resistencia por unidad de peso en relación a otros materiales como: el hormigón, la madera, la mampostería, etc. Por esto se pueden diseñar y evaluar estructuras más ligeras, lo cual resulta conveniente en edificios altos (Villavicencio Fernández, 2012, pág. 31).

##### **b) Homogeneidad**

Las propiedades más importantes del acero no se ven afectadas ni presentan modificaciones dentro de la estructura (Villavicencio Fernández, 2012, pág. 31).

##### **c) Gran ductilidad**

La capacidad del acero estructural de deformarse sin llegar a romperse cuando se encuentra sometido a grandes esfuerzos. Una estructura dúctil antes de colapsar

presentará grandes deformaciones advirtiendo que se encuentra próxima al colapso (Villavicencio Fernández, 2012, pág. 31).

**d) Tenacidad**

Se conoce así a la capacidad que tiene un material para mitigar o absorber la energía total antes de alcanzar la rotura, por tanto los aceros de carácter estructural poseen en general gran tenacidad para sobrellevar la distribución de la energía que se genera cuando se le aplican cargas o sufre movimientos sísmicos (Villavicencio Fernández, 2012, pág. 31).

**e) Velocidad de instalación**

Los distintos elementos para edificios de acero se construyen rápidamente en comparación con otras soluciones que ya se conocen, por ende disminuye los costos y hace posible que la edificación brinde beneficios estructurales en plazos cortos desde su funcionamiento (Villavicencio Fernández, 2012, pág. 32).

**f) Variedad en los diseños**

Los distintos tipos de acero pueden encontrarse en una gran variedad de formas, tamaños, y grados; además de la gran variedad de dispositivos simples de conexión como tornillos, sujetadores y soldadura (Villavicencio Fernández, 2012, pág. 32).

**2.2.4. Flexión pura**

Los elementos estructurales de una edificación que están bajo flexión se puede identificar principalmente a las vigas, las losas de entresijos o techos que a su vez pueden ser macizas, nervadas o aligeradas con algún material (bloquetas de concreto con orificios, ladrillos de arcilla con orificios, poliestireno o en algunos casos materiales plásticos) en una o dos direcciones, también se puede considerar a las escaleras de los distintos niveles

y así en general todos los elementos que cumplen la función de soportar cargas perpendiculares a ellas, estas cargas ocasionan esfuerzos de flexión y cortante en la estructura (Harmsen, 2005, pág. 79).

**Tabla 1**

*Cuadro comparativo de losas con placas colaborantes*

	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Losa aligerada con placa colaborante	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En obra se requiere mínima cantidad de personal de obra calificado, pues no es un proceso de construcción complejo en su manejo e instalación, por ello se logra reducir los costos de ejecución y optimizar los rendimientos de obra.</li> <li>- Las losas con placas colaborantes minimizan los desperdicios de materiales en la construcción y en general requieren de menor volumen de concreto que otros tipos de losas. Además de reducir el peso global de la edificación, lo que en rendimientos se traduce en eficacia de uso de materiales.</li> <li>- Su función es múltiple, refuerzo para la losa, encofrado y crear una plataforma trabajable para los obreros y además con ello se elimina las unidades de albañilería o elementos aligerantes, el encofrado de madera, además del uso de otros elementos en las obras que genera la necesidad de extensas áreas de trabajo para el almacenamiento dentro de la obra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El uso de placas metálicas o dañadas antes de la instalación hacen que no se puede instalar en la obra.</li> <li>- No se puede usar aditivos acelerantes o aquellos que contengan sales clorhídricas debido a que son propiedades que producirían corrosión sobre las láminas de acero.</li> <li>- El comportamiento de la placa frente el fuego, debemos tener en cuenta tres aspectos importantes: Presenta ambientes aislados los que evitan la propagación del calor o temperatura a la cara no expuesta del sistema de losa, la integridad y seguridad de la resistencia al fuego y su gran capacidad de poder resistir el paso de las llamas de fuego o gas si existiese fisuras en el concreto.</li> </ul>

*Fuente:* Adaptado de (Aylas Susanibar, 2017).

**Tabla 2***Cuadro Comparativo de las losas aligeradas con ladrillos de techo*

	<b>VENTAJAS</b>	<b>DESVENTAJAS</b>
Losa aligerada con ladrillo de techo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Por el tiempo que se viene empleándolo en la construcción, se hace manejable la instalación de las losas aligeradas con ladrillo.</li> <li>- Las losas aligeradas en comparación con las losas macizas constituyen un menor peso para la estructura.</li> <li>- Es más económico en comparación a una losa maciza.</li> <li>- Es bien conocida en el mundo de la construcción y tiene una gran confiabilidad en los usuarios por los cálculos conocidos y la experiencia empírica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La utilización indebida del ladrillo puede traer consigo desventajas en los desperdicios del concreto que son muchas veces hasta el 20% del volumen de toda la losa aligerada.</li> <li>- Entre ladrillo y ladrillo existen fugas o escapes de mortero y concreto lo que causa una merma en las propiedades físicas de las mismas.</li> <li>- Analizándolo estructuralmente siempre necesitara la incorporación de acero de refuerzo.</li> <li>- Los ladrillos sufre rupturas debido a su propio peso, el peso operativo y el peso que sufre al quitar el encofrado y no fraguar que ocasionan que se llene de concretos espacios de albañilería.</li> <li>- El colocado de ladrillos es realmente difícil, porque las losas no siempre forman desde su concepción líneas rectas de los ladrillos aligerantes, esta distribución influye en las viguetas de la losa, que al no terminar siempre rectangulares dificultan el acabado de las mismas.</li> </ul>

*Fuente:* Adaptado de (Aylas Susanibar, 2017).

## **2.3. Marco conceptual**

### **Comportamiento estructural**

Es la manera en la que una estructura responde a los esfuerzos y deformaciones debido a las cargas que soporta de la estructura; existen relaciones basadas en matemáticas entre los desplazamientos y fuerzas generalizadas se conocen como relaciones constitutivas de la estructura (Capcha, 2019).

Además, Verdi Chahua X. (2016), afirma que para un buen comportamiento estructural toda estructura debe salvaguardar la vida de las personas, así como los elementos dentro de la estructura ante cargas y fuerzas externas, ya sean de gravedad y sísmica que actúan sobre ella. Cumpliendo con criterios adoptados como simetría, Resistencia, Hiperestaticidad y monolitismo, continuidad de la estructura, rigidez lateral y diafragma rígido.

### **Losas**

En el libro de Losas y Entrepisos por Jessica Gutiérrez on Prezi (2011) define a las losas de la siguiente manera “Losas o placas de entrepiso son los elementos rígidos que separan un piso de otro, construidos monolíticamente o en forma de vigas sucesivamente apoyadas sobre los muros estructurales. Las losas de entrepiso se consideran como uno de los elementos más delicados en la construcción de vivienda, ya que una colocación incorrecta de acero de refuerzo puede llevar al colapso sin necesidad de que venga un sismo, siempre debe contar con la ayuda de los planos estructurales de la losa para realizarla, siguiendo las indicaciones y las especificaciones que da el Ingeniero Responsable” (Martinez & Gutierrez , 2011).

## **Losa Compuesta**

López Ávila. (2007), Define a una losa compuesta como: “aquella losa en la que se utilizan láminas de acero como encofrado de toda la superficie inferior y lateral de la losa que es capaz de soportar el hormigón vertido, la armadura metálica y las cargas durante todo el proceso de construcción. Posteriormente las láminas de acero trabajan estructuralmente con el hormigón endurecido y se comportan como una armadura a tracción en el forjado acabado, comportándose como un elemento estructural mixto hormigón-acero (López Ávila, Larrúa Quevedo, & Recarey Morfa, 2007).

## **Losa Aligerada**

La principal variación, en losas planas aligeradas, se encuentra en el material para realizar el aligeramiento. Pueden usarse casetones de poliestireno expandido comúnmente denominado como tecnopor, así como también se puede incorporar bloques o ladrillos huecos de mortero ligero, estos distintos materiales aligerantes se quedan incorporados en la losa. Al aligerarse la carga de la losa se abarcan mayores luces a menores costos. Además, según Angulo Ruiz E. y Rodríguez Bocanegra J. (2017), se denomina losa aligerada porque se colocan piezas de materiales mucho más ligeros que el concreto, estos materiales pueden ser barro, o incluso poliestireno de distintas formas. Esta incorporación nos brinda como resultado una losa con mayor peralte, pero brinda menores cargas comparándolo con una losa maciza (Segura Garcia, 2017).

## **Resistencia a la compresión**

Es la principal y fundamental característica mecánica del concreto. Está definida como la propiedad para resistir o soportar cargas de la estructura, esta expresada en



términos de esfuerzo, generalmente en  $\text{kg/cm}^2$ , MPa y con alguna frecuencia en  $\text{lb/pulg}^2$  (psi) (Osorio, 2020). La prueba de laboratorio universalmente conocida para calcular la resistencia a la compresión de un elemento estructural, es el ensayo sobre probetas cilíndricas fabricadas en moldes adecuados previamente que tienen 15cm de diámetro y 30cm de altura. Este ensayo se rige bajo la norma ASTM C-39.

### **Resistencia a la flexión**

Representan los métodos clásicos de caracterización para plásticos rígidos y semirrígidos. Se define como una medida de la resistencia a la tracción del concreto. Es una medida a la falla por los momentos y cortantes de una losa o viga de concreto no reforzada. ISO 178 y ASTM D790 (2010).

### **Falla por tensión**

Esta falla ocurre cuando el acero de la estructura fluye y el concreto no presenta una falla anterior a la del acero, razón por la cual el elemento exhibe una falla dúctil. Se aprecian grandes deflexiones y rajaduras antes del colapso de la edificación lo cual alerta a los usuarios acerca del peligro inminente. Estas secciones son llamadas también sub-reforzadas (Harmsen, 2005, pág. 83).

### **Falla por compresión**

Esta falla ocurre cuando el acero no tiene la oportunidad de fluir a partir de donde el concreto comienza la falla de un momento a otro; pero a su vez este tipo de falla no se denomina dúctil. Estas secciones donde se presentan este tipo de fallas son denominadas sobre-reforzadas (Harmsen, 2005, pág. 84).

### **Falla balanceada**

Esta falla ocurre en el momento en el que el concreto llega a la deformación unitaria última de 0.003 conjuntamente o al mismo tiempo que inicia la fluencia del acero. Independientemente se conoce una única cuantía de acero que produce una falla balanceada a la que se denomina como cuantía balanceada ( $P_b$ ). Por motivos de brindar la principal característica de seguridad a las personas de la edificación, se sugiere que la totalidad de las secciones se calculen, determinen y diseñen convenientemente para fallar por tracción y a causa de esta razón se limita la cuantía del acero a  $0.75 P_b$  (Harmsen, 2005, pág. 84).

### **Cargas**

En la norma E.020 se refiere a las cargas como: “la fuerza u otras acciones que resulten del peso de los materiales de construcción, ocupantes y sus pertenencias, efectos del medio ambiente, movimientos diferenciales y cambios dimensionales restringidos”. Las construcciones y todos sus elementos actuantes tiene que ser capaces de soportar los pesos que se les imponga tanto durante la ejecución como durante el funcionamiento, pero es muy importante considerar las cargas a las que está destinada la edificación previamente antes de iniciar el diseño de sus distintas secciones que se comportaran como elementos estructurales resistiendo y transmitiendo las distintas cargas que se le aplicaran (Ministerio de Vivienda, 2021).

### **Cargas muertas**

En la norma E.020 se refiere a las cargas muertas como: “el peso real de los elementos estructurales que son parte de la edificación y los que deberán soportarla de

manera conjunta”, estos fueron calculados en base a los pesos unitarios del Anexo 1 de la Norma E- 020, donde se especifican distintas cargas de acuerdo a la función que cumplirá la edificación en su etapa de funcionamiento, se emplean pesos menores bajo una justificación técnica (Ministerio de Vivienda, 2021).

### **Cargas Vivas**

En la norma E.020 se refiere a las cargas vivas como: “los pesos o cargas gravitacionales probables u ocasionales, para los diferentes tipos de ocupación o usos en la estructura, cuya manifestación es temporal, cambiante por su ubicación y muy variable en intensidad, incluyendo un margen para condiciones de impacto ordinarias” es un factor muy importante que se debe de tener en cuenta al momento de diseñar las secciones de los elementos estructurales de la edificación, pues muchas veces se les suele restar importancia y al momento del funcionamiento de la estructura se le aplican cargas que no se consideraron durante su diseño y se llegan a producir las distintas fallas por aplicación de cargas (Ministerio de Vivienda, 2021).

### III. CAPITULO III: METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Hipótesis

##### 3.1.1. *Hipótesis general*

Si incorporamos losas colaborantes del sistema Steel Deck en la estructura de las losas aligeradas, entonces mejoramos su comportamiento estructural para la construcción de viviendas unifamiliares en Abancay, Apurímac, 2020.

##### 3.1.2. *Hipótesis específicas*

- a) La integración de losas colaborantes aplicando el sistema Steel Deck, optimizará la resistencia a la compresión del concreto de losas aligeradas en viviendas unifamiliares.
- b) La integración de losas colaborantes aplicando el sistema Steel Deck, optimizará la resistencia a la flexión de losas aligeradas en viviendas unifamiliares.
- c) La integración de losas colaborantes aplicando el sistema Steel Deck, optimizará la resistencia a la vibración forzada de losas aligeradas en viviendas unifamiliares.

#### 3.2. Método

##### **Método:**

En la presente investigación el método usado fue el deductivo, según (Hernández Sampieri, 2014) en éste método “Los investigadores parten de proposiciones genéricas o generales, más universales para poder llegar a una afirmación particular”; por ello, el método deductivo consiste en determinar las características de un problema a través de la deducción, la cual consiste en derivar las consecuencias a partir de

conclusiones generales ya establecidas por las leyes científicas de acuerdo a su categoría; a partir de ello en la actual investigación mi persona iniciará de lo genérico a lo particular mediante métodos que se usará relacionando la variable losas aligeradas con placas metálicas.

**Orientación:**

La presente investigación según la orientación fue aplicada, para (Murillo Torrecilla, 2008), define a la investigación aplicada como “La utilización y/o aplicación de conocimientos obtenidos y a la vez se adquieren otros nuevos, después de llevar a cabo y poner la investigación en práctica”.

**Enfoque:**

El enfoque que tiene esta investigación es el enfoque cuantitativo; Hernández Sampieri R. y Baptista Lucio M. (2014), definen el enfoque cuantitativo como “Aquel enfoque que considera que los conocimientos deben ser objetivos, que son representados como un conjunto de procesos secuenciales y probatorios; éstos son generados a partir del proceso deductivo, se prueban las hipótesis planteadas a través de mediciones numéricas y aplicando un análisis estadístico inferencial; cada etapa precede a la siguiente y no se pueden eludir pasos puesto que el orden es riguroso”; a partir de donde, éstas nos permitirán obtener una medición numérica y estadística de la variable losas aligeradas con la integración de losas colaborantes con el fin de obtener datos requeridos e información necesaria para demostrar las distintas hipótesis planteadas en la presente investigación y de ese modo demostrar que el uso de losas colaborantes del sistema Steel Deck son adecuados (Hernández Sampieri, 2014).

### **3.3. Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo explicativo; según (Arias Galicia, 2012) indica que “La base central de la investigación explicativa está centrada en determinar los orígenes y/o causas de un fenómeno determinado que se lleva a estudio a través de la hipótesis mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto”; por ello; según la variable las aligeradas con la integración de placas colaborantes, se tiene como objetivo explicar el comportamiento estructural de este elemento estructural.

### **3.4. Nivel o alcance de investigación**

El nivel de la presente investigación es de un nivel o alcance exploratorio y correlacional, según (Arias Galicia, 2012) indica que “La investigación exploratoria es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto” y (Hernández Sampieri, 2014) indica que “Los estudios exploratorios se realizan cuando la finalidad de la investigación es analizar un problema poco examinado, del cual se tienen incógnitas o no se ha abordado previamente”; según (Arias Galicia, 2012) se indica “Su finalidad es determinar el grado de relación que existen entre dos o más variables, en estas investigaciones inicialmente se miden las variables y seguidamente por medio de pruebas se estima la correlación entre las variables”. En esta dirección, la presente investigación explicará la relación entre la variable dependiente del análisis del comportamiento estructural y la variable independiente de la integración de losas colaborantes del sistema Steel Deck mediante los ensayos de flexión estática y vibración forzada; siendo la influencia de la placa metálica en el comportamiento de la losa de entrepiso un estudio poco conocido en la localidad de Abancay.

### 3.5. Diseño de investigación

La presente investigación tiene como diseño experimental; según (Arias Galicia, 2012) indica que “Una investigación experimental es un proceso que consiste en aplicar a un objeto o a un conjunto de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamientos, para poder percibir los efectos o consecuencias que se producen en ella”; además (Shmelkin, 1991) la define como “Un conjunto de métodos y técnicas de investigación que es netamente explicativa y destaca que en este tipo de investigaciones la manipulación de una o más variables”. Por ello; la presente investigación es experimental porque los especímenes se someterán a pruebas de laboratorio para obtener los resultados esperados y de esta manera evaluar y analizar el comportamiento estructural de este tipo de losas de concreto.

### 3.6. Operacionalización de variables

**Variable independiente:** Integración de losas colaborantes del sistema Steel Deck.

**Dimensiones:**

- Disminución de tiempos de ejecución
- Aumento de luz entre vigas y apoyos estructurales.

**Variable dependiente:** Comportamiento estructural.

**Dimensiones:**

- Resistencia a la compresión.
- Resistencia a la flexión.
- Resistencia a la vibración forzada

**Tabla 3** Operacionalización de variables

Variables	Concepto Científico	Concepto Operacional	Dimensiones	Indicadores	Und.	Instrumento
<b>Variable Independiente</b>						
Integración de losas colaborantes del sistema Steel Deck	Es un proceso innovador y moderno para losas de entrepiso que está compuesto de una placa de acero inferior colocado sobre un envigado de acero o concreto y que hace posible recepcionar y mantener el concreto colocado sobre la losa hasta su endurecimiento. (López Ávila, Larrúa Quevedo, & Recarey Morfa, 2007).	Este diseño innovador de construcción de losas aligeradas de techo o entrepiso lo podemos aplicar en la construcción de losas aligeradas de viviendas unifamiliares Abancay, Apurímac.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminución de tiempos de ejecución</li> <li>- Aumento de luz entre vigas y apoyos estructurales.</li> <li>- Resistencia a cargas y vibraciones forzadas.</li> </ul>	La incorporación de losas colaborantes hace que trabaje como una losa sólida con comportamiento uniforme.	m <sup>3</sup>	Manual de diseño técnico y calculo estructural para el sistema constructivo placa colaborante Acero Deck.
<b>Variable Dependiente</b>						
Comportamiento Estructural	Es la manera en la que una estructura responde a los desplazamientos y deformaciones, debido a la aplicación de fuerzas externas; existen relaciones basadas en matemáticas entre los desplazamientos y fuerzas generalizadas se conocen como relaciones constitutivas de la estructura (Capcha, 2019).	Para determinar el comportamiento estructural de la losa aligerada con losas colaborantes someteremos a ensayos de compresión, flexión y vibración forzada de especímenes a escala real que nos dará como resultado el comportamiento estructural de la losa.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resistencia a la compresión.</li> <li>- Resistencia a la flexión.</li> <li>- Resistencia a la vibración forzada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Resultado del ensayo de resistencia a compresión: <math>f_c &gt; 210 \text{ kg/cm}^2</math></li> <li>- Resultado del ensayo de flexión simple: <math>R = PL/bd^2</math></li> <li>- Análisis de vibraciones forzadas en función a los periodos de las vibraciones máximas.</li> </ul>	kg/cm <sup>2</sup>  tf; kN  Hz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ensayo de resistencia a la compresión ASTM C-39 - NTP 339-034.</li> <li>- Ensayo de flexión estática de la losa ASTM C-78 – ISO 178.</li> <li>- Ensayo de vibración forzada ASTM C 215 – 91</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.



### **3.7. Población, muestra y muestreo**

#### **3.7.1. Población**

Para (Bernal, 2010) la población se define como “La agrupación de todos los elementos a los cuales se refiere la investigación. También, se define como la agrupación de todas las unidades del muestreo” Además, para (Tamayo, 2003), la población es “La totalidad del fenómeno estudiado, este incluye el total de unidades de análisis de población que integra el fenómeno y que debe cuantificarse para el estudio determinado, se denomina población porque conforman el total de fenómenos unidos a un estudio de investigación”. Y (Arias Galicia, 2012) señala a la población como “el conjunto finito o infinito de los elementos con características muy comunes para ello serán muy largas las conclusiones en la investigación”. En la presente investigación la población fueron las losas colaborantes con integración de placas metálicas del sistema Steel Deck como elemento estructural de entrepiso o techo.

#### **3.7.2. Muestra**

(Tamayo, 2003), Define la muestra como: “Conjunto de operaciones que se ejecutan para estudiar la correcta distribución de ciertos caracteres en totalidad de una población colectivo, teniendo como punto de partida la observación de una fracción de la población que se considera”. Además, (Bernal, 2010), define a la muestra como “Una parte de la población la cual se selecciona para recabar información para desarrollar un estudio y sobre esto se hará la observación, asimismo la medición de las variables del objeto de estudio de la investigación”. La muestra de la presente investigación son los 04 especímenes de losa colaborante simplemente apoyados de 3.0x0.9x0.25m y los 03

especímenes de losa colaborante con apoyo fijo de 3.0x0.9x0.09m, 3.0x0.9x0.11m y 3.0x0.9x0.13m respectivamente.

### **3.8. Técnicas e instrumentos**

#### **3.8.1. Técnicas**

(Arias Galicia, 2012) Detalla que “Para poder verificar la hipótesis y responder a las interrogantes que se formularon se entiende por técnica de investigación a la forma o proceso en particular de obtener datos o información”. Las técnicas que se usaron en esta investigación fueron, en primer lugar, el análisis documental, mediante el cual se realizó la revisión de normas, revistas, libros, tesis existentes, especificaciones técnicas con respecto al tema en estudios y recopilación de datos que marcarán la línea a seguir para la obtención de resultados que la presente investigación requiere verificar en su objetivo general y objetivos específicos. En segundo lugar, se usó la observación experimental que consistió en el registro de datos estadísticos, que fueron obtenidos en el laboratorio tras realizar los ensayos de laboratorio de resistencia a la compresión, de flexión estática simplemente apoyada y la vibración forzada.

#### **3.8.2. Instrumentos**

Según (Arias Galicia, 2012) , define a los instrumentos como “Los instrumentos para la recolección de datos son los recursos para la obtención de datos que pueden ser desde un dispositivo o un formato, que tienen por finalidad ser medio para registrar o almacenar la información obtenida”; en esta investigación dado que es de diseño experimental, la recolección de datos es imprescindible, por tanto se usó como instrumento de recolección de datos los formatos de ensayos normados y vigentes, se utilizaron los siguientes formularios de registro de datos:

- Ficha para el ensayo de análisis granulométrico AASHTO T-27, ASTM D422.
- Ficha para ensayo de contenido de humedad MTC E215, C-566.
- Ficha para ensayo de peso específico y porcentaje de absorción de agregado fino ASTM C127-88.
- Ficha para ensayo de peso específico y porcentaje de absorción de agregado grueso ASTM C128-88.
- Ficha para ensayo de peso unitario suelto y compactado ASTM C29.
- Ficha de dosificaciones para diseño de mezcla ACI 211.
- Ficha para el ensayo de flexión estática de la losa con apoyo simple ASTM C-78, la cual permite obtener los valores máximos de carga que alcanza el espécimen.
- Ficha para ensayo de vibración forzada ASTM D4 169-16.
- Ficha para el ensayo de resistencia a la compresión ASTM C39, NTP 339.034.

### **3.9. Consideraciones éticas**

Para (Sanchez - Vazquez, 1969) la ética es “La teoría o ciencia del comportamiento moral de los hombres en sociedad, es decir, una ciencia de una forma de conducta humana; es la ciencia de la moral de una esfera de conducta humana”, a su vez (Gutierrez - Saenz, 1999) señala que “La ética se refiere al origen de los actos humanos, es decir que esta estudia la bondad o maldad de estos”. También (Sanabria, 2001) refiere que la ética es “La ciencia normativa de la actividad humana en orden al bien”. Para (Vasconcelos, 1939) la ética viene a ser “toda la disciplina de la vida”. Además, según Aristóteles define la primera versión de la ética como “Una promesa válida de la humanidad y el compromiso que debe permitirle alcanzar el progreso individual, que se obtiene con uno mismo al tratar de ser siempre mejor persona”.

Además, (UTEA, 2020) tiene como meta principal el brindar protección a los derechos, la vida, la salud, la intimidad, la dignidad, el bienestar de las personas y de otros seres vivos, que participan en una investigación de acuerdo a los principios éticos de la normativa nacional e internacional. Así como del cumplimiento del Reglamento de Propiedad Intelectual. Plantean el objetivo de orientar las acciones del investigador, estudiante y docente, en referencia a la aplicabilidad del código de ética por tal razón el investigador dispone al cumplimiento de las normas en el desarrollo de su investigación.

La presente investigación se realizó bajo el respeto y el cumplimiento de los deberes, normas, valores, de acuerdo a la ética, para el alcance de los objetivos planteados en la investigación mediante los principios deontológicos.

### **3.10. Procedimiento Estadístico**

Según (López, 2020) define el proceso estadístico como “Las etapas que se deben realizar adecuadamente en un proyecto de investigación basado en un enfoque cuantitativo y seguidamente obtener resultados genuinos” y además (Levin, 2004), indica que “La estadística inferencial son procedimientos estadísticos que ayudan con la deducción e inferencia de algo referente en un grupo de datos numéricos (población), detallando un conjunto menor de ellos (muestra)”, para lo cual en la presente investigación el procesamiento de estos resultados fueron presentados a través de tablas y figuras estadísticas, en el software Excel, que me permitieron interpretar los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio para poder alcanzar los objetivos planteados en la investigación; por último, los datos obtenidos me permitieron analizar y evaluar las hipótesis de la presente tesis.

## IV. CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados

En este capítulo se mostrará a detalle el desarrollo de los procedimientos que se realizaron para lograr obtener los resultados al analizar el comportamiento estructural de losas aligeradas con placas colaborantes del sistema steel deck para determinar la resistencia a la compresión, la resistencia a la flexión simple y la resistencia a la vibración forzada a partir de los ensayos realizados en el laboratorio de estructuras Ing. Roberto Morales del Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación De Desastres (CISMID) de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI).

#### *4.1.1. Estudio de comportamiento estructural de losas colaborantes.*

Con la finalidad de conocer el comportamiento estructural de losas colaborantes del sistema steel deck ante distintas solicitaciones de carga para losas colaborantes con espesores iguales (0.25m) de calibre 20 y 22 para los ensayos de resistencia a la flexión estática simple y para las losas colaborantes con distintos espesores (0.09m, 0.11m y 0.13m) de calibre 22 en el caso de los ensayos de vibración forzada.

#### *Figura N° 2*

*Especímenes de losa colaborante para ensayos de laboratorio*



*Fuente:* Elaboración propia

*Nota:* En la Figura N° 2 se pueden observar los especímenes de losa colaborante elaborados en las instalaciones de CISMID – UNI.

#### 4.1.2. Diseño de mezcla para $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$

Para el proceso del diseño de mezcla las muestras de agregado fueron tomadas de la cantera Murillo, para realizar la selección del agregado grueso y fino provenientes de dicha cantera se tomó referencia a la investigación que lleva por título “Caracterización y evaluación de canteras en la ciudad de Abancay para el estudio del comportamiento del concreto estructural sometido a flexión” (Quispe Serrano, Fray Jelsin; Aranibar Maldonado, John Kyller;, 2020) en la cual se hizo el estudio de cuatro canteras: Murillo, Quispe, Ballon y fundo santo tomas respectivamente; a partir de ello se evaluó y se determinó tomar las muestras de la cantera murillo para realizar el diseño de mezcla.

#### Figura N° 3

*Toma de muestras de agregado grueso y agregado fino*



*Fuente:* Elaboración propia

*Nota:* En la Figura N° 03 se visualiza las tomas de muestra para los ensayos de laboratorio que se efectuaron para determinar las propiedades de los agregados.

#### Tabla 4

*Ensayos de laboratorio ejecutados para realizar el diseño de mezcla*

ENSAYO	NORMA
Análisis granulométrico por tamizado	AASHTOT-27, ASTM D422
Contenido de humedad	MTC E 215, C-566
Peso específico y Porcentaje de absorción A. Fino	ASTM C128-88
Peso específico y Porcentaje de absorción A. Grueso	ASTM C127-88
Peso unitario suelto y compactado	ASTM C29/29M
Dosificaciones para mezcla	ACI 211

*Fuente:* Elaboración propia

### a) Análisis Granulométrico

Consiste en determinar por medio de una serie de tamices de abertura cuadrada la distribución de partículas de agregados grueso y fino en una muestra seca de peso conocido; se realiza para determinar la gradación de los agregados. La Norma Técnica Peruana la define como “El análisis granulométrico consiste en determinar la distribución del tamaño de las partículas del agregado grueso y fino mediante movimientos en un conjunto de tamices, de tal modo determinar la curva granulométrica mediante gráficos de los resultados de los ensayos” (NTP 400.012, 2001).

#### Figura N° 4

*Tamizado de agregados para granulometría*



*Fuente:* Elaboración propia

*Nota:* En la Figura N° 4 se puede observar el tamizado de agregados para determinar la curva granulométrica a partir de la distribución de los agregados de acuerdo al tamaño de las partículas tanto de agregado grueso y agregado fino respectivamente.

En las Tablas 5 y 6 de puede apreciar la gradación del agregado grueso y fino respectivamente, asimismo en las Figuras N°5 y N°6 se puede visualizar los resultados de la curva granulométrica obtenida producto del respectivo tamizado realizado.

Tabla 5

Resultados del tamizado del agregado grueso

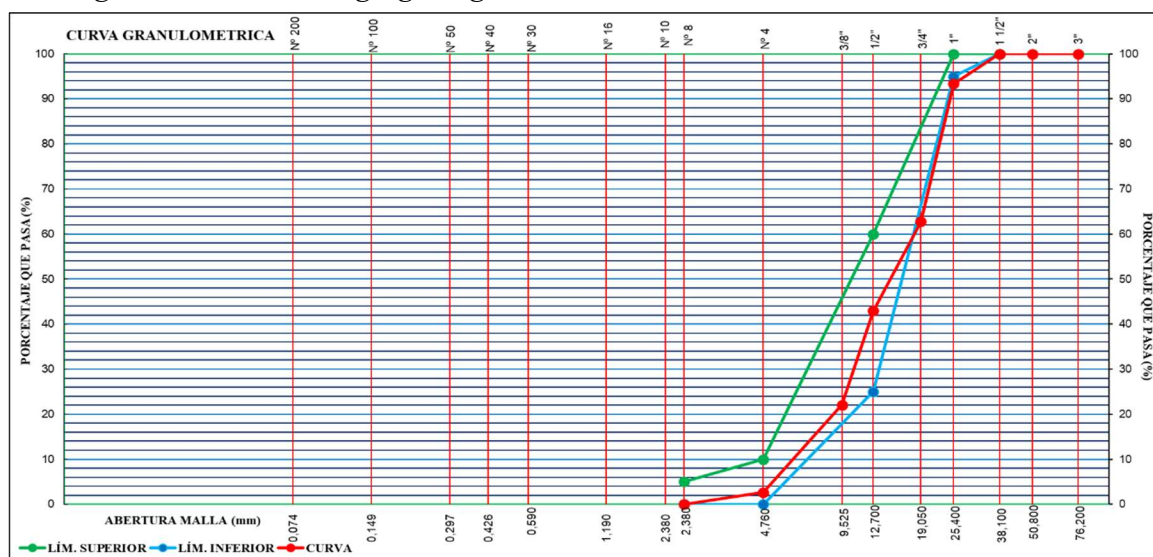
DATOS DE CANTERA		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO			TAMAÑO MÁXIMO		
CANTERA: MURILLO		(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)			PESO INICIAL SECO	3601.00	
MUESTRA: A. GRUESO					PESO LAVADO SECO	3601.00	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	ESPECIFICACIONES	
			0.0	0.0	100.0		
3"	76.200	0.0	0.0	0.0	100.0		
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	100	100
1"	25.400	240.0	6.7	6.7	93.3	95	100
3/4"	19.050	1102.0	30.6	37.3	62.7	-	-
1/2"	12.500	712.0	19.8	57.0	43.0	25	60
3/8"	9.500	752.0	20.9	77.9	22.1	-	-
N° 4	4.750	700.0	19.4	97.4	2.6	0	10
N° 8	2.360	95.0	2.6	100.0	0.0	0	5.
N° 10	2.000						
N° 16	1.190						
N° 30	0.600						
N° 40	0.420						
N° 50	0.300						
N° 100	0.150						
N° 200	0.075						
< N° 200	FONDO						

Tratándose de Agregado Grueso se tiene un Módulo de Fineza de: 7.13

Fuente: Elaboración propia.

Figura N° 5

Curva granulométrica de agregado grueso.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la Figura N°5 se muestra la curva granulométrica del agregado grueso tomado de la cantera Murillo, del cual se puede verificar que cumple con las especificaciones.



**Tabla 6**

*Resultado de tamizado de agregado fino*

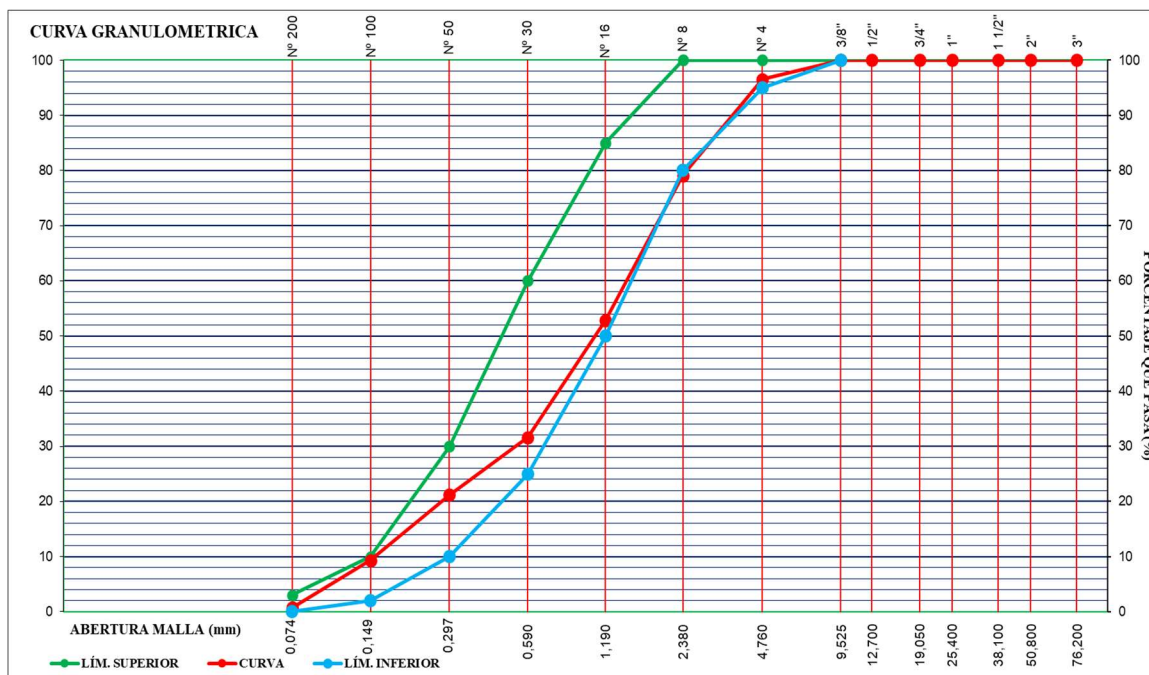
DATOS DE CANTERA		ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO			TAMAÑO MÁXIMO		
CANTERA: MURILLO		(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422)			PESO INICIAL SECO	758.90	
MUESTRA: A. FINO					PESO LAVADO SECO	758.90	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PORCENTAJE QUE PASA (%)	ESPECIFICACIONES	
3"	76.200	0.00	0.0	0.0	100.0		
2"	50.800	0.00	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.100	0.00	0.0	0.0	100.0		
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.050	0.00	0.0	0.0	100.0		
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.500	0.00	0.0	0.0	100.0	100	100
N° 4	4.750	25.90	3.4	3.4	96.6	95	100
N° 8	2.360	132.80	17.5	20.9	79.1	80	100
N° 16	1.190	199.00	26.2	47.1	52.9	50	85
N° 30	0.600	161.00	21.2	68.3	31.7	25	60
N° 50	0.300	79.60	10.5	78.8	21.2	10	30
N° 100	0.150	90.10	11.9	90.7	9.3	2	10
N° 200	0.075	65.10	8.6	99.3	0.7	0	3
< N° 200	FONDO	5.40	0.7	100.0	0.0		

Tratándose de Agregado Fino se tiene un Módulo de Fineza de: **3.09**

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura N° 6**

*Curva granulométrica de agregado fino*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°6 se muestra la curva granulométrica del agregado fino tomado de la cantera Murillo, del cual se puede verificar que cumple con las especificaciones.

## b) Contenido de humedad

El proceso indica que primero se debe pesar la muestra en estado húmedo, seguidamente se seca en un horno por un tiempo de 24 horas a una temperatura de 110°C, seguidamente registrando el peso seco de la muestra; y por último se obtiene el contenido de humedad usando la siguiente formula:

$$P = \frac{100(W - D)}{D}$$

Donde:

- ✓ P= Contenido de humedad de la muestra expresada en %.
- ✓ W= Masa de la muestra original húmeda en gr.
- ✓ D= Masa de la muestra seca en gramos.

En la tabla 7 y 8 se muestran los resultados determinados del ensayo de contenido de humedad que se le realizó al agregado grueso y al agregado fino.

**Tabla 7**

*Resultados del contenido de humedad de agregado grueso*

<b>Datos de ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Peso de la muestra húmeda	kg	266.3
Peso de la muestra secada al horno	kg	265.1
Peso del recipiente	kg	51.2
Peso de la muestra húmeda – Peso del recipiente	kg	215.1
Peso de la muestra secada al horno - Peso del recipiente	kg	213.9
Contenido de agua	kg	1.2
Peso unitario suelto seco	kg/m <sup>3</sup>	1436
Peso unitario compactado seco	kg/m <sup>3</sup>	1607
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>0.56%</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 8***Resultados del contenido de humedad de agregado fino*

<b>Datos de ensayo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>
Peso de la muestra húmeda	kg	304.4
Peso de la muestra secada al horno	kg	297.1
Peso del recipiente	kg	54
Peso de la muestra húmeda – Peso del recipiente	kg	250.4
Peso de la muestra secada al horno - Peso del recipiente	kg	243.1
Contenido de agua	kg	7.3
Peso unitario suelto seco	$kg/m^3$	1652
Peso unitario compactado seco	$kg/m^3$	1829
<b>Contenido de humedad</b>	<b>%</b>	<b>3.00%</b>

*Fuente:* Elaboración propia.**c) Peso específico y porcentaje de absorción de agregado fino y agregado grueso.**

Consiste en establecer un procedimiento para determinar el peso específico seco, el peso específico saturado con superficie seca, el peso específico aparente y la absorción (después de 24 horas) del agregado suegro. El peso específico saturado con superficie seca y la absorción están basadas en agregados remados en agua después de 24 horas. Una muestra de agregado se sumerge en agua por 24 horas aproximadamente para llenar los poros esencialmente, luego se retira el agua, se seca el agua de la superficie de las partículas y se pesa. La muestra se pesa posteriormente mientras es sumergida en agua; finalmente, la muestra es secada al horno y se pesa por tercera vez. Usando los pesos obtenidos después de haber realizado los distintos procedimientos, es posible calcular los tres tipos de pesos específicos y el porcentaje de absorción.

En la Tabla 9 y 10 se puede observar los resultados de los ensayos realizados en el agregado grueso y fino para determinar el porcentaje de absorción.

**Tabla 9***Resultados de porcentaje de absorción en el agregado fino*

<b>Datos</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Cantidad</b>
A	Peso del material saturado superficialmente seca (en el aire).	251.20
B	Peso de frasco + agua.	734.40
C	Peso de frasco + agua + (A+B).	985.60
D	Peso de material + agua en el frasco.	892.60
E	Volumen de masas + volumen de vacíos = C-D	93.00
F	Peso de material seco en horno (105°C)	249.60
G	Volumen de masa = E-(A-F)	91.40
<b>Resultados</b>		
1	Peso específico de base seca = F/E	2.68
2	Peso específico de base saturada = A/E	2.70
3	Peso específico aparente de base seca = F/G	2.73
<b>4</b>	<b>Porcentaje de absorción = (A-F) /F*100</b>	<b>0.64</b>

*Fuente:* Elaboración propia.**Tabla 10***Resultados de porcentaje de absorción en el agregado grueso*

<b>Datos</b>	<b>Ensayo</b>	<b>Cantidad</b>
A	Peso del material saturado superficialmente seca (en el aire).	736.10
B	Peso del material saturado superficialmente seca (en agua).	468.20
C	Volumen de masas + volumen de vacíos = A-B	267.90
D	Peso de material seco en horno (105°C)	731.90
E	Volumen de masa = C-(A-D)	263.70
<b>Resultados</b>		
1	Peso específico de base seca = D/C	2.73
2	Peso específico de base saturada = A/C	2.75
3	Peso específico aparente de base seca = D/E	2.78
<b>4</b>	<b>Porcentaje de absorción = (A-D) /D*100</b>	<b>0.57</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

**d) Peso unitario suelto y compactado.**

Para determinar el peso unitario suelto o compactado y el porcentaje de vacíos de los agregados finos, gruesos o una mezcla de ambos. Se utiliza siempre para determinar el valor del peso unitario utilizado por algunos métodos de diseño de mezclas de concreto. También se utiliza para determinar la relación masa/volumen para conversaciones en acuerdos de compra donde se desconoce la relación entre el grado de compactación del agregado de una unidad de transporte (que usualmente contienen humedad superficial absorbida) y los llevados a cabo por este ensayo que determinan el peso unitario seco. A diferencia del agregado fino, en el caso del agregado grueso se llena el molde en 3 capas, realizando un apisonado de cada capa con una barra de metal dándole 25 golpes, terminando se enrasa y se registra el peso del agregado más el molde.

Para realizar el cálculo del peso unitario suelto y compactado, se utiliza la siguiente fórmula:

$$M = \frac{G - T}{V}$$

Donde:

- M = Peso unitario del agregado en  $kg/m^3$ .
- G = Peso del recipiente de medida más el agregado en kg.
- T = Peso del recipiente de medida en kg.
- V = Volumen de la medida en  $m^3$ .

En la Tabla 11 y 12 se puede apreciar los resultados del ensayo de peso unitario suelto y en la Tabla 13 y 14 se pueden apreciar los resultados del peso unitario compactado.

**Tabla 11***Resultados del peso unitario suelto del agregado grueso*

<b>Peso unitario suelto A. Grueso</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
Peso de la muestra suelta + el molde (kg)	11.644	11.648	11.650
Peso del molde (kg)	7.661	7.661	7.661
Peso de la muestra suelta (kg)	3.983	3.987	3.989
Volumen del molde ( $m^3$ ).	0.002776	0.002776	0.002776
Peso Unitario Suelto ( $kg/m^3$ )	1435	1436	1437
<b>Promedio Peso Unitario Suelto</b>	<b>1463 <math>kg/m^3</math></b>		

*Fuente:* Elaboración propia.**Tabla 12***Resultados del peso unitario suelto del agregado fino*

<b>Peso unitario suelto A. Fino</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
Peso de la muestra suelta + el molde (kg)	12.244	12.248	12.245
Peso del molde (kg)	7.661	7.661	7.661
Peso de la muestra suelta (kg)	4.583	4.587	4.584
Volumen del molde ( $m^3$ ).	0.002776	0.002776	0.002776
Peso Unitario Suelto ( $kg/m^3$ )	1651	1652	1651
<b>Promedio Peso Unitario Suelto</b>	<b>1651 <math>kg/m^3</math></b>		

*Fuente:* Elaboración propia.**Tabla 13***Resultados del peso unitario compactado del agregado grueso*

<b>Peso unitario compactado A. Grueso</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
Peso de la muestra suelta + el molde (kg)	12.121	12.122	12.123
Peso del molde (kg)	7.661	7.661	7.661
Peso de la muestra compactada (kg)	4.460	4.461	4.462
Volumen del molde ( $m^3$ ).	0.002776	0.002776	0.002776
Peso Unitario compactado ( $kg/m^3$ )	1607	1607	1607
<b>Promedio Peso Unitario Compactado</b>	<b>1607 <math>kg/m^3</math></b>		

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 14***Resultados del peso unitario compactado del agregado fino*

<b>Peso unitario compactado A. Fino</b>	<b>Muestra 1</b>	<b>Muestra 2</b>	<b>Muestra 3</b>
Peso de la muestra suelta + el molde (kg)	12.739	12.740	12.736
Peso del molde (kg)	7.661	7.661	7.661
Peso de la muestra compactada (kg)	5.078	5.079	5.077
Volumen del molde ( $m^3$ ).	0.002776	0.002776	0.002776
Peso Unitario compactado ( $kg/m^3$ )	1829	1830	1829
<b>Promedio Peso Unitario Compactado</b>	<b>1829 <math>kg/m^3</math></b>		

*Fuente:* Elaboración propia.**e) Diseño de mezcla.**

Se realizó el diseño de mezclas usando el método ACI 211 con los agregados grueso y finos provenientes de la cantera Murillo, es importante especificar que para el diseño de mezclas se usó el cemento APU tipo I, puesto que es el cemento más utilizado en las construcciones de losas de entrepiso y losas de techo en la ciudad de Abancay.

En la Tabla 15 se muestran los valores del diseño de mezcla realizado por módulo de fineza para un concreto de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  y  $f'cr=294 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla 15***Diseño de mezcla por módulo de fineza*

	<b>A. Grueso</b>	<b>A. Fino</b>
Tamaño máximo nominal	1"	-
Módulo de fineza	7.524	3.042
Peso unitario de suelo suelto	1436	1652
Peso unitario de suelo compactado	1607	1829
Peso específico de muestra	2.73	2.68
Porcentaje de absorción	0.57	0.64
Contenido de humedad	0.56	3.00
Módulo de fineza Combinada de agregados	<b>5.403</b>	
SLUMP	3" – 4" (consistencia plástica)	
Cemento	3.36	3.03
Agua	193 litros	

*Fuente:* Elaboración propia.

**Tabla 16***Relación agua cemento de diseño de mezcla*

<b>Relación agua/cemento de diseño</b>	0.574
Relación agua/cemento de obra	0.514
Factor de cemento	7.9
$f'c$	210 kg/cm <sup>2</sup>
$f'cr = f'c + 84$ (factor de seguridad)	294 kg/cm <sup>2</sup>

*Fuente:* Elaboración propia.**Tabla 17***Volúmenes absolutos*

<b>Volumen</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Porcentaje</b>
Volumen de los agregados	0.681	68.1 %
Volumen de agua	0.193	19.3 %
Volumen de cemento	0.111	11.1 %
Volumen de aire	0.015	1.5 %
Porcentaje de agregado fino x Volumen de agregado	0.322	47.3% de V.A.
Porcentaje de agregado grueso x Volumen de agregado	0.359	52.7% de V.A.

*Fuente:* Elaboración propia.**Tabla 18***Diseño seco y diseño final corregido por humedad y absorción*

	<b>Diseño seco</b>	<b>Corrección</b>	<b>Diseño final</b>
Agua	193 lt	-20.3 lt	173 lt
Cemento	336 kg		336 kg
Arena	863 kg	3.00	889 kg
Piedra	980 kg	0.56	986 kg
Aire	-	-	-
<b>Peso total de mezcla</b>	<b>2372 kg</b>		<b>2383 kg</b>

*Fuente:* Elaboración propia.



**Tabla 19***Proporciones en peso y peso por pie<sup>3</sup>*

<b>Proporción en peso de diseño de mezcla</b>		
Cemento	1	42.50 kg/saco
Agua	21.83	21.83 kg/saco
Agregado fino	2.64	112.35 kg/saco
Agregado grueso	2.93	124.57 kg/saco
<b>Proporción en peso por PIE<sup>3</sup> de diseño de mezcla</b>		
Cemento	1	42.50 kg/pie <sup>3</sup>
Agua	21.83	21.83 kg/pie <sup>3</sup>
Agregado fino	2.64	48.20 kg/pie <sup>3</sup>
Agregado grueso	2.93	40.91 kg/pie <sup>3</sup>

*Fuente:* Elaboración propia.**Tabla 20***Valores de diseño de mezcla en proporción a peso y volumen*

<b>Proporciones finales en peso</b>			
Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
1	2.64	2.93	21.83
<b>Proporciones finales en volumen</b>			
Cemento	Agregado fino	Agregado grueso	Agua
1	2.33	3.05	21.83

*Fuente:* Elaboración propia.**4.1.3. Elaboración y característica de los especímenes.**

Los especímenes a ser ensayados para el ensayo de vibración forzada y flexión simple fueron construidos en dos grupos de 3 y 4 respectivamente, con el objetivo de tener un control óptimo de los procesos constructivos.

La elaboración de los especímenes de losa colaborante se inició con una reunión en la que se realizó la coordinación con el Dr. Miguel Diaz que lo mejor era elaborar los especímenes en las instalaciones de CISMID-UNI para tener mayor precisión en la colocación del motor vibrador para el ensayo de vibración forzada y asimismo con los mecanos para el ensayo de flexión simple; por ello se comenzó con el envío de agregados desde la cantera murillo a Lima tal como se puede observar en la Figura N° 7, del mismo modo en la Figura N° 8 se puede observar el descargo de agregados en las instalaciones de CISMID-UNI. Seguido a ello se tuvo lugar al suministro de placas colaborantes y conectores de corte de acuerdo a las especificaciones de los especímenes diseñados por parte de la empresa Aceros Procesados S.A; se puede apreciar en la Figura N° 9. Para culminar con el suministro de materiales se tuvo el suministro de vigas metálicas para el ensayo de vibración forzada, pues se tenía la necesidad de fijar los especímenes a los mecanos, asimismo se tuvo el suministro de cemento APU tipo I y acero de temperatura de 1/4” los cuales se pueden apreciar en la Figura N° 10.

### **Figura N° 7**

*Envío de agregados de la cantera murillo a CISMID - UNI*



*Fuente:* Elaboración propia.

Nota: En la Figura N°7 se observa el envío de agregados a la ciudad de Lima para la elaboración de especímenes de losas aligeradas con placas colaborantes.

### Figura N° 8

*Llegada y descarga de agregados en las instalaciones de CISMID-UNI*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°8 se puede observar el descargo de los agregados con la ayuda del cargador en un lugar estratégico, cerca de la mezcladora eléctrica que se usará.

### Figura N° 9

*Suministro de placas metálicas y conectores de corte*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°9 se puede apreciar el suministro de materiales por parte de la empresa Aceros Procesados S.A.; los cuales fueron coordinados previamente para elaborar las placas de acuerdo a las dimensiones de cada espécimen diseñado.

### Figura N° 10

*Suministro de materiales para elaboración de especímenes*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°10 se puede observar el corte de la viga metálica elaborada de acuerdo al diseño, en vigas metálicas de 1m de largo respectivamente, del mismo modo se visualiza el corte del acero de temperatura que se usará en los especímenes.

### Figura N° 11

*Suministro de encofrado para elaboración de especímenes*



*Fuente:* Elaboración propia

*Nota:* En la Figura N°11 se puede observar el suministro de madera para el encofrado de los especímenes de losas aligeradas con placas colaborantes.

Una fase imprescindible e importante en esta investigación fue la construcción de los especímenes de la losa colaborante, por lo que en la siguiente Tabla 21 se realizará una breve descripción de los pasos del sistema constructivo.

**Tabla 21***Descripción del sistema constructivo de losa con placa colaborante*

<b>Sistema constructivo</b>	<b>Descripción</b>
Ingeniería de detalles	Consiste en las actividades que se realizan en gabinete, con la finalidad de pre dimensionar los componentes de la losa con placa colaborante, en esta etapa se deberá indicar la cantidad de placas metálicas, conectores, varillas de acero de temperatura, bolsas de cemento, agregado grueso y fino. Asimismo es importante precisar el espaciamiento entre el acero de temperatura y este con el recubrimiento; toda esta información esta precisada en los planos adjuntados en los Anexos de la investigación.
Transporte de materiales para elaboración de especímenes de losa colaborante.	Consiste en el transporte de los distintos materiales que componen la losa colaborante como son; el transporte de agregados desde la cantera ubicada a las orillas del río pachachaca hasta las instalaciones de CISMID tal como se observa en la Figura N° 7 y N° 8; el transporte de la placa colaborante desde la planta hasta las instalaciones de CISMID tal como se observa en la Figura N° 9, el transporte de bolsas de cemento y varillas de acero de temperatura tal como se observa en la Figura N° 10 y por último el transporte de encofrado de madera a CISMID como se puede observar en la Figura N° 11, puesto que se tiene planteado usar estos para la elaboración en especímenes y así se pueda observar el vaciado de concreto final, ya que con los tapa bordes tradicionales no se podría observar el concreto al final del desencofrado.
Almacenamiento	Consiste en salvaguardar los materiales en las instalaciones de CISMID durante el que tiempo que no será usado con la finalidad de preservar su calidad, se deberá proteger y aislar de la intemperie evitando el contacto directo con el polvo u otros agentes externos tal como se observa en la Figura N° 12.
Izaje	Consiste en transportar los materiales del almacenamiento hasta el lugar elegido para elaborar los especímenes tal como se aprecia en la Figura N° 13.
Nivelación de terreno de trabajo	Consiste en nivelar el terreno de trabajo a través del uso de ladrillos y durmientes de madera con una separación que varía de 1 a 1.5 metros, tal como se puede apreciar en la Figura N° 14.

Montaje de placa colaborante	Consiste en la colocación de la placa metálica entre las vigas de apoyo, es espacio de contacto debe ser como mínimo 5cm, se requiere apuntalar al centro de la luz o a los tercios (de acuerdo a la luz libre) porque inicialmente la placa metálica trabajará como una plataforma de trabajo y deberá soportar todas las cargas vivas de la construcción tal como se puede ver en la Figura N° 15.
Instalación de conectores de corte	Consiste en la soldadura de los conectores de corte los cuales deben ser soldados directamente con la viga metálica y la placa metálica, para que junto al concreto formen un sistema compuesto. En esta investigación se usarán los conectores de corte para los 03 especímenes de losa colaborante que se usaran en los ensayos de vibración forzada, puesto que es necesario que se fije el espécimen a los mecanos. Es importante precisar que antes de soldar el conector, la placa metálica se debe perforar con una broca sacabocado o algún otro sistema de perforación que no altere la placa, una vez perforada se deberá soldar en todo el perímetro del perno que está en contacto de la viga, tal como se puede observar en la Figura N° 16.
Colocación de malla de temperatura	Es un refuerzo que tiene por función resistir los efectos de la temperatura y contracción de fragua del concreto, permitiendo reducir considerablemente las grietas en la cara superficial de la losa tal como se aprecia en la Figura N° 17.
Fijación y encofrado de especímenes	Consiste en mantener la placa colaborante en su posición final de trabajo, esto se realiza por medidas de seguridad y para que en la etapa de vaciado no ocurra desplazamiento del acero de temperatura, asimismo de la placa colaborante que funciona como plataforma de trabajo tal como se observa en la Figura N° 18.
Colocación de acero de refuerzo	Debido a que la placa colaborante cumple la función de ser refuerzo para momento positivo, en el caso de los especímenes que se usaran para los ensayos de flexión simple se colocaron mechas de acero de ½” formando cuadrículas de 90°x90° de dimensiones 0.20mx0.20m las cuales son distribuidas en dos direcciones verticales de la losa, considerando usar 5 mechas en cada dirección, teniendo un total de 10 mechas por cada losa colaborante tal como se aprecia en la Figura N° 19. La función de las mechas de acero elaboradas es la de ser conectores de corte, de esta manera se evitan las fallas por juntas frías que se tiene al unir dos capas de vaciado de concreto.

---

Vaciado de concreto	<p>Antes de realizar el vaciado del concreto, se deberá verificar el levantamiento de la malla de temperatura mediante dados de concreto y/o soportes que garanticen el recubrimiento y la horizontalidad; adicionalmente se deberá hacer una limpieza de toda la superficie de la placa colaborante, pues el polvo y otras impurezas pueden disminuir, de manera significativa, la adherencia entre el concreto y la placa metálica, tal como se puede apreciar en la Figura N° 20. Es importante precisar que el concreto fue preparado en una mezcladora eléctrica cuya capacidad es de <math>5 \text{ pie}^3</math> tal como se puede apreciar en la Figura N° 21 siguiendo las recomendaciones de vaciado y un correcto vibrado de cada etapa.</p>
Elaboración de probetas de concreto	<p>Durante el proceso de vaciado de concreto en los especímenes de losas colaborantes se aprovechó para realizar el ensayo de asentamiento ASTM C 143, usando el cono de Abrams bajo las especificaciones de la norma, la cual indica que se debe realizar el llenado del cono en 3 partes y en cada una se debe realizar 25 chuseadas de manera uniforme comenzando por el borde y culminando en la parte central, asimismo usando una comba de goma se realizaron golpes en la parte exterior del cono de Abrams. En el cual se pudo comprobar que el SLUMP es de 3.2", lo cual está dentro de los parámetros del diseño de mezcla que indicaba que el SLUMP de la mezcla debía estar entre 3" y 4" y debía estar con una consistencia trabajable tal como se aprecia en la Figura N° 22. También se elaboraron 18 briquetas de 10cmx20cm de concreto para los ensayos de compresión, tal como se puede ver en la Figura N° 23.</p>
Curado de concreto	<p>Consiste en mantener y controlar el contenido de humedad, esto con el fin de que el concreto desarrolle la hidratación de los materiales cementantes. Es importante realizarlo durante los primeros 7 días después del vaciado, en los especímenes se usó el tipo de curado denominado "Arroceras" por sugerencia del personal de CISMID, las cuales consisten en distribuir arena uniformemente en el perímetro del espécimen, y esparcir agua en el interior hasta lograr empozar una cantidad suficiente de agua que se incorporará a la losa lentamente. Tal como se puede observar en la Figura N° 25; las briquetas de concreto elaboradas fueron sumergidas en los pozos de curado hasta cumplir con el tiempo de 7,14,28 días tal como se puede observar en la Figura N° 26.</p>

---

---

Desenfrado Consiste en retirar el encofrado de madera, se podrá realizar el retro de estas a partir de los 28 días después del vaciado o cuando el concreto haya alcanzado el 75% de su resistencia a compresión; seguido la losa colaborante comenzará a trabajar como una sección compuesta y podrá soportar las sobrecargas a las que será sometida, tal cual se puede observar en la Figura N° 27.

---

*Fuente:* Estudio de comportamiento de losas con placa colaborante (Cueva Rivera, 2019)

### **Figura N° 12**

*Almacenamiento de mate riales.*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°12 se puede observar el almacenamiento de las placas metálicas para mantenerlas fuera del alcance de los efectos de la intemperie.

### **Figura N° 13**

*Izaje de placas colaborantes*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°13 se puede apreciar el izaje de las placas metálicas para iniciar con la elaboración de especímenes de losas colaborantes.



**Figura N° 14**

*Nivelación de terreno de elaboración de especímenes*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°14 se visualiza la nivelación y adecuación del terreno.

**Figura N° 15**

*Montaje de placa colaborante sobre vigas metálicas*



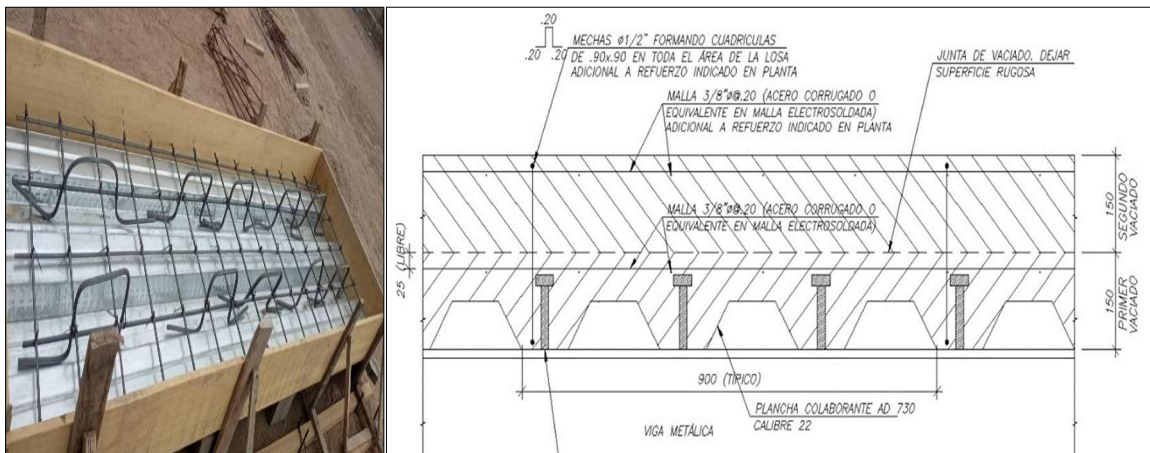
*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura N° 16**

*Instalación de conectores de corte*



*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura N° 17***Colocación de malla de acero de temperatura**Fuente: Elaboración propia.**Nota: En la Figura N°17 se visualiza la colocación del acero de temperatura de  $\varnothing 1/4"$ .***Figura N° 18***Encofrado de especímenes de losa colaborante**Fuente: Elaboración propia.***Figura N° 19***Colocación de acero de refuerzo**Fuente: Elaboración propia.*

### Figura N° 20

*Elevación de malla de acero y limpieza de losa colaborante*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°20 se aprecia la limpieza de la superficie de la placa metálica, pues es indispensable mantener dicha superficie sin impurezas que afecten su adherencia.

Seguidamente se inició con el procedimiento de mezclado de concreto, para lo cual se tuvo que usar una mezcladora de concreto eléctrica.

### Figura N° 21

*Mezclado de concreto en mezcladora eléctrica*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°21 se aprecia la preparación de la mezcla de concreto  $f'c = 210$  kg/cm<sup>2</sup> con dosificaciones en baldes de 20L de cada material.

**Figura N° 22***Ensayo de asentamiento - SLUMP*

*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°22 se puede apreciar el ensayo de asentamiento del concreto que tuvo como resultado un SLUMP de 3.2", el cual es aceptable de acuerdo al diseño.

**Figura N° 23***Elaboración de probetas de concreto*

*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°23 se observa la elaboración de probetas de concreto para realizar el ensayo de resistencia a la compresión.

**Figura N° 24***Vaciado de concreto en la losa colaborante*

*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°24 se observa el vaciado del concreto en los encofrados de losas colaborantes, con la ayuda de una carretilla se hace el traslado de mezcla desde la mezcladora eléctrica para su posterior nivelado con el uso de reglas de madera.

**Figura N° 25***Curado de especímenes de losa colaborante*

*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°25 se puede visualizar el proceso de curado de concreto de los especímenes, usando las denominadas arroceras como método de curado.

**Figura N° 26**

*Curado de Probetas de concreto*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°26 se aprecia el curado de las probetas de concreto en los pozos de agua para curado de briquetas del laboratorio de estructuras.

**Figura N° 27**

*Desenfofrado de especímenes de losa colaborante*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°27 se visualizan los especímenes finales para el ensayo de flexión estática simple, una vez desenfofrados aún se continúan curando hasta llegar a los 28 días o a 75% de su resistencia final.

Las consideraciones que se tuvieron durante la elaboración de los especímenes de losas colaborantes las siguientes:

- Los especímenes se colocaron sobre barrotes y listones de madera apoyados sobre ladrillos que fueron nivelados con el terreno previamente tal como se puede observar en la Figura N°14 con un espaciamiento de 1 a 1.5m de distancia, ello con la finalidad de evitar pandeamiento o deflexiones en los especímenes.
- Se eliminaron partículas de polvo e impurezas de la superficie de contacto entre la placa, el acero y el concreto, para realizar la limpieza se usó compresora de aire a presión tal como se puede observar en la Figura N° 20; todo ello con la finalidad de permitir la adherencia natural entre el acero y el concreto vaciado.
- Para verificar la resistencia a la compresión del concreto se realizaron los ensayos de compresión a probetas elaboradas durante cada vaciado teniendo 6 probetas por  $1m^3$  en promedio.
- Se tuvo cuidado en todo momento para mantener la horizontalidad de las losas, desde que se apoyó la placa metálica, hasta el acabado final de la superficie superior de la losa, todo ello con el propósito de transmitir las cargas de manera uniforme al momento de ensayar los especímenes.
- El transporte de los especímenes de losa colaborante al interior del laboratorio de estructuras se hizo con los mayores cuidados con la finalidad de evitar el desprendimiento de la placa metálica y el concreto vaciado, producto de los esfuerzos producidos por un mal montaje de los especímenes al momento de desplazarlos al interior del laboratorio tal como se puede apreciar en la Figura N° 28 y N° 29 respectivamente.

**Figura N° 28**

*Transporte de 03 especímenes para ensayo de vibración forzada*



*Fuente: Elaboración propia.*

Después de elaborar los especímenes de losas colaborantes se debe esperar 28 días como mínimo para realizar los ensayos, puesto que se debe esperar que la losa llegue a su máxima resistencia para su uso; para realizar los desplazamientos se hizo uso del montacarga eléctrico proporcionado por CISMID, fue importante realizar el levantamiento a los tercios de la losa colaborante para dividir uniformemente la carga. Asimismo se usó la grúa eléctrica para hacer ingresar al interior del laboratorio.

**Figura N° 29**

*Transporte de 04 especímenes para ensayo de flexión*



*Fuente: Elaboración propia.*



La cantidad de especímenes se muestra en la siguiente Tabla 22, de acuerdo al ensayo a ejecutarse y las características del perfil de placa colaborante usado, tanto para el perfil AD-600, AD-730, AD-900 y GAGE 20,22. Asimismo para los ensayos de resistencia a la compresión.

**Tabla 22**

*Características de especímenes para ensayo de resistencia a la compresión*

<b>ID</b>	<b>Ancho (m)</b>	<b>Altura (m)</b>	<b>Área (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fecha de elaboración</b>	<b>Fecha de ensayo</b>
Especímenes para ensayo de resistencia a la compresión					
M-1	0.10 m	0.20 m	78.54	23/09/2022	21/10/2022
M-2	0.10 m	0.20 m	78.54	23/09/2022	21/10/2022
M-3	0.10 m	0.20 m	78.54	23/09/2022	21/10/2022
M-4	0.10 m	0.20 m	78.54	23/09/2022	21/10/2022
M-5	0.10 m	0.20 m	78.54	23/09/2022	21/10/2022
M-6	0.10 m	0.20 m	78.54	23/09/2022	21/10/2022
M-1-1°C	0.10 m	0.20 m	78.54	04/10/2022	11/10/2022
M-2-1°C	0.10 m	0.20 m	78.54	04/10/2022	11/10/2022
M-3-1°C	0.10 m	0.20 m	78.54	04/10/2022	11/10/2022
M-4-1°C	0.10 m	0.20 m	78.54	04/10/2022	18/10/2022
M-5-1°C	0.10 m	0.20 m	78.54	04/10/2022	18/10/2022
M-6-1°C	0.10 m	0.20 m	78.54	04/10/2022	18/10/2022
M-1-2°C	0.10 m	0.20 m	78.54	10/10/2022	07/11/2022
M-2-2°C	0.10 m	0.20 m	78.54	10/10/2022	07/11/2022
M-3-2°C	0.10 m	0.20 m	78.54	10/10/2022	07/11/2022
M-4-2°C	0.10 m	0.20 m	78.54	10/10/2022	07/11/2022
M-5-2°C	0.10 m	0.20 m	78.54	10/10/2022	07/11/2022
M-6-2°C	0.10 m	0.20 m	78.54	10/10/2022	07/11/2022

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura N° 30***Especímenes para ensayo de resistencia a la compresión**Fuente:* Elaboración propia.**Tabla 23***Características de especímenes para ensayo de vibración forzada*

ID	Perfil usado	Gage/ N° vaciado	Ancho (m)	Altura (m)	Largo (m)	Luz libre (m)	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo
Especímenes para ensayo de vibración forzada								
PCVF-1	AD-730	22 / 1V	0.90	0.13	3.00	2.70	22/09/2022	08/11/2022
PCVF-2	AD-600	22 / 1V	0.90	0.11	3.00	2.70	22/09/2022	09/11/2022
PCVF-3	AD-900	22 / 1V	0.90	0.09	3.00	2.70	22/09/2022	09/11/2022

*Fuente:* Elaboración propia.**Figura N° 31***Especímenes para ensayo de vibración forzada**Fuente:* Elaboración propia.

Nota: En la Figura N°31 se pueden observar los 03 especímenes de losas colaborantes preparados para la ejecución de los ensayos de vibración forzada.

**Tabla 24***Características de especímenes para ensayo de flexión simple*

ID	Perfil usado	Gage/ N° vaciado	Ancho (m)	Altura (m)	Largo (m)	Luz libre (m)	Fecha de elaboración	Fecha de ensayo
Especímenes para ensayo de flexión simple								
PCFS-1	AD-730	20 / 1V	0.90	0.25	3.00	2.765	04/10/2022	14/11/2022
PCFS-2	AD-730	22 / 1V	0.90	0.25	3.00	2.765	04/10/2022	14/11/2022
PCFS-3	AD-730	20 / 2V	0.90	0.25	3.00	2.765	10/10/2022	15/11/2022
PCFS-4	AD-730	22 / 2V	0.90	0.25	3.00	2.765	10/10/2022	15/11/2022

*Fuente:* Elaboración propia.**Figura N° 32***Especímenes para ensayo de flexión simple**Fuente:* Elaboración propia.

Nota: En la Figura N°32 se pueden observar los 04 especímenes de losas colaborantes preparados para la ejecución de los ensayos de flexión estática simplemente apoyado.

#### ***4.1.4. Ejecución de ensayos de laboratorio***

Para poder tener una mayor confiabilidad en los especímenes de losas colaborantes realizados, se procedió a realizar los distintos ensayos planteados de las 18 probetas de concreto, 4 losas colaborantes para el ensayo de flexión y 3 losas colaborantes para ensayo de vibración forzada. Se realizó el vaciado de concreto con un diseño de mezcla de  $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$  y un factor de seguridad de  $f'cr = 294 \text{ kg/cm}^2$ .

##### **4.1.4.1. Ensayo de resistencia a la compresión.**

Para realizar el ensayo de resistencia a la compresión de testigos cilíndricos de concreto se tomó como referencia el procedimiento que establece la Norma ASTM C 39 y la NTP 339.034 (2008). Se ensayaron briquetas cilíndricas de dimensiones 10cmx20cm a edades de 7,14 y 28 días respectivamente, utilizando para el refrentado en la parte superior de la biqueta el azufre.

El procedimiento para realizar el ensayo de acuerdo a la Norma Técnica Peruana es el siguiente: “colocar el bloque de rotura inferior sobre el cabezal de la máquina de ensayo, el bloque de rotura superior directamente bajo la rótula del cabezal, limpiar las caras de contacto de los bloques superior e inferior y colocar la probeta de concreto en el bloque inferior, alineando los ejes de la probeta con el centro de empuje de la rótula del bloque asentado y seguidamente aplicar la carga continuamente y sin detenimiento hasta obtener la carga máxima” (Norma Técnica Peruana, 2008).

En la Figura N° 33 se puede observar el refrentado de la parte superior de la probeta de concreto con azufre y en la Figura N° 34 se puede observar el ensayo de resistencia a la compresión de las briquetas cilíndricas de concreto.

**Figura N° 33**

*Refrentado con azufre de las probetas de concreto*



*Fuente: Elaboración propia.*

**Figura N° 34**

*Ensayo de resistencia a la compresión de probetas de concreto*



*Fuente: Elaboración propia.*

En las Tablas 25, 26 y 27 se pueden observar los resultados obtenidos de los ensayos de resistencia a la compresión realizados a las probetas cilíndricas de concreto elaborados con la mezcla de concreto realizada al momento de vaciar los especímenes de losas colaborantes.

**Tabla 25**

*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de probetas elaboradas en el vaciado de concreto para especímenes de vibración forzada*

Elemento	Fecha		Edad (Días)	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
	Elaboración	Ensayo				kg/cm <sup>2</sup>	MPa
M-1	23/09/2022	21/10/2022	28	21300	78.54	271.2	26.60
M-2	23/09/2022	21/10/2022	28	22070	78.54	281.0	27.56
M-3	23/09/2022	21/10/2022	28	21860	78.54	278.3	27.30
M-4	23/09/2022	21/10/2022	28	23280	78.54	296.4	29.07
M-5	23/09/2022	21/10/2022	28	20960	78.54	266.9	26.17
M-6	23/09/2022	21/10/2022	28	21520	78.54	274.0	26.87

*Fuente:* Laboratorio de Estructuras CISMID - UNI.

**Tabla 26**

*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de probetas elaboradas en el primer vaciado de concreto para especímenes de flexión simple*

Elemento	Fecha		Edad (Días)	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
	Elaboración	Ensayo				kg/cm <sup>2</sup>	MPa
M-1-1°C	04/10/2022	11/10/2022	7	16940	78.54	215.7	21.15
M-2-1°C	04/10/2022	11/10/2022	7	16600	78.54	211.4	20.73
M-3-1°C	04/10/2022	11/10/2022	7	17280	78.54	220.0	21.58
M-4-1°C	04/10/2022	18/10/2022	14	18480	78.54	235.3	23.08
M-5-1°C	04/10/2022	18/10/2022	14	18480	78.54	235.3	23.08
M-6-1°C	04/10/2022	18/10/2022	14	18640	78.54	237.3	23.28

*Fuente:* Laboratorio de Estructuras CISMID - UNI.

**Tabla 27**

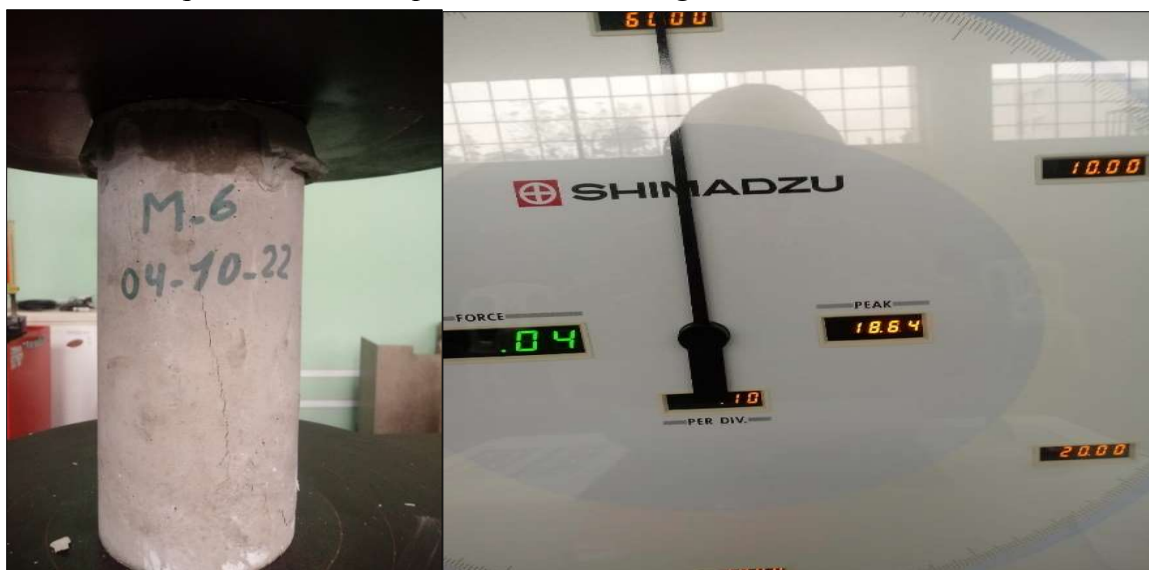
*Resultados del ensayo de resistencia a la compresión de probetas elaboradas en el segundo vaciado de concreto para especímenes de flexión simple*

Elemento	Fecha		Edad (Días)	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión	
	Elaboración	Ensayo				kg/cm <sup>2</sup>	MPa
M-1-2°C	10/10/2022	07/11/2022	28	20540	78.54	261.5	25.65
M-2-2°C	10/10/2022	07/11/2022	28	20750	78.54	264.2	25.91
M-3-2°C	10/10/2022	07/11/2022	28	20080	78.54	255.7	25.07
M-4-2°C	10/10/2022	07/11/2022	28	19770	78.54	251.7	24.69
M-5-2°C	10/10/2022	07/11/2022	28	20740	78.54	264.1	25.90
M-6-2°C	10/10/2022	07/11/2022	28	18090	78.54	230.3	22.59

*Fuente:* Laboratorio de Estructuras CISMID - UNI.

**Figura N° 33**

*Rotura de briqueta de concreto para determinar carga máxima*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°35 se puede apreciar la ejecución del ensayo de resistencia a la compresión para determinar la carga de rotura de las probetas de concreto.

#### 4.1.4.2. Ensayo de resistencia a la flexión estática simple.

De acuerdo a las especificaciones para sistemas de techo y entrepiso se han desarrollado ensayos de flexión estática siguiendo las especificaciones ASTM C-78 “*Método Experimental Normalizado de la Resistencia a la Flexión en Concreto( Usando una viga simple con carga en los tercios)*”; la carga se aplica mediante un gato hidráulico que lleva sujeto un riel en la parte inferior, el cual transfiere la carga a dos puntos en los tercios de la luz en los especímenes de losas con placa colaborante, tal como se puede apreciar en la Figura N° 36.

#### Figura N° 34

*Ensayo de flexión en losa aligerada con placa colaborante*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°36 se observa el espécimen colocado en la parte superior de los mecanos para iniciar con el ensayo de flexión estática simplemente apoyada.

El espécimen de losa colaborante fue colocado sobre los rodillos de acero ubicados en los extremos, en la parte superior de los mecanos, a una distancia indicada como luz libre para el caso de las losas simplemente apoyadas. Sobre la losa colaborante se colocaron dos rodillos de acero que cumplen la función de transmitir cargas.



#### ***4.1.4.2.1. Equipos y sistema de medición.***

Para la realización del ensayo se usaron los siguientes equipos:

##### **➤ Control de presión hidráulica**

Es un equipo con el que se regula la variación de carga mediante el aumento de presión, y ello es posible a través de válvulas que hacen posible el paso del fluido oleo hidráulico (aceite). Este se conecta directamente al gato hidráulico para aplicar la carga por presión.

##### **➤ Gato Hidráulico**

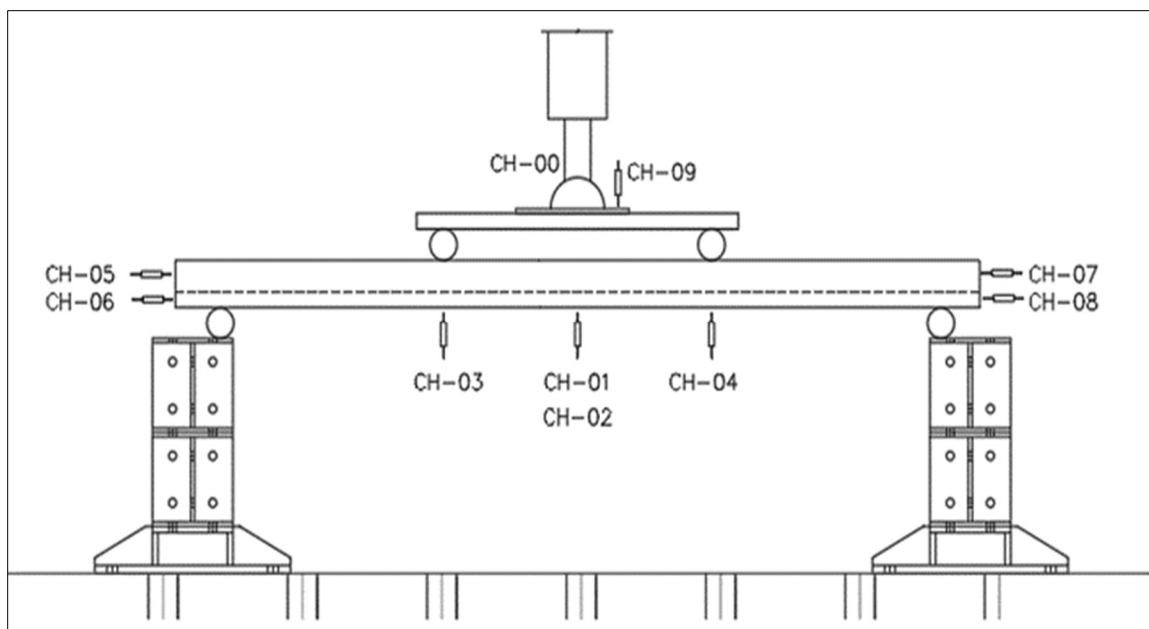
Para la ejecución del presente ensayo se usó un aparato de carga con un gato hidráulico con 50tf de capacidad de carga, este fue sujeto a un riel que transmite la carga a dos puntos sobre la losa colaborante a través de rodillos de acero que se encuentran ubicados a los tercios de la luz; mediante la celda de carga se puede medir la variación de la fuerza durante el ensayo y este puede ser recopilado por el adquisidor de datos.

##### **➤ Transductores**

Para realizar las mediciones de desplazamientos se usaron Transductores Diferenciales de Variación Lineal (LVDT), que es un equipo electromecánico usado para transformar movimientos rectilíneos en una corriente eléctrica variable o voltajes. Para el presente ensayo se usaron transductores con recorridos máximos de 5cm, 10cm. Para el presente ensayo se usó un sistema de 09 transductores de desplazamiento, los cuales fueron ubicados estratégicamente para medir la respuesta del espécimen; la ubicación de los sensores de desplazamiento fue tal cual se aprecia en la Figura N° 37.

**Figura N° 35**

*Distribución de canales para la adquisición de data de los especímenes simplemente apoyados.*



*Fuente:* Informe de resultados CISMID-UNI.

*Nota:* En la Figura N° 37 se observan los distintos canales de adquisición de datos.

**Tabla 28**

*Descripción de transductores usados en ensayo de flexión estática simple*

<b>Canal</b>	<b>Descripción</b>
CH-00	Celda de carga
CH-01	Transductor vertical inferior central
CH-02	Transductor vertical inferior central
CH-03	Transductor vertical inferior en el tercio izquierdo
CH-04	Transductor vertical inferior en el tercio derecho
CH-05	Transductor adherido a la cara izquierda de la losa
CH-06	Transductor adherido a la cara izquierda de la losa
CH-07	Transductor adherido a la cara derecha de la losa
CH-08	Transductor adherido a la cara derecha de la losa
CH-09	Transductor vertical superior central

*Fuente:* Elaboración propia.

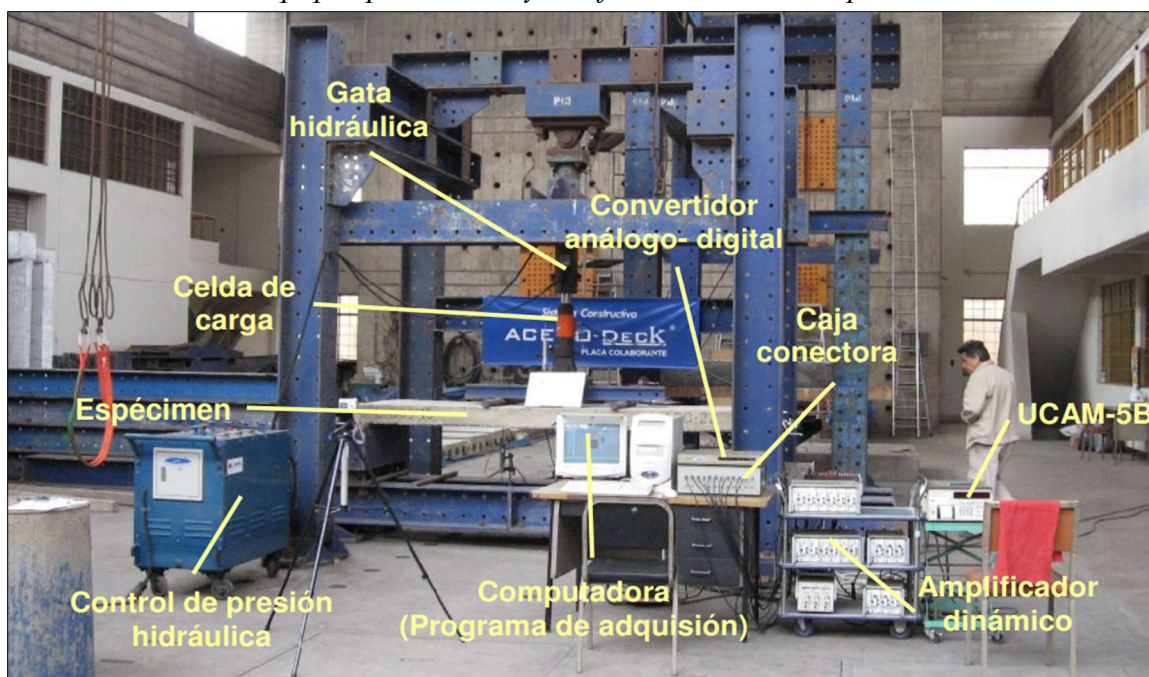
### ➤ Adquisidor de datos

Cada sensor (transductor) fue conectado a un simplificador de señales que acondicionó la señal de cada sensor a los niveles requeridos para ser transformados en un convertidor análogo digital Kyowa que introdujo las señales al computador para ser registradas y almacenadas.

La distribución de los equipos usados durante la ejecución del ensayo de flexión estática simple se puede apreciar a detalle en la Figura N° 38.

### Figura N° 36

*Distribución de los equipos para el ensayo de flexión estática simple*



*Fuente:* (Díaz Figueroa, 2009)

*Nota:* En la Figura N°38 se ven los distintos equipos usados para el ensayo de flexión. La secuencia de los ensayos se realizó en función al proceso constructivo de los especímenes, iniciando por las losas que se elaboraron con un solo vaciado (PCFS-1 y PCFS-2); prosiguiendo con las losas que se elaboraron con doble vaciado (PCFS-3 y PCFS-4). En la Figura N° 39 se muestra el sistema de carga de losa colaborante en su estado inicial.

**Figura N° 37**

*Ensayo a flexión de losa colaborante con placa metálica*



*Fuente:* Elaboración propia.

El tipo de ensayo y la variación de aplicación de carga se realizó pasando por el punto de desprendimiento de la placa metálica y finalmente llegar hasta el punto de la falla última.

A continuación se mostrarán los resultados del historial de Carga y Desplazamiento en los distintos puntos de la losa colaborante, las cuales se aprecian en la Tabla 29, Tabla 30, Tabla 31 y Tabla 32; del historial de Carga CH-00 vs Instante de carga se aprecian en las Figuras N°40, N°43, N°46 y N°49; de las curvas de Carga vs Deformación vertical en los canales CH-01, CH-02, CH-03 Y CH-04 de cada espécimen se aprecian en la Figura N°41, N°44, Figura N°47 y Figura N°50 y de las curvas de Carga vs Deformación en los extremos del espécimen en los canales de la cara norte( CH-05, CH-06) o sur (CH-07, CH-08), dependiendo en cual se produce un mayor desplazamiento, se pueden apreciar en la Figura N°42, N°45, N°48 y N°51.

Tabla 29

*Historial de carga y desplazamientos para espécimen PCFS-01*

Instante de carga	Carga Aplicada	CH-01	CH-02	CH-03	CH-04	CH-05	CH-06	CH-07	CH-08	CH-09
	(tf)	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	<b>0.1214</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	<b>0.1214</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	-0.005	0.005	0.000	-0.010
3	<b>0.1214</b>	-0.020	-0.020	-0.010	-0.010	0.015	-0.010	0.015	-0.005	-0.040
4	<b>0.1214</b>	-0.020	0.000	-0.010	-0.010	0.015	-0.010	0.015	-0.005	-0.040
5	<b>0.1214</b>	0.000	0.000	-0.010	-0.010	0.015	-0.010	0.015	-0.005	-0.040
6	<b>0.1214</b>	-0.020	0.000	-0.010	-0.010	0.015	-0.010	0.015	-0.005	-0.040
7	<b>0.1214</b>	0.000	0.000	-0.010	-0.010	0.015	-0.010	0.015	-0.005	-0.040
8	<b>0.1214</b>	-0.020	0.000	-0.010	-0.010	0.015	-0.010	0.015	-0.005	-0.040
9	<b>0.0963</b>	-0.020	0.000	-0.010	-0.010	0.015	-0.010	0.015	-0.005	-0.040
10	<b>0.1465</b>	-0.020	0.000	-0.010	0.000	0.020	-0.010	0.010	-0.005	-0.030
11	<b>0.2218</b>	-0.020	-0.020	0.010	0.020	0.020	-0.010	0.000	-0.005	0.090
12	<b>0.2971</b>	-0.020	0.000	0.030	0.040	0.010	-0.010	-0.015	-0.005	0.160
13	<b>0.3473</b>	0.000	0.000	0.040	0.050	0.005	-0.015	-0.020	-0.005	0.200
14	<b>0.4226</b>	0.020	0.020	0.050	0.080	-0.010	-0.005	-0.035	-0.005	0.250
15	<b>0.4979</b>	0.060	0.040	0.080	0.100	-0.020	0.015	-0.050	0.000	0.320
16	<b>0.6736</b>	0.100	0.080	0.120	0.150	-0.045	0.040	-0.075	0.010	0.440
17	<b>0.7991</b>	0.160	0.120	0.150	0.180	-0.060	0.055	-0.110	0.020	0.550
18	<b>0.8995</b>	0.200	0.140	0.170	0.210	-0.075	0.070	-0.130	0.030	0.610
19	<b>0.9497</b>	0.220	0.140	0.180	0.220	-0.080	0.080	-0.135	0.035	0.640
20	<b>0.9999</b>	0.240	0.160	0.200	0.240	-0.090	0.090	-0.150	0.040	0.690
21	<b>1.0752</b>	0.260	0.180	0.220	0.260	-0.105	0.105	-0.165	0.050	0.730
22	<b>1.1756</b>	0.280	0.200	0.250	0.290	-0.115	0.120	-0.185	0.060	0.790
23	<b>1.3262</b>	0.320	0.240	0.290	0.330	-0.135	0.140	-0.215	0.080	0.880
24	<b>1.5270</b>	0.380	0.280	0.330	0.370	-0.160	0.160	-0.250	0.100	0.970
25	<b>1.6776</b>	0.420	0.320	0.370	0.400	-0.180	0.175	-0.280	0.115	1.050
26	<b>1.7780</b>	0.460	0.360	0.410	0.440	-0.200	0.190	-0.305	0.130	1.110
27	<b>1.9537</b>	0.520	0.400	0.450	0.480	-0.220	0.210	-0.330	0.150	1.190
28	<b>2.1043</b>	0.560	0.460	0.480	0.520	-0.245	0.230	-0.360	0.170	1.270
29	<b>2.1796</b>	0.580	0.460	0.510	0.540	-0.265	0.240	-0.375	0.180	1.310
30	<b>2.3051</b>	0.620	0.500	0.540	0.570	-0.285	0.255	-0.395	0.195	1.370
31	<b>2.4306</b>	0.680	0.540	0.570	0.600	-0.310	0.275	-0.415	0.205	1.430
32	<b>2.5310</b>	0.700	0.560	0.610	0.630	-0.335	0.290	-0.435	0.220	1.480
33	<b>2.6565</b>	0.740	0.600	0.630	0.660	-0.355	0.310	-0.455	0.230	1.530
34	<b>2.7569</b>	0.780	0.640	0.660	0.690	-0.375	0.325	-0.475	0.240	1.580
35	<b>2.8824</b>	0.820	0.680	0.700	0.720	-0.400	0.340	-0.490	0.250	1.640
36	<b>2.9828</b>	0.840	0.700	0.720	0.740	-0.420	0.355	-0.505	0.260	1.680
37	<b>3.0832</b>	0.860	0.720	0.750	0.760	-0.440	0.365	-0.520	0.265	1.720
38	<b>3.2840</b>	0.900	0.780	0.790	0.800	-0.465	0.395	-0.545	0.280	1.800

---

39	<b>3.4095</b>	0.960	0.820	0.830	0.840	-0.495	0.415	-0.565	0.290	1.870
40	<b>3.4597</b>	0.960	0.840	0.850	0.850	-0.510	0.425	-0.575	0.295	1.890
41	<b>3.5099</b>	0.980	0.840	0.860	0.870	-0.520	0.435	-0.580	0.300	1.910
42	<b>3.5852</b>	1.000	0.860	0.890	0.890	-0.535	0.440	-0.590	0.305	1.940
43	<b>3.6605</b>	1.040	0.880	0.910	0.910	-0.550	0.455	-0.600	0.310	1.980
44	<b>3.7358</b>	1.040	0.900	0.930	0.920	-0.560	0.465	-0.610	0.315	2.010
45	<b>3.8111</b>	1.080	0.920	0.950	0.940	-0.575	0.475	-0.615	0.320	2.030
46	<b>3.8362</b>	1.080	0.940	0.950	0.950	-0.585	0.480	-0.625	0.320	2.050
47	<b>3.8864</b>	1.100	0.940	0.970	0.960	-0.595	0.490	-0.630	0.325	2.070
48	<b>3.9366</b>	1.100	0.960	0.980	0.970	-0.605	0.495	-0.640	0.330	2.090
49	<b>3.9617</b>	1.120	0.960	0.990	0.980	-0.615	0.505	-0.645	0.330	2.110
50	<b>4.0119</b>	1.140	0.980	1.000	1.000	-0.625	0.510	-0.650	0.335	2.130
51	<b>4.1625</b>	1.180	1.020	1.040	1.030	-0.640	0.530	-0.665	0.340	2.190
52	<b>4.2127</b>	1.200	1.040	1.060	1.050	-0.660	0.545	-0.680	0.345	2.220
53	<b>4.2378</b>	1.200	1.040	1.070	1.050	-0.675	0.550	-0.685	0.350	2.240
54	<b>4.2378</b>	1.200	1.060	1.070	1.060	-0.685	0.555	-0.690	0.355	2.250
55	<b>4.0119</b>	1.180	1.040	1.030	1.020	-0.690	0.560	-0.690	0.355	2.210
56	<b>3.9868</b>	1.180	1.040	1.030	1.020	-0.690	0.555	-0.690	0.355	2.200
57	<b>4.0370</b>	1.180	1.040	1.040	1.030	-0.690	0.555	-0.690	0.355	2.200
58	<b>4.0621</b>	1.180	1.020	1.040	1.030	-0.690	0.555	-0.690	0.355	2.200
59	<b>4.0621</b>	1.180	1.020	1.040	1.030	-0.690	0.560	-0.690	0.355	2.200
60	<b>4.0872</b>	1.180	1.020	1.050	1.040	-0.695	0.555	-0.690	0.355	2.200
61	<b>4.3382</b>	1.240	1.080	1.100	1.090	-0.700	0.570	-0.705	0.365	2.270
62	<b>4.5139</b>	1.280	1.120	1.140	1.130	-0.720	0.585	-0.730	0.380	2.340
63	<b>4.7649</b>	1.360	1.180	1.200	1.200	-0.775	0.620	-0.770	0.405	2.450
64	<b>5.1163</b>	1.460	1.280	1.300	1.290	-0.875	0.675	-0.845	0.450	2.600
65	<b>5.2920</b>	1.540	1.360	1.370	1.360	-0.945	0.720	-0.895	0.475	2.710
66	<b>5.3422</b>	1.580	1.400	1.400	1.390	-0.975	0.740	-0.910	0.485	2.750
67	<b>5.3673</b>	1.600	1.400	1.410	1.400	-0.990	0.750	-0.920	0.490	2.770
68	<b>5.4928</b>	1.640	1.440	1.450	1.440	-1.015	0.765	-0.935	0.500	2.830
69	<b>5.6936</b>	1.700	1.520	1.510	1.500	-1.065	0.790	-0.970	0.525	2.920
70	<b>5.8191</b>	1.740	1.560	1.560	1.550	-1.110	0.825	-1.000	0.540	2.990
71	<b>5.9697</b>	1.800	1.620	1.610	1.600	-1.150	0.850	-1.025	0.560	3.060
72	<b>6.0701</b>	1.860	1.660	1.650	1.650	-1.195	0.880	-1.050	0.570	3.130
73	<b>6.0952</b>	1.880	1.680	1.680	1.670	-1.215	0.900	-1.065	0.580	3.160
74	<b>6.0952</b>	1.900	1.700	1.690	1.690	-1.230	0.910	-1.075	0.585	3.190
75	<b>6.1203</b>	1.920	1.720	1.710	1.700	-1.240	0.920	-1.080	0.590	3.210
76	<b>6.1203</b>	1.940	1.740	1.720	1.720	-1.250	0.925	-1.085	0.595	3.220
77	<b>6.1454</b>	1.960	1.740	1.730	1.730	-1.260	0.930	-1.090	0.595	3.240
78	<b>6.1956</b>	1.980	1.760	1.750	1.750	-1.265	0.940	-1.095	0.600	3.260
79	<b>6.2709</b>	2.000	1.800	1.770	1.770	-1.280	0.950	-1.105	0.610	3.290
80	<b>6.3211</b>	2.040	1.820	1.790	1.800	-1.290	0.960	-1.110	0.615	3.330
81	<b>6.4466</b>	2.080	1.860	1.840	1.840	-1.305	0.975	-1.125	0.625	3.390
82	<b>6.4968</b>	2.120	1.920	1.870	1.880	-1.325	0.995	-1.135	0.635	3.430

---

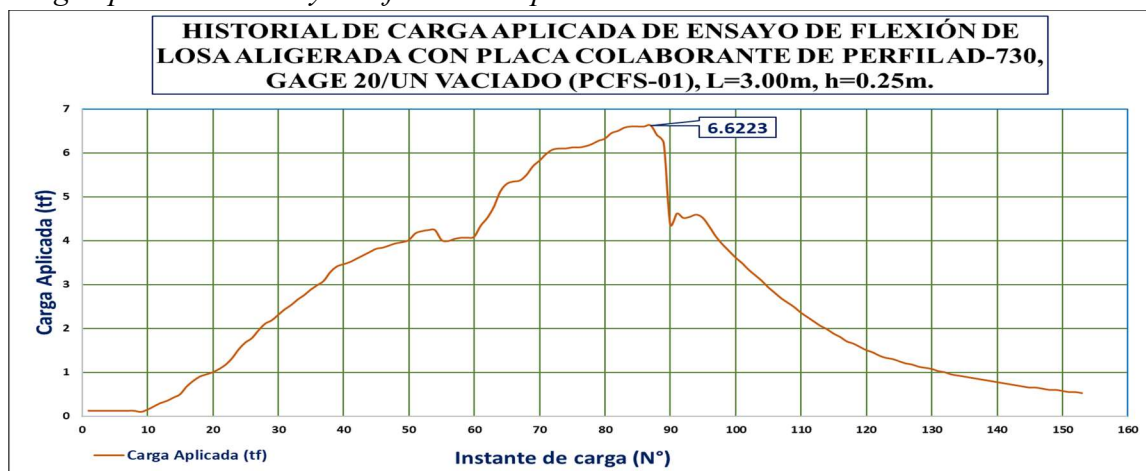
83	<b>6.5721</b>	2.160	1.960	1.900	1.940	-1.335	1.010	-1.140	0.645	3.480
84	<b>6.5972</b>	2.200	2.000	1.940	1.990	-1.355	1.025	-1.145	0.650	3.530
85	<b>6.5972</b>	2.240	2.040	1.960	2.030	-1.365	1.040	-1.145	0.655	3.570
86	<b>6.5972</b>	2.280	2.080	1.990	2.080	-1.390	1.050	-1.145	0.660	3.610
87	<b>6.6223</b>	2.360	2.160	2.050	2.190	-1.405	1.070	-1.145	0.670	3.690
88	<b>6.3964</b>	2.680	2.540	2.300	2.740	-1.430	1.140	-1.075	0.695	4.050
89	<b>6.2207</b>	3.340	3.300	2.770	3.780	-1.270	1.140	-1.275	1.670	4.740
90	<b>4.3633</b>	8.840	9.320	6.620	12.890	-0.475	1.180	-1.745	3.740	10.370
91	<b>4.6143</b>	14.300	15.120	10.380	20.600	0.390	1.180	-2.710	6.435	15.890
92	<b>4.5139</b>	20.180	21.260	14.350	29.310	1.390	1.165	-4.005	9.260	21.840
93	<b>4.5390</b>	25.380	26.620	17.790	37.450	2.290	1.030	-5.050	11.355	26.960
94	<b>4.5892</b>	31.080	32.360	21.470	45.810	3.210	0.875	-5.900	13.550	32.390
95	<b>4.5139</b>	37.000	38.340	25.310	54.170	4.200	0.660	-6.435	15.685	38.280
96	<b>4.3131</b>	42.560	43.740	28.700	61.270	5.040	0.430	-6.790	16.910	43.570
97	<b>4.0872</b>	42.720	43.840	28.730	61.370	5.070	0.405	-6.790	16.910	43.650
98	<b>3.9115</b>	42.700	43.820	28.690	61.370	5.080	0.395	-6.790	16.910	43.620
99	<b>3.7609</b>	42.600	43.760	28.630	61.380	5.090	0.380	-6.790	16.910	43.530
100	<b>3.6103</b>	42.520	43.680	28.570	61.380	5.095	0.370	-6.790	16.915	43.440
101	<b>3.4848</b>	42.420	43.600	28.520	61.380	5.105	0.360	-6.790	16.915	43.350
102	<b>3.3342</b>	42.340	43.520	28.450	61.390	5.110	0.345	-6.790	16.910	43.250
103	<b>3.2087</b>	42.280	43.440	28.390	61.390	5.120	0.335	-6.785	16.900	43.150
104	<b>3.0832</b>	42.200	43.360	28.330	61.340	5.125	0.325	-6.750	16.865	43.050
105	<b>2.9326</b>	42.120	43.280	28.270	61.270	5.135	0.310	-6.715	16.830	42.950
106	<b>2.8071</b>	42.040	43.180	28.210	61.190	5.145	0.300	-6.680	16.795	42.850
107	<b>2.6816</b>	41.960	43.100	28.150	61.100	5.155	0.285	-6.645	16.760	42.750
108	<b>2.5812</b>	41.880	43.020	28.090	61.030	5.165	0.275	-6.600	16.720	42.650
109	<b>2.4808</b>	41.800	42.940	28.030	60.950	5.175	0.260	-6.560	16.685	42.550
110	<b>2.3553</b>	41.720	42.860	27.970	60.870	5.185	0.245	-6.520	16.645	42.440
111	<b>2.2549</b>	41.640	42.800	27.910	60.790	5.195	0.235	-6.480	16.605	42.350
112	<b>2.1545</b>	41.580	42.720	27.850	60.710	5.205	0.220	-6.445	16.565	42.240
113	<b>2.0541</b>	41.500	42.640	27.790	60.640	5.215	0.205	-6.405	16.530	42.150
114	<b>1.9788</b>	41.420	42.560	27.730	60.560	5.230	0.190	-6.375	16.495	42.050
115	<b>1.8784</b>	41.360	42.480	27.680	60.480	5.240	0.175	-6.340	16.460	41.950
116	<b>1.8031</b>	41.280	42.420	27.620	60.400	5.250	0.160	-6.305	16.425	41.850
117	<b>1.7027</b>	41.200	42.340	27.560	60.310	5.265	0.145	-6.270	16.385	41.750
118	<b>1.6525</b>	41.140	42.260	27.510	60.230	5.275	0.130	-6.240	16.350	41.660
119	<b>1.5772</b>	41.060	42.180	27.460	60.150	5.285	0.120	-6.210	16.310	41.350
120	<b>1.5019</b>	40.980	42.120	27.400	60.050	5.305	0.095	-6.185	16.280	41.210
121	<b>1.4517</b>	40.900	42.040	27.330	59.950	5.315	0.080	-6.160	16.245	87.850
122	<b>1.3764</b>	40.820	41.940	27.280	59.840	5.325	0.065	-6.135	16.210	87.850
123	<b>1.3262</b>	40.740	41.860	27.220	59.730	5.340	0.045	-6.115	16.185	87.850
124	<b>1.3011</b>	40.640	41.760	27.160	59.610	5.355	0.025	-6.095	16.155	87.850
125	<b>1.2509</b>	40.560	41.700	27.100	59.510	5.370	0.010	-6.075	16.125	87.850
126	<b>1.2007</b>	40.500	41.620	27.050	59.410	5.385	-0.010	-6.055	16.095	87.850

127	<b>1.1756</b>	40.420	41.540	26.990	59.340	5.395	-0.025	-6.040	16.065	87.850
128	<b>1.1254</b>	40.340	41.460	26.940	59.240	5.410	-0.045	-6.020	16.040	87.850
129	<b>1.1003</b>	40.280	41.400	26.890	59.140	5.425	-0.060	-6.005	16.015	87.850

Fuente: Elaboración propia.

### Figura N° 38

Carga aplicada de ensayo de flexión a espécimen PCFS-01

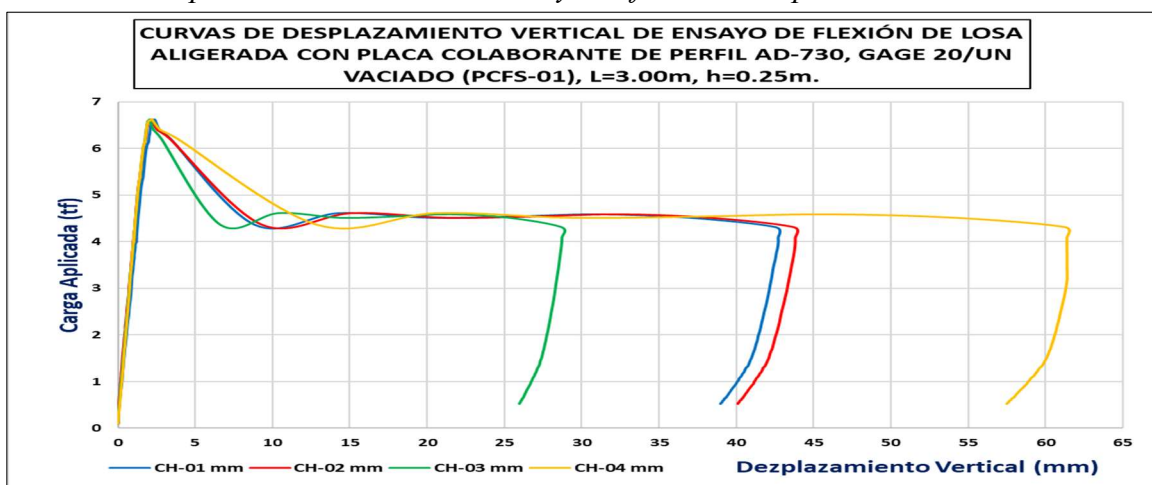


Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la Figura N°40 se puede observar la carga máxima soportada por el espécimen de losa colaborante PCFS-01; la resistencia estimada para losas aligeradas con bloquetas de techo es de  $350 \text{ kg/m}^2$ , al realizar la conversión de la carga de desprendimiento y carga de rotura en función al área del espécimen se obtienen que el espécimen soporta una carga de desprendimiento de  $695.24 \text{ kg/m}^2$  y una carga de rotura  $900.68 \text{ kg/m}^2$ .

### Figura N° 39

Curvas de desplazamiento vertical de ensayo de flexión de espécimen PCFS-01.



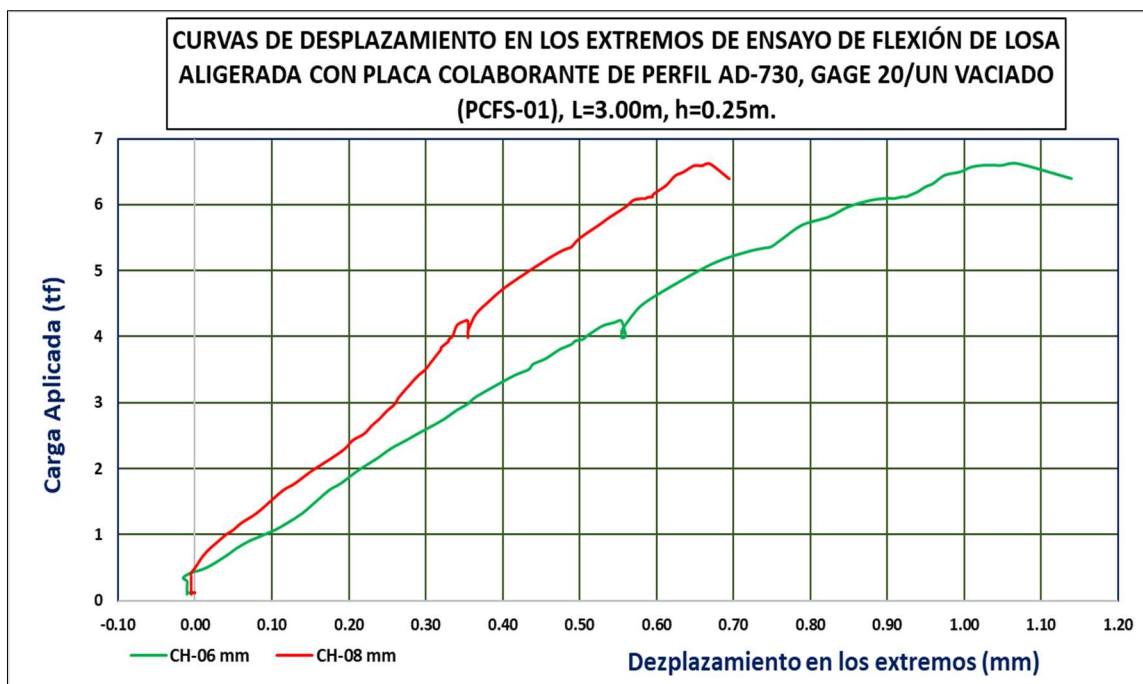
Fuente: Elaboración propia.



*Nota:* En la Figura N°41 se observan las curvas de tendencia de los transductores de desplazamiento verticales del espécimen PCFS-01 al aplicar las cargas.

**Figura N° 40**

*Curvas de desplazamiento en los extremos de ensayo de flexión de losa aligerada con placa colaborante de perfil AD-730, GAGE 20/UN VACIADO (PCFS-01), L=3.00m, h=0.25m.*



*Fuente:* Elaboración propia

*Nota:* En la Figura N°42 se observan las curvas de tendencia de los transductores de desplazamiento horizontal en los extremos del espécimen PCFS-01 al aplicar las cargas.

**Tabla 30**

*Historial de carga y desplazamientos para espécimen PCFS-02*

Instante de carga	Carga Aplicada	CH-01	CH-02	CH-03	CH-04	CH-05	CH-06	CH-07	CH-08	CH-09
N°	(tf)	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	-0.0543	0.000	-0.020	-0.030	0.000	-0.005	-0.005	0.000	0.015	-0.010
2	0.2971	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.2720	-0.020	0.000	-0.010	-0.020	0.025	-0.020	0.010	0.000	0.000
4	0.2469	-0.020	-0.020	-0.030	-0.020	0.040	-0.030	0.015	0.000	-0.020
5	0.2469	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	0.040	-0.030	0.015	0.000	-0.020
6	0.2469	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	0.040	-0.030	0.015	0.000	-0.020
7	0.2469	-0.020	-0.020	-0.020	-0.030	0.040	-0.030	0.015	0.000	-0.020
8	0.2469	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	0.040	-0.030	0.015	0.000	-0.020
9	0.2469	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	0.045	-0.030	0.015	0.000	-0.020
10	0.2469	-0.020	-0.020	-0.020	-0.030	0.045	-0.030	0.015	0.000	-0.020

---

11	<b>0.2469</b>	-0.020	-0.020	-0.020	-0.020	0.045	-0.030	0.015	0.000	-0.030
12	<b>0.2469</b>	-0.020	-0.020	-0.020	-0.030	0.045	-0.030	0.015	0.000	-0.030
13	<b>0.2469</b>	-0.020	-0.020	-0.030	-0.030	0.045	-0.035	0.015	0.000	-0.030
14	<b>0.2469</b>	-0.020	-0.020	-0.030	-0.030	0.045	-0.035	0.015	0.000	-0.030
15	<b>0.2218</b>	-0.020	-0.020	-0.020	-0.030	0.045	-0.035	0.015	0.000	-0.030
16	<b>0.2469</b>	-0.020	-0.020	-0.030	-0.030	0.050	-0.035	0.015	0.000	-0.030
17	<b>0.2218</b>	-0.020	-0.020	-0.030	-0.030	0.050	-0.035	0.015	0.000	-0.040
18	<b>0.2218</b>	-0.020	-0.020	-0.030	-0.030	0.050	-0.035	0.015	0.000	-0.040
19	<b>0.2218</b>	-0.020	-0.020	-0.030	-0.030	0.050	-0.035	0.015	0.000	-0.040
20	<b>0.2218</b>	-0.020	-0.020	-0.030	-0.030	0.050	-0.040	0.020	0.000	-0.040
21	<b>0.2469</b>	-0.040	-0.020	-0.030	-0.040	0.055	-0.040	0.015	0.000	-0.050
22	<b>0.2720</b>	-0.040	-0.020	-0.010	-0.020	0.045	-0.040	0.015	0.000	-0.060
23	<b>0.3222</b>	-0.040	-0.020	0.000	-0.010	0.030	-0.035	0.015	0.000	-0.050
24	<b>0.3473</b>	-0.040	-0.020	0.000	0.000	0.025	-0.030	0.015	0.000	-0.030
25	<b>0.3724</b>	-0.040	-0.020	0.010	0.000	0.020	-0.030	0.015	0.000	-0.020
26	<b>0.3975</b>	-0.040	0.000	0.020	0.010	0.015	-0.025	0.020	0.000	-0.010
27	<b>0.4226</b>	-0.020	0.000	0.030	0.020	0.010	-0.015	0.015	0.000	0.020
28	<b>0.4728</b>	0.000	0.000	0.040	0.030	0.000	-0.010	0.020	0.000	0.050
29	<b>0.4979</b>	0.000	0.020	0.050	0.050	-0.010	0.000	0.020	0.000	0.080
30	<b>0.6234</b>	0.040	0.060	0.080	0.090	-0.040	0.020	0.015	0.000	0.180
31	<b>0.6736</b>	0.060	0.060	0.100	0.100	-0.055	0.030	0.005	0.000	0.220
32	<b>0.7489</b>	0.080	0.080	0.120	0.120	-0.070	0.050	-0.010	0.005	0.270
33	<b>0.8493</b>	0.120	0.120	0.140	0.150	-0.095	0.065	-0.025	0.010	0.340
34	<b>0.8995</b>	0.140	0.120	0.160	0.170	-0.105	0.075	-0.030	0.015	0.370
35	<b>0.9748</b>	0.160	0.160	0.180	0.190	-0.130	0.095	-0.045	0.025	0.420
36	<b>1.0501</b>	0.180	0.160	0.200	0.210	-0.150	0.110	-0.050	0.025	0.460
37	<b>1.1003</b>	0.200	0.180	0.210	0.230	-0.160	0.120	-0.060	0.030	0.490
38	<b>1.1003</b>	0.200	0.180	0.220	0.230	-0.170	0.125	-0.065	0.030	0.500
39	<b>1.1254</b>	0.220	0.180	0.220	0.230	-0.175	0.130	-0.070	0.030	0.510
40	<b>1.1254</b>	0.220	0.180	0.220	0.240	-0.175	0.130	-0.070	0.030	0.510
41	<b>1.1254</b>	0.220	0.200	0.230	0.240	-0.180	0.135	-0.070	0.035	0.520
42	<b>1.1254</b>	0.220	0.180	0.230	0.240	-0.185	0.135	-0.075	0.035	0.520
43	<b>1.1254</b>	0.220	0.180	0.230	0.250	-0.185	0.140	-0.075	0.035	0.530
44	<b>1.1505</b>	0.220	0.200	0.230	0.250	-0.190	0.140	-0.080	0.035	0.530
45	<b>1.1756</b>	0.240	0.200	0.240	0.250	-0.195	0.145	-0.080	0.035	0.540
46	<b>1.2258</b>	0.260	0.220	0.250	0.270	-0.205	0.155	-0.090	0.040	0.570
47	<b>1.2509</b>	0.260	0.220	0.260	0.280	-0.210	0.160	-0.095	0.040	0.590
48	<b>1.2760</b>	0.260	0.220	0.260	0.280	-0.215	0.165	-0.100	0.040	0.590
49	<b>1.3011</b>	0.280	0.240	0.270	0.290	-0.225	0.175	-0.105	0.045	0.610
50	<b>1.3011</b>	0.280	0.240	0.280	0.290	-0.230	0.175	-0.110	0.045	0.620
51	<b>1.3262</b>	0.280	0.240	0.280	0.300	-0.230	0.180	-0.110	0.045	0.620
52	<b>1.3011</b>	0.280	0.240	0.280	0.300	-0.235	0.180	-0.110	0.045	0.620
53	<b>1.3262</b>	0.280	0.240	0.280	0.300	-0.235	0.180	-0.110	0.045	0.630
54	<b>1.3262</b>	0.280	0.240	0.290	0.300	-0.240	0.185	-0.115	0.045	0.630

---

---

55	<b>1.3262</b>	0.280	0.260	0.290	0.310	-0.240	0.185	-0.115	0.045	0.640
56	<b>1.3262</b>	0.280	0.240	0.290	0.310	-0.245	0.190	-0.115	0.045	0.640
57	<b>1.3513</b>	0.300	0.260	0.290	0.310	-0.245	0.190	-0.115	0.045	0.640
58	<b>1.3513</b>	0.300	0.260	0.290	0.310	-0.250	0.190	-0.120	0.045	0.650
59	<b>1.3513</b>	0.300	0.260	0.300	0.310	-0.250	0.190	-0.120	0.050	0.650
60	<b>1.3513</b>	0.300	0.260	0.300	0.310	-0.250	0.190	-0.120	0.045	0.650
61	<b>1.3513</b>	0.300	0.260	0.300	0.310	-0.255	0.190	-0.120	0.050	0.650
62	<b>1.3513</b>	0.300	0.260	0.300	0.310	-0.255	0.195	-0.120	0.045	0.650
63	<b>1.3513</b>	0.300	0.260	0.300	0.320	-0.255	0.195	-0.120	0.050	0.650
64	<b>1.4015</b>	0.300	0.260	0.300	0.320	-0.260	0.195	-0.125	0.050	0.660
65	<b>1.4266</b>	0.320	0.280	0.310	0.330	-0.265	0.200	-0.130	0.050	0.680
66	<b>1.5521</b>	0.360	0.300	0.340	0.360	-0.290	0.225	-0.150	0.055	0.740
67	<b>1.6023</b>	0.380	0.320	0.360	0.380	-0.305	0.235	-0.160	0.060	0.770
68	<b>1.6274</b>	0.380	0.320	0.360	0.380	-0.310	0.240	-0.165	0.060	0.780
69	<b>1.6023</b>	0.380	0.320	0.360	0.380	-0.315	0.245	-0.165	0.060	0.790
70	<b>1.6274</b>	0.380	0.320	0.360	0.390	-0.320	0.250	-0.170	0.060	0.790
71	<b>1.6274</b>	0.380	0.320	0.370	0.390	-0.325	0.250	-0.170	0.060	0.790
72	<b>1.6274</b>	0.380	0.320	0.370	0.390	-0.325	0.250	-0.170	0.060	0.790
73	<b>1.6274</b>	0.380	0.320	0.370	0.390	-0.330	0.255	-0.170	0.060	0.790
74	<b>1.6274</b>	0.400	0.320	0.370	0.390	-0.330	0.255	-0.170	0.060	0.800
75	<b>1.6274</b>	0.380	0.340	0.370	0.390	-0.330	0.255	-0.170	0.060	0.800
76	<b>1.6274</b>	0.400	0.340	0.370	0.390	-0.335	0.260	-0.175	0.060	0.800
77	<b>1.6274</b>	0.400	0.340	0.370	0.390	-0.335	0.260	-0.175	0.060	0.800
78	<b>1.6274</b>	0.400	0.320	0.370	0.390	-0.335	0.260	-0.175	0.060	0.800
79	<b>1.6274</b>	0.400	0.340	0.370	0.390	-0.335	0.260	-0.175	0.060	0.800
80	<b>1.6525</b>	0.400	0.340	0.380	0.400	-0.340	0.265	-0.180	0.060	0.810
81	<b>1.6776</b>	0.420	0.340	0.390	0.410	-0.345	0.270	-0.180	0.065	0.820
82	<b>1.7278</b>	0.420	0.360	0.400	0.420	-0.355	0.275	-0.185	0.065	0.840
83	<b>1.7529</b>	0.420	0.360	0.400	0.420	-0.360	0.280	-0.190	0.065	0.850
84	<b>1.7529</b>	0.440	0.360	0.410	0.430	-0.365	0.280	-0.195	0.070	0.860
85	<b>1.7529</b>	0.440	0.360	0.410	0.430	-0.365	0.285	-0.195	0.070	0.860
86	<b>1.7529</b>	0.440	0.360	0.410	0.430	-0.370	0.285	-0.195	0.070	0.860
87	<b>1.7780</b>	0.440	0.380	0.410	0.430	-0.375	0.290	-0.200	0.070	0.870
88	<b>1.7780</b>	0.440	0.380	0.420	0.440	-0.375	0.290	-0.200	0.070	0.870
89	<b>1.7780</b>	0.440	0.380	0.420	0.440	-0.380	0.295	-0.205	0.070	0.880
90	<b>1.8282</b>	0.460	0.380	0.430	0.450	-0.385	0.300	-0.210	0.070	0.890
91	<b>1.8533</b>	0.480	0.400	0.440	0.460	-0.395	0.305	-0.220	0.075	0.910
92	<b>1.9035</b>	0.480	0.400	0.450	0.470	-0.405	0.315	-0.225	0.075	0.930
93	<b>1.9035</b>	0.480	0.420	0.460	0.480	-0.415	0.320	-0.235	0.075	0.940
94	<b>1.9286</b>	0.500	0.420	0.460	0.480	-0.420	0.325	-0.235	0.080	0.950
95	<b>2.0290</b>	0.520	0.440	0.490	0.510	-0.440	0.340	-0.255	0.085	0.990
96	<b>2.0792</b>	0.540	0.460	0.500	0.520	-0.460	0.355	-0.270	0.090	1.020
97	<b>2.0792</b>	0.540	0.460	0.510	0.530	-0.470	0.360	-0.275	0.090	1.030
98	<b>2.0792</b>	0.560	0.480	0.510	0.530	-0.480	0.365	-0.280	0.090	1.040

---

---

99	<b>2.1043</b>	0.560	0.480	0.520	0.540	-0.485	0.370	-0.280	0.095	1.050
100	<b>2.1294</b>	0.560	0.480	0.530	0.540	-0.495	0.375	-0.285	0.095	1.060
101	<b>2.1294</b>	0.560	0.480	0.530	0.540	-0.495	0.375	-0.290	0.095	1.060
102	<b>2.1294</b>	0.560	0.480	0.530	0.550	-0.500	0.380	-0.290	0.095	1.070
103	<b>2.1294</b>	0.560	0.500	0.540	0.550	-0.505	0.380	-0.290	0.095	1.070
104	<b>2.1294</b>	0.580	0.500	0.540	0.550	-0.505	0.380	-0.295	0.095	1.070
105	<b>2.1294</b>	0.580	0.480	0.540	0.550	-0.510	0.385	-0.295	0.095	1.080
106	<b>2.1294</b>	0.580	0.500	0.540	0.550	-0.515	0.385	-0.295	0.100	1.080
107	<b>2.1545</b>	0.580	0.500	0.540	0.560	-0.515	0.390	-0.295	0.095	1.080
108	<b>2.1545</b>	0.580	0.500	0.550	0.560	-0.520	0.390	-0.300	0.100	1.080
109	<b>2.1545</b>	0.580	0.500	0.550	0.560	-0.520	0.390	-0.300	0.100	1.090
110	<b>2.1796</b>	0.580	0.500	0.560	0.560	-0.525	0.395	-0.300	0.100	1.100
111	<b>2.2047</b>	0.600	0.520	0.570	0.580	-0.530	0.400	-0.310	0.105	1.110
112	<b>2.2549</b>	0.620	0.520	0.580	0.590	-0.545	0.405	-0.315	0.105	1.140
113	<b>2.2800</b>	0.620	0.540	0.590	0.600	-0.555	0.415	-0.325	0.110	1.150
114	<b>2.3051</b>	0.620	0.540	0.590	0.600	-0.560	0.420	-0.330	0.110	1.160
115	<b>2.3553</b>	0.640	0.560	0.610	0.620	-0.575	0.430	-0.340	0.115	1.190
116	<b>2.4557</b>	0.680	0.600	0.640	0.640	-0.600	0.450	-0.365	0.125	1.240
117	<b>2.5310</b>	0.700	0.620	0.670	0.670	-0.635	0.470	-0.385	0.130	1.290
118	<b>2.6314</b>	0.740	0.660	0.700	0.700	-0.680	0.500	-0.405	0.140	1.340
119	<b>2.7067</b>	0.780	0.680	0.730	0.730	-0.730	0.530	-0.420	0.145	1.380
120	<b>2.7820</b>	0.800	0.700	0.770	0.760	-0.785	0.560	-0.435	0.150	1.440
121	<b>2.8573</b>	0.840	0.740	0.790	0.780	-0.835	0.590	-0.450	0.155	1.490
122	<b>2.8573</b>	0.860	0.740	0.810	0.800	-0.870	0.610	-0.455	0.160	1.510
123	<b>2.9326</b>	0.880	0.760	0.840	0.820	-0.900	0.635	-0.460	0.160	1.550
124	<b>3.0330</b>	0.920	0.800	0.870	0.850	-0.940	0.660	-0.470	0.170	1.590
125	<b>3.1334</b>	0.960	0.840	0.910	0.880	-0.995	0.695	-0.490	0.175	1.650
126	<b>3.2589</b>	1.000	0.880	0.950	0.920	-1.050	0.730	-0.515	0.185	1.710
127	<b>3.3593</b>	1.040	0.920	1.000	0.960	-1.110	0.765	-0.535	0.195	1.770
128	<b>3.4597</b>	1.100	0.960	1.040	0.960	-1.180	0.810	-0.555	0.205	1.840
129	<b>3.5601</b>	1.140	1.000	1.080	0.990	-1.235	0.850	-0.575	0.215	1.900
130	<b>3.5852</b>	1.160	1.020	1.100	1.010	-1.265	0.870	-0.585	0.220	1.920
131	<b>3.6856</b>	1.200	1.040	1.140	1.040	-1.300	0.890	-0.605	0.230	1.970
132	<b>3.7860</b>	1.220	1.080	1.170	1.060	-1.335	0.910	-0.630	0.240	2.030
133	<b>3.8111</b>	1.240	1.100	1.190	1.080	-1.355	0.920	-0.640	0.245	2.050
134	<b>3.8864</b>	1.260	1.120	1.210	1.100	-1.375	0.935	-0.660	0.255	2.100
135	<b>3.9366</b>	1.300	1.140	1.240	1.120	-1.390	0.950	-0.675	0.260	2.130
136	<b>4.0370</b>	1.340	1.180	1.270	1.150	-1.415	0.965	-0.705	0.275	2.180
137	<b>4.1374</b>	1.380	1.220	1.310	1.190	-1.440	0.980	-0.735	0.285	2.240
138	<b>4.2127</b>	1.400	1.260	1.330	1.210	-1.460	0.990	-0.755	0.295	2.280
139	<b>4.2629</b>	1.420	1.280	1.350	1.230	-1.475	1.005	-0.770	0.305	2.310
140	<b>4.3382</b>	1.440	1.300	1.380	1.250	-1.495	1.020	-0.795	0.315	2.350
141	<b>4.4135</b>	1.480	1.320	1.410	1.280	-1.520	1.035	-0.820	0.325	2.390
142	<b>4.5139</b>	1.500	1.360	1.440	1.310	-1.545	1.050	-0.850	0.340	2.450

---

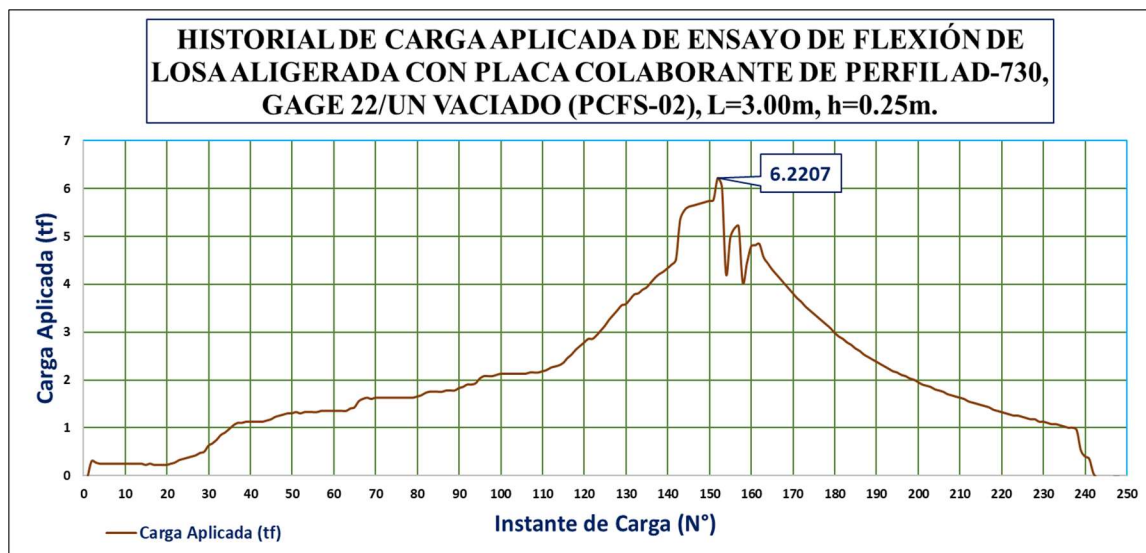
143	<b>5.3422</b>	1.780	1.640	1.700	1.560	-1.755	1.200	-1.070	0.455	2.870
144	<b>5.5430</b>	1.920	1.760	1.820	1.650	-1.815	1.245	-1.115	0.485	3.030
145	<b>5.6183</b>	1.980	1.800	1.860	1.690	-1.835	1.265	-1.135	0.500	3.090
146	<b>5.6434</b>	2.000	1.840	1.890	1.720	-1.855	1.280	-1.145	0.505	3.120
147	<b>5.6685</b>	2.020	1.860	1.910	1.730	-1.860	1.290	-1.155	0.510	3.150
148	<b>5.6936</b>	2.040	1.880	1.930	1.750	-1.870	1.295	-1.160	0.520	3.170
149	<b>5.7187</b>	2.080	1.900	1.950	1.770	-1.875	1.300	-1.165	0.525	3.190
150	<b>5.7438</b>	2.100	1.920	1.970	1.780	-1.880	1.310	-1.175	0.525	3.220
151	<b>5.7689</b>	2.120	1.940	2.010	1.810	-1.885	1.315	-1.175	0.535	3.250
152	<b>6.2207</b>	2.280	2.100	2.170	1.940	-1.935	1.375	-1.210	0.570	3.460
153	<b>6.0450</b>	3.040	2.900	3.210	2.470	-1.825	1.490	-1.210	0.695	4.160
154	<b>4.2127</b>	7.460	7.520	11.230	5.640	-2.430	3.810	-0.240	0.655	8.030
155	<b>4.9657</b>	12.820	12.860	19.800	9.080	-3.255	6.070	0.465	0.655	12.800
156	<b>5.1665</b>	19.240	19.780	27.360	13.380	-4.045	8.320	1.160	0.655	17.550
157	<b>5.2167</b>	26.060	25.640	35.590	18.430	-5.140	11.415	1.880	0.565	22.330
158	<b>4.0370</b>	30.540	30.740	40.880	23.270	-6.555	14.005	3.415	0.410	27.920
159	<b>4.4386</b>	36.540	36.620	45.020	30.560	-6.530	14.805	3.350	1.615	33.220
160	<b>4.7900</b>	43.200	42.600	50.410	36.590	-6.470	15.930	3.120	2.950	38.330
161	<b>4.8151</b>	49.860	49.140	57.430	41.580	-6.915	17.485	3.270	3.390	43.360
162	<b>4.8402</b>	56.160	55.320	64.120	46.190	-6.965	18.450	3.585	4.115	48.360
163	<b>4.5641</b>	57.780	56.760	65.460	46.850	-6.990	18.520	3.615	4.130	49.380
164	<b>4.4386</b>	57.780	56.760	65.470	46.820	-6.985	18.520	3.615	4.130	49.350
165	<b>4.3131</b>	57.740	56.760	65.440	46.750	-6.985	18.495	3.615	4.130	49.270
166	<b>4.2127</b>	57.720	56.740	65.400	46.670	-6.985	18.470	3.615	4.130	49.180
167	<b>4.1123</b>	57.680	56.700	65.360	46.590	-6.985	18.435	3.615	4.130	49.100
168	<b>4.0119</b>	57.620	56.660	65.330	46.500	-6.970	18.410	3.610	4.130	49.010
169	<b>3.9115</b>	57.560	56.600	65.300	46.410	-6.955	18.385	3.600	4.130	48.910
170	<b>3.8111</b>	57.500	56.560	65.280	46.320	-6.940	18.350	3.590	4.130	48.820
171	<b>3.7107</b>	57.440	56.520	65.280	46.230	-6.930	18.320	3.580	4.130	48.720
172	<b>3.6354</b>	57.400	56.460	65.280	46.130	-6.910	18.290	3.570	4.130	48.630
173	<b>3.5350</b>	57.340	56.420	65.280	46.040	-6.890	18.255	3.560	4.130	48.530
174	<b>3.4597</b>	57.280	56.380	65.270	45.950	-6.870	18.225	3.550	4.130	48.440
175	<b>3.3844</b>	57.240	56.320	65.270	45.850	-6.855	18.195	3.540	4.130	48.340
176	<b>3.3091</b>	57.180	56.280	65.290	45.760	-6.835	18.160	3.525	4.130	48.250
177	<b>3.2338</b>	57.120	56.240	65.310	45.660	-6.815	18.125	3.520	4.130	48.160
178	<b>3.1585</b>	57.060	56.200	65.340	45.570	-6.790	18.090	3.505	4.130	48.060
179	<b>3.0832</b>	57.020	56.160	65.370	45.480	-6.770	18.060	3.495	4.130	47.970
180	<b>2.9828</b>	56.960	56.100	65.400	45.380	-6.750	18.020	3.485	4.135	47.870
181	<b>2.9075</b>	56.900	56.060	65.440	45.280	-6.725	17.985	3.475	4.135	47.770
182	<b>2.8573</b>	56.860	56.020	65.470	45.180	-6.705	17.950	3.465	4.135	47.680
183	<b>2.7820</b>	56.800	55.980	65.500	45.080	-6.685	17.915	3.455	4.140	47.590
184	<b>2.7318</b>	56.740	55.940	65.530	44.990	-6.660	17.880	3.445	4.140	47.490
185	<b>2.6565</b>	56.700	55.880	65.560	44.890	-6.640	17.840	3.435	4.140	47.400
186	<b>2.6063</b>	56.640	55.840	65.580	44.790	-6.620	17.805	3.430	4.140	47.310

187	<b>2.5310</b>	56.580	55.780	65.600	44.700	-6.595	17.770	3.415	4.140	47.220
188	<b>2.4808</b>	56.520	55.740	65.610	44.590	-6.575	17.735	3.410	4.140	47.120
189	<b>2.4306</b>	56.440	55.680	65.620	44.490	-6.555	17.695	3.400	4.140	47.030
190	<b>2.3804</b>	56.380	55.620	65.620	44.400	-6.535	17.665	3.385	4.140	46.940
191	<b>2.3302</b>	56.300	55.540	65.630	44.290	-6.520	17.630	3.385	4.140	46.840
192	<b>2.2800</b>	56.220	55.460	65.630	44.200	-6.500	17.600	3.380	4.140	46.650
193	<b>2.2298</b>	56.120	55.400	65.620	44.100	-6.485	17.570	3.380	4.140	46.540
194	<b>2.1796</b>	56.040	55.300	65.580	44.000	-6.470	17.545	3.380	4.140	47.140
195	<b>2.1545</b>	55.940	55.220	65.520	43.900	-6.460	17.515	3.380	4.140	86.860
196	<b>2.1043</b>	55.820	55.140	65.460	43.800	-6.445	17.490	3.380	4.135	86.860
197	<b>2.0792</b>	55.740	55.060	65.400	43.700	-6.430	17.480	3.375	4.130	86.850
198	<b>2.0290</b>	55.640	54.960	65.340	43.610	-6.415	17.450	3.380	4.115	86.850
199	<b>2.0039</b>	55.540	54.880	65.270	43.510	-6.405	17.425	3.375	4.100	86.860
200	<b>1.9537</b>	55.460	54.800	65.200	43.420	-6.390	17.400	3.375	4.090	86.860
201	<b>1.9035</b>	55.360	54.700	65.130	43.320	-6.375	17.375	3.375	4.075	86.860
202	<b>1.8784</b>	55.260	54.620	65.060	43.230	-6.365	17.360	3.375	4.060	86.860
203	<b>1.8533</b>	55.180	54.540	64.990	43.130	-6.350	17.330	3.375	4.050	86.860
204	<b>1.8031</b>	55.080	54.440	64.920	43.040	-6.340	17.310	3.385	4.035	86.860

Fuente: Elaboración propia.

### Figura N° 41

Carga aplicada de ensayo de flexión al espécimen PCFS-02

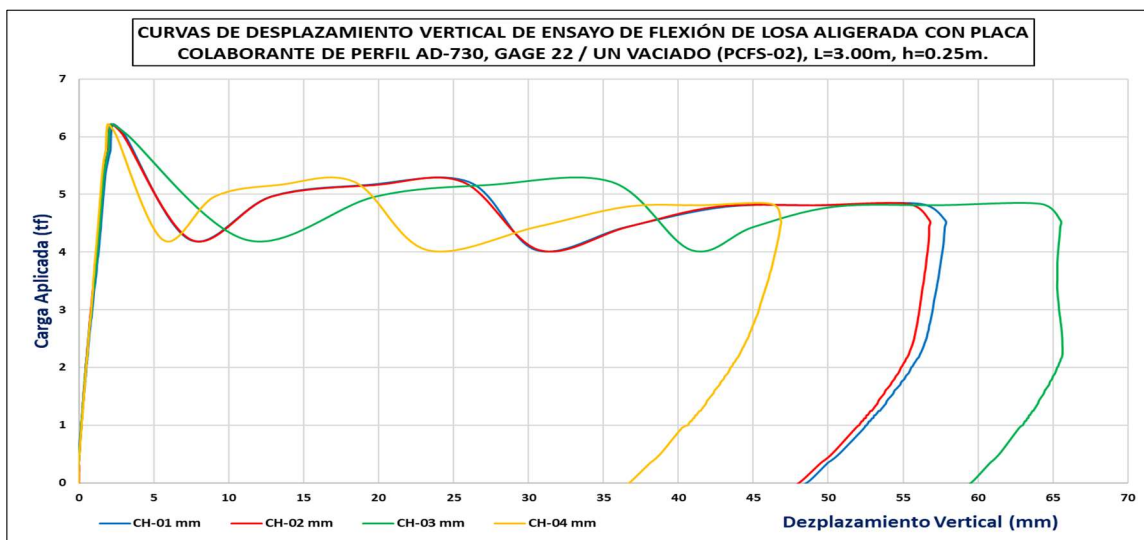


Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la Figura N°43 se puede observar la carga máxima soportada por el espécimen de losa colaborante PCFS-02; la resistencia estimada para losas aligeradas con bloquetas de techo es de 350 kg/m<sup>2</sup>, al realizar la conversión de la carga de desprendimiento y carga de rotura en función al área del espécimen se obtienen que el espécimen soporta una carga de desprendimiento de 600 kg/m<sup>2</sup> y una carga de rotura de 846.26 kg/m<sup>2</sup>.

**Figura N° 42**

*Curvas de desplazamiento vertical de ensayo de flexión de espécimen PCFS-02*

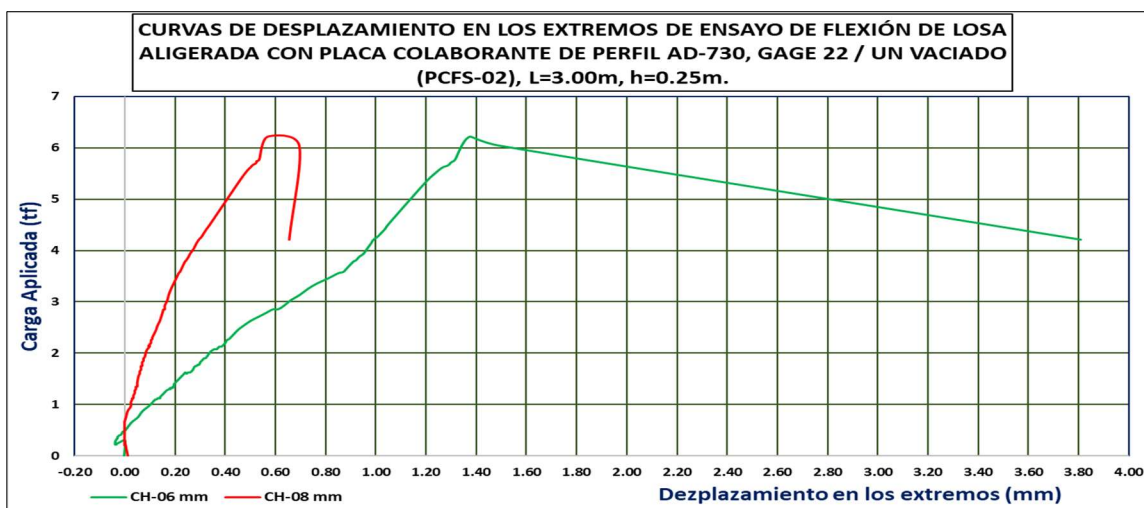


*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°44 se observan las curvas de tendencia de los transductores de desplazamiento verticales del espécimen PCFS-02 al aplicar las cargas.

**Figura N° 43**

*Curvas de desplazamiento en los extremos de ensayo de flexión de espécimen PCFS-02*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°45 se observan las curvas de tendencia de los transductores de desplazamiento horizontal en los extremos del espécimen PCFS-02 al aplicar las cargas.

**Tabla 31***Historial de carga y desplazamientos para espécimen PCFS-03*

Instante de Carga	Carga Aplicada	CH-01	CH-02	CH-03	CH-04	CH-05	CH-06	CH-07	CH-08	CH-09
	(tf)	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	-0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	<b>0.3222</b>	0.000	-0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	<b>0.3222</b>	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	<b>0.3222</b>	0.000	-0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	<b>0.3222</b>	0.000	-0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	<b>0.3222</b>	0.000	-0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	<b>0.3222</b>	0.000	-0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	<b>0.3222</b>	0.000	-0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	-0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	<b>0.3222</b>	0.000	-0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	<b>0.3222</b>	0.020	-0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28	<b>0.3222</b>	0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	<b>0.3222</b>	0.000	-0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31	<b>0.3222</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
32	<b>0.3222</b>	0.000	-0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33	<b>0.3222</b>	0.000	-0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
34	<b>0.3222</b>	0.000	-0.020	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35	<b>0.3222</b>	0.000	-0.020	-0.010	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
36	<b>0.2971</b>	0.000	-0.020	-0.010	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	-0.010
37	<b>0.2971</b>	0.000	-0.020	-0.010	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	-0.010
38	<b>0.2971</b>	0.000	-0.020	-0.010	-0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	-0.020



---

39	<b>0.2720</b>	0.000	-0.020	-0.010	-0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	-0.020
40	<b>0.2720</b>	0.000	-0.020	-0.010	-0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	-0.030
41	<b>0.2720</b>	0.000	-0.020	-0.020	-0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	-0.040
42	<b>0.2720</b>	0.000	-0.020	-0.020	-0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	-0.040
43	<b>0.2720</b>	0.000	-0.020	-0.020	-0.010	0.010	0.000	0.000	0.000	-0.050
44	<b>0.2720</b>	-0.020	-0.020	-0.020	-0.010	0.015	0.000	0.000	0.000	-0.060
45	<b>0.3222</b>	-0.020	-0.040	-0.010	0.000	0.005	0.000	0.000	0.000	-0.050
46	<b>0.3473</b>	-0.020	-0.020	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.020
47	<b>0.3975</b>	-0.020	-0.020	0.010	0.010	-0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
48	<b>0.3975</b>	-0.020	-0.020	0.010	0.020	-0.010	0.000	0.000	0.000	0.010
49	<b>0.3975</b>	-0.020	-0.020	0.020	0.020	-0.010	0.000	0.000	0.000	0.010
50	<b>0.3975</b>	-0.020	-0.020	0.020	0.020	-0.010	0.000	0.000	0.000	0.020
51	<b>0.4226</b>	-0.020	-0.020	0.020	0.020	-0.010	0.000	0.000	0.000	0.020
52	<b>0.4226</b>	-0.020	0.000	0.020	0.020	-0.010	0.005	0.000	0.000	0.020
53	<b>0.4226</b>	-0.020	0.000	0.020	0.020	-0.010	0.000	0.000	0.000	0.020
54	<b>0.4226</b>	-0.020	0.000	0.020	0.020	-0.015	0.005	0.000	0.000	0.030
55	<b>0.4226</b>	-0.020	-0.020	0.020	0.020	-0.015	0.005	0.000	0.000	0.030
56	<b>0.4226</b>	-0.020	0.000	0.020	0.020	-0.015	0.005	0.000	0.000	0.030
57	<b>0.4226</b>	-0.020	0.000	0.020	0.020	-0.015	0.005	0.000	0.000	0.030
58	<b>0.4226</b>	-0.020	-0.020	0.020	0.020	-0.015	0.000	0.000	0.000	0.030
59	<b>0.4226</b>	-0.020	0.000	0.020	0.020	-0.015	0.005	0.000	0.000	0.030
60	<b>0.4226</b>	-0.020	0.000	0.020	0.020	-0.015	0.005	0.000	0.000	0.030
61	<b>0.4226</b>	-0.020	0.000	0.020	0.020	-0.015	0.005	0.000	0.000	0.030
62	<b>0.4226</b>	-0.020	0.000	0.020	0.020	-0.015	0.005	0.000	0.000	0.030
63	<b>0.4979</b>	0.020	0.000	0.040	0.040	-0.030	0.015	0.000	0.005	0.070
64	<b>0.6234</b>	0.060	0.040	0.070	0.070	-0.055	0.035	-0.020	0.010	0.140
65	<b>0.6987</b>	0.100	0.060	0.090	0.100	-0.085	0.050	-0.045	0.020	0.190
66	<b>0.7238</b>	0.100	0.080	0.110	0.110	-0.110	0.065	-0.060	0.025	0.220
67	<b>0.7489</b>	0.120	0.100	0.120	0.130	-0.125	0.070	-0.070	0.030	0.240
68	<b>0.7991</b>	0.140	0.120	0.140	0.140	-0.145	0.085	-0.085	0.035	0.280
69	<b>0.8493</b>	0.160	0.140	0.150	0.150	-0.175	0.105	-0.100	0.040	0.320
70	<b>0.8995</b>	0.180	0.160	0.180	0.180	-0.210	0.125	-0.120	0.050	0.370
71	<b>0.9497</b>	0.200	0.180	0.200	0.200	-0.250	0.145	-0.145	0.060	0.420
72	<b>1.0250</b>	0.240	0.220	0.230	0.230	-0.285	0.170	-0.170	0.070	0.470
73	<b>1.0501</b>	0.260	0.240	0.250	0.250	-0.315	0.185	-0.190	0.080	0.520
74	<b>1.1003</b>	0.280	0.260	0.260	0.260	-0.340	0.200	-0.210	0.085	0.550
75	<b>1.1254</b>	0.320	0.300	0.300	0.310	-0.375	0.240	-0.315	0.125	0.610
76	<b>1.2509</b>	0.360	0.320	0.330	0.340	-0.415	0.265	-0.315	0.125	0.680
77	<b>1.2760</b>	0.380	0.340	0.350	0.360	-0.440	0.280	-0.325	0.130	0.720
78	<b>1.3011</b>	0.380	0.360	0.360	0.370	-0.455	0.290	-0.330	0.135	0.730
79	<b>1.3262</b>	0.400	0.360	0.360	0.370	-0.465	0.295	-0.335	0.135	0.750
80	<b>1.3262</b>	0.400	0.360	0.370	0.380	-0.470	0.295	-0.340	0.140	0.750
81	<b>1.3262</b>	0.400	0.380	0.370	0.380	-0.475	0.300	-0.340	0.140	0.760
82	<b>1.3513</b>	0.400	0.380	0.380	0.390	-0.485	0.305	-0.340	0.140	0.770

---

---

83	<b>1.3513</b>	0.420	0.380	0.380	0.390	-0.490	0.310	-0.345	0.140	0.780
84	<b>1.3513</b>	0.420	0.380	0.380	0.390	-0.495	0.310	-0.345	0.145	0.780
85	<b>1.3513</b>	0.420	0.400	0.390	0.390	-0.500	0.315	-0.350	0.145	0.790
86	<b>1.3764</b>	0.420	0.380	0.390	0.400	-0.505	0.315	-0.350	0.145	0.790
87	<b>1.4266</b>	0.440	0.400	0.400	0.410	-0.510	0.320	-0.355	0.150	0.810
88	<b>1.5270</b>	0.460	0.440	0.430	0.430	-0.535	0.340	-0.360	0.155	0.870
89	<b>1.5521</b>	0.480	0.440	0.440	0.450	-0.550	0.350	-0.370	0.160	0.900
90	<b>1.5772</b>	0.500	0.460	0.450	0.450	-0.560	0.355	-0.375	0.160	0.920
91	<b>1.6023</b>	0.500	0.460	0.460	0.460	-0.570	0.360	-0.375	0.165	0.940
92	<b>1.6274</b>	0.500	0.480	0.470	0.470	-0.580	0.370	-0.380	0.165	0.950
93	<b>1.6525</b>	0.520	0.480	0.480	0.480	-0.590	0.375	-0.385	0.170	0.970
94	<b>1.7027</b>	0.540	0.500	0.490	0.490	-0.605	0.385	-0.390	0.170	1.000
95	<b>1.7529</b>	0.560	0.520	0.510	0.510	-0.625	0.400	-0.395	0.175	1.040
96	<b>1.7780</b>	0.560	0.520	0.530	0.520	-0.640	0.410	-0.405	0.180	1.060
97	<b>1.8282</b>	0.580	0.540	0.540	0.530	-0.650	0.415	-0.405	0.180	1.080
98	<b>1.8282</b>	0.580	0.540	0.550	0.540	-0.660	0.425	-0.410	0.185	1.100
99	<b>1.8533</b>	0.600	0.560	0.550	0.540	-0.670	0.430	-0.415	0.185	1.110
100	<b>1.9035</b>	0.620	0.580	0.570	0.560	-0.685	0.440	-0.420	0.190	1.140
101	<b>1.9537</b>	0.640	0.600	0.580	0.580	-0.705	0.455	-0.425	0.190	1.170
102	<b>2.1043</b>	0.680	0.640	0.630	0.620	-0.745	0.480	-0.440	0.200	1.260
103	<b>2.3302</b>	0.760	0.700	0.700	0.690	-0.820	0.530	-0.465	0.220	1.390
104	<b>2.5059</b>	0.840	0.780	0.770	0.750	-0.890	0.575	-0.485	0.235	1.510
105	<b>2.5310</b>	0.860	0.800	0.790	0.770	-0.910	0.585	-0.495	0.240	1.550
106	<b>2.5561</b>	0.860	0.800	0.800	0.780	-0.925	0.595	-0.500	0.245	1.570
107	<b>2.5561</b>	0.880	0.820	0.800	0.780	-0.930	0.600	-0.505	0.245	1.570
108	<b>2.5561</b>	0.880	0.820	0.810	0.790	-0.940	0.605	-0.505	0.245	1.580
109	<b>2.5561</b>	0.880	0.820	0.810	0.790	-0.945	0.610	-0.510	0.245	1.590
110	<b>2.6314</b>	0.900	0.840	0.830	0.810	-0.955	0.620	-0.510	0.250	1.610
111	<b>2.6314</b>	0.920	0.860	0.830	0.810	-0.965	0.620	-0.515	0.255	1.630
112	<b>2.6314</b>	0.920	0.860	0.840	0.820	-0.970	0.625	-0.515	0.255	1.640
113	<b>2.6565</b>	0.920	0.860	0.840	0.820	-0.975	0.630	-0.520	0.255	1.640
114	<b>2.6565</b>	0.920	0.860	0.850	0.830	-0.980	0.635	-0.520	0.260	1.650
115	<b>2.6565</b>	0.940	0.860	0.850	0.830	-0.985	0.635	-0.525	0.260	1.650
116	<b>2.6565</b>	0.940	0.860	0.860	0.830	-0.985	0.640	-0.525	0.260	1.660
117	<b>2.6816</b>	0.940	0.880	0.860	0.830	-0.990	0.640	-0.525	0.260	1.660
118	<b>2.7067</b>	0.940	0.880	0.870	0.850	-1.000	0.650	-0.530	0.265	1.680
119	<b>2.8573</b>	1.000	0.920	0.910	0.890	-1.025	0.670	-0.540	0.270	1.760
120	<b>2.8824</b>	1.000	0.940	0.920	0.900	-1.040	0.680	-0.545	0.275	1.780
121	<b>2.9075</b>	1.020	0.940	0.930	0.900	-1.045	0.685	-0.545	0.275	1.790
122	<b>2.9326</b>	1.020	0.960	0.930	0.910	-1.055	0.685	-0.545	0.280	1.800
123	<b>2.9326</b>	1.020	0.960	0.940	0.920	-1.060	0.690	-0.550	0.280	1.810
124	<b>2.9326</b>	1.040	0.960	0.940	0.920	-1.065	0.695	-0.550	0.280	1.810
125	<b>2.9326</b>	1.040	0.960	0.950	0.920	-1.065	0.700	-0.555	0.280	1.820
126	<b>2.9828</b>	1.060	0.980	0.960	0.940	-1.080	0.705	-0.555	0.285	1.850

---

---

127	<b>3.0581</b>	1.080	1.000	0.980	0.950	-1.090	0.715	-0.560	0.290	1.870
128	<b>3.1083</b>	1.080	1.020	1.000	0.970	-1.110	0.730	-0.565	0.290	1.900
129	<b>3.1836</b>	1.120	1.040	1.020	0.990	-1.125	0.740	-0.575	0.295	1.940
130	<b>3.2338</b>	1.140	1.060	1.040	1.010	-1.140	0.755	-0.575	0.300	1.970
131	<b>3.2589</b>	1.140	1.080	1.050	1.020	-1.155	0.760	-0.580	0.300	1.990
132	<b>3.3091</b>	1.160	1.080	1.070	1.040	-1.165	0.775	-0.585	0.305	2.020
133	<b>3.3844</b>	1.200	1.120	1.090	1.060	-1.185	0.790	-0.590	0.305	2.070
134	<b>3.4597</b>	1.220	1.160	1.120	1.090	-1.210	0.810	-0.600	0.310	2.120
135	<b>3.5601</b>	1.260	1.180	1.150	1.120	-1.240	0.830	-0.605	0.315	2.170
136	<b>3.6354</b>	1.300	1.220	1.190	1.150	-1.270	0.850	-0.610	0.320	2.220
137	<b>3.7107</b>	1.340	1.240	1.210	1.180	-1.295	0.875	-0.620	0.325	2.270
138	<b>3.7860</b>	1.360	1.280	1.250	1.210	-1.325	0.900	-0.625	0.330	2.330
139	<b>3.8864</b>	1.400	1.320	1.280	1.240	-1.360	0.925	-0.635	0.335	2.380
140	<b>4.0370</b>	1.460	1.380	1.330	1.290	-1.405	0.960	-0.645	0.340	2.470
141	<b>4.1876</b>	1.520	1.440	1.390	1.340	-1.470	1.005	-0.655	0.345	2.570
142	<b>4.2629</b>	1.560	1.480	1.430	1.370	-1.515	1.035	-0.665	0.350	2.630
143	<b>4.3131</b>	1.580	1.520	1.450	1.410	-1.540	1.060	-0.670	0.355	2.670
144	<b>4.4386</b>	1.640	1.560	1.500	1.450	-1.580	1.070	-0.675	0.360	2.740
145	<b>4.5390</b>	1.680	1.600	1.540	1.500	-1.620	1.095	-0.685	0.365	2.820
146	<b>4.7147</b>	1.740	1.680	1.610	1.550	-1.670	1.135	-0.690	0.370	2.920
147	<b>4.8402</b>	1.820	1.740	1.670	1.610	-1.710	1.175	-0.695	0.370	3.020
148	<b>4.9657</b>	1.900	1.820	1.740	1.680	-1.755	1.215	-0.700	0.375	3.110
149	<b>5.1163</b>	1.960	1.900	1.820	1.750	-1.800	1.260	-0.705	0.385	3.220
150	<b>5.1665</b>	2.040	1.980	1.890	1.810	-1.830	1.295	-0.705	0.390	3.300
151	<b>5.2167</b>	2.100	2.020	1.950	1.850	-1.855	1.320	-0.705	0.390	3.360
152	<b>5.6434</b>	2.280	2.200	2.130	2.020	-1.935	1.415	-0.715	0.410	3.620
153	<b>5.8442</b>	2.460	2.380	2.290	2.170	-2.020	1.500	-0.720	0.420	3.830
154	<b>6.0450</b>	2.620	2.560	2.460	2.310	-2.080	1.570	-0.720	0.430	4.020
155	<b>6.1705</b>	2.820	2.760	2.620	2.440	-2.130	1.635	-0.720	0.440	4.210
156	<b>6.1956</b>	2.940	2.880	2.740	2.550	-2.155	1.680	-0.720	0.450	4.340
157	<b>6.2207</b>	3.060	2.980	2.820	2.630	-2.175	1.715	-0.720	0.450	4.430
158	<b>6.2458</b>	3.140	3.060	2.900	2.710	-2.185	1.740	-0.720	0.460	4.520
159	<b>6.2709</b>	3.220	3.160	2.960	2.780	-2.195	1.765	-0.725	0.465	4.590
160	<b>6.2709</b>	3.300	3.260	3.030	2.850	-2.205	1.780	-0.725	0.465	4.670
161	<b>6.2709</b>	3.380	3.340	3.100	2.920	-2.210	1.800	-0.720	0.470	4.740
162	<b>6.2960</b>	3.440	3.400	3.160	2.980	-2.220	1.820	-0.710	0.475	4.810
163	<b>6.3211</b>	3.500	3.460	3.200	3.020	-2.225	1.835	-0.705	0.475	4.860
164	<b>6.3713</b>	3.560	3.580	3.260	3.080	-2.235	1.850	-0.700	0.480	4.920
165	<b>6.4215</b>	3.640	3.640	3.310	3.130	-2.245	1.870	-0.695	0.480	4.980
166	<b>6.4466</b>	3.680	3.700	3.360	3.180	-2.255	1.885	-0.685	0.485	5.040
167	<b>6.4968</b>	3.740	3.760	3.410	3.230	-2.260	1.905	-0.680	0.485	5.100
168	<b>6.5219</b>	3.800	3.840	3.470	3.280	-2.270	1.920	-0.675	0.490	5.160
169	<b>6.5721</b>	3.860	3.880	3.520	3.320	-2.275	1.935	-0.670	0.495	5.230
170	<b>6.5721</b>	3.940	3.960	3.570	3.370	-2.280	1.955	-0.665	0.495	5.290

---

---

171	<b>6.5972</b>	4.000	4.020	3.620	3.420	-2.285	1.970	-0.660	0.500	5.340
172	<b>6.6976</b>	4.100	4.120	3.710	3.490	-2.295	1.990	-0.650	0.505	5.440
173	<b>6.7980</b>	4.180	4.220	3.800	3.580	-2.310	2.025	-0.645	0.510	5.540
174	<b>6.8984</b>	4.320	4.340	3.920	3.670	-2.325	2.060	-0.630	0.520	5.670
175	<b>6.8984</b>	4.440	4.460	4.040	3.770	-2.330	2.090	-0.615	0.525	5.780
176	<b>6.8984</b>	4.580	4.580	4.160	3.880	-2.340	2.120	-0.595	0.535	5.900
177	<b>6.9235</b>	4.720	4.700	4.280	3.990	-2.345	2.150	-0.580	0.540	6.010
178	<b>7.0239</b>	4.860	4.860	4.430	4.120	-2.355	2.190	-0.560	0.550	6.170
179	<b>7.0239</b>	5.100	5.100	4.760	4.340	-2.365	2.240	-0.520	0.565	6.380
180	<b>5.5932</b>	6.960	7.060	6.840	5.920	-3.040	3.345	0.020	0.490	7.760
181	<b>6.2709</b>	10.020	10.100	9.620	8.660	-3.390	4.185	0.635	0.490	10.370
182	<b>6.6474</b>	11.900	11.980	11.330	10.200	-3.590	4.700	0.955	0.490	11.990
183	<b>6.8984</b>	12.800	12.900	12.180	11.000	-3.695	4.965	1.115	0.490	12.800
184	<b>7.0741</b>	13.380	13.500	12.750	11.540	-3.760	5.150	1.220	0.490	13.360
185	<b>7.2498</b>	14.080	14.220	13.450	12.160	-3.840	5.370	1.345	0.490	14.010
186	<b>7.4255</b>	14.920	15.120	14.280	12.860	-3.930	5.640	1.485	0.490	14.750
187	<b>7.5761</b>	15.900	16.120	15.250	13.650	-4.030	5.945	1.630	0.490	15.600
188	<b>7.6514</b>	16.580	16.820	15.940	14.210	-4.100	6.195	1.740	0.490	16.200
189	<b>7.9275</b>	17.820	18.120	17.370	15.360	-4.260	6.665	2.000	0.490	17.330
190	<b>8.3542</b>	20.820	21.240	21.330	17.730	-4.675	7.695	2.545	0.490	19.900
191	<b>8.6554</b>	24.100	24.480	24.670	20.190	-5.160	8.720	3.040	0.490	22.600
192	<b>8.8813</b>	26.660	26.960	26.960	22.180	-5.500	9.475	3.455	0.495	24.660
193	<b>9.0319</b>	28.940	29.160	28.940	23.950	-5.845	10.185	3.850	0.495	26.450
194	<b>9.1825</b>	31.040	31.200	30.760	25.650	-6.165	10.860	4.250	0.495	28.120
195	<b>9.2829</b>	33.120	33.160	32.480	27.370	-6.495	11.540	4.540	0.530	29.740
196	<b>9.4084</b>	35.840	35.680	34.640	30.260	-6.995	12.540	4.540	0.530	31.820
197	<b>9.5590</b>	39.880	39.240	37.380	33.240	-7.645	13.860	4.540	0.530	34.700
198	<b>9.6594</b>	43.860	42.680	39.490	35.870	-8.275	15.070	4.540	0.530	37.470
199	<b>9.8351</b>	48.540	47.020	42.530	39.340	-9.065	16.605	4.540	0.560	40.880
200	<b>10.0610</b>	53.780	51.820	45.910	43.010	-9.915	18.100	4.540	0.560	44.590
201	<b>10.2869</b>	58.420	56.200	49.100	46.430	-10.560	19.500	4.540	0.495	47.940
202	<b>10.4877</b>	63.060	60.480	52.310	49.880	-11.095	20.880	4.540	0.375	51.390
203	<b>10.7638</b>	69.220	66.360	56.680	54.590	-11.770	22.595	4.540	0.325	56.010
204	<b>10.9646</b>	75.120	72.040	60.860	59.240	-12.455	24.275	4.540	0.265	60.480
205	<b>11.1654</b>	80.400	77.140	64.700	63.400	-12.865	25.785	4.540	0.210	64.500
206	<b>11.2909</b>	85.220	81.800	68.220	67.200	-13.200	27.070	4.540	0.145	68.110
207	<b>11.3913</b>	89.720	86.020	71.440	70.600	-13.525	28.200	4.540	0.045	71.470
208	<b>11.4917</b>	93.760	89.760	74.390	73.780	-13.765	29.145	4.540	-0.070	74.440
209	<b>11.5670</b>	97.460	93.220	77.190	76.590	-14.015	29.965	4.540	-0.220	77.170
210	<b>11.6423</b>	100.960	96.520	79.840	79.270	-14.215	30.755	4.540	-0.380	79.790
211	<b>11.6674</b>	104.280	99.860	82.390	81.890	-14.430	31.535	4.540	-0.520	81.810
212	<b>11.7427</b>	107.240	102.840	84.800	83.460	-14.615	32.260	4.540	-0.680	81.810
213	<b>11.5419</b>	108.740	104.320	85.850	83.460	-14.695	32.530	4.540	-0.735	81.810
214	<b>11.3160</b>	108.760	104.340	85.840	83.470	-14.710	32.535	4.540	-0.735	81.810

---

---

215	<b>11.0399</b>	108.760	104.340	85.720	83.480	-14.720	32.535	4.540	-0.735	81.810
216	<b>10.8391</b>	108.760	104.320	85.590	83.490	-14.735	32.535	4.540	-0.735	81.810
217	<b>10.6132</b>	108.760	104.260	85.460	83.490	-14.745	32.530	4.540	-0.735	81.810
218	<b>10.4124</b>	108.760	104.200	85.320	83.500	-14.755	32.515	4.540	-0.735	81.810
219	<b>10.2116</b>	108.760	104.140	85.180	83.500	-14.765	32.495	4.540	-0.735	81.810
220	<b>10.0108</b>	108.780	104.060	85.030	83.500	-14.775	32.475	4.540	-0.735	81.810
221	<b>9.8351</b>	108.780	104.020	84.900	83.500	-14.780	32.460	4.540	-0.730	81.810
222	<b>9.6594</b>	108.800	104.000	84.760	83.490	-14.990	32.435	4.540	-0.730	81.810
223	<b>9.4837</b>	108.800	104.000	84.620	83.490	-14.815	32.415	4.540	-0.730	81.800
224	<b>9.3331</b>	108.820	103.980	84.490	83.490	-14.820	32.395	4.540	-0.725	81.820
225	<b>9.1574</b>	108.840	103.960	84.340	83.490	-14.820	32.370	4.540	-0.725	81.830
226	<b>9.0068</b>	108.840	103.960	84.210	83.490	-14.845	32.345	4.540	-0.725	81.810
227	<b>8.8562</b>	108.860	103.940	84.080	83.490	12.985	32.325	4.540	-0.725	81.830
228	<b>8.7307</b>	108.860	103.940	83.950	83.420	12.985	32.300	4.540	-0.725	81.820
229	<b>8.5801</b>	108.880	103.920	83.820	83.300	12.985	32.265	4.540	-0.720	81.830
230	<b>8.4295</b>	108.880	103.900	83.690	83.200	12.980	32.245	4.540	-0.720	81.830
231	<b>8.3040</b>	108.900	103.900	83.560	83.090	12.980	26.295	4.540	-0.720	81.830
232	<b>8.1785</b>	108.900	103.880	83.430	82.990	12.980	-8.600	4.540	-0.715	81.830
233	<b>8.0530</b>	108.900	103.880	83.310	82.890	6.325	-8.600	4.540	-0.715	81.830
234	<b>7.9275</b>	108.920	103.860	83.190	82.800	5.780	-8.600	4.540	-0.710	81.830
235	<b>7.7769</b>	108.920	103.860	83.060	82.690	5.795	-8.595	4.540	-0.710	81.830
236	<b>7.6765</b>	108.920	103.840	82.950	82.600	5.800	-8.600	4.540	-0.705	81.830
237	<b>7.5510</b>	108.940	103.820	82.820	82.500	5.800	-8.600	4.540	-0.705	81.830
238	<b>7.4255</b>	108.940	103.800	82.700	82.410	5.805	-8.600	4.540	-0.705	81.830
239	<b>7.3251</b>	108.960	103.800	82.580	82.320	5.805	-8.595	4.540	-0.705	81.830
240	<b>7.2247</b>	108.960	103.780	82.460	82.230	5.805	-8.600	4.540	-0.705	81.830
241	<b>7.1243</b>	108.960	103.760	82.340	82.140	5.805	-8.600	4.540	-0.700	81.820
242	<b>6.9988</b>	108.980	103.760	82.230	82.050	5.810	-8.600	4.540	-0.700	81.820
243	<b>6.8984</b>	108.980	103.740	82.110	81.960	5.815	-8.595	4.540	-0.700	81.830
244	<b>6.7980</b>	108.980	103.740	81.990	81.870	5.815	-8.600	4.540	-0.700	81.820
245	<b>6.6976</b>	109.000	103.720	81.870	81.780	5.820	-8.600	4.540	-0.700	81.830
246	<b>6.5972</b>	109.000	103.720	81.750	81.700	5.820	-8.600	4.540	-0.695	81.830
247	<b>6.5219</b>	109.020	103.700	81.640	81.610	5.835	-8.600	4.540	-0.695	81.830
248	<b>6.4215</b>	109.020	103.680	81.530	81.530	5.840	-8.595	4.540	-0.695	81.830
249	<b>6.3211</b>	109.040	103.680	81.410	81.430	5.840	-8.595	4.540	-0.695	81.830
250	<b>6.2207</b>	109.040	103.660	81.300	81.350	5.845	-8.600	4.540	-0.690	81.830
251	<b>6.1203</b>	109.060	103.640	81.180	81.270	5.845	-8.600	4.540	-0.690	81.830
252	<b>6.0199</b>	109.060	103.640	81.070	81.190	5.850	-8.595	4.540	-0.690	81.830
253	<b>5.9446</b>	109.060	103.620	80.950	81.120	5.850	-8.600	4.540	-0.690	81.830
254	<b>5.8693</b>	109.060	103.600	80.840	81.050	5.850	-8.595	4.540	-0.690	81.830
255	<b>5.7689</b>	109.080	103.580	80.730	80.980	5.850	-8.600	4.540	-0.690	81.830
256	<b>5.6936</b>	109.080	103.560	80.620	80.900	5.850	-8.600	4.540	-0.690	81.820
257	<b>5.5932</b>	109.080	103.560	80.500	80.830	5.850	-8.595	4.540	-0.690	81.820
258	<b>5.5179</b>	109.080	103.540	80.380	80.750	5.850	-8.600	4.540	-0.690	81.830

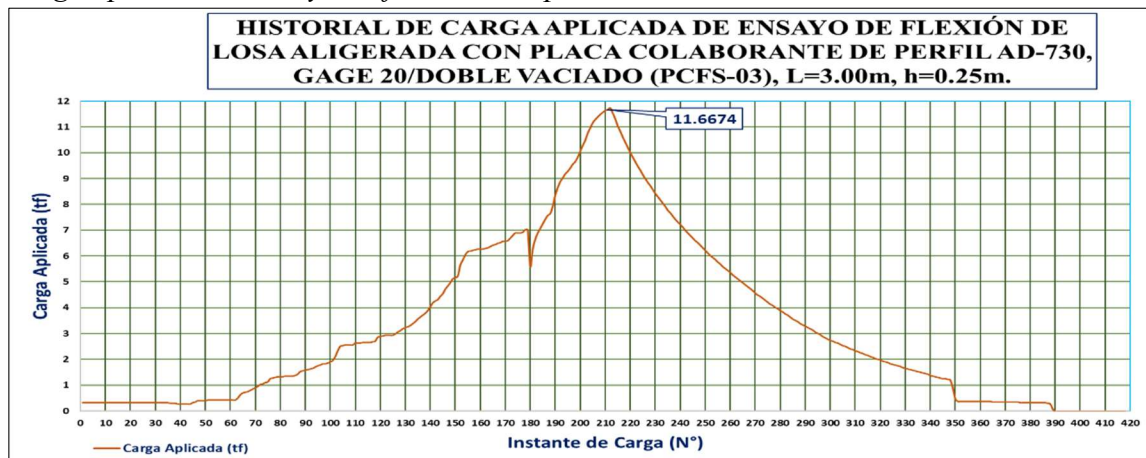
---

259	<b>5.4426</b>	109.100	103.520	80.270	80.690	5.850	-8.595	4.540	-0.690	81.820
260	<b>5.3673</b>	109.100	103.520	80.160	80.620	5.850	-8.600	4.540	-0.690	81.830
261	<b>5.2669</b>	109.100	103.500	80.050	80.550	5.850	-8.595	4.540	-0.690	81.830
262	<b>5.1916</b>	109.120	103.480	79.940	80.480	5.850	-8.600	4.540	-0.690	81.830
263	<b>5.1163</b>	109.120	103.460	79.820	80.410	5.850	-8.600	4.540	-0.690	81.830
264	<b>5.0410</b>	109.120	103.440	79.710	80.330	5.850	-8.600	4.540	-0.685	81.830

Fuente: Elaboración propia.

### Figura N° 44

Carga aplicada de ensayo de flexión de espécimen PCFS-03

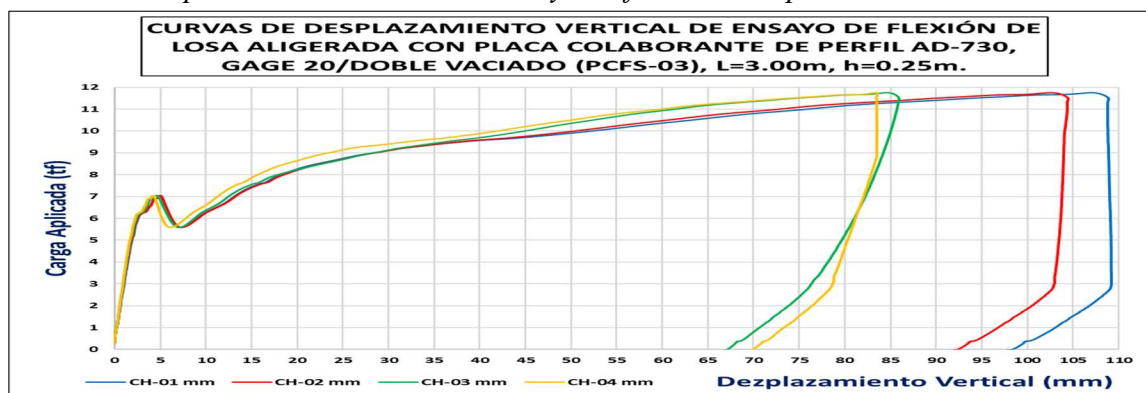


Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la Figura N°46 se puede observar la carga máxima soportada por el espécimen de losa colaborante PCFS-03; la resistencia estimada para losas aligeradas con bloquetas de techo es de 350 kg/m<sup>2</sup>, al realizar la conversión de la carga de desprendimiento y carga de rotura en función al área del espécimen se obtienen que el espécimen soporta una carga de desprendimiento de 955.10 kg/m<sup>2</sup> y una carga de rotura de 846.26 kg/m<sup>2</sup>.

### Figura N° 45

Curvas de desplazamiento vertical de ensayo de flexión de espécimen PCFS-03

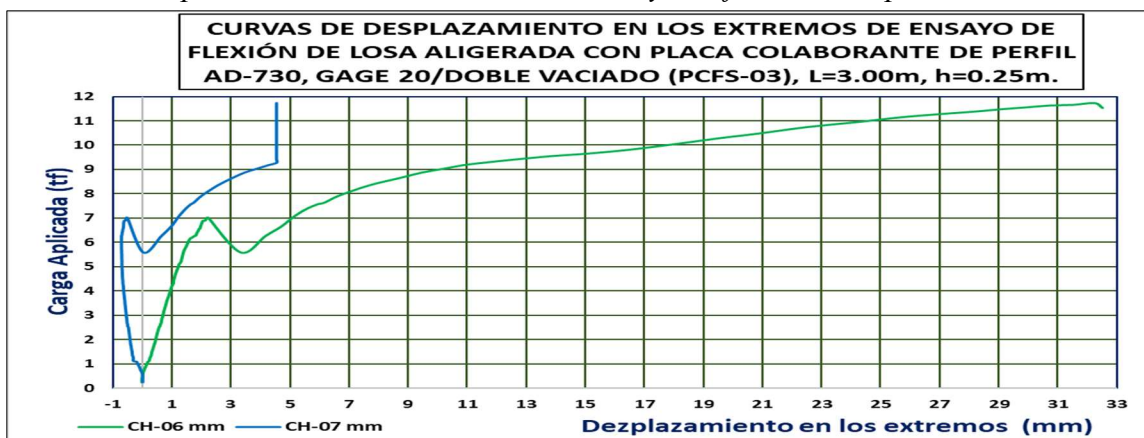


Fuente: Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°47 se observan las curvas de tendencia de los transductores de desplazamiento verticales del espécimen PCFS-03 al aplicar las cargas.

### Figura N° 46

*Curvas de desplazamiento en los extremos de ensayo de flexión de espécimen PCFS-03*



*Fuente:* Elaboración propia

*Nota:* En la Figura N°48 se observan las curvas de tendencia de los transductores de desplazamiento horizontal en los extremos del espécimen PCFS-03 al aplicar las cargas.

### Tabla 32

*Historial de carga y desplazamientos para espécimen PCFS-04*

Instante de Carga	Carga Aplicada (tf)	CH-01 (mm)	CH-02 (mm)	CH-03 (mm)	CH-04 (mm)	CH-05 (mm)	CH-06 (mm)	CH-07 (mm)	CH-08 (mm)	CH-09 (mm)
1	0.3222	0.000	0.000	-0.010	-0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.010
2	0.2469	0.000	-0.040	-0.030	-0.030	0.040	-0.025	0.025	-0.010	-0.100
3	0.2218	-0.020	-0.040	-0.050	-0.040	0.060	-0.040	0.035	-0.015	-0.170
4	0.1967	-0.020	-0.040	-0.050	-0.040	0.060	-0.040	0.035	-0.015	-0.170
5	0.1967	-0.020	-0.040	-0.040	-0.040	0.060	-0.040	0.035	-0.015	-0.170
6	0.1967	-0.020	-0.040	-0.050	-0.040	0.060	-0.040	0.035	-0.015	-0.170
7	0.1967	-0.020	-0.040	-0.040	-0.040	0.060	-0.040	0.035	-0.015	-0.170
8	0.1967	-0.020	-0.040	-0.050	-0.040	0.060	-0.040	0.035	-0.015	-0.170
9	0.1967	-0.020	-0.040	-0.050	-0.050	0.060	-0.040	0.035	-0.015	-0.170
10	0.1967	-0.020	-0.040	-0.050	-0.040	0.060	-0.040	0.035	-0.015	-0.170
11	0.1967	-0.020	-0.040	-0.050	-0.040	0.060	-0.040	0.035	-0.015	-0.170
12	0.1967	-0.020	-0.040	-0.050	-0.050	0.060	-0.040	0.035	-0.015	-0.170
13	0.1967	-0.020	-0.040	-0.050	-0.050	0.060	-0.045	0.035	-0.015	-0.170
14	0.2469	-0.040	-0.060	-0.040	-0.030	0.060	-0.045	0.035	-0.015	-0.190
15	0.3222	-0.040	-0.060	-0.020	-0.020	0.050	-0.040	0.035	-0.015	-0.100
16	0.3724	-0.040	-0.040	-0.010	-0.010	0.040	-0.035	0.035	-0.015	-0.050
17	0.3975	-0.040	-0.040	0.000	0.000	0.035	-0.030	0.035	-0.015	-0.020

---

18	<b>0.3975</b>	-0.040	-0.040	0.000	0.000	0.030	-0.030	0.035	-0.015	0.010
19	<b>0.4477</b>	-0.040	-0.040	0.010	0.010	0.020	-0.020	0.040	-0.015	0.050
20	<b>0.5481</b>	0.000	0.000	0.040	0.040	-0.005	0.005	0.025	-0.010	0.210
21	<b>0.6987</b>	0.040	0.040	0.070	0.080	-0.030	0.020	0.010	-0.005	0.300
22	<b>0.8493</b>	0.080	0.080	0.110	0.110	-0.055	0.045	-0.010	0.010	0.390
23	<b>0.9748</b>	0.120	0.120	0.150	0.150	-0.085	0.065	-0.030	0.020	0.460
24	<b>1.1003</b>	0.160	0.140	0.180	0.190	-0.115	0.090	-0.050	0.035	0.530
25	<b>1.4517</b>	0.240	0.240	0.260	0.270	-0.185	0.145	-0.110	0.060	0.670
26	<b>1.6023</b>	0.320	0.280	0.310	0.310	-0.225	0.175	-0.140	0.070	0.750
27	<b>1.6776</b>	0.340	0.320	0.330	0.330	-0.245	0.190	-0.160	0.075	0.780
28	<b>1.7529</b>	0.360	0.340	0.350	0.350	-0.260	0.205	-0.175	0.080	0.820
29	<b>1.8282</b>	0.380	0.360	0.370	0.380	-0.280	0.220	-0.190	0.090	0.860
30	<b>1.9286</b>	0.400	0.380	0.400	0.400	-0.300	0.235	-0.210	0.095	0.900
31	<b>1.9537</b>	0.420	0.400	0.410	0.410	-0.310	0.245	-0.220	0.100	0.920
32	<b>2.0792</b>	0.460	0.420	0.440	0.440	-0.335	0.265	-0.235	0.105	0.960
33	<b>2.1545</b>	0.480	0.460	0.460	0.470	-0.350	0.280	-0.245	0.115	1.000
34	<b>2.1796</b>	0.480	0.460	0.470	0.480	-0.365	0.290	-0.255	0.115	1.020
35	<b>2.2298</b>	0.500	0.480	0.490	0.490	-0.380	0.300	-0.260	0.120	1.040
36	<b>2.28</b>	0.520	0.500	0.500	0.510	-0.390	0.310	-0.265	0.125	1.060
37	<b>2.3553</b>	0.540	0.520	0.520	0.530	-0.405	0.320	-0.275	0.130	1.090
38	<b>2.4055</b>	0.560	0.540	0.530	0.540	-0.420	0.335	-0.280	0.135	1.110
39	<b>2.4557</b>	0.560	0.540	0.550	0.560	-0.435	0.345	-0.290	0.135	1.140
40	<b>2.5059</b>	0.580	0.560	0.560	0.570	-0.450	0.355	-0.295	0.140	1.160
41	<b>2.531</b>	0.600	0.580	0.580	0.580	-0.465	0.365	-0.300	0.145	1.170
42	<b>2.5812</b>	0.620	0.580	0.590	0.590	-0.480	0.375	-0.305	0.150	1.190
43	<b>2.6314</b>	0.620	0.600	0.600	0.600	-0.490	0.385	-0.310	0.150	1.210
44	<b>2.6816</b>	0.640	0.620	0.620	0.620	-0.505	0.395	-0.315	0.155	1.240
45	<b>2.7067</b>	0.660	0.640	0.630	0.630	-0.520	0.405	-0.320	0.160	1.260
46	<b>2.7569</b>	0.680	0.640	0.650	0.650	-0.530	0.410	-0.325	0.165	1.280
47	<b>2.8071</b>	0.680	0.660	0.660	0.660	-0.545	0.420	-0.330	0.165	1.300
48	<b>2.8071</b>	0.700	0.660	0.670	0.670	-0.555	0.430	-0.335	0.170	1.310
49	<b>2.8824</b>	0.720	0.680	0.680	0.680	-0.570	0.440	-0.340	0.175	1.340
50	<b>2.9326</b>	0.720	0.700	0.700	0.700	-0.580	0.450	-0.345	0.175	1.360
51	<b>2.9577</b>	0.760	0.720	0.710	0.710	-0.595	0.460	-0.350	0.180	1.380
52	<b>2.9828</b>	0.760	0.720	0.720	0.720	-0.605	0.470	-0.355	0.185	1.400
53	<b>3.033</b>	0.760	0.740	0.730	0.730	-0.615	0.475	-0.355	0.185	1.410
54	<b>3.033</b>	0.780	0.740	0.740	0.730	-0.620	0.480	-0.360	0.185	1.420
55	<b>3.0581</b>	0.780	0.740	0.750	0.740	-0.625	0.485	-0.365	0.190	1.430
56	<b>3.0832</b>	0.800	0.760	0.760	0.750	-0.635	0.490	-0.365	0.190	1.440
57	<b>3.1083</b>	0.800	0.760	0.760	0.760	-0.640	0.495	-0.370	0.195	1.460
58	<b>3.1334</b>	0.800	0.760	0.770	0.760	-0.645	0.500	-0.370	0.195	1.470
59	<b>3.1585</b>	0.820	0.780	0.780	0.770	-0.655	0.505	-0.375	0.200	1.480
60	<b>3.1585</b>	0.820	0.800	0.790	0.780	-0.660	0.510	-0.375	0.200	1.490
61	<b>3.1836</b>	0.840	0.800	0.800	0.790	-0.665	0.515	-0.380	0.205	1.510

---



---

62	<b>3.2338</b>	0.860	0.800	0.810	0.800	-0.675	0.525	-0.385	0.205	1.520
63	<b>3.2589</b>	0.860	0.820	0.820	0.810	-0.680	0.530	-0.385	0.210	1.540
64	<b>3.3091</b>	0.880	0.840	0.830	0.820	-0.690	0.535	-0.390	0.210	1.560
65	<b>3.3844</b>	0.900	0.860	0.850	0.840	-0.700	0.550	-0.395	0.220	1.590
66	<b>3.4346</b>	0.920	0.880	0.870	0.860	-0.715	0.560	-0.405	0.220	1.620
67	<b>3.4848</b>	0.940	0.900	0.880	0.870	-0.730	0.570	-0.405	0.225	1.640
68	<b>3.5099</b>	0.940	0.900	0.900	0.880	-0.740	0.580	-0.410	0.230	1.650
69	<b>3.535</b>	0.960	0.920	0.910	0.890	-0.750	0.585	-0.415	0.235	1.670
70	<b>3.5601</b>	0.960	0.940	0.920	0.900	-0.760	0.590	-0.420	0.235	1.690
71	<b>3.6103</b>	0.980	0.940	0.940	0.910	-0.765	0.595	-0.420	0.240	1.710
72	<b>3.6354</b>	1.000	0.960	0.950	0.930	-0.775	0.605	-0.425	0.245	1.730
73	<b>3.7107</b>	1.020	0.980	0.970	0.950	-0.790	0.615	-0.430	0.245	1.750
74	<b>3.7609</b>	1.040	1.000	0.990	0.960	-0.805	0.625	-0.435	0.250	1.770
75	<b>3.8111</b>	1.040	1.020	1.000	0.980	-0.820	0.635	-0.440	0.255	1.800
76	<b>3.8613</b>	1.080	1.040	1.020	0.990	-0.835	0.645	-0.445	0.260	1.830
77	<b>3.8864</b>	1.080	1.040	1.040	1.010	-0.845	0.655	-0.450	0.265	1.850
78	<b>4.0119</b>	1.120	1.080	1.070	1.040	-0.865	0.670	-0.455	0.275	1.900
79	<b>4.1123</b>	1.160	1.120	1.100	1.070	-0.890	0.690	-0.465	0.280	1.940
80	<b>4.1625</b>	1.180	1.140	1.120	1.080	-0.905	0.700	-0.470	0.285	1.970
81	<b>4.2127</b>	1.200	1.160	1.140	1.100	-0.920	0.715	-0.475	0.290	2.000
82	<b>4.2629</b>	1.220	1.180	1.160	1.120	-0.935	0.725	-0.480	0.295	2.030
83	<b>4.288</b>	1.240	1.200	1.180	1.140	-0.945	0.735	-0.480	0.300	2.050
84	<b>4.3382</b>	1.240	1.200	1.190	1.150	-0.960	0.740	-0.485	0.300	2.070
85	<b>4.3633</b>	1.260	1.220	1.210	1.160	-0.970	0.750	-0.490	0.305	2.100
86	<b>4.4135</b>	1.280	1.240	1.220	1.180	-0.980	0.760	-0.490	0.310	2.110
87	<b>4.4135</b>	1.280	1.240	1.230	1.190	-0.990	0.765	-0.495	0.310	2.130
88	<b>4.4386</b>	1.300	1.260	1.240	1.200	-0.995	0.770	-0.500	0.315	2.140
89	<b>4.4637</b>	1.300	1.260	1.250	1.200	-1.000	0.775	-0.500	0.320	2.150
90	<b>4.4888</b>	1.320	1.280	1.260	1.220	-1.010	0.780	-0.505	0.320	2.170
91	<b>4.5641</b>	1.340	1.300	1.280	1.240	-1.020	0.785	-0.510	0.325	2.200
92	<b>4.6645</b>	1.360	1.320	1.300	1.250	-1.030	0.795	-0.515	0.330	2.230
93	<b>4.6896</b>	1.380	1.340	1.320	1.270	-1.040	0.805	-0.515	0.335	2.250
94	<b>4.7147</b>	1.380	1.340	1.330	1.280	-1.050	0.810	-0.520	0.335	2.260
95	<b>4.79</b>	1.420	1.380	1.350	1.300	-1.065	0.825	-0.525	0.340	2.310
96	<b>4.8653</b>	1.440	1.400	1.380	1.320	-1.075	0.835	-0.530	0.345	2.340
97	<b>4.9155</b>	1.460	1.420	1.400	1.340	-1.090	0.845	-0.530	0.350	2.370
98	<b>4.9406</b>	1.480	1.440	1.420	1.360	-1.100	0.855	-0.535	0.355	2.390
99	<b>4.9908</b>	1.500	1.460	1.440	1.380	-1.115	0.860	-0.535	0.360	2.420
100	<b>5.041</b>	1.520	1.480	1.450	1.390	-1.120	0.870	-0.540	0.365	2.440
101	<b>5.0912</b>	1.540	1.480	1.470	1.420	-1.130	0.880	-0.540	0.365	2.470
102	<b>5.1163</b>	1.560	1.520	1.490	1.430	-1.140	0.885	-0.545	0.370	2.490
103	<b>4.8904</b>	1.520	1.520	1.450	1.390	-1.140	0.885	-0.545	0.370	2.490
104	<b>4.6143</b>	1.480	1.460	1.410	1.350	-1.140	0.885	-0.545	0.370	2.430
105	<b>4.4888</b>	1.460	1.440	1.380	1.330	-1.140	0.885	-0.545	0.370	2.390

---

106	<b>4.4386</b>	1.460	1.420	1.370	1.320	-1.140	0.885	-0.545	0.370	2.370
107	<b>4.4135</b>	1.440	1.420	1.370	1.310	-1.140	0.885	-0.545	0.370	2.360
108	<b>4.4135</b>	1.440	1.420	1.360	1.310	-1.140	0.885	-0.545	0.370	2.360
109	<b>4.4386</b>	1.440	1.420	1.370	1.310	-1.140	0.885	-0.545	0.370	2.360
110	<b>4.4386</b>	1.440	1.420	1.370	1.320	-1.140	0.885	-0.545	0.370	2.360
111	<b>4.4386</b>	1.440	1.420	1.370	1.320	-1.140	0.885	-0.545	0.370	2.360
112	<b>4.4386</b>	1.440	1.420	1.370	1.320	-1.140	0.885	-0.545	0.370	2.360
113	<b>4.4637</b>	1.440	1.420	1.380	1.320	-1.140	0.885	-0.545	0.370	2.360
114	<b>4.4888</b>	1.440	1.420	1.380	1.330	-1.140	0.885	-0.545	0.370	2.350
115	<b>4.4888</b>	1.440	1.420	1.380	1.330	-1.140	0.885	-0.545	0.370	2.350
116	<b>4.4888</b>	1.440	1.420	1.380	1.330	-1.140	0.885	-0.545	0.370	2.350
117	<b>4.5139</b>	1.440	1.420	1.390	1.330	-1.140	0.885	-0.545	0.370	2.350
118	<b>4.7147</b>	1.460	1.460	1.430	1.370	-1.140	0.885	-0.545	0.370	2.390
119	<b>4.8904</b>	1.520	1.500	1.460	1.410	-1.145	0.885	-0.545	0.370	2.450
120	<b>5.0159</b>	1.560	1.540	1.490	1.430	-1.150	0.885	-0.545	0.375	2.490
121	<b>5.0912</b>	1.580	1.560	1.520	1.460	-1.155	0.900	-0.545	0.380	2.520
122	<b>5.3924</b>	1.700	1.640	1.620	1.560	-1.180	0.930	-0.545	0.390	2.650
123	<b>5.6936</b>	1.820	1.760	1.720	1.660	-1.230	0.970	-0.555	0.405	2.820
124	<b>5.7689</b>	1.880	1.820	1.770	1.710	-1.255	0.995	-0.555	0.415	2.890
125	<b>5.8442</b>	1.920	1.880	1.820	1.760	-1.270	1.010	-0.560	0.420	2.950
126	<b>5.9195</b>	1.980	1.920	1.860	1.800	-1.290	1.025	-0.560	0.430	3.000
127	<b>5.9446</b>	2.040	1.980	1.920	1.850	-1.295	1.040	-0.560	0.435	3.060
128	<b>5.9948</b>	2.080	2.040	1.960	1.890	-1.305	1.055	-0.560	0.440	3.110
129	<b>6.045</b>	2.140	2.100	2.010	1.940	-1.315	1.065	-0.560	0.445	3.160
130	<b>6.0952</b>	2.200	2.180	2.060	1.980	-1.320	1.080	-0.560	0.450	3.220
131	<b>6.1203</b>	2.240	2.220	2.100	2.010	-1.330	1.095	-0.560	0.455	3.260
132	<b>6.1203</b>	2.280	2.260	2.130	2.040	-1.335	1.100	-0.560	0.460	3.300
133	<b>6.1705</b>	2.340	2.320	2.190	2.080	-1.335	1.115	-0.560	0.460	3.340
134	<b>6.3211</b>	2.420	2.420	2.280	2.150	-1.350	1.135	-0.560	0.470	3.450
135	<b>6.4215</b>	2.480	2.520	2.340	2.200	-1.365	1.160	-0.560	0.475	3.520
136	<b>6.5219</b>	2.580	2.620	2.430	2.280	-1.390	1.190	-0.560	0.485	3.620
137	<b>6.6223</b>	2.680	2.760	2.520	2.380	-1.410	1.215	-0.560	0.495	3.730
138	<b>6.7729</b>	2.800	2.920	2.620	2.480	-1.440	1.255	-0.560	0.500	3.850
139	<b>6.8733</b>	2.920	3.040	2.710	2.580	-1.470	1.290	-0.560	0.510	3.970
140	<b>7.0239</b>	3.040	3.200	2.830	2.680	-1.505	1.335	-0.560	0.520	4.100
141	<b>7.1745</b>	3.160	3.320	2.940	2.780	-1.540	1.380	-0.560	0.535	4.230
142	<b>7.3753</b>	3.300	3.480	3.080	2.900	-1.580	1.430	-0.560	0.550	4.370
143	<b>7.5008</b>	3.440	3.660	3.210	3.010	-1.620	1.480	-0.560	0.565	4.510
144	<b>7.7267</b>	3.660	3.920	3.420	3.200	-1.660	1.550	-0.560	0.585	4.750
145	<b>8.0781</b>	3.960	4.240	3.740	3.480	-1.715	1.640	-0.550	0.610	5.080
146	<b>8.0028</b>	4.500	4.780	4.270	3.890	-1.725	1.770	-0.390	0.615	5.540
147	<b>6.6474</b>	9.120	9.740	8.510	7.430	-2.620	3.660	0.620	0.450	9.100
148	<b>7.1745</b>	11.920	12.640	10.930	10.050	-3.075	4.555	1.245	0.400	11.680
149	<b>7.5259</b>	14.140	14.960	12.990	11.950	-3.390	5.250	1.690	0.355	13.650

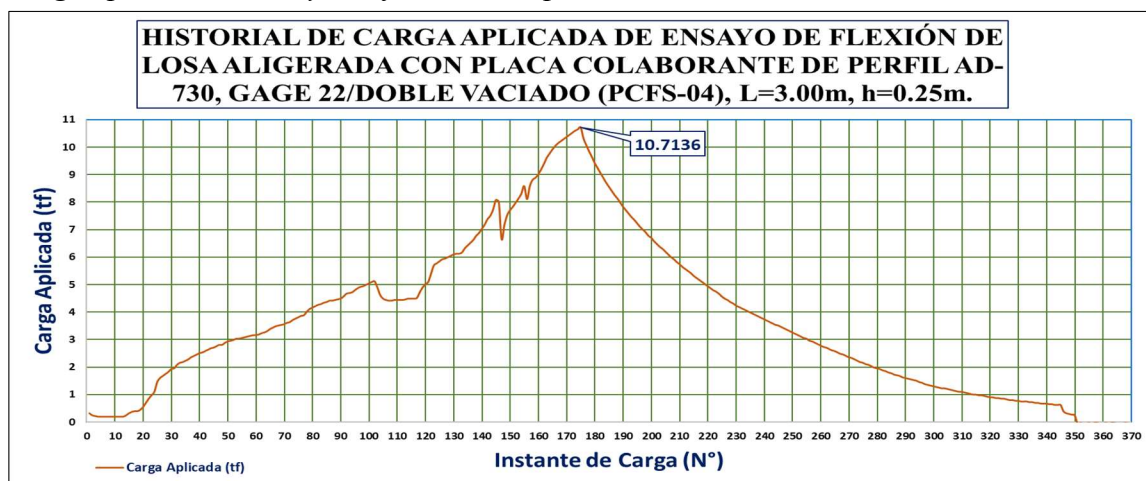
150	<b>7.7016</b>	15.800	16.640	14.560	13.260	-3.585	5.745	1.980	0.335	15.080
151	<b>7.8271</b>	17.160	17.980	15.830	14.310	-3.750	6.160	2.195	0.335	16.160
152	<b>7.9777</b>	18.300	19.140	16.910	15.250	-3.900	6.520	2.365	0.330	17.160
153	<b>8.1283</b>	19.700	20.520	18.190	16.410	-4.095	6.950	2.590	0.325	18.300
154	<b>8.304</b>	21.240	22.060	19.570	17.800	-4.305	7.465	2.880	0.325	19.630
155	<b>8.5801</b>	23.720	24.520	21.800	20.130	-4.695	8.420	3.385	0.315	21.720
156	<b>8.1032</b>	27.960	28.780	25.100	24.880	-4.650	9.090	3.370	1.370	25.410
157	<b>8.5801</b>	33.020	33.760	28.600	29.630	-3.865	9.105	2.300	3.085	29.700
158	<b>8.806</b>	37.880	38.660	32.070	33.560	-3.200	9.105	1.655	4.495	33.330
159	<b>8.8813</b>	42.340	43.380	35.020	36.980	-2.580	9.105	0.925	5.975	36.670
160	<b>9.0068</b>	47.620	48.920	38.290	40.920	-1.865	9.105	0.120	7.620	40.270
161	<b>9.1825</b>	52.780	54.380	41.780	45.090	-1.150	9.105	-0.620	9.130	44.120
162	<b>9.3833</b>	58.740	60.520	45.820	49.780	-0.305	9.105	-1.325	10.765	48.440
163	<b>9.6092</b>	64.260	66.260	49.690	54.240	0.485	9.120	-1.785	12.170	52.570
164	<b>9.7598</b>	69.220	71.420	53.210	58.310	1.120	9.205	-2.140	13.285	56.300
165	<b>9.9104</b>	73.660	76.060	56.420	61.940	1.685	9.365	-2.445	14.280	59.740
166	<b>10.0359</b>	77.660	80.260	59.350	65.280	2.245	9.445	-2.645	15.205	62.810
167	<b>10.1363</b>	81.200	83.940	61.940	68.160	2.735	9.535	-2.775	15.970	65.550
168	<b>10.2116</b>	84.480	87.300	64.320	70.820	3.185	9.640	-2.990	16.665	68.060
169	<b>10.2869</b>	87.540	90.380	66.450	73.270	3.595	9.675	-3.010	17.350	70.330
170	<b>10.3622</b>	90.380	93.120	68.360	75.540	3.960	9.740	-3.060	17.840	72.450
171	<b>10.4375</b>	92.960	95.740	70.160	77.620	4.260	9.905	-3.130	18.310	74.410
172	<b>10.5128</b>	95.980	98.820	72.300	80.140	4.585	10.065	-3.185	18.915	76.750
173	<b>10.5881</b>	98.580	101.420	74.060	82.200	4.860	10.155	-3.230	19.535	78.670
174	<b>10.6383</b>	101.120	104.000	75.830	84.260	5.120	10.285	-3.315	19.930	80.600
175	<b>10.7136</b>	103.580	106.500	77.520	84.440	5.285	10.475	-3.315	20.300	82.450
176	<b>10.312</b>	103.860	106.740	77.520	84.440	5.280	10.490	-3.315	20.300	82.490
177	<b>10.061</b>	103.840	106.740	77.390	84.460	5.275	10.490	-3.315	20.300	82.380
178	<b>9.8351</b>	103.820	106.720	77.240	84.470	5.265	10.490	-3.315	20.300	82.230
179	<b>9.6343</b>	103.820	106.720	77.080	84.470	5.250	10.490	-3.315	20.300	82.070
180	<b>9.4084</b>	103.800	106.680	76.930	84.470	5.235	10.490	-3.330	20.300	81.920
181	<b>9.2327</b>	103.800	106.660	76.770	84.470	5.215	10.490	-3.350	20.300	81.770
182	<b>9.057</b>	103.780	106.640	76.620	84.480	5.205	10.490	-3.365	20.300	81.620
183	<b>8.8813</b>	103.760	106.600	76.470	84.470	5.190	10.490	-3.380	20.300	81.460
184	<b>8.7056</b>	103.740	106.560	76.320	84.480	5.175	10.490	-3.395	20.300	81.320
185	<b>8.555</b>	103.720	106.540	76.180	84.470	5.160	10.490	-3.415	20.300	81.170
186	<b>8.4044</b>	103.700	106.500	76.050	84.470	5.150	10.485	-3.430	20.285	81.020
187	<b>8.2538</b>	103.660	106.480	75.910	84.470	5.135	10.490	-3.445	20.270	80.880
188	<b>8.1283</b>	103.640	106.440	75.780	84.480	5.125	10.485	-3.455	20.255	80.730
189	<b>7.9777</b>	103.600	106.420	75.650	84.470	5.110	10.490	-3.470	20.240	80.590
190	<b>7.8271</b>	103.560	106.400	75.520	84.480	5.100	10.485	-3.480	20.220	80.450
191	<b>7.7016</b>	103.540	106.380	75.380	84.440	5.085	10.485	-3.490	20.205	80.300
192	<b>7.5761</b>	103.500	106.360	75.260	84.360	5.075	10.485	-3.500	20.190	80.170
193	<b>7.4506</b>	103.480	106.340	75.120	84.290	5.060	10.485	-3.510	20.175	80.030

194	<b>7.3502</b>	103.440	106.320	75.000	84.220	5.050	10.490	-3.520	20.160	79.900
195	<b>7.2247</b>	103.420	106.320	74.880	84.150	5.025	10.475	-3.525	20.145	79.770
196	<b>7.0992</b>	103.400	106.300	74.760	84.080	4.995	10.460	-3.535	20.125	79.610
197	<b>6.9988</b>	103.360	106.300	74.640	84.020	5.015	10.450	-3.545	20.110	89.490
198	<b>6.8984</b>	103.340	106.280	74.510	83.970	4.990	10.425	-3.550	20.095	89.490
199	<b>6.7729</b>	103.320	106.260	74.400	83.910	4.990	10.420	-3.555	20.075	89.490
200	<b>6.6976</b>	103.280	106.260	74.280	83.870	4.985	10.410	-3.560	20.060	89.490
201	<b>6.5721</b>	103.260	106.260	74.180	83.820	4.975	10.395	-3.565	20.040	89.490
202	<b>6.4717</b>	103.240	106.240	74.070	83.770	4.965	10.385	-3.570	20.015	89.490
203	<b>6.3713</b>	103.220	106.240	73.960	83.720	4.955	10.370	-3.570	19.995	89.490
204	<b>6.296</b>	103.180	106.240	73.850	83.670	4.950	10.355	-3.580	19.980	89.490
205	<b>6.1956</b>	103.160	106.220	73.750	83.620	4.945	10.340	-3.585	19.965	89.490
206	<b>6.0952</b>	103.140	106.220	73.650	83.580	4.940	10.320	-3.590	19.955	89.490
207	<b>5.9948</b>	103.120	106.220	73.550	83.530	4.935	10.300	-3.595	19.940	89.490
208	<b>5.9195</b>	103.080	106.200	73.440	83.490	4.935	10.285	-3.605	19.925	89.490
209	<b>5.8191</b>	103.060	106.200	73.350	83.450	4.930	10.265	-3.610	19.905	89.490
210	<b>5.7438</b>	103.040	106.200	73.250	83.410	4.930	10.245	-3.620	19.885	89.490
211	<b>5.6434</b>	103.020	106.200	73.150	83.380	4.925	10.230	-3.625	19.875	89.490
212	<b>5.5681</b>	103.000	106.200	73.060	83.340	4.925	10.205	-3.630	19.860	89.490
213	<b>5.4928</b>	102.980	106.180	72.960	83.300	4.925	10.190	-3.635	19.845	89.490
214	<b>5.4175</b>	102.960	106.180	72.880	83.260	4.925	10.165	-3.640	19.835	89.490
215	<b>5.3171</b>	102.940	106.180	72.780	83.220	4.925	10.145	-3.645	19.820	89.490
216	<b>5.2418</b>	102.920	106.180	72.700	83.190	4.925	10.125	-3.650	19.810	89.490
217	<b>5.1665</b>	102.880	106.160	72.610	83.150	4.925	10.105	-3.655	19.790	89.490
218	<b>5.0912</b>	102.860	106.160	72.520	83.110	4.925	10.080	-3.660	19.775	89.490
219	<b>5.0159</b>	102.840	106.140	72.430	83.070	4.925	10.065	-3.665	19.760	89.490
220	<b>4.9406</b>	102.820	106.120	72.350	83.040	4.925	10.040	-3.665	19.745	89.490

Fuente: Elaboración propia.

### Figura N° 47

Carga aplicada de ensayo de flexión de espécimen PCFS-04

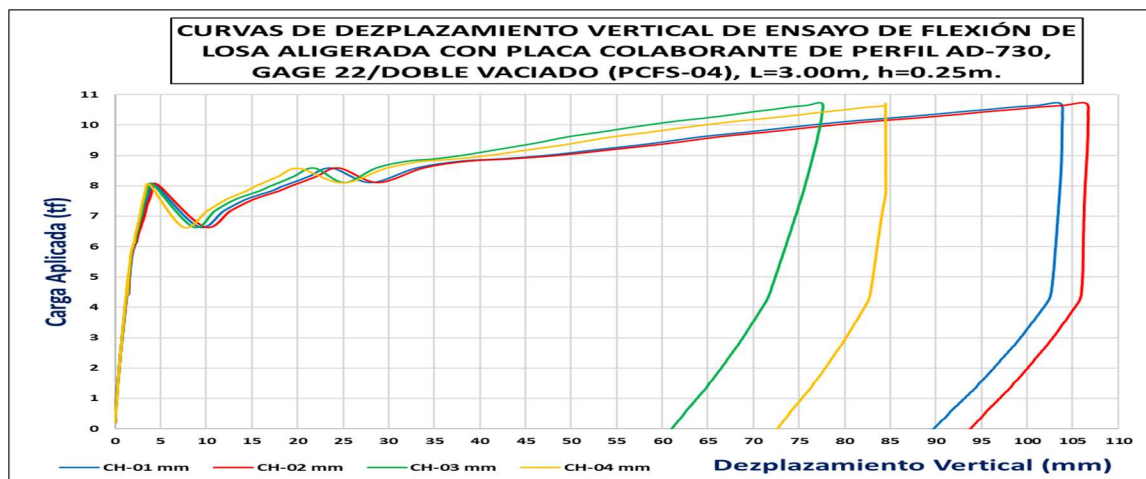


Fuente: Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°49 se puede observar la carga máxima soportada por el espécimen de losa colaborante PCFS-04; la resistencia estimada para losas aligeradas con bloquetas de techo es de  $350 \text{ kg/m}^2$ , al realizar la conversión de la carga de desprendimiento y carga de rotura en función al área del espécimen se obtienen que el espécimen soporta una carga de desprendimiento de  $1099.32 \text{ kg/m}^2$  y una carga de rotura de  $1457.14 \text{ kg/m}^2$ .

### Figura N° 48

*Curvas de desplazamiento vertical de ensayo de flexión de espécimen PCFS-04*

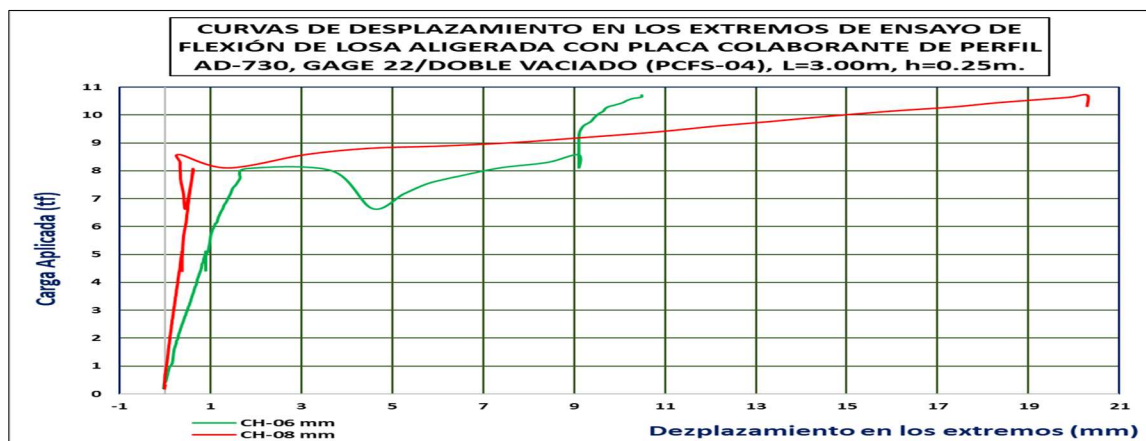


Fuente: Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°50 se observan las curvas de tendencia de los transductores de desplazamiento verticales del espécimen PCFS-03 al aplicar las cargas.

### Figura N° 49

*Curvas de desplazamiento en los extremos de ensayo de flexión de espécimen PCFS-04*



Fuente: Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°51 se observan las curvas de tendencia de los transductores de desplazamiento horizontal en los extremos del espécimen PCFS-03 al aplicar las cargas.

Es importante precisar que el desprendimiento fue visualizado en todos los especímenes ensayados e indicar que el patrón de desplazamiento lateral es mayor en uno de los extremos del espécimen de losa colaborante, lo cual es adecuado de acuerdo al esquema de colapso de este tipo de losas aligeradas con placa colaborante.

### **Figura N° 50**

*Medición manual de desplazamiento en el extremo de los especímenes*



Fuente: Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°52 se muestra una medición manual del desplazamiento relativo en el extremo del espécimen de losa colaborante, fue realizada al finalizar el ensayo de resistencia a la flexión para determinar el desplazamiento lateral de la placa metálica al momento del desprendimiento del concreto.

Al concluir con los ensayos de flexión estática simplemente apoyada de los 04 especímenes de losas aligeradas con placa colaborante del sistema Steel Deck, se pudo verificar que todos los especímenes presenciaron fallas en el centro de la luz, a excepción del espécimen PCFS-01, el cual presentó la falla en el lado derecho de los tercios ubicados previamente para colocar las barras de acero para transmitir la carga de la gata hidráulica.

#### 4.1.4.3. Ensayo de vibración forzada.

Con la finalidad de conocer la respuesta dinámica de las losas aligeradas con placa metálica colaborante ante vibraciones mecánicas del sistema de techo y entrepiso metálico Steel-Deck conformado por una losa de concreto con placa colaborante, se realizaron 03 ensayos de vibración forzada para identificar la frecuencia natural de la losa colaborante.

Se elaboraron 03 especímenes de acuerdo a las especificaciones para el ensayo de vibración forzada tal como se puede apreciar en la Figura N°53. Es preciso indicar que el proceso constructivo estuvo supervisado por los especialistas de CISMID-UNI para poder colocar el motor vibrador adecuadamente en los espárragos metálicos colocados en la losa, del mismo modo que los orificios de la viga metálica calcen exactamente con los hoyos de los mecanos metálicos que sirven de soporte y punto de fijación para el ensayo.

#### Figura N° 51

##### *Ensayo de vibración forzada*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°53 se muestra el espécimen colocado y listo para ser ensayado.

**Figura N° 52**

*Verificación de motor vibrador mecánico para ensayo de vibración forzada*



Fuente: Elaboración propia.

Para la realización de este ensayo se montó un motor de vibración mecánico anclado en la superficie del espécimen de losa colaborante, del mismo modo para la medición de la respuesta del espécimen se utiliza el motor eléctrico barriendo diferentes frecuencias hasta alcanzar la vibración natural del espécimen en las direcciones predominantes, en la Figura N°55 se puede apreciar la distribución de canales para la adquisición de data de los especímenes durante el ensayo de vibración forzada.

**Figura N° 53**

*Distribución de canales para adquisición de datos de ensayo de vibración forzada*



Fuente: Elaboración propia.

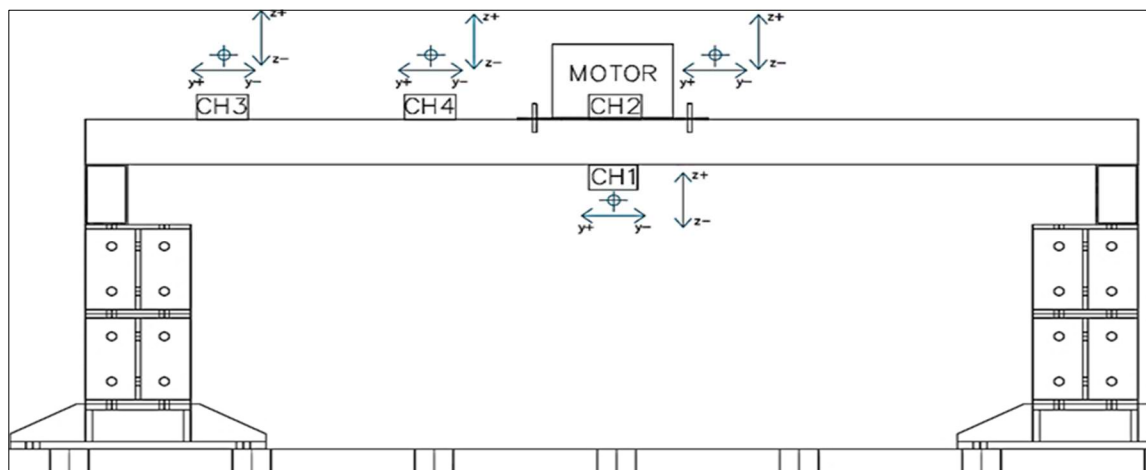
*Nota:* En la Figura N°54 se visualiza la distribución de los canales de adquisición de data.



Cada canal de sensor de aceleración fue conectado a un amplificador de señales que acondicionó la señal de cada sensor a los niveles requeridos para ser transformados en un convertidor análogo digital que introdujo las señales en el computador para ser registradas y almacenadas, tal como se muestra en la Figura N° 56.

#### Figura N° 54

*Equipo de adquisición de datos de ensayo de vibración forzada*



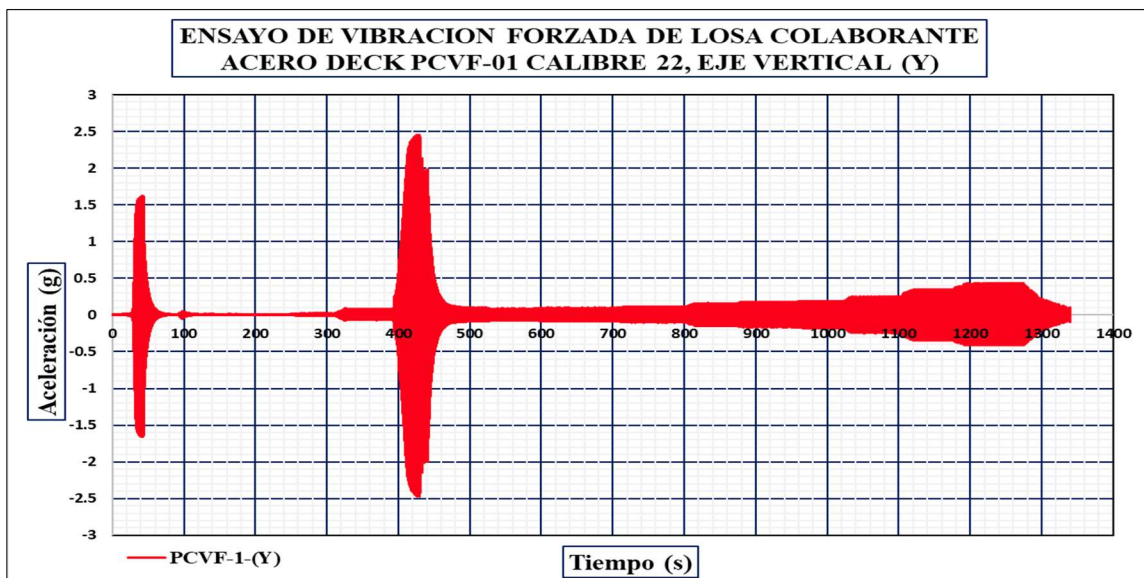
Fuente: Elaboración propia.

A continuación se mostrarán las aceleraciones registradas en la historia del tiempo del ensayo de vibración forzada para los 03 especímenes en la dirección longitudinal (y) las cuales se pueden apreciar en la Figura N°57; N°59 y N°61 y en la dirección vertical (z) las cuales se pueden apreciar en la Figura N°58; N°60 y N°62.

Del mismo modo se presentan las curvas de Aceleración-Frecuencia Fundamental para los 03 especímenes de calibre 22 mostrando las frecuencias predominantes en las direcciones analizadas se pueden apreciar en la Figura N°75, N°76 y N°77.

**Figura N° 55**

*Aceleraciones registradas en el ensayo de vibración forzada PCVF-1 - eje longitudinal (Y)*

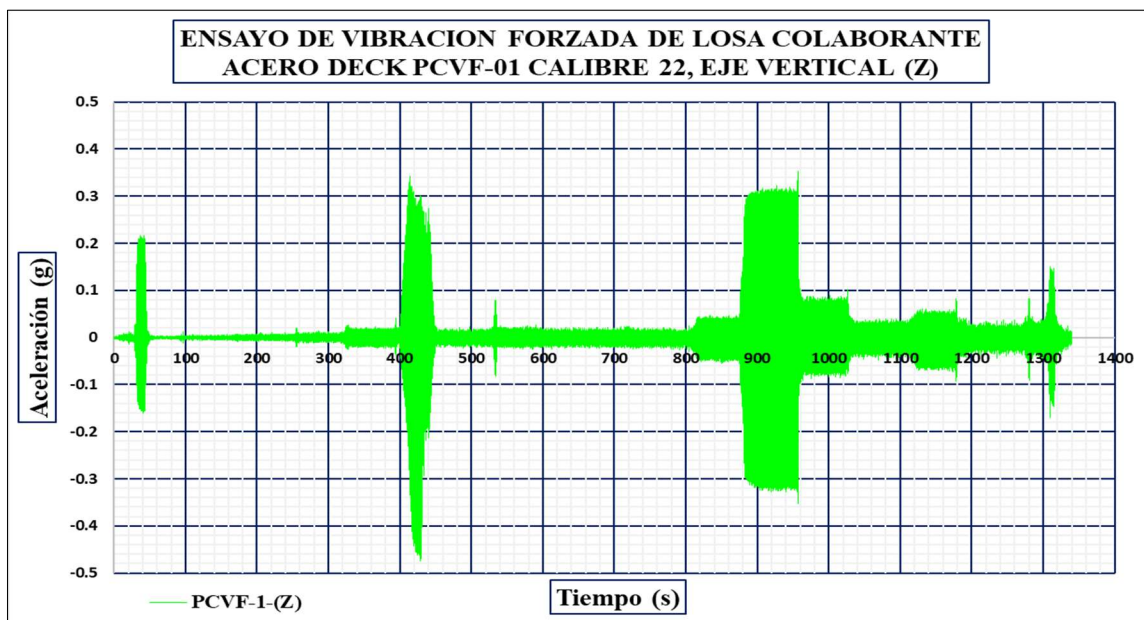


*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°57 se observa las aceleraciones en el eje longitudinal (Y) que fueron registradas durante el ensayo de vibración forzada del espécimen PCVF-01.

**Figura N° 56**

*Aceleraciones registradas en el ensayo de vibración forzada PCVF-1 - eje vertical (Z)*

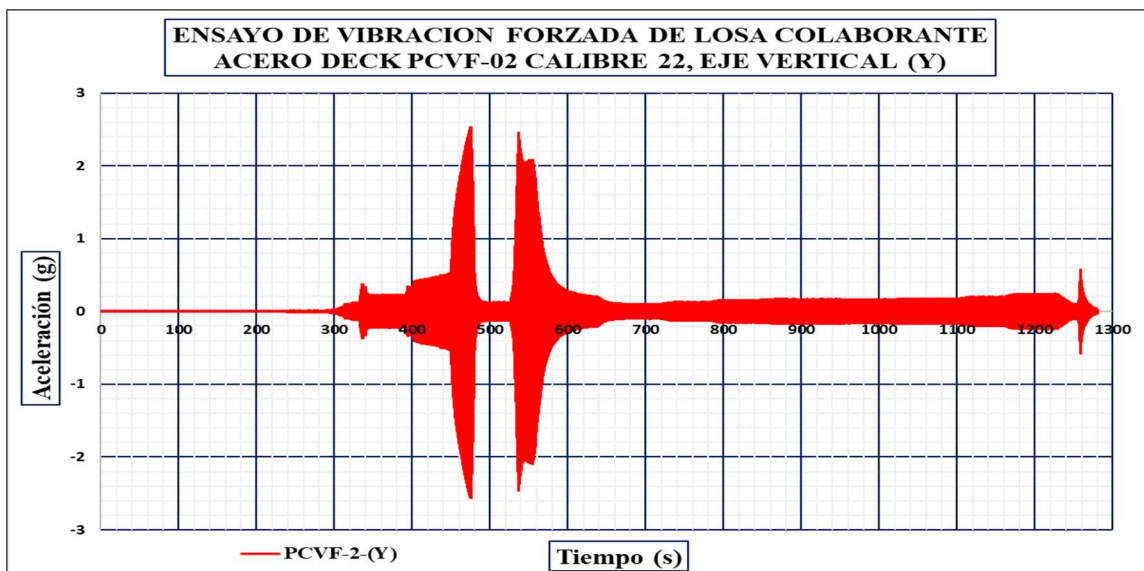


*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°58 se observa las aceleraciones en el eje vertical (Z) que fueron registradas durante el ensayo de vibración forzada del espécimen PCVF-01.

**Figura N° 57**

*Aceleraciones registradas en el ensayo de vibración forzada PCVF-2 - eje longitudinal (Y)*

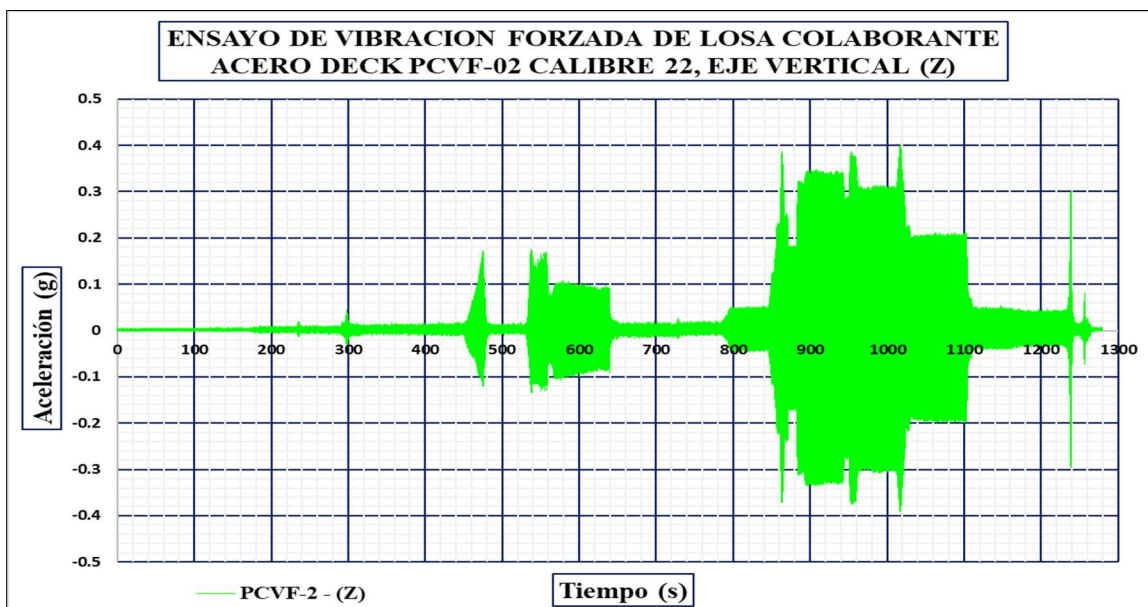


*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°59 se observa las aceleraciones en el eje longitudinal (Y) que fueron registradas durante el ensayo de vibración forzada del espécimen PCVF-02.

**Figura N° 58**

*Aceleraciones registradas en el ensayo de vibración forzada PCVF-2 - eje vertical (Z)*

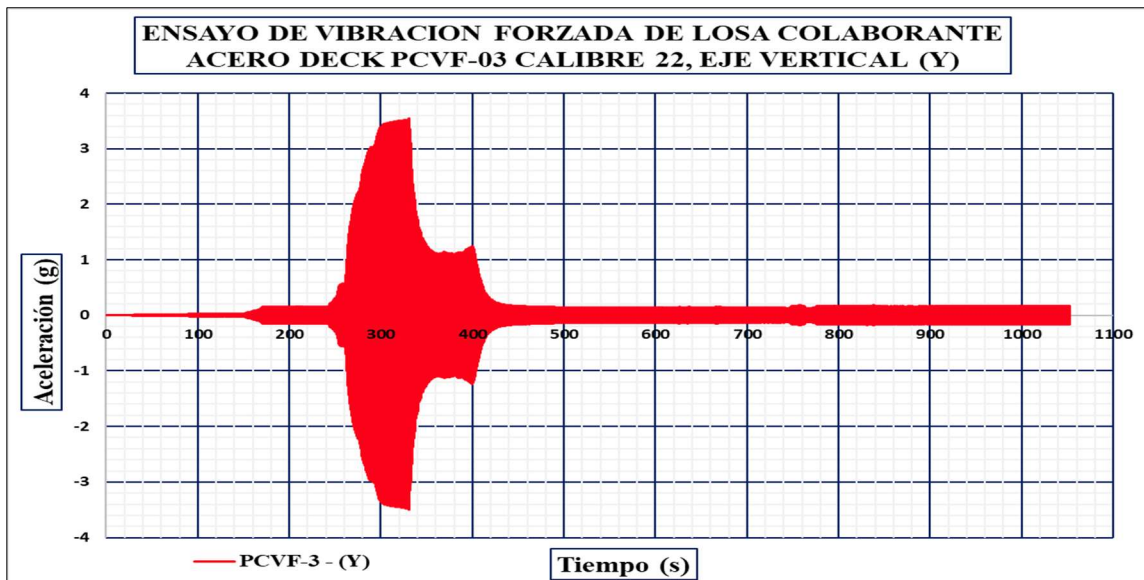


*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°60 se observa las aceleraciones en el eje vertical (Z) que fueron registradas durante el ensayo de vibración forzada del espécimen PCVF-02.

**Figura N° 59**

*Aceleraciones registradas en el ensayo de vibración forzada PCVF-3-eje longitudinal (Y)*

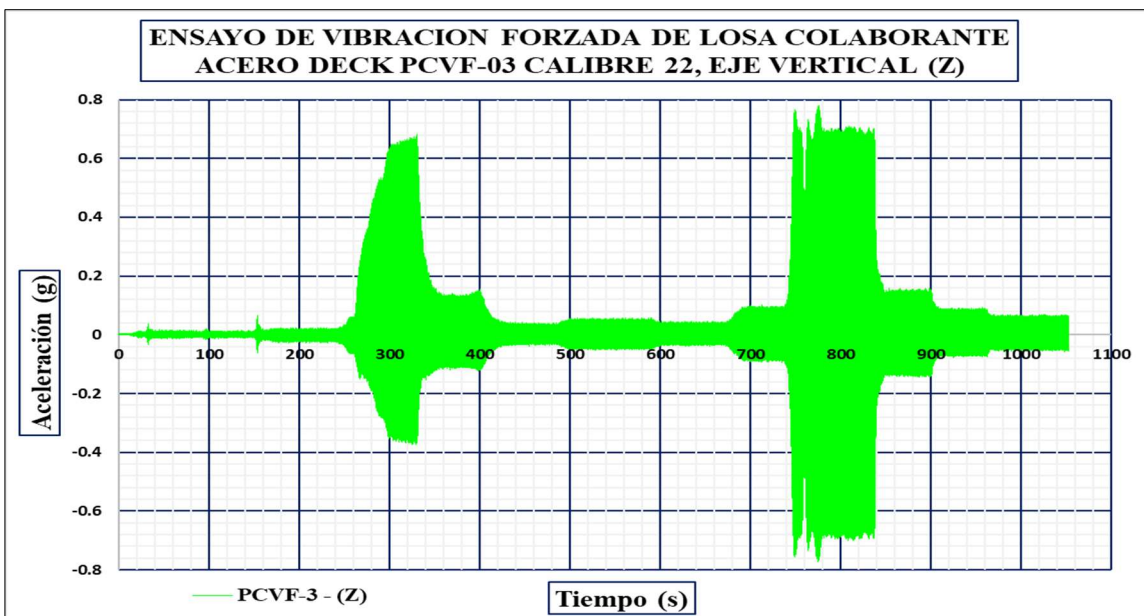


*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°61 se observa las aceleraciones en el eje longitudinal (Y) que fueron registradas durante el ensayo de vibración forzada del espécimen PCVF-03.

**Figura N° 60**

*Aceleraciones registradas en el ensayo de vibración forzada PCVF-3-eje vertical (Z)*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°62 se observa las aceleraciones en el eje vertical (Z) que fueron registradas durante el ensayo de vibración forzada del espécimen PCVF-03.

## 4.2. Discusión de Resultados

En esta parte se dará a conocer a detalle los procesos que se realizaron para obtener los resultados más importantes, tales como identificar el comportamiento estructural de losas aligeradas con placas metálicas; lo cual fue conseguido al determinar la resistencia a la compresión, flexión simple y vibración forzada.

### 4.2.1. Del ensayo de resistencia a la compresión

Se realizó el diseño de mezcla de concreto teniendo como resistencia de concreto de referencia  $f'_c=210 \text{ kg/cm}^2$  o  $f'_c=20.59 \text{ MPa}$ ; tal como se observa, se logró obtener 18 probetas de concreto que fueron ensayadas a los 7, 14 y 28 días respectivamente obteniendo las siguientes resistencias que en su totalidad superaron la resistencia a la compresión que se tenía de referencia, inclusive a los 7 días ya se pudo verificar que las probetas poseían una resistencia del 100.67%; motivo por el cual se cumplió con el objetivo de los distintos ensayos de laboratorio que se realizaron para obtener el diseño de mezcla para el vaciado de concreto en las losas colaborantes tal como se observa en la Tabla N° 33, Tabla N°34 y Tabla N°35.

Asimismo se puede visualizar en la Figura N° 63, Figura N°64 y Figura N°65 los gráficos comparativos entre los resultados de la rotura de probetas mediante el ensayo de resistencia a la compresión y la resistencia a la compresión del diseño de mezcla realizado con agregado grueso y fino tomados de la cantera Murillo de las orillas del río Pachachaca, los mismos que fueron usados para el vaciado del concreto en los especímenes de losas colaborante; es así que se pudo determinar que el concreto vaciado supera su resistencia de diseño en laboratorio por un amplio margen, y en ello tiene que ver el factor de seguridad de  $f'_{cr}=294 \text{ kg/cm}^2$ .

**Tabla 33**

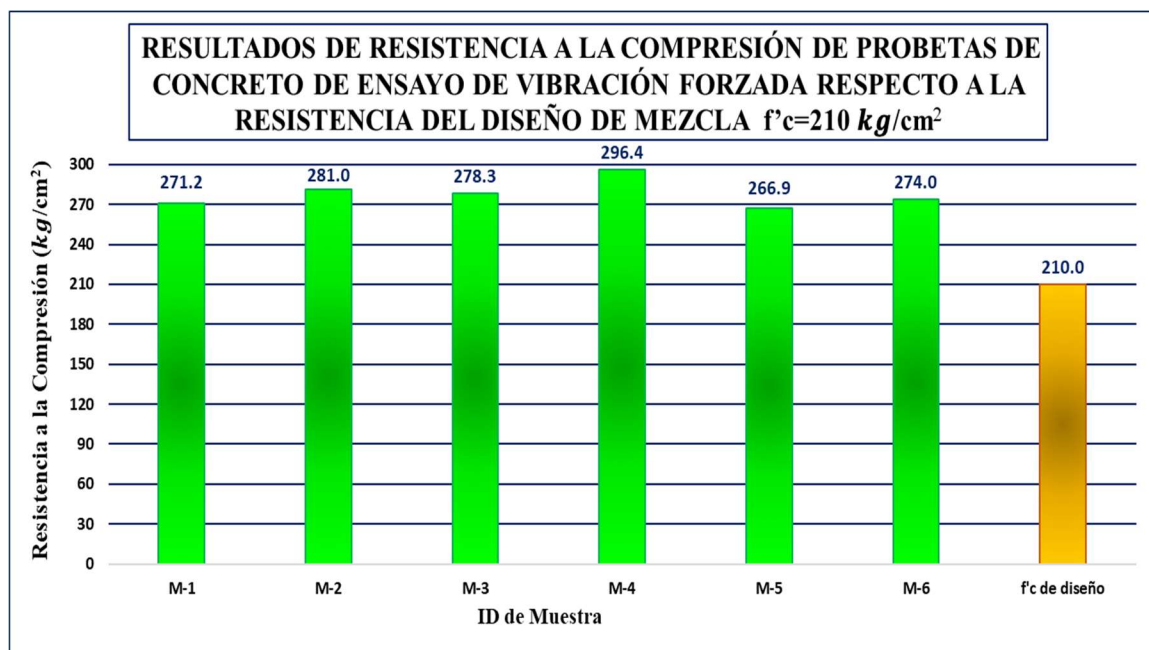
*Resultados de resistencia a la compresión de probetas de concreto de ensayo de vibración forzada respecto a la resistencia del diseño de mezcla*

ID	Fecha		Edad (Días)	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión		% Resistencia respecto al diseño
	Elaboración	Ensayo				kg/cm <sup>2</sup>	MPa	f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>
M-1	23/09/2022	21/10/2022	28	21300	78.54	271.2	26.60	<b>129.14%</b>
M-2	23/09/2022	21/10/2022	28	22070	78.54	281.0	27.56	<b>133.81%</b>
M-3	23/09/2022	21/10/2022	28	21860	78.54	278.3	27.30	<b>132.52%</b>
M-4	23/09/2022	21/10/2022	28	23280	78.54	296.4	29.07	<b>141.14%</b>
M-5	23/09/2022	21/10/2022	28	20960	78.54	266.9	26.17	<b>127.10%</b>
M-6	23/09/2022	21/10/2022	28	21520	78.54	274.0	26.87	<b>130.48%</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura N° 61**

*Resultados de resistencia a la compresión de probetas de concreto de ensayo de vibración forzada respecto a la resistencia del diseño de mezcla*



*Fuente:* Elaboración propia

*Nota:* En la Figura N°63 se aprecia los resultados de la resistencia a la compresión de la rotura de probetas de concreto a los 28 días respecto a la resistencia de diseño de mezcla.

**Tabla 34**

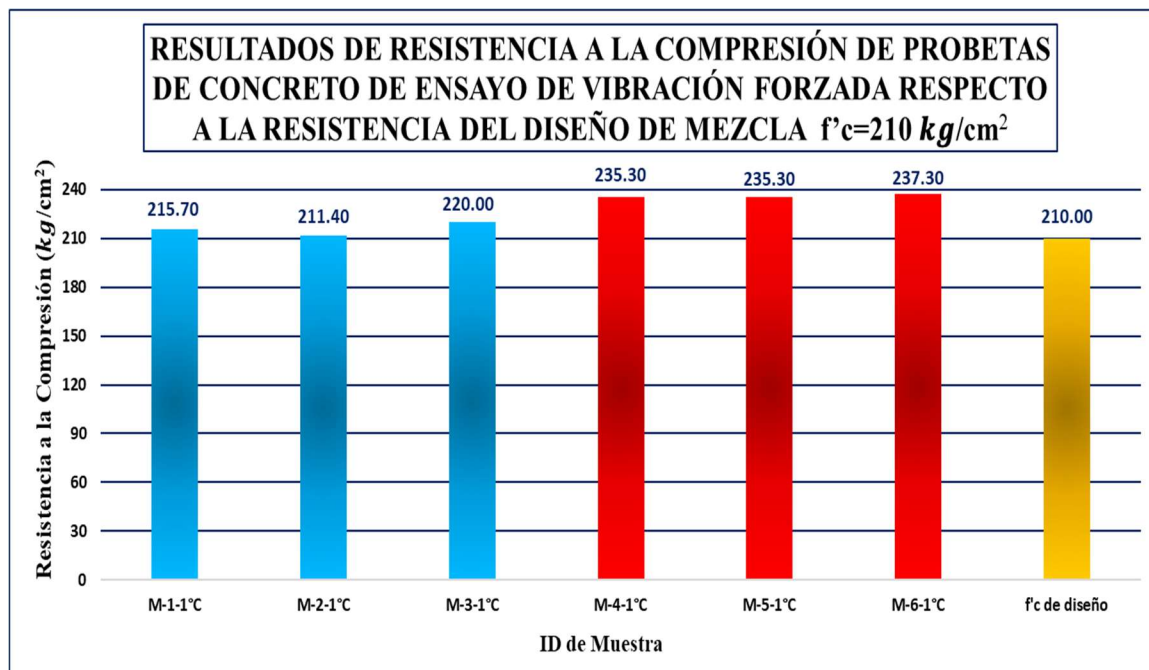
*Resultados de resistencia a la compresión de probetas de concreto del primer vaciado del ensayo de flexión simple respecto a la resistencia del diseño de mezcla*

ID	Fecha		Edad (Días)	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión		% Resistencia respecto al diseño
	Elaboración	Ensayo				kg/cm <sup>2</sup>	MPa	f'c=210 kg/cm <sup>2</sup>
M-1-1°C	4/10/2022	11/10/2022	7	16940	78.54	215.7	21.15	<b>102.71%</b>
M-2-1°C	4/10/2022	11/10/2022	7	16600	78.54	211.4	20.73	<b>100.67%</b>
M-3-1°C	4/10/2022	11/10/2022	7	17280	78.54	220.0	21.58	<b>104.76%</b>
M-4-1°C	4/10/2022	18/10/2022	14	18480	78.54	235.3	23.08	<b>112.05%</b>
M-5-1°C	4/10/2022	18/10/2022	14	18480	78.54	235.3	23.08	<b>112.05%</b>
M-6-1°C	4/10/2022	18/10/2022	14	18640	78.54	237.3	23.28	<b>113.00%</b>

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura N° 62**

*Resultados de resistencia a la compresión de probetas de concreto del primer vaciado del ensayo de flexión simple respecto a la resistencia del diseño de mezcla*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°64 se observa los resultados de la resistencia a la compresión de la rotura de probetas de concreto a los 7,14 días respecto a la resistencia de diseño.

**Tabla 35**

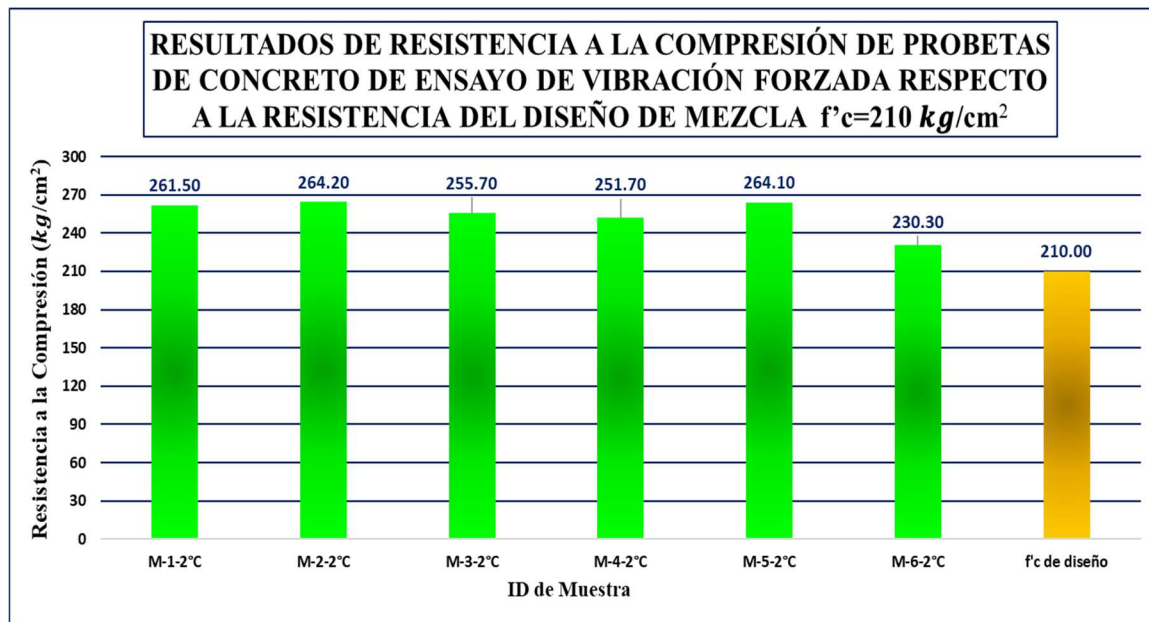
*Resultados de resistencia a la compresión de probetas de concreto del segundo vaciado del ensayo de flexión simple respecto a la resistencia del diseño de mezcla*

ID	Fecha		Edad (Días)	Carga (kg)	Área (cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la Compresión		% Resistencia respecto al diseño
	Elaboración	Ensayo				kg/cm <sup>2</sup>	MPa	f <sup>c</sup> =210 kg/cm <sup>2</sup>
M-1-2°C	10/10/2022	07/11/2022	28	20540	78.54	261.5	25.65	124.52%
M-2-2°C	10/10/2022	07/11/2022	28	20750	78.54	264.2	25.91	125.81%
M-3-2°C	10/10/2022	07/11/2022	28	20080	78.54	255.7	25.07	121.76%
M-4-2°C	10/10/2022	07/11/2022	28	19770	78.54	251.7	24.69	119.86%
M-5-2°C	10/10/2022	07/11/2022	28	20740	78.54	264.1	25.90	125.76%
M-6-2°C	10/10/2022	07/11/2022	28	18090	78.54	230.3	22.59	109.67%

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura N° 63**

*Resultados de resistencia a la compresión de probetas de concreto del segundo vaciado del ensayo de flexión simple respecto a la resistencia del diseño de mezcla*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°65 se aprecia los resultados de la resistencia a la compresión de la rotura de probetas de concreto a los 28 días respecto a la resistencia de diseño de mezcla.



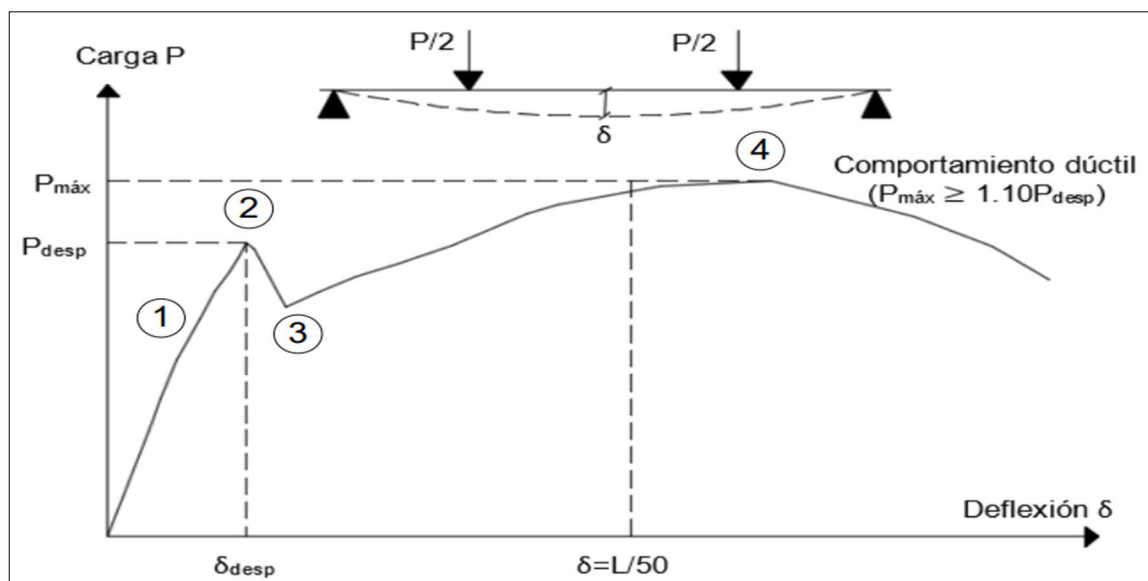
De los resultados se tiene que a los 7 días se tiene una resistencia de  $f'c=215.70$  kg/cm<sup>2</sup> que es 2.71% superior a la resistencia de diseño, a los 14 días se tiene una resistencia de  $f'c=235.97$  kg/cm<sup>2</sup> que es 12.37% superior a la resistencia de diseño y a los 28 días se tiene una resistencia de  $f'c=266.28$  kg/cm<sup>2</sup> que es 26.80% superior a la resistencia de diseño; por tanto el concreto vaciado cumple respecto al diseño de mezcla.

#### 4.2.2. Del ensayo de flexión estática simple

De los ensayos de laboratorio que se realizaron se puede determinar que existe un comportamiento parecido en los resultados de las curvas de carga aplicada vs desplazamiento vertical y horizontal, en los ensayos realizados se observa un patrón en una transición por un punto de desprendimiento, es decir, inicia la separación entre la losa de concreto y la placa metálica, y seguidamente dar paso a la sobrerresistencia que variara según sus dimensiones o propiedades geométricas (esbeltez y cuantía) tal como se puede observar en la Figura N° 66 y N° 67.

**Figura N° 64**

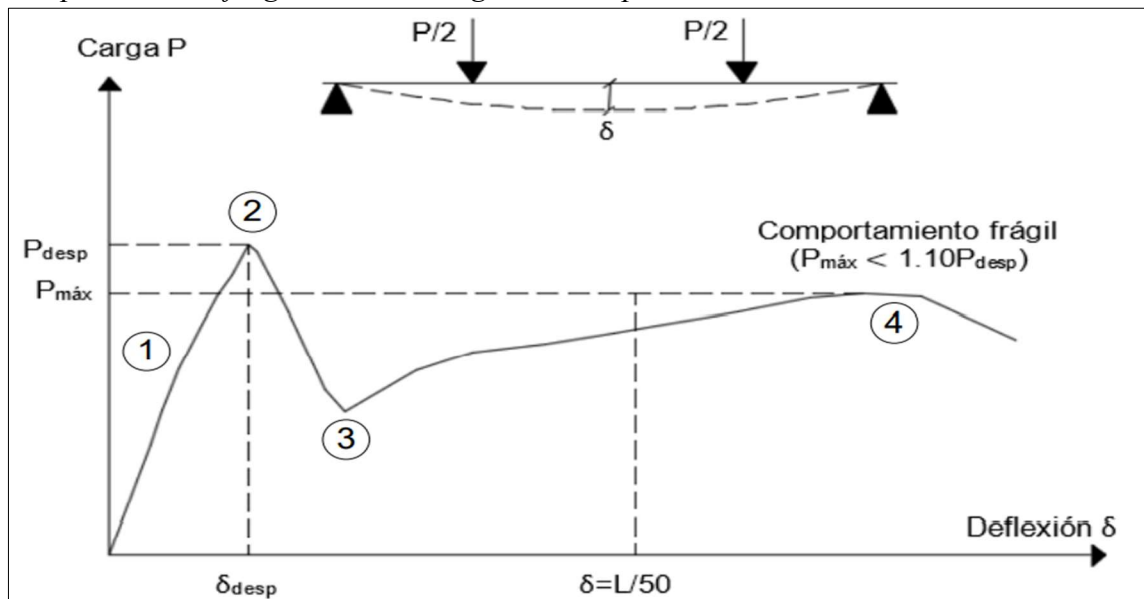
*Comportamiento dúctil de la losa aligerada con placa colaborante*



Fuente: (Cueva Rivera, 2019)

Figura N° 65

*Comportamiento frágil de la losa aligerada con placa colaborante*



Fuente: (Cueva Rivera, 2019)

A partir de ambas figuras, se pueden identificar 04 puntos de transición en la curva de comportamiento de la losa aligerada, las cuales tienen el mismo fenómeno en ambos casos y a partir de ellos se puede brindar una definición para ambos tipos de comportamiento.

- Punto 1: Comienzo del agrietamiento de la losa de concreto en la zona de tracción, dicho agrietamiento se realiza en la zona de contacto con la placa metálica, puntualmente en el concreto ubicado en los valles del perfil metálico que empieza a fisurarse al producirse la disminución de la adherencia entre ambos elementos.
- Punto 2: Comienzo del desprendimiento de la losa de concreto y la placa metálica. Se da inicio el deslizamiento entre la placa metálica y el concreto, de esta manera dando origen a la pérdida irreversible de una conexión completa entre ambos elementos, de este modo se da paso a una conexión parcial hasta llegar a la

pérdida total de la adherencia mecánica entre ambos elementos de la losa colaborante.

- Punto 3: Se produce el desprendimiento total de la placa metálica y la losa de concreto al haber una interacción nula entre ambos elementos. En este momento cada elemento de la losa colaborante comienza a trabajar de manera independiente y la losa deja de ser compuesta, convirtiéndose en la suma lineal en paralelo de la lámina de acero y la losas concreto parcialmente agrietada en la zona de tracción.
- Punto 4: Punto de resistencia última de la losa colaborante. La placa metálica es la que toma toda la carga aplicada en la estructura a través de su propio eje, también depende de si el acero usado en la placa metálica ha alcanzado su estado de fluencia o no, este sistema puede tener una resistencia última mayor a la resistencia de desprendimiento (comportamiento dúctil) o no (comportamiento frágil).

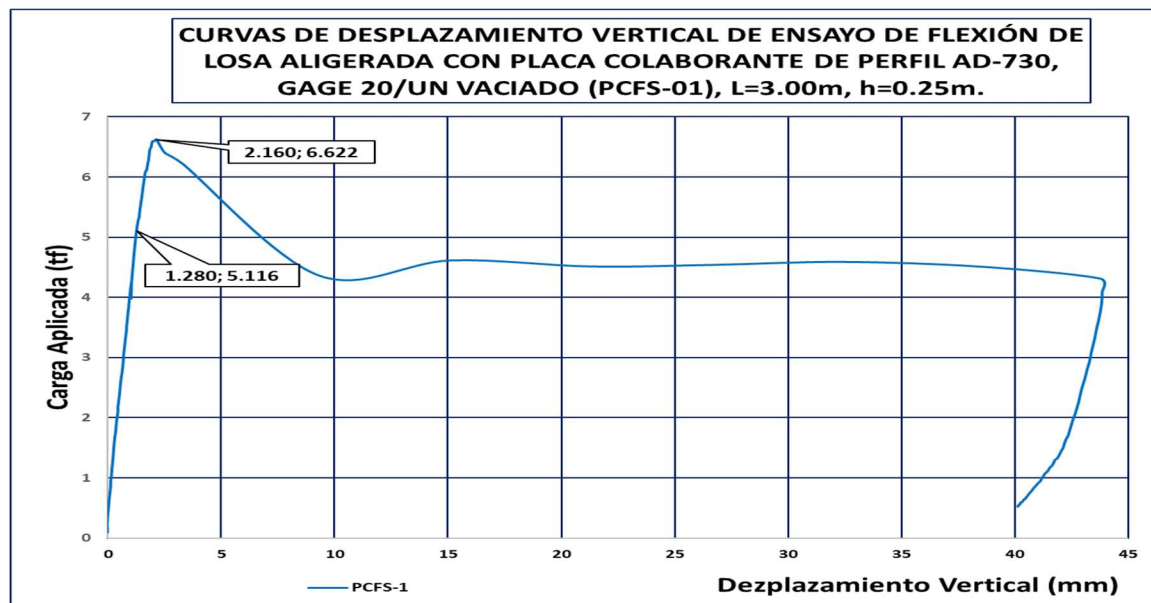
A partir de las curvas de carga aplicada vs desplazamiento horizontal – vertical mostradas en los resultados anteriores del ensayo de flexión estática simple, el comportamiento de las losas aligeradas con placas metálicas puede ser clasificados como frágil o dúctil. De esta manera si la carga de rotura es más del 10% de la carga que provoca el deslizamiento en el extremo se determinara que el comportamiento de la losa colaborante es dúctil y si la carga máxima se alcanza con una flecha en el centro superior a  $L/50$ , se considerará como carga de rotura la que produce una flecha en el centro del vano de  $L/50$ , de lo contrario se clasifica como un comportamiento frágil.

Los gráficos de los resultados de carga de desprendimiento, desplazamiento central con carga de desprendimiento, carga máxima y desplazamiento para la carga máxima para cada uno de los 04 especímenes se muestra en las Figuras N°68, N°69, N°70 y N°71.

Se realizaron ensayos usando placas metálicas elaboradas por Aceros Procesados S.A. del tipo de perfil AD-730 en los 04 especímenes, los resultados se muestran en la Tabla 36 y se indican las características de cada espécimen, del mismo modo la carga de desprendimiento y la carga de rotura de este, para finalmente indicar el tipo de comportamiento o falla que tiene cada espécimen de acuerdo a sus características de diseño y elaboración. Es importante especificar que se elaboraron losas colaborantes usando perfiles de calibre 22 (0.749mm) y calibre 20 (0.909mm).

### Figura N° 66

*Carga de desprendimiento, desplazamiento central, carga máxima y desplazamiento para la carga máxima para espécimen PCFS-01*

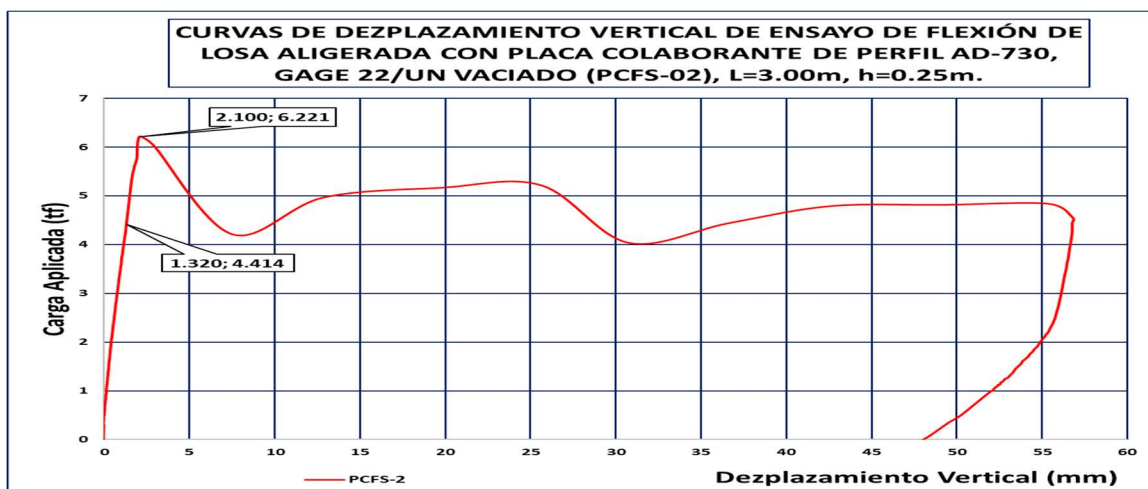


*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°68 se muestran los datos de las cargas de desprendimiento, desplazamientos y carga máxima soportada por el espécimen PCFS-01.

**Figura N° 67**

*Carga de desprendimiento, desplazamiento central, carga máxima y desplazamiento para la carga máxima para espécimen PCFS-02*

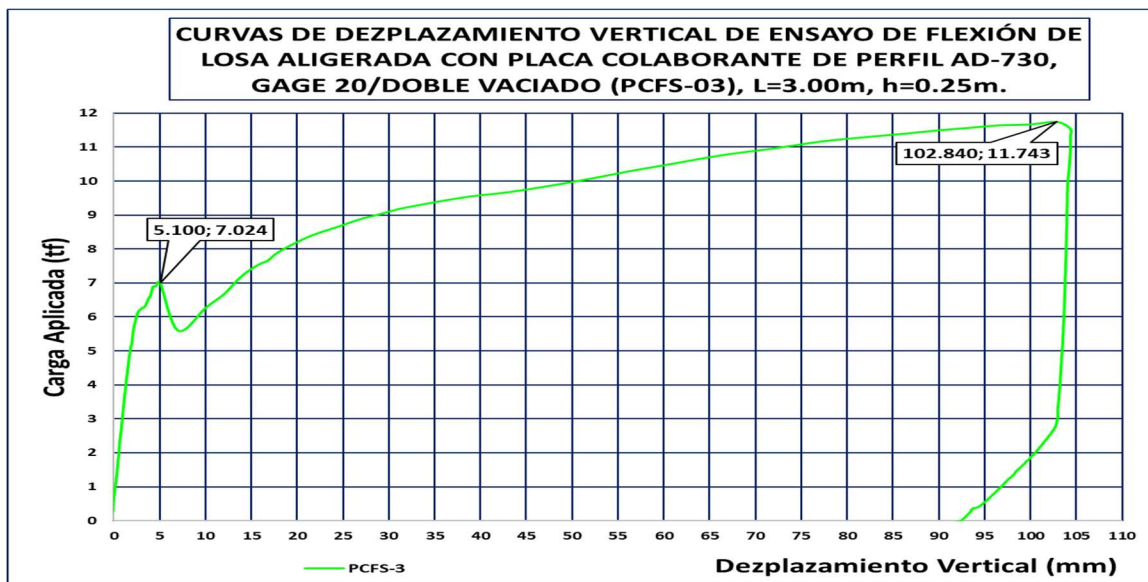


*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°69 se muestran los datos de las cargas de desprendimiento, desplazamientos y carga máxima soportada por el espécimen PCFS-02.

**Figura N° 68**

*Carga de desprendimiento, desplazamiento central, carga máxima y desplazamiento para la carga máxima para espécimen PCFS-03*

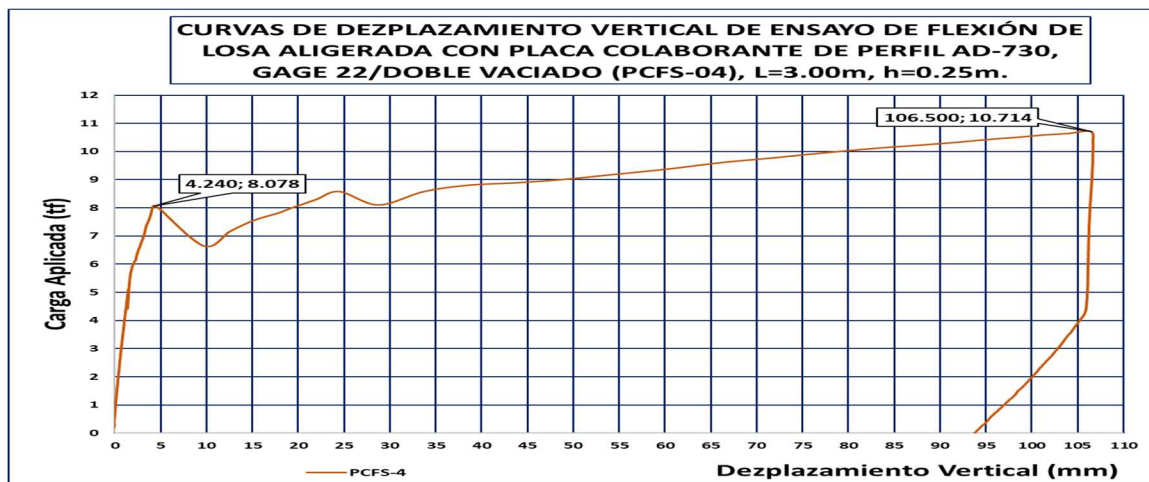


*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°70 se muestran los datos de las cargas de desprendimiento, desplazamientos y carga máxima soportada por el espécimen PCFS-03.

**Figura N° 69**

*Carga de desprendimiento, desplazamiento central, carga máxima y desplazamiento para la carga máxima para espécimen PCFS-4*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°71 se muestran los datos de las cargas de desprendimiento, desplazamientos y carga máxima soportada por el espécimen PCFS-04.

De los gráficos anteriores se elaboró la siguiente tabla de resultados de acuerdo a las características del espécimen, la carga de desprendimiento, el desplazamiento central con la carga de desprendimiento, la carga máxima, el desplazamiento para la carga máxima y el corrimiento máximo.

**Tabla 36**

*Resultados obtenidos en ensayo de flexión estática simplemente apoyado*

ID de espécimen	Perfil / Calibre (GAGE)	Carga de Desprend.	Desplaz. Central en Desprend.	Carga Máxima	Desplaz. para la Carga Máxima	Corrimiento Máximo
		tf	mm	tf	mm	mm
PCFS-01/1V	AD-730/20 – 1V	5.11	1.28	6.62	2.16	20
PCFS-02/1V	AD-730/22 – 1V	4.41	1.32	6.22	2.10	15
PCFS-03/2V	AD-730/20 – 2V	7.02	5.10	11.74	102.84	50
PCFS-04/2V	AD-730/22 – 2V	8.08	4.24	10.71	106.50	45

*Fuente:* Elaboración propia.

A partir de la Tabla 36 de resultados se observa una tendencia en el comportamiento de los especímenes en cuanto a la carga de desprendimiento, desplazamiento central con carga de desprendimiento, carga máxima y desplazamiento para la carga máxima, notando que para el perfil AD-730 el tipo de comportamiento o falla es dúctil; en específico para el calibre 20 (0.91mm) tiene mayor resistencia respecto al calibre 22 (0.75mm), ello se debe a la cuantía del acero usado en ambos Gage respectivamente; asimismo es importante precisar que los especímenes realizados en un solo vaciado tuvieron una menor resistencia al desprendimiento, y por ende una menor resistencia a la rotura a diferencia de los especímenes que fueron elaborados en doble vaciado, todo esto por el factor del uso de mechas de acero o conectores de corte con la finalidad de evitar las juntas frías y preservar la propiedad monolítica del concreto vaciado.

Con la finalidad de analizar a mayor detalle el comportamiento de losas colaborantes, con placas metálicas como material aligerante se mostrarán los resultados de los 36 especímenes ensayados en el año 2009 (Díaz Figueroa, 2009), en aquella investigación se construyeron especímenes con los tres tipos de perfiles AD-600, AD-730 y AD-900, con luces libres de 2.76m y 3.78m respectivamente; para espesores de las láminas metálicas de calibre 20 y 22, las dimensiones geométricas y los resultados de los ensayos se muestran en la Tabla 37. También se mostrarán los 15 especímenes ensayados en el año 2019 (Cueva Rivera, 2019), en aquella investigación se construyeron especímenes con dos tipos de perfiles AD-600 y AD-730, con luces libres que variaban desde los 2.75m hasta los 4.50m; para un espesor de la lámina de calibre 18, las dimensiones geométricas y los resultados de los ensayos se muestran en la Tabla 38.

**Tabla 37***Resultados del tipo de comportamiento de los 36 especímenes simplemente apoyados*

<b>ID</b>	<b>Perfil</b>	<b>Calibre</b>	<b>Luz libre (m)</b>	<b>Altura (cm)</b>	<b>P desprendimiento (tf)</b>	<b>P rotura (tf)</b>	<b>Tipo de Comportamiento</b>
E-001	AD-900	22	2.76	10.05	1.050	2.750	Dúctil
E-002	AD-900	22	2.76	12.33	1.650	3.175	Dúctil
E-003	AD-900	22	2.76	13.40	2.000	3.800	Dúctil
E-004	AD-730	22	2.76	14.38	2.100	1.475	Frágil
E-005	AD-730	22	2.76	16.88	2.275	2.050	Frágil
E-006	AD-730	22	2.76	19.25	3.325	3.025	Frágil
E-007	AD-600	22	2.76	11.23	2.000	1.550	Frágil
E-008	AD-600	22	2.76	13.10	2.350	1.800	Frágil
E-009	AD-600	22	2.76	14.45	2.125	1.800	Frágil
E-010	AD-900	22	3.78	9.78	0.875	1.375	Dúctil
E-011	AD-900	22	3.78	12.40	1.225	2.425	Dúctil
E-012	AD-900	22	3.78	13.83	1.525	3.125	Dúctil
E-013	AD-730	22	3.78	14.15	1.950	0.925	Frágil
E-014	AD-730	22	3.78	17.03	1.675	1.525	Frágil
E-015	AD-730	22	3.78	19.03	2.725	1.475	Frágil
E-016	AD-600	22	3.78	11.23	0.725	0.675	Frágil
E-017	AD-600	22	3.78	12.65	1.525	1.125	Frágil
E-018	AD-600	22	3.78	15.20	1.252	1.625	Frágil
E-019	AD-900	20	2.76	10.25	2.225	2.750	Dúctil
E-020	AD-900	20	2.76	12.45	2.800	3.400	Dúctil
E-021	AD-900	20	2.76	14.28	3.675	5.075	Dúctil
E-022	AD-730	20	2.76	14.85	3.475	3.125	Frágil
E-023	AD-730	20	2.76	17.60	3.375	3.200	Frágil
E-024	AD-730	20	2.76	20.35	4.925	4.525	Frágil
E-025	AD-600	20	2.76	11.40	2.775	2.075	Frágil
E-026	AD-600	20	2.76	12.80	2.500	2.500	Frágil
E-027	AD-600	20	2.76	14.48	2.650	2.625	Frágil
E-028	AD-900	20	3.78	9.25	1.275	1.650	Dúctil
E-029	AD-900	20	3.78	12.03	2.425	2.600	Frágil
E-030	AD-900	20	3.78	14.10	2.650	3.700	Dúctil
E-031	AD-730	20	3.78	13.60	3.050	1.625	Frágil
E-032	AD-730	20	3.78	16.88	2.250	1.650	Frágil
E-033	AD-730	20	3.78	20.23	2.950	2.450	Frágil
E-034	AD-600	20	3.78	11.08	1.525	0.775	Frágil
E-035	AD-600	20	3.78	12.83	1.750	0.975	Frágil
E-036	AD-600	20	3.78	14.68	2.125	1.450	Frágil

*Fuente: (Díaz Figueroa, 2009)*



**Tabla 38**

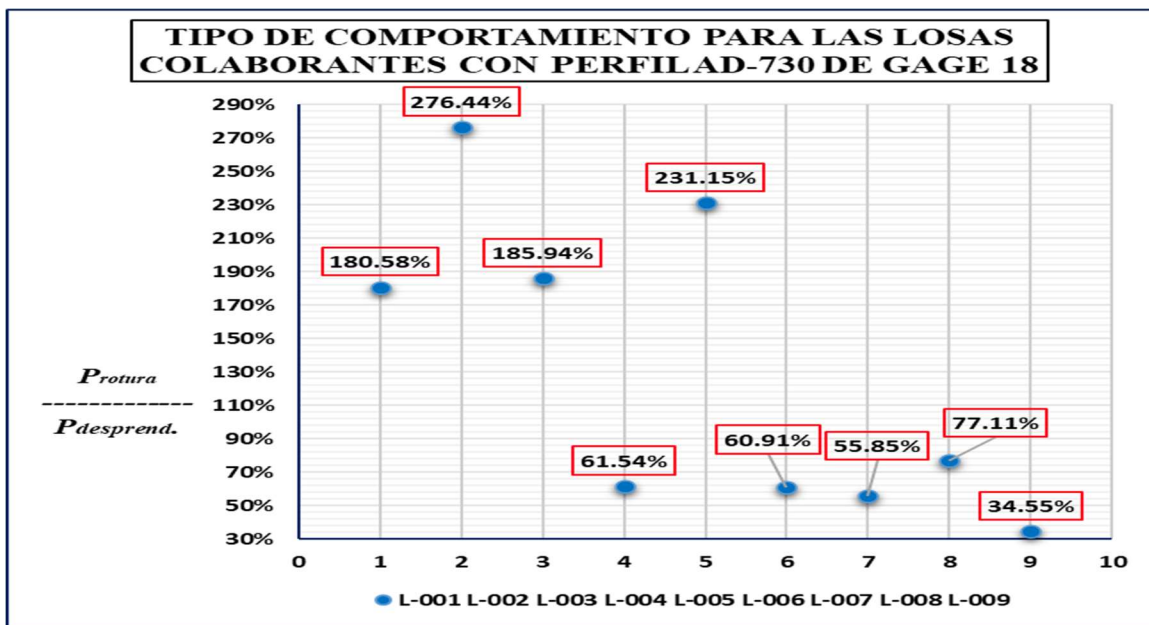
*Resultados del tipo de comportamiento de los 15 especímenes simplemente apoyados*

ID	Perfil	Calibre	Luz libre (m)	Altura (mm)	P desprendimiento (kN)	P rotura (kN)	Tipo de Comportamiento
L-001	AD-730	18	2.75	146	13.39	24.18	Dúctil
L-002	AD-730	18	3.87	147	4.33	11.97	Dúctil
L-003	AD-730	18	4.50	145	4.98	9.26	Dúctil
L-004	AD-730	18	2.75	172	41.76	25.70	Frágil
L-005	AD-730	18	3.87	174	5.49	12.69	Dúctil
L-006	AD-730	18	4.50	170	17.50	10.66	Frágil
L-007	AD-730	18	2.75	204	46.39	25.91	Frágil
L-008	AD-730	18	3.87	203	18.17	14.01	Frágil
L-009	AD-730	18	4.50	203	23.82	8.23	Frágil
L-010	AD-600	18	2.75	113	20.54	26.00	Dúctil
L-011	AD-600	18	3.87	115	5.88	11.93	Dúctil
L-012	AD-600	18	2.75	133	27.53	24.23	Frágil
L-013	AD-600	18	3.87	136	7.49	11.03	Dúctil
L-014	AD-600	18	2.75	153	46.19	25.78	Frágil
L-015	AD-600	18	3.87	155	7.86	10.31	Dúctil

*Fuente:* (Cueva Rivera, 2019)

**Figura N° 70**

*Tipo de comportamiento para losas colaborantes con perfil AD-730 de GAGE 18*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°72 se visualiza los puntos del tipo de comportamiento de los especímenes elaborados con el perfil AD-730/ Gage 18, se puede observar que el comportamiento o tipo de falla es en función al peralte de cada losa colaborante.

**Tabla 39**

*Resultados del tipo de comportamiento de los 04 especímenes simplemente apoyados*

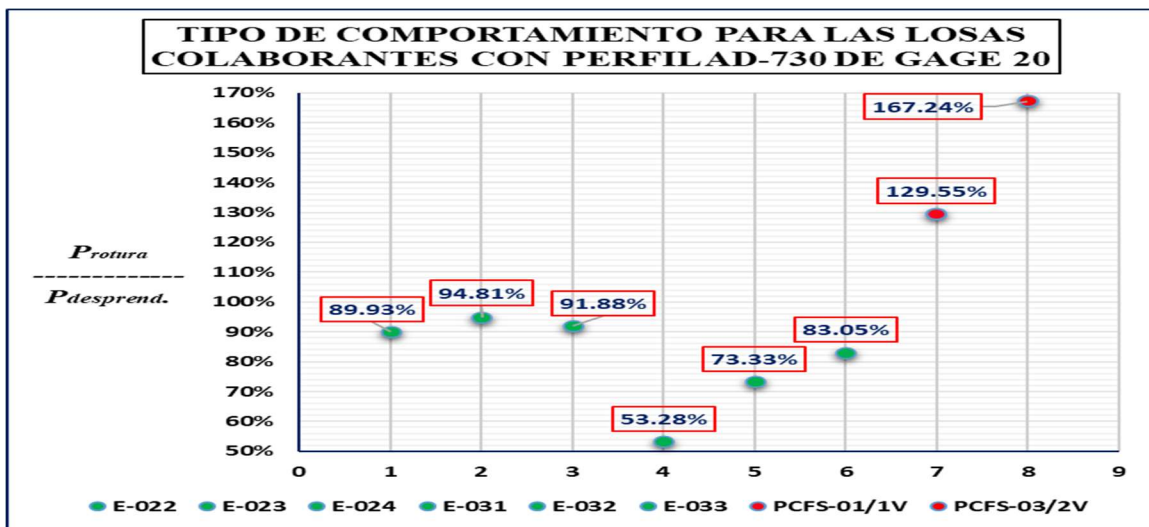
ID	Perfil	Calibre	Luz libre (m)	Altura (cm)	P desprendimiento (tf)	P rotura (tf)	Tipo de Comportamiento
PCFS-01/1V	AD-730	20	2.75	25	5.11	6.62	Dúctil
PCFS-02/1V	AD-730	22	2.75	25	4.41	6.22	Dúctil
PCFS-03/2V	AD-730	20	2.75	25	7.02	11.74	Dúctil
PCFS-04/2V	AD-730	22	2.75	25	8.08	10.71	Dúctil

*Fuente:* Elaboración propia.

Se verifica que la investigación del año 2009 (Díaz Figueroa, 2009), se usaron perfiles con calibres similares tanto 20 y 22, por lo cual se unieron los resultados obtenidos en los ensayos para evaluar el comportamiento de los especímenes de losa colaborante tal como se observa en la Figura N°72, N°73 y N°74.

**Figura N° 71**

*Tipo de comportamiento para losas colaborantes con perfil AD-730 de GAGE 20*

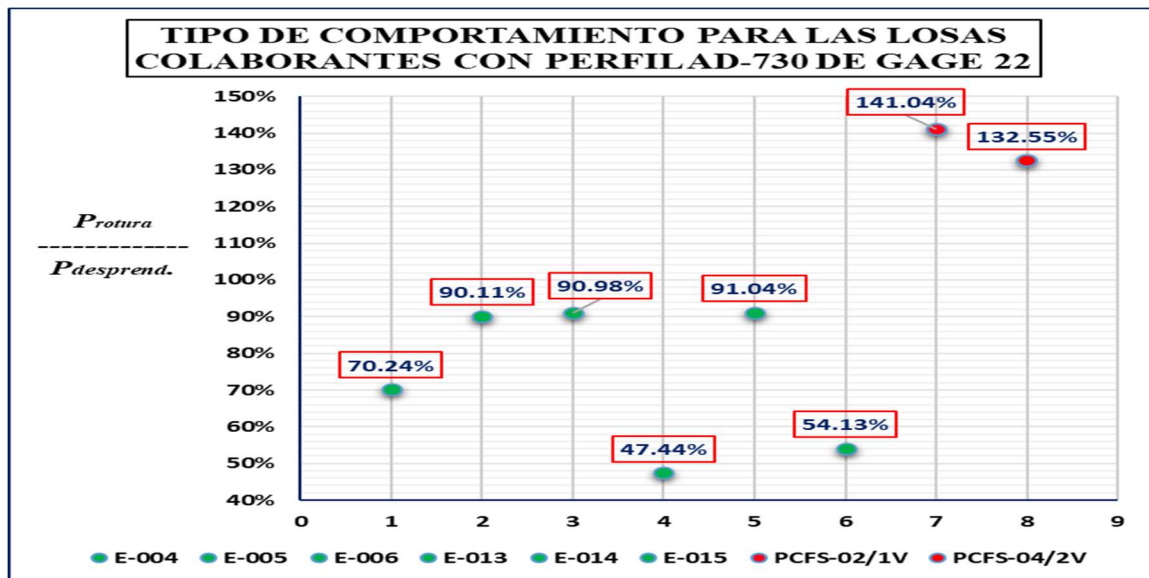


*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°73 se visualiza los puntos del tipo de comportamiento de los especímenes elaborados con el perfil AD-730/ Gage 20, se puede observar que el comportamiento o tipo de falla es en función al peralte de cada losa colaborante.

**Figura N° 72**

*Tipo de comportamiento para las losas colaborantes con perfil AD-730 de GAGE 22*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°73 se visualiza los puntos del tipo de comportamiento de los especímenes elaborados con el perfil AD-730/ Gage 22, se puede observar que el comportamiento o tipo de falla es en función al peralte de cada losa colaborante.

#### 4.2.3. Ensayo de vibración forzada

De los resultados de los ensayos de vibración forzada realizados a los 03 especímenes de losa colaborante se verificó que la aceleración característica máxima (g) tiene un comportamiento distinto para cada espécimen elaborado, respecto al espesor de la losa, tal como el espécimen PCVF-03 es el que tiene mayor aceleración característica tanto en la dirección Z y la dirección Y; tal como se puede observar en la Tabla 40.

**Tabla 40**

*Aceleración característica máxima en los especímenes del ensayo de vibración forzada*

DIRECCIÓN DE ANÁLISIS / ID DE ESPÉCIMEN	ACELERACIÓN CARACTERÍSTICA MÁXIMA (g)		
	PCVF-01	PCVF-02	PCVF-03
Y	2.478	2.001	3.301
Z	0.328	0.375	0.702

*Fuente:* Elaboración propia.

A partir de los anteriores datos se puede observar los resultados de la aceleración máxima y la frecuencia fundamental en las Tablas 41,42 y 43; en tanto las curvas de Aceleración - Frecuencia Fundamental mostrando las frecuencias predominantes en las direcciones analizadas Y y Z se pueden apreciar en la Figura N°75, N°76 y N°77.

**Tabla 41**

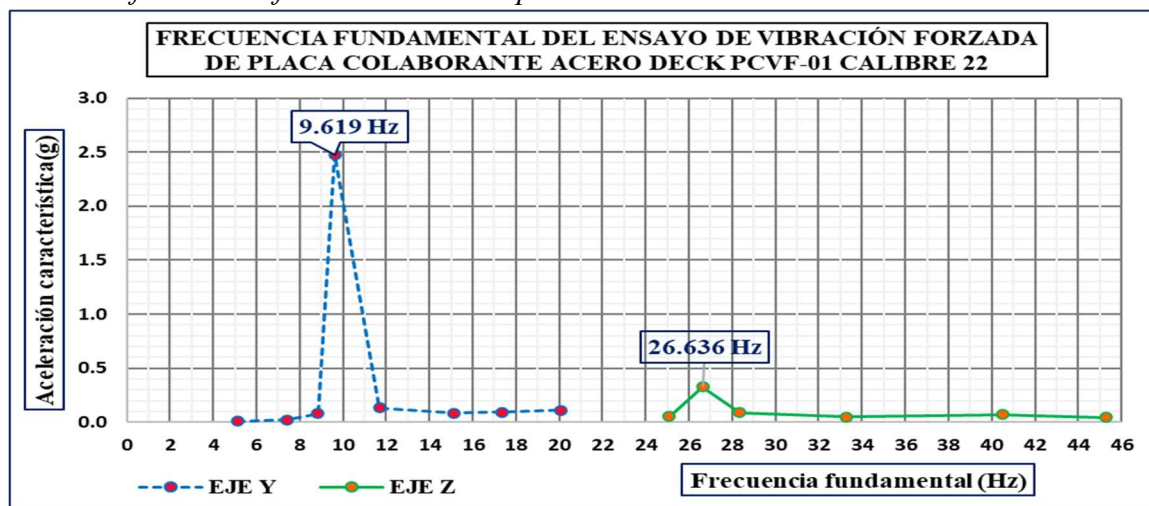
*Resultados de frecuencia fundamental del espécimen PCVF-01*

FRECUENCIA FUNDAMENTAL (Hz)	ACELERACIÓN CARACTERÍSTICA (g)	DIRECCIÓN
5.127	0.007	Y
7.422	0.020	Y
8.838	0.079	Y
<b>9.619</b>	<b>2.478</b>	Y
11.694	0.134	Y
15.112	0.083	Y
17.358	0.094	Y
20.068	0.111	Y
25.098	0.055	Y
<b>26.636</b>	<b>0.328</b>	Z
28.345	0.089	Z
33.301	0.047	Z
40.479	0.070	Z
45.264	0.043	Z

Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 73**

*Curva de frecuencia fundamental del espécimen PCVF-01*



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la Figura N°75 se visualiza la frecuencia fundamental en los ejes de PCVF-01.

**Tabla 42**

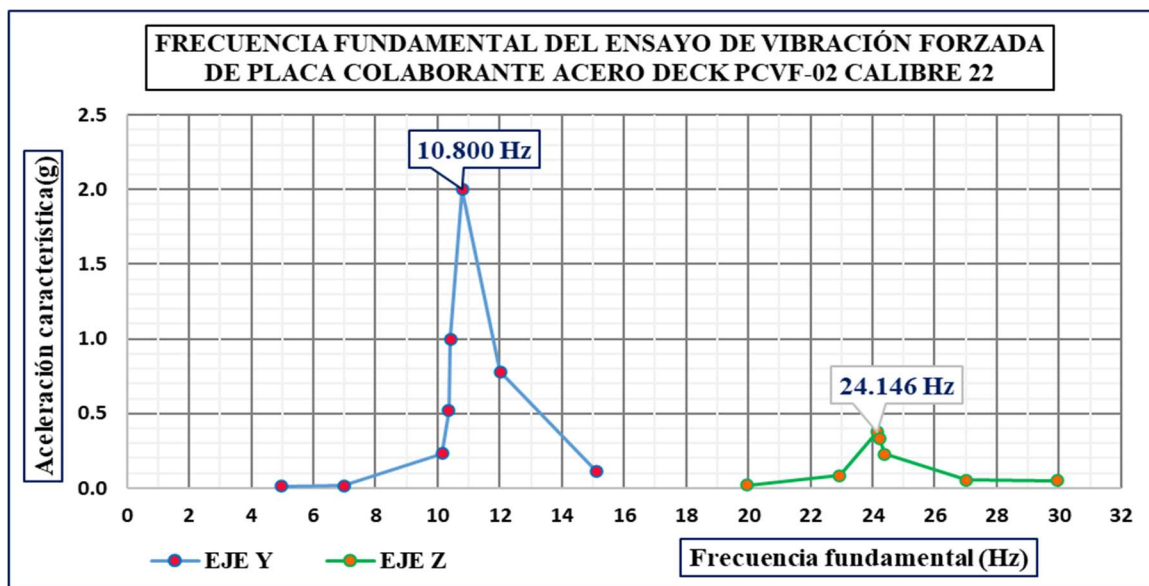
*Resultados de frecuencia fundamental del espécimen PCVF-02*

FRECUENCIA FUNDAMENTAL (Hz)	ACELERACIÓN CARACTERÍSTICA (g)	DIRECCIÓN
4.956	0.013	Y
6.982	0.018	Y
10.156	0.233	Y
10.352	0.520	Y
10.420	1.000	Y
<b>10.800</b>	<b>2.000</b>	Y
12.012	0.781	Y
15.112	0.115	Y
19.971	0.022	Y
22.949	0.084	Z
<b>24.146</b>	<b>0.375</b>	Z
24.210	0.334	Z
24.390	0.228	Z
27.026	0.054	Z
29.956	0.052	Z

Fuente: Elaboración propia.

**Figura N° 74**

*Curva de frecuencia fundamental del espécimen PCVF-02*



Fuente: Elaboración propia.

Nota: En la Figura N°76 se visualiza la frecuencia fundamental en los ejes de PCVF-02.

**Tabla 43**

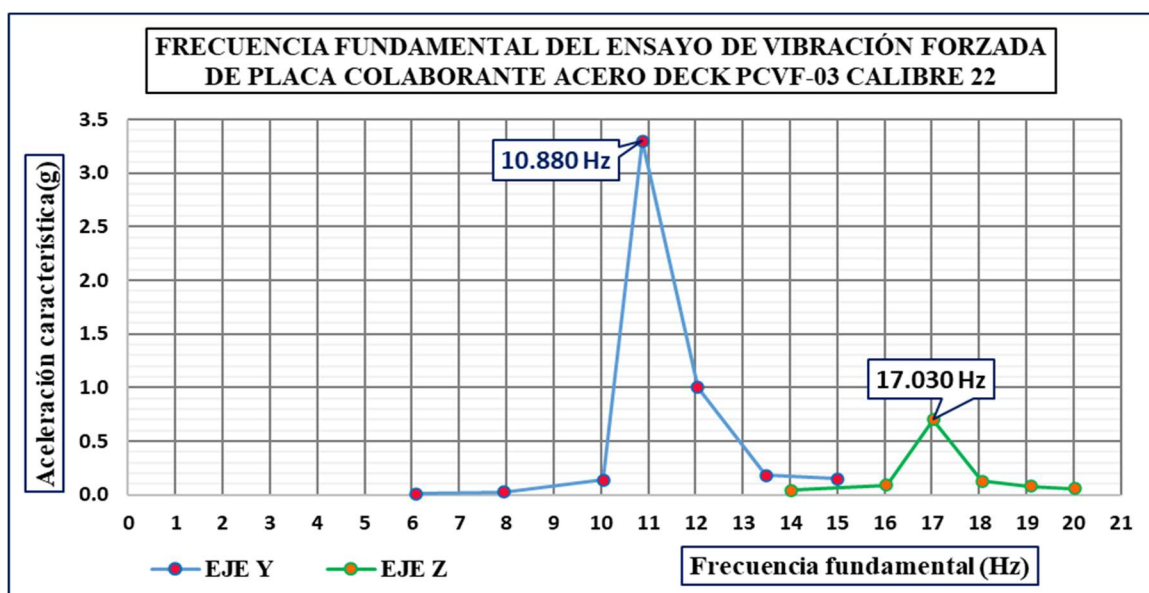
*Resultados de frecuencia fundamental del espécimen PCVF-03*

FRECUENCIA FUNDAMENTAL (Hz)	ACELERACIÓN CARACTERÍSTICA (g)	DIRECCIÓN
6.080	0.010	Y
7.940	0.025	Y
10.050	0.140	Y
<b>10.880</b>	<b>3.300</b>	Y
12.050	1.000	Y
13.490	0.180	Y
15.000	0.150	Y
14.020	0.040	Z
16.040	0.090	Z
<b>17.030</b>	<b>0.700</b>	Z
18.060	0.130	Z
19.090	0.080	Z
20.020	0.060	Z

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura N° 75**

*Curva de frecuencia fundamental del espécimen PCVF-03*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* En la Figura N°77 se visualiza la frecuencia fundamental en los ejes de PCVF-03.

Es importante precisar que para cada uno de los 03 ensayos realizados se esperó durante 40 segundos en una misma frecuencia para verificar el comportamiento del espécimen de losa colaborante en esa frecuencia, obteniendo los resultados que se pueden observar en la Tabla 44 en cuanto a las Frecuencias fundamentales máximas de cada uno de los 03 especímenes en la dirección Z y dirección Y respectivamente.

**Tabla 44**

*Frecuencia fundamental máxima en los especímenes de ensayo de vibración forzada*

DIRECCIÓN DE ANÁLISIS / ID DE ESPÉCIMEN	FRECUENCIA FUNDAMENTAL MÁXIMA (Hz)		
	PCVF-01	PCVF-02	PCVF-03
<b>Y</b>	9.619	10.800	10.880
<b>Z</b>	26.636	24.146	17.030

*Fuente:* Elaboración propia.

La frecuencia en sísmica de exploración es del orden de 200 Hz, mientras que la frecuencia en movimientos sísmicos es de 0.0003 Hz, por tal motivo para los ensayos realizados se tuvo una frecuencia de adquisición de 200 Hz; asimismo una vez culminado los ensayos de vibración forzada en los 03 especímenes no se observaron daños considerables, más que un pequeño desprendimiento de concreto en uno de los bordes de la losa colaborante PCVF-3 tal como se puede observar en la Figura N°78.

**Figura N° 76**

*Estado Final de espécimen PCVF-03 después del ensayo de vibración forzada*



*Fuente:* Elaboración propia.

### 4.3. Prueba de hipótesis

Para realizar la prueba de hipótesis se hizo uso de la prueba T de Student, la cual es una herramienta que se utiliza para evaluar las medias de uno o más grupos de datos obtenidos de una investigación, que en el caso de la presente tesis de investigación son los datos obtenidos en el laboratorio de estructuras al ejecutar los 03 ensayos de laboratorio; para ello se realiza el siguiente procedimiento para poder obtener el estadístico t calculado:

$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{S_c^2}{n_1} + \frac{S_c^2}{n_2}}}$$

La varianza agrupada es:

$$S_c^2 = \frac{(n_1 - 1)S_1^2 + (n_2 - 1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

Donde:

- t = estadístico t calculado.
- $X_1; X_2$  = medias muestrales.
- $S_1^2; S_2^2$  = varianza.
- $S_c^2$  = varianza común.
- $n_1; n_2$  = cantidad de datos.
- $t_c$  = valor crítico.
- Grado de significancia = 0.05 (para proyectos de investigación), 0.01(para aseguramiento de la calidad); y 0.10 (para estudios o encuestas de mercadotecnia).

**Nota:** Se rechaza la hipótesis nula ( $H_0$ ) cuando  $t > t_c$  (Valor crítico)



Se inicia planteando la hipótesis nula y la hipótesis alternativa, para proseguir con los siguientes pasos tal como se realiza a continuación:

**Hipótesis específica “a”:**

- $H_0 (u = u_2)$ : La integración de losas colaborantes aplicando el sistema Steel Deck, **no influye** en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  de losas aligeradas en viviendas unifamiliares.
- $H_i (u \neq u_2)$ : La integración de losas colaborantes aplicando el sistema Steel Deck, **influye** en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  de losas aligeradas en viviendas unifamiliares.

**Tabla 45**

*Cuadro de ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días.*

Datos de rotura de probetas de concreto		
Edad	M1 - 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )	M-3 - 28 días (kg/cm <sup>2</sup> )
	$n_1 = 6$	$n_2 = 6$
28 días	271.2	261.5
	281	264.2
	278.3	255.7
	296.4	251.7
	266.9	264.1
	274	230.3

*Fuente:* Elaboración propia

Se debe tener en cuenta los siguientes datos para calcular la media y la desviación estándar, los cuales son:

- Grado de significancia = 0.05 (para tesis de investigación).
- Número de grados de libertad:  $gl = n_1 + n_2 - 2$

Donde  $gl = 10$

- Valor de  $(t_c) = 1.812$  (de acuerdo a la tabla de valores de T de la distribución de Student)

**Tabla 46**

*Media y desviación estándar para ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días.*

<b>Descripción</b>	<b>M1 (<math>S_1</math>)</b>	<b>M-3 (<math>S_2</math>)</b>
Cantidad de datos	6	6
Media	278.0	254.6
Varianza	106.6	166.0
Varianza común	136.3	

*Fuente:* Elaboración propia

A partir de la anterior tabla se procede a elaborar la campana de Gauss para el ensayo de resistencia a la compresión de las probetas de concreto elaboradas con un diseño de mezcla con resistencia de diseño de  $f^c=210$  kg/cm<sup>2</sup>.

**Tabla 47**

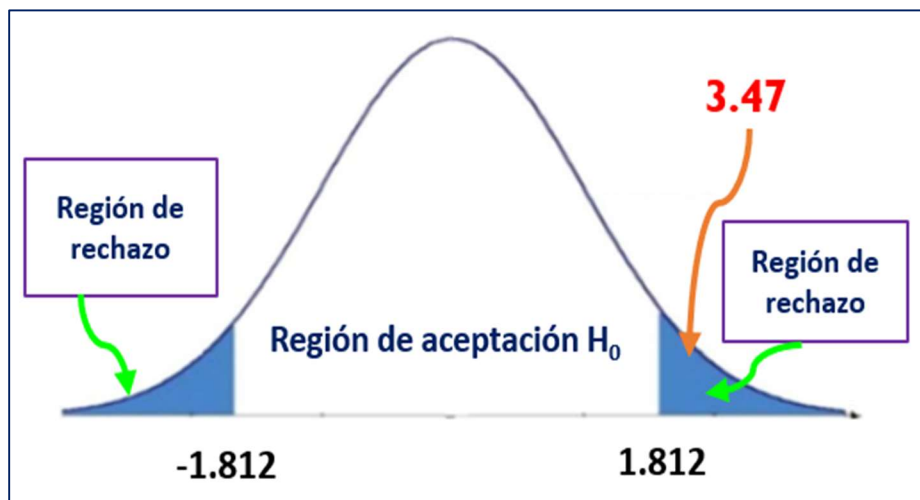
*Campana de Gauss para ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días.*

<b>Descripción</b>	<b>Muestras</b>	
	<b>M1 (<math>S_1</math>)</b>	<b>M-3 (<math>S_2</math>)</b>
Nivel de confianza	0.05%	
Grados de libertad	10	
Valores de control ( $t_c$ )	$\pm 1.812$	
Valores de prueba ( $t$ )	3.47	
Prueba	$t > t_c$	
Decisión	No se acepta la integración de losas colaborantes aplicando el sistema Steel Deck, como parte de las losas aligeradas en la construcción de viviendas unifamiliares.	

*Fuente:* Elaboración propia

**Figura N° 77**

*Campana de Gauss de ensayo de resistencia a la compresión a los 28 días.*



*Fuente:* Elaboración propia

*Nota:* Se puede apreciar que el valor estimado del estadístico  $t$  se encuentra fuera de la región de aceptación, por lo tanto, la prueba no acepta la incorporación de la placa colaborante del sistema Steel Deck, por otro lado, se determina que la integración de placa colaborante **influye** en la resistencia a la compresión del concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  de losas aligeradas en viviendas unifamiliares.

### **Hipótesis específica “b”:**

- $H_0 (u = u_2)$ : La integración de losas colaborantes aplicando el sistema Steel Deck, **no influye** en la resistencia a la flexión de losas aligeradas  $350 \text{ kg/m}^2$  en viviendas unifamiliares.
- $H_i (u \neq u_2)$ : La integración de losas colaborantes aplicando el sistema Steel Deck, **influye** en la resistencia a la flexión de losas aligeradas  $350 \text{ kg/m}^2$  en viviendas unifamiliares.

**Tabla 48**

*Cuadro de ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días.*

<b>Datos de resistencia a la flexión estática simple</b>		
<b>Edad</b>	<b>Carga de desprendimiento (tf)</b>	<b>Carga de rotura (tf)</b>
	<b><math>n_1 = 4</math></b>	<b><math>n_2 = 4</math></b>
28 días	5.11	6.62
	4.41	6.22
	7.02	11.74
	8.08	10.71

*Fuente:* Elaboración propia.

Se debe tener en cuenta los siguientes datos para calcular la media y la desviación estándar, los cuales son:

- Grado de significancia = 0.05 (para tesis de investigación).
- Número de grados de libertad:  $gl = n_1 + n_2 - 2$   
Donde  $gl = 6$
- Valor de  $(t_c) = 1.943$  (de acuerdo a la tabla de valores de T de la distribución de Student)

**Tabla 49**

*Media y desviación estándar para ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días.*

<b>Descripción</b>	<b>Carga de desprendimiento (<math>S_1</math>)</b>	<b>Carga de rotura (<math>S_2</math>)</b>
Cantidad de datos	4	4
Media	6.155	8.823
Varianza	2.864	7.899
Varianza común	5.382	

*Fuente:* Elaboración propia.

A partir de la anterior tabla se procede a elaborar la campana de Gauss para el ensayo de resistencia a la flexión de los especímenes de losa colaborante para losas aligeradas con

bloquetas de techo, las cuales de acuerdo a la normal cuentan con una resistencia de diseño de 350 kg/m<sup>2</sup>.

**Tabla 50**

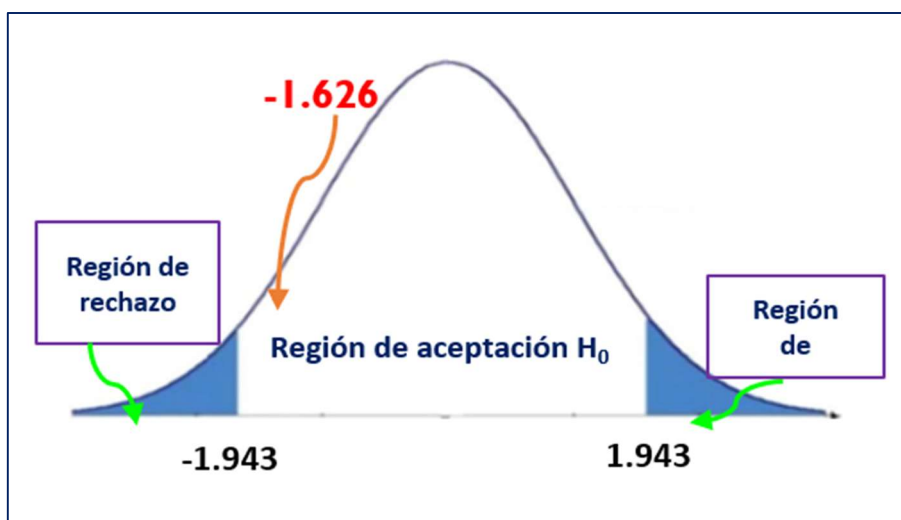
*Campana de Gauss para ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días.*

Descripción	Muestras	
	Carga de desprendimiento ( $S_1$ )	Carga de rotura ( $S_2$ )
Nivel de confianza	0.05%	
Grados de libertad	6	
Valores de control ( $t_c$ )	$\pm 1.943$	
Valores de prueba ( $t$ )	-1.626	
Prueba	$t < t_c$	
Decisión	Se acepta la integración de losas colaborantes aplicando el sistema Steel Deck, como parte de las losas aligeradas en la construcción de viviendas unifamiliares.	

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura N° 78**

*Campana de Gauss de ensayo de resistencia a la flexión a los 28 días.*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* Se puede apreciar que el valor estimado del estadístico  $t$  se encuentra dentro de la región de aceptación, por lo tanto, la prueba acepta la incorporación de la

placa colaborante del sistema Steel Deck, por otro lado, se determina que la integración de placa colaborante **no influye** en la resistencia a la flexión 350 kg/m<sup>2</sup> de losas aligeradas en viviendas unifamiliares.

**Hipótesis específica “c”:**

- $H_0 (u = u_2)$ : La integración de losas colaborantes aplicando el sistema Steel Deck, **no influye** en la resistencia a la vibración forzada de losas aligeradas en viviendas unifamiliares.
- $H_i (u \neq u_2)$ : La integración de losas colaborantes aplicando el sistema Steel Deck, **influye** en la resistencia a la vibración forzada de losas aligeradas en viviendas unifamiliares.

**Tabla 51**

*Cuadro de ensayo de resistencia a la vibración forzada a los 28 días.*

<b>Datos de resistencia de vibración forzada</b>		
<b>Edad</b>	<b>EJE Y</b>	<b>EJE Z</b>
	<b><math>n_1 = 3</math></b>	<b><math>n_2 = 3</math></b>
	9.619	26.636
28 días	10.8	24.146
	10.88	17.03

*Fuente:* Elaboración propia.

Se debe tener en cuenta los siguientes datos para calcular la media y la desviación estándar, los cuales son:

- Grado de significancia = 0.05 (para tesis de investigación).
- Número de grados de libertad:  $gl = n_1 + n_2 - 2$

Donde  $gl = 4$

- Valor de  $(t_c) = 2.132$  (de acuerdo a la tabla de valores de T de la distribución de Student).

**Tabla 52**

*Media y desviación estándar para ensayo de resistencia a la vibración forzada a los 28 días.*

<b>Descripción</b>	<b>Eje Y (<math>S_1</math>)</b>	<b>Eje Z (<math>S_2</math>)</b>
Cantidad de datos	3	3
Media	10.43	22.604
Varianza	0.499	24.852
Varianza común	12.675	

*Fuente:* Elaboración propia.

A partir de la anterior tabla se procede a elaborar la campana de Gauss para el ensayo de resistencia a la vibración forzada de los especímenes de losa colaborante con integración de placas metálicas del sistema Steel Deck en la construcción de losas aligeradas para viviendas unifamiliares.

**Tabla 53**

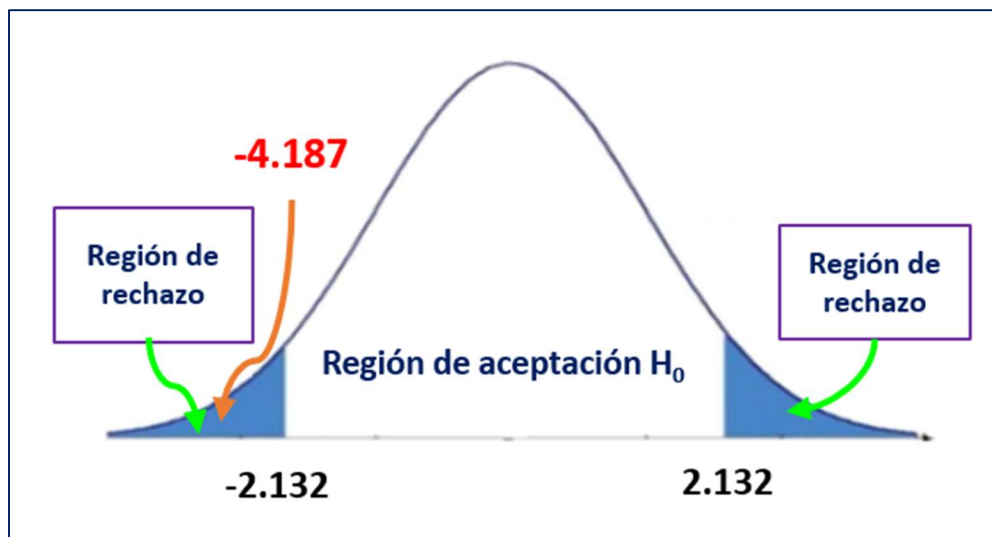
*Campana de Gauss para ensayo de resistencia a la vibración forzada a los 28 días.*

<b>Descripción</b>	<b>Muestras</b>	
	<b>Eje Y (<math>S_1</math>)</b>	<b>Eje Z (<math>S_2</math>)</b>
Nivel de confianza	0.05%	
Grados de libertad	4	
Valores de control ( $t_c$ )	$\pm 2.132$	
Valores de prueba ( $t$ )	-4.187	
Prueba	$t < t_c$	
Decisión	No se acepta la integración de losas colaborantes aplicando el sistema Steel Deck, como parte de las losas aligeradas en la construcción de viviendas unifamiliares.	

*Fuente:* Elaboración propia.

**Figura N° 79**

*Campana de Gauss de ensayo de resistencia a la vibración forzada a los 28 días.*



*Fuente:* Elaboración propia.

*Nota:* Se puede apreciar que el valor estimado del estadístico  $t$  se encuentra fuera de la región de aceptación, por lo tanto, la prueba no acepta la incorporación de la placa colaborante del sistema Steel Deck, por otro lado, se determina que la integración de placa colaborante **influye** en la resistencia a la vibración forzada de losas colaborantes como parte de las losas aligeradas en viviendas unifamiliares.



## CONCLUSIONES

### 1. Conclusión del objetivo general

- 1.1. El objetivo principal de esta tesis de investigación fue evaluar y analizar el comportamiento estructural de una losa aligerada con la incorporación de placas colaborante; ejecutando los 03 ensayos de laboratorio para determinar su comportamiento, se concluye que la losa colaborante tiene un comportamiento estructural aceptable de acuerdo a los parámetros estructurales de cada ensayo, puesto que los especímenes ensayados resistieron las cargas y vibraciones aplicadas sin sufrir daños considerables en su estructura.
- 1.2. En la presente tesis de investigación se realizó un estudio experimental, habiendo ejecutado un total de 04 ensayos de flexión en especímenes de losas colaborantes simplemente apoyados; del mismo modo se ejecutaron 03 ensayos de vibración forzada en especímenes de losa colaborante elaborados de acuerdo a las características de diseño y requerimientos del ensayo. Complementariamente a estos ensayos, se realizaron 18 ensayos de compresión a probetas de concreto elaborados a partir de la mezcla de concreto durante el vaciado de las losas colaborantes. Se usaron tres tipos de perfiles de placas metálicas colaborantes, denominadas AD-900, AD-730 y AD-600; en calibre 22 para los ensayos de vibración forzada y AD -730 en calibre 22 y 20 para el ensayo de flexión simple. Para elaborar losas de 2.70, y 2.75m de luz libre, con un espesor de espécimen de 0.09,0.11 y 0.13m para el ensayo de vibración forzada y especímenes de espesor 0.25m para el ensayo de flexión simple. Con un ancho útil de 0.90m para todos los especímenes ensayados en laboratorio.

## 2. Conclusión del objetivo específico “a”

2.1. Del ensayo de resistencia a la compresión se verificaron que las probetas elaboradas de la mezcla de concreto para vaciar los especímenes de losa colaborante, dicho diseño de mezcla fue realizado con una resistencia de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  o  $f'c=20.59 \text{ MPa}$ ; se elaboraron 18 probetas de concreto que fueron ensayadas a los 7,14 y 28 días respectivamente, obteniendo resultados que superaron a la resistencia a la compresión que se tenía de referencia, a los 7 días ya se pudo verificar que las probetas poseían una resistencia promedio del 100.67%; motivo por el cual se concluye que se cumplió con el objetivo de los distintos ensayos de laboratorio que se realizaron para obtener el diseño de mezcla del vaciado de concreto en las losas colaborantes, como se aprecia en la Tabla N° 33, N°34 y N°35. (Ver pág. 144 - 148)

2.2. Se verifica que a los 7 días se logró una resistencia a compresión promedio de  $f'c=215.70 \text{ kg/cm}^2$  que es 102.71% respecto a la resistencia de diseño de mezcla, a los 14 días se tiene una resistencia a la compresión promedio de  $f'c=235.97 \text{ kg/cm}^2$  que es 112.37% respecto a la resistencia de diseño y a los 28 días se tiene una resistencia a la compresión promedio de  $f'c=266.28 \text{ kg/cm}^2$  que es 126.80% respecto a la resistencia de diseño; por lo tanto se concluye que la mezcla de concreto vaciado en los especímenes de losa colaborante cumple respecto a la resistencia de compresión del diseño de mezcla realizado. (Ver pág. 144 - 148)

## 3. Conclusión del objetivo específico “b”

3.1. Del ensayo de flexión simple se verifica una tendencia en el comportamiento de los especímenes en cuanto a la carga de desprendimiento, desplazamiento central con carga de desprendimiento, carga máxima y desplazamiento para la carga máxima,

notando que para el perfil AD-730 el tipo de comportamiento o falla predominante es el dúctil; en específico para el calibre 20 (0.91mm) tiene mayor resistencia respecto al calibre 22 (0.75mm), ello se debe a la cuantía del acero usado en ambos Gage, es decir, a medida que la cuantía del acero se incrementa, la resistencia a la adherencia al corte se incrementa considerablemente.

- 3.2. De los ensayos de flexión simple ejecutados, se tiene que en los especímenes realizados en un vaciado tuvieron una resistencia al desprendimiento de 5.11tf y 4.41tf, y por ende una menor resistencia a la rotura a diferencia de los especímenes que fueron elaborados en doble vaciado que tuvieron una resistencia de desprendimiento de 7.02tf y 8.08tf, ello por el factor del uso de mechas de acero o conectores de corte con la finalidad de evitar las juntas frías y preservar la propiedad monolítica del concreto vaciado (Ver pág. 153 – 157). Para losas aligeradas con ladrillos o bloquetas de un espesor de 25cm se tiene una resistencia estimada de 350 kg/m<sup>2</sup>; se obtuvieron resultados de 600 kg/m<sup>2</sup> y 695.24 kg/m<sup>2</sup> para los especímenes de un vaciado, así también se tuvieron resultados de 955.10 kg/m<sup>2</sup> y 1099 kg/m<sup>2</sup> para los especímenes de doble vaciado; por ello se concluye que la resistencia a la flexión de la losa colaborante satisface los requerimientos de carga de este elemento estructural.
- 3.3. De los ensayos de flexión en losas aligeradas con placas colaborantes elaborados con el perfil AD-730, se aprecia que el mecanismo de falla da inicio con el agrietamiento del concreto en la zona en compresión en la zona central de la losa colaborante, hasta que se suscita la falla por desprendimiento, posteriormente la placa metálica de la losa colaborante comienza a deslizarse en ambos extremos; hasta finalmente dar paso a la resistencia última del espécimen, dando a lugar a la falla final de la losa colaborante;

de esta manera se pueden visualizar las fisuras y grietas producto de las fallas al aplicar carga en la losa con placa metálica. Una vez finalizado el ensayo de flexión se realizó la verificación manual de las deflexiones en la parte central de la losa, teniendo para los especímenes de un vaciado PCFS-01 y PCFS-02 una deflexión central de 50mm y para los especímenes de doble vaciado PCFS-03 y PCFS-04 se pudo verificar una deflexión central de 100mm, siendo estos datos corroborados por los datos proporcionados por CISMID al generar los gráficos de desplazamiento central de cada espécimen.

3.4. El deslizamiento último presentado en las losas aligeradas con placas colaborantes simplemente apoyadas tiene como valores máximos entre 45 y 50mm tal como se puede visualizar en la Tabla 36 (Pág. 153); dichos valores son menores o iguales a los recomendados por los fabricantes de placa colaborante (50mm) a usar en los traslapes de losas colaborantes.

#### **4. Conclusión del objetivo específico “c”**

4.1. De los ensayos de vibración forzada en especímenes de losa colaborantes, se puede apreciar que las frecuencias fundamentales resultantes fueron las siguientes: se obtuvieron valores de 9.619 Hz en el eje longitudinal (Eje Y) y 26.636 Hz en el eje vertical (Eje Z) para el espécimen PCVF-01; se obtuvieron valores de 10.800 Hz en el eje longitudinal (Eje Y) y 24.146 Hz en el eje vertical (Eje Z) para el espécimen PCVF-02 y finalmente valores de 10.880 Hz en el eje longitudinal (Eje Y) y 17.030 Hz en el eje vertical (Eje Z) para el espécimen PCVF-03. No se observaron daños en los especímenes de losas aligeradas con placa colaborante después de alcanzar la amplificación máxima dinámica.

## RECOMENDACIONES

### 1. Recomendación del objetivo general

Durante el proceso de fabricación de la placa metálica que se usara en la losa colaborante se debe tener una supervisión estricta en el control de calidad, y de ese modo lograr la geometría del perfil esperada, la forma y la profundidad requerida en las muescas de acuerdo al perfil solicitado y de ese modo garantizar el adecuado comportamiento estructural al ser incluido en la losa colaborante a elaborarse.

### 2. Recomendación del objetivo específico “a”

Se recomienda que al momento de elaborar las probetas de concreto para el ensayo de resistencia a la compresión, se tenga en cuenta los parámetros de la Norma Técnica Peruana, que inicia desde la lubricación de los moldes hasta el adecuado proceso de curado de las briquetas, y de ese modo obtener la resistencia de diseño.

### 3. Recomendación del objetivo específico “b”

La profundidad de las muescas es una propiedad indispensable de la placa colaborante porque garantiza una correcta interacción entre el concreto y la placa de acero; por ello es muy importante verificar la adecuada distribución de muescas antes de elaborar los especímenes, pues ello podría afectar la adherencia del espécimen de losa colaborante, y de ese modo obtener resistencia a cargas que estén muy por debajo de lo esperado teóricamente. Se tienen factores, además de la carga por gravedad, que pueden producir un desprendimiento prematuro de la placa metálica; como una razón o motivo puede ser una deficiente limpieza en la superficie de la placa colaborantes antes del vaciado; otra causa puede ser las deflexiones prematuras en la placa colaborante por un deficiente almacenamiento, posterior izaje o

colocación, en términos generales por un deficiente uso en el proceso constructivo; por lo cual se recomienda tener el mayor de los cuidados con la manipulación de la placa colaborante en obra y de esta manera evitar cualquier inconveniente. Además es recomendable realizar el movimiento de la losa usando un cargador, ubicando las uñas en los puntos que están próximos al centro de la luz; pues de no hacerlo se pueden generar volados de gran longitud que produzcan desprendimientos extremos.

#### **4. Recomendación del objetivo específico “c”**

Se recomienda tener mucho cuidado al fijar las barras roscadas de acero en la elaboración de especímenes de losa colaborante para ensayos de vibración forzada, pues es indispensable coordinar con el laboratorio las características y dimensiones del motor vibratorio a usar en el ensayo, y de acuerdo a ello realizar la distribución y fijación antes del vaciado de concreto.

#### **5. Otras recomendaciones**

- ✓ Se recomienda realizar investigaciones del uso de este tipo de losas en la construcción de pontones o puentes en la ciudad de Abancay, pues se pudo verificar que al ejecutar este tipo de obras, la realizan en periodos largos, y la demora de estos ocasiona tráfico vehicular perjudicando a la población, por lo cual sería ideal realizar una investigación del uso de placas metálicas en la construcción de pontones.
- ✓ Se recomienda para futuras investigaciones realizar un estudio comparativo entre losas aligeradas convencionales y losas colaborantes, en parámetros de tiempos de ejecución y costos de construcción.

## ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

### Recursos

#### Recursos humanos

- ✓ 01 tesista – Investigador principal
- ✓ 01 asesor
- ✓ 01 ayudantes externos
- ✓ Alquiler de mano de obra para elaboración de especímenes.
- ✓ Viáticos (transporte, movilidad local, estadía y alimentación) para trabajos de campo fuera de Abancay.

#### Materiales y equipos

##### Materiales

- ✓ Útiles de escritorio, Equipos de cómputo.
- ✓ Cuaderno de Campo.
- ✓ Servicios de imprenta o fotocopias.
- ✓ Herramientas de campo necesarios.
- ✓ 07 placas metálicas Steel Deck.
- ✓ 25 varillas de acero de 1/4"
- ✓ 24 bolsas de cemento tipo I
- ✓ 25 conectores de corte
- ✓ 12 espárragos de acero de 3/8" para ensayo de vibración forzada
- ✓ 06 vigas metálicas de 4mm de espesor de 20cmx15cm.
- ✓ 02 m<sup>3</sup> de agregado fino
- ✓ 1.5 m<sup>3</sup> de agregado grueso

## Equipos

- ✓ Equipos de toma de muestras de Campo.
- ✓ Alquiler de servicios de laboratorio que cuente con equipos de laboratorio para los ensayos respectivos (en los anexos se especificarán las características de dichos equipos de laboratorio).
  - Equipos de laboratorio para ensayos de flexión estática simplemente apoyada.
  - Equipos de laboratorio para ensayos de resistencia a la vibración forzada.
- ✓ Insumos, reactivos, accesorios, servicios electrónicos o mecánicos y así como también bienes no inventariables.
- ✓ Software especializado para el desarrollo de los proyectos de investigación.
- ✓ Equipo informático para procesar datos o resultados obtenidos.

## Herramientas

- ✓ Mezcladora eléctrica de concreto con una capacidad de  $5\text{pie}^3$ .
- ✓ Encofrados y moldes para especímenes.
- ✓ Herramientas de soldadura.
- ✓ Herramientas manuales para trabajos de construcción.
- ✓ Compresora para realizar la limpieza de la placa antes del vaciado.
- ✓ Herramientas de nivelación de terreno
- ✓ Herramientas de laboratorio para movimiento de muestras o especímenes de losas colaborantes.
- ✓ Mecanos metálicos para ejecución de ensayos de laboratorio.



## Cronograma de Actividades

**Tabla 54** *Cronograma de actividades*

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>FECHA INICIO</b>	<b>DÍAS</b>	<b>FECHA FINALIZACIÓN</b>
Averiguación de Laboratorios para la ejecución de ensayos de laboratorio requeridos para la ejecución de proyecto de investigación.	01/04/2022	59	30/05/2022
Predimensionamiento de espécimen de losa colaborante para obtener óptimos resultados.	01/05/2022	29	30/05/2022
Diseño preliminar inicial simultaneo a escala reducida en gabinete y digital del espécimen de losa colaborante.	01/06/2022	29	30/06/2022
Evaluación del diseño preliminar de espécimen de losa colaborante para ser llevado a laboratorio y practicar ensayos planteados.	01/07/2022	30	31/07/2022
Revisión final de diseño preliminar de Espécimen y afinamiento de proyecto de investigación.	01/08/2022	14	15/08/2022
Elaboración de Espécimen, briquetas para ensayos de resistencia a la compresion y Transporte al laboratorio.	16/08/2022	45	30/09/2022
Ejecución de ensayos de laboratorio planteados para obtener resultados.	01/10/2022	45	15/11/2022
Obtención de resultados de los ensayos planteados con espécimen de losa colaborante a escala y briquetas para ensayos de resistencia a la compresion.	16/11/2022	4	20/11/2022
Evaluación y Análisis de comportamiento estructural mediante los resultados obtenidos.	21/11/2022	19	10/12/2022
Evaluación de la satisfacción de objetivos e hipótesis planteados en el proyecto de investigación.	11/12/2022	9	20/12/2022
Elaboración del informe final de tesis de investigación.	01/05/2022	233	20/12/2022
Presentación de informe final de tesis de investigación.	21/12/2022	3	24/12/2022



## Presupuesto y financiamiento

### Presupuesto

**Tabla 55** *Presupuesto de proyecto de investigación*

Ítem	Actividad y servicio	Cant.	P.U.	P. Parcial (S/.)	Total (S/.)
<b>1.0</b>	<b>Recurso Humano</b>			<b>S/ 0.00</b>	<b>S/ 16,630.00</b>
<b>2.0</b>	<b>Materiales</b>			<b>S/ 4,185.70</b>	
2.1	Combustible para desplazamiento en visita a canteras de Pachachaca.	1.00	30.00	30.00	
2.2	Costo por Sacos mineros, para envío de agregados.	1.00	19.80	19.80	
2.3	Combustible para desplazamiento a cantera murillo para envío de agregados a la Ciudad de Lima (ida y vuelta).	1.00	50.00	50.00	
2.4	Costo por Sacos mineros, para envío de agregados y 01 und de rafia.	1.00	37.00	37.00	
2.5	Costo de agregados de la cantera Murillo (2 m3 de arena y 1.5m3 de piedra chancada 3/4")	1.00	167.50	167.50	
2.6	Pago por transporte de agregados de Abancay - Lima	1.00	1,600.00	1,600.00	
2.7	Vigas metálicas de 200mm x 150mm x 4mm	1.00	1,357.00	1,357.00	
2.8	Materiales para elaboración de especímenes (21 bls de cemento APU tipo I, 20 und de acero de temperatura 1/4" y 4m bolsa de plástico)	1.00	779.50	779.50	
2.9	Materiales para elaboración de especímenes (3 bls de cemento, 2 und de acero de temperatura 1/4", 2kg de alambre 16 y 2 kg de alambre 8)	1.00	124.90	124.90	
2.10	Materiales para fijar espécimen al motor de ensayo de vibración forzada (12 und de exparrago de 3/8", 2 docenas de huacha y 2 docenas de tuercas)	1.00	20.00	20.00	
<b>3.0</b>	<b>Ensayos de Laboratorio requeridos y Servicios Externos necesarios.</b>			<b>S/ 12,200.42</b>	

3.1	Pago del 50% inicial del monto total por Servicios de Laboratorio para ensayos de Flexión estática y Vibración forzada.	0.50	9,800.00	4,900.00
3.2	Pasaje de Cusco - Lima (ida y vuelta) para elaboración de especímenes.	1.00	1,012.72	1,012.72
3.3	Pago por servicios de carga de sacos de agregado al fuso que transportara agregados.	1.00	200.00	200.00
3.4	Pasaje de Cusco - Lima (ida y vuelta) para ejecución de ensayos de laboratorio.	1.00	518.70	518.70
3.5	Pago del 50% final del monto total por Servicios de Laboratorio para ensayos de Flexión estática y Vibración forzada.	0.50	9,800.00	4,900.00
3.6	Pago por ensayos de compresión de probetas de concreto	1.00	250.00	250.00
3.7	Viáticos en la ciudad de Lima.	1.00	419.00	419.00
<b>4.0</b>	<b>Servicios de impresión</b>			<b>S/ 243.88</b>
4.1	Servicio de impresión, fotocopias, anillado y empastado.	1.00	243.88	243.88

### **Financiamiento**

Según (Gitman & Joehnik, 1996) el financiamiento es “el conjunto de recursos económicos financieros que se usan para poder realizar una actividad económica”; para (Riobueno, 2010) es “la obtención del dinero que se necesita como recurso para la realización de un objetivo en un tiempo determinado” y (Chacaltana, 2005) la define como “es la relación entre los costos y las bondades del endeudamiento de una entidad o sector para poder poseer un bien”; a partir de ello se puede decir que para la ejecución de la presente investigación tendrá como financiamiento económico el presupuesto indicado en el ítem previo; el cual es resultante ganador del concurso de investigación de proyectos de investigación de la Universidad Tecnológica de los Andes – 2021.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Abregú, C. N. (2021). *Obras públicas y proyectos inmobiliarios privados*. Lima.
- Álvarez Risco, A. (2020). *Clasificación de las investigaciones*. Universidad de Lima, Facultad de Ciencias Empresariales y Económicas, Carrera de Negocios Internacionales (Nota académica, Univesidad de Lima). Repositorio Institucional, Lima. Obtenido de <https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10818>
- Arana Luzcando, G. E. (2015). *Estudio Comparativo Técnico-Económico entre los Sistemas Constructivos, Convencional y losa Deck para Viviendas Unifamiliares (Tesis de Titulación para la obtención del título de Ingeniero Civil, Universidad Internacional Del Ecuador)*. Repositorio Institucional, Quito. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/2145/1/T-UIDE-1223.pdf>
- Arias Galicia, F. (2012). *El proyecto de Investigación, Introducción a la metodología científica* (6ta ed.). Caracas, Venezuela: Editorial Episteme.
- Aylas Susanibar, M. V. (2017). *Análisis de Costo y Tiempo en la Construcción de Losas con Placas Colaborantes y Losas Aligeradas en el Distrito de Chilca, Huancayo-2016 ( Tesis de grado para optar por el Título de Ingeniero Civil, Universidad Peruana de los Andes)*. UPLA-Institucional, Huancayo. Obtenido de [https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/523/T037\\_47224161\\_T.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/523/T037_47224161_T.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación, Administración, economía, humanidades y ciencias sociales* (Tercera ed.). Colombia: Pearson.
- Briones Samame, C. (2020). *Empleo de Vigas Huecas Rectangulares, Para Mejorar el Comportamiento Sísmico de las Estructuras de Manera más Eficaz que Las Vigas de Sección Hueca Circular*. Chiclayo.
- Camargo Gaona, L. A., & Guaminga Micho, J. E. (2019). *Evaluación Técnica Económica del Diseño entre Losa Nervada y Losa con Placa Colaborante de una Estructura de Cinco Plantas y un Subsuelo ( Tesis para la obtencion de Titulo de Ingeniero Civil, Universidad Politécnica Salesiana sede Quito)*. Repositorio, Quito. Obtenido de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17842>
- Capcha, E. (2019). *Ingeniera de Infraestructuras - Análisis no lineales*. Lima.
- Ccamsaya Huillca, F. (2021). *Comportamiento Estructural de una Losa Maciza con una Losa Colaborante en un Estacionamiento Subterráneo bajo el parque Centenario, Abancay-Apurimac,2021 (Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil, Universidad Cesar Vallejo)*. Repositorio Institucional, Abancay. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/65551>
- Chacaltana, J. (2005). *Capacitación laboral proporcionada por las empresas*. Lima. Obtenido de <http://www.consorcio.org/CIES/html/pdfs/pm0324.pdf>
- Cosinga Pérez, A. a. (2017). *Análisis comparativo del costo estructural de un edificio empleando losas aligeradas con polietireno expandido versus ladrillo de arcilla*. Lima, Perú.

- Cueva Rivera, J. J. (2019). "Estudio del comportamiento de las losas con placa colaborante en términos de parámetros geométricos y mecánicos" Tesis para optar por el título profesional de Ingeniero Civil, 2019. *"Estudio del comportamiento de las losas con placa colaborante en términos de parámetros geométricos y mecánicos"*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima , Perú.
- Díaz Figueroa, M. A. (2009). "Estudio Experimental de la Resistencia de Adherencia al corte en losas con placa colaborante" Tesis para optar por el Título Profesional de Ingeniero Civil. 2009. *"Estudio Experimental de la Resistencia de Adherencia al corte en losas con placa colaborante"*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima.
- Gitman, L., & Joehnik, M. (1996). *Fundamentos de Inversiones*. México: PEARSON Educación. Obtenido de <https://www.uv.mx/personal/clelanda/files/2016/03/Gitman-y-Joehnk-2009-Fundamentos-de-inversiones.pdf>
- Gora Flores, D. (2014). *Influencia de la Calidad de Concreto, Costos y Tiempos de Produccion de Losas Aligeradas y Sistemas de Placas Colaborantes ( Tesis para optar por el Título Profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional del Centro del Perú)*. Repositorio Institucional, Huancayo. Obtenido de [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/394/TCIV\\_05.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/394/TCIV_05.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Gutierrez - Saenz, R. (1999). *Introduccion a la ética* (Primera Edición ed.). México: Editorial Esfinge.

- Harmsen, T. (2005). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado* (Cuarta ed.). Lima: Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de Investigación* (Vol. 6to). México: McGRAWHILL.
- Hinojosa, C. (2011). *ANÁLISIS COMPARATIVO DE SISTEMAS Y TECNOLOGÍAS APLICADAS A LA CONSTRUCCIÓN DE LOSAS DE ESTACIONAMIENTO*. Lima.
- INEI. (2017). *Tomo IX, Cuadro N° 7 "Clasificación por material predominante en los techos de las viviendas"*. Abancay.
- Kerlinger, F., & Lee, H. (2020). *Investigación del comportamiento, Métodos de investigación en ciencias sociales*. México: McGraw-hill.
- Levin, R. I. (2004). *Estadística para Administración y Economía* (7ma ed.). México: Pearson-Prentice Hall.
- López Ávila, M., Larrúa Quevedo, R., & Recarey Morfa, C. (2007). Un nuevo sistema de embuticiones en laminas de acero a la hora de maximizar resistencia de losas compuestas. *Revista de Ingeniería y Construcción On Line*, 22(3), 718-5073.
- López, J. F. (2 de Octubre de 2020). *Economipedia*. Obtenido de Proceso Estadístico - Haciendo Fácil la Economía: <https://economipedia.com/definiciones/proceso-estadistico.html>



- Luna Castilla, P. (2019). *Diseño Estructural de una Edificación, Planteando la Estructura del Proyecto, de Manera que sea Compatible con el Análisis Estructural y Sísmico de los Elementos Estructurales*. Lima.
- Martinez, J., & Gutierrez, J. (2011). *Losas y Entrepisos*.
- Meza Vazques C., y Martell Leon Prieto D. (2019). *Análisis Comparativo Técnico – Económico entre los Sistemas Pre Fabricados de Losas de Entrepiso, Losas con Viguetas Viga - Acero y Losas con Viguetas PreTensadas*. Lima.
- Ministerio de Vivienda, C. y. (2021). *Reglamento Nacional de Edificaciones*. Lima: ICG-Instituto de Construcción y Gerencia.
- Murillo Torrecilla, J. (2008). *Investigacion, Reflexion y Accion de la realidad Socio-Educativa a Principios del Siglo XXI*. Costa Rica.
- Norma Técnica Peruana, 3. (2008). *Norma Técnica Peruana*. Lima: Indecopi.
- Normalización, C. T. (2001). *Norma Técnica Peruana 400.012*. Lima: Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales.
- Ortega Garcia, J. (2014). *Diseño de Estructuras de Concreto Armado* (Primera ed.). Lima: Macro.
- Osorio, J. D. (2020). *Resistencia Mecánica del Concreto y Resistencia a la Compresión. 360 EN CONCRETO - ARGOS*.
- Pasquet Carbajal, E. (1993). *Tópicos de Tecnología del Concreto* (Primera Edición ed.). Lima: Colegio de Ingenieros del Perú- Consejo Nacional.

Quipuscoa Alvarado, E. B., & Zúñiga Chávez, B. H. (2020). *Análisis Comparativo de un Sistema Aporticado entre Losas Colaborantes y Bloques EPS, en una Vivienda Multifamiliar, Nuevo Chimbote-2020 ( Tesis para Obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil, Univesidad César Vallejo)*. Repositorio Institucional, Chimbote. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/60642>

Quispe Serrano, Fray Jelsin; Aranibar Maldonado, John Kyller;. (2020). *Caracterización y evaluación de canteras en la ciudad de Abancay para el estudio del comportamiento del concreto estructural sometido a flexión: TESIS, para optar por el grado académico de Ingeniero Civil*. Abancay: Repositorio Universitario.

*REALIA*. (2019). Obtenido de <https://www.realia.es/que-es-vivienda-unifamiliar>

Riobueno, T. U. (2010). *Fuentes de Financiación, Logística 2*. Bogotá. Obtenido de <http://www.eumed.net/libros/2010b/cag3/2j.htm>

Rodríguez Chávarry, A. N. (2015). *Comparación del Comportamiento estructural y Económico de las Losas Colaborantes Unidireccionales con Losas Aligeradas ( Tesis para optar por el Título de Ingeniero Civil, Universidad Nacional de Cajamarca)*. Repositorio Institucional, Cajamarca. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/482/T%20620.112%20R685%202015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rojas Salazar, J. P. (2020). *Sistema Constructivo de Placa Colaborante y Sistema Tradicional 2010-2020. Una Revisión Sistemática ( Trabajo de Investigación para optar al grado de Bachiller en Ingeniería Civil, Universidad Privada Del*

Norte). Repositorio Institucional, Cajamarca. Obtenido de [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25926/Rojas%20Salazar%20c%20Jaime%20Paúl%20-%20RS\\_TOTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25926/Rojas%20Salazar%20c%20Jaime%20Paúl%20-%20RS_TOTAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Romero Martinez, A. (2017). *Estudio De La Evolución De Las Teorías Y Métodos De Cálculo Aceptados Como Generalizados En La Construcción De Edificios*. Venezuela.

Romero Mego, A. (2017). *Evaluacion a Nivel Estructural Completo de una Edificacion Multifamiliar*. Lima.

Sanabria Riaño, B. (2017). *Análisis Comparativo Entre Los Sistemas Tradicional Y Prefabricado En El Diseño Y Construcción De La Losa De Entrepiso De Una Edificación De Hasta 4 Pisos*. Bogotá.

Sanabria, J. R. (2001). *Ética* (Décimo Séptima Edición ed.). México: Editorial Porrúa.

Sanchez - Vazquez, A. (1969). *Ética*. Barcelona: Grupo Editorial Grijalbo.

Segura Garcia, A. (2017). *Manual del Proceso Constructivo de Losas Bubble Deck (BDM) (Tesis de Maestría, Universidad Autonoma de México)*. Repositorio Institucional, México. Obtenido de <http://132.248.52.100:8080/xmlui/handle/132>.

Shmelkin, P. E. (1991). *Medición, diseño y análisis de un enfoque integrado*. México: Lawrence Eribaum Associates. Obtenido de <https://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2013/08/disenos-no-experimentales.html?m=0>

- Tamayo, M. (2003). *El proceso de la investigación científica Incluye Evaluación y administración de proyectos de investigación* (4ta ed.). LIMUSASA ISBN 968-18-58-72-7.
- UTEA, U. T. (2020). *Reglamento del comité de Ética de Investigación*. Abancay.  
Obtenido de <https://transparencia.utea.edu.pe/download/EJE-GOBIERNO-Y-GESTION/DOCUMENTOS-DE-GESTION/REGLAMENTOS/REGLAMENTO-DEL-COMITE-ETICA-INVESTIGACION-2019-VERSION-4.pdf>
- Vasconcelos, J. (1939). *Ética* (Segunda Edición ed.). México: Ediciones Botas.
- Villavicencio Fernández, P. A. (2012). *Análisis Comparativo de Costos y Eficiencia de Edificios en Diferentes Materiales de Acuerdo a las Variables: Número de pisos y luces entre columnas* (Tesis de pregrado Ingeniería Civil, Universidad de Cuenca). Repositorio Institucional, Cuenca.

## **ANEXOS**

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos están resguardados en la oficina de Repositorio Digital Institucional de la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes